

**BADANIA NAD GOSPODAROWANIEM  
WODĄ I OCHRONĄ WÓD  
ZAKŁADU GOSPODARKI WODNEJ  
W WARSZAWIE  
INSTYTUTU METEOROLOGII  
I GOSPODARKI WODNEJ  
NA PROGU XXI WIEKU**



**WYDAWNICTWO POLSKEJ AKADEMIA NAUK  
KOMITET INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

**MONOGRAFIE**

**Nr 170**

**BADANIA NAD GOSPODAROWANIEM  
WODĄ I OCHRONĄ WÓD  
ZAKŁADU GOSPODARKI WODNEJ  
W WARSZAWIE  
INSTYTUTU METEOROLOGII  
I GOSPODARKI WODNEJ  
NA PROGU XXI WIEKU**

**Marek Gromiec**

**Warszawa 2020**

Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk 2020

Komitet Inżynierii Środowiska PAN

ISBN 978-83-63714-69-7

*Komitet redakcyjny*

prof. Anna Anielak	dr hab.inż. Agnieszka Kaczmarczyk
prof. Kazimierz Banasik	dr hab. inż. Piotr Koszelnik
prof. Ryszard Błażejowski	dr hab. inż. Leszek Książek
prof. Michał Bodzek	prof. Halina Obarska-Pępkowiak
dr hab. Andrzej Bogdał	prof. Krzysztof Pulikowski
dr hab. Klaudia Borowiak	prof. Czesława Rosik-Dulewska
prof. Tadeusz Chmielniak	dr hab. inż. Stanisław Rybicki
dr hab. inż. Tomasz Ciesielczyk	prof. Mariusz Sojka
dr hab. Lidia Dąbek	prof. Kazimierz Szymański
dr hab. inż. Wojciech Dąbrowski	dr hab. inż. Tomasz Tymiąński
prof. Marzenna Dudzińska	prof. Józefa Wiater
dr hab. inż. Magdalena Gajewska	prof. Mirosław Wiatkowski
dr hab. inż. Katarzyna Ignatowicz	prof. Tomasz Winnicki
prof. Krzysztof Józwiakowski	prof. Maria Włodarczyk-Makula
prof. Katarzyna Juda-Rezler	dr hab.inż. Ewa Wojciechowska
dr hab. inż. Tomasz Kałuża	prof. Wojnowska-Baryła
dr hab. Marta Gmurek	

*Redaktor Naczelny*

Prof. Lucjan Pawłowski

*Recenzent wydawniczy*

prof. dr hab. inż. Elżbieta Niemirycz

© Copyright Marek Gromiec

*Zdjęcie na okładce*

Zalew Zegrzyński (fot. M. Gromiec)

*Skład i łamanie*

Dariusz Górski

Druk: Fabryka Druku

## Spis treści

Przedmowa . . . . .	9
1. Wstęp . . . . .	13
2. Pojęcie gospodarki wodnej . . . . .	14
3. Rys historyczny i pracownicy zakładu . . . . .	17
3.1. Rys historyczny zakładu . . . . .	17
3.2. Pracownicy zakładu . . . . .	18
4. Działalność naukowo-badawcza zakładu. . . . .	20
4.1. Zakres działalności i cele pracowni do roku 1990 . . . . .	20
4.2. Działalność zakładu od roku 1990. . . . .	23
5. Opis wybranych projektów statutowych . . . . .	30
5.1. Określanie potrzeb i niedoborów wodnych roślin rolniczych oraz badanie stosunków wodnych gleb na odwadnianych obszarach . .	30
5.2. Występowanie substancji toksycznych w wodach powierzchni- niowych . . . . .	32
5.3. Opracowanie metodyki wykorzystania systemu informacji geogra- ficznej GIS w centralnym, regionalnym i zlewniowych systemach gospodarki wodnej. . . . .	34
5.4. Wykorzystanie metod symulacyjnych do określania jakości wód powierzchniowych w celu ochrony ujęć wodociągów komunalnych	37
5.5. Wykorzystanie systemu informacji geograficznej GIS ARCINFO w hydrologii i gospodarce wodnej . . . . .	39
5.6. Opracowanie pilotowego systemu monitoringu operacyjnego do sterowania jakością wody w zlewni rzeki Narwi . . . . .	43
5.7. Badanie ilości i jakości wody za pomocą eksperymentalnej auto- matycznej stacji pomiarowej . . . . .	44
5.8. Opracowanie i zastosowanie metod analizy danych z automatycz- nych stacji pomiarowych osłony ujęcia wody. . . . .	46
5.9. Opracowanie znormalizowanych zasad obliczania przepływu nie- naruszalnego w systemach rzecznych . . . . .	48
5.10. Komputerowy atlas potrzeb i niedoborów wodnych roślin rolni- czych w Polsce. . . . .	49

5.11. Model matematyczny do badania wrażliwości zakładu przemysłowego na okresowe niedobory wody . . . . .	51
5.12. Magnetyczne oczyszczanie ścieków galwanicznych na tle aktualnie stosowanych metod unieszkodliwiania ścieków z przemysłu galwanicznego . . . . .	55
5.13. Ocena i prognoza jakości wód powierzchniowych zlewni Dunajca powyżej projektowanej zapory w Czorsztynie z zastosowaniem matematycznych modeli jakości wody . . . . .	58
5.14. Zastosowanie modeli matematycznych do oceny i prognozy stanu zanieczyszczenia wód powierzchniowych metalami . . . . .	60
5.15. Model matematyczny wpływu zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych. . . . .	64
5.16. Opracowanie systemu instrumentów ekonomicznych dla sterowania jakością wód powierzchniowych . . . . .	68
6. Opis celów Grupy Tematycznej programu „Gospodarka wodna” . . . .	71
6.1. Wypełnienie z tworzyw sztucznych do złóż biologicznych na bazie podstawowych surowców krajowych . . . . .	73
6.2. Technologia zastosowania czystego tlenu do oczyszczania ścieków z przemysłu organicznego metodą osadu czynnego. . . . .	74
6.3. Ekonomiczna efektywność technologii oczyszczania ścieków i zamykania obiegów wodnych . . . . .	77
6.4. Technologia beztlenowego oczyszczania ścieków . . . . .	78
6.5. System informatyczny obiektów oczyszczania ścieków . . . . .	79
6.6. Technologia oczyszczania ścieków w komorach napowietrzania z częściowo unieruchomioną biomasa. . . . .	80
6.7. Kondycjonowanie osadów ściekowych za pomocą koagulanta chitozanowego . . . . .	81
6.8. Wyniki realizacji grupy tematycznej . . . . .	83
7. Opis wybranego przedsięwzięcia i projektów zamawianych . . . . .	87
7.1. Proekologiczna gospodarka wodna w zakresie zaopatrzenia w wodę na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego – przedsięwzięcie badawcze PONT . . . . .	87
7.2. Podstawy naukowe strategii ochrony krajowych zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem – zadanie PBZ 28-02 . . . . .	100

---

7.3. Kierunki i możliwości racjonalizacji zużycia wody w wybranych gałęziach przemysłu – zdanie PBZ 28-02. . . . .	115
7.4. Koncepcja systemu wspomaganie decyzji w zakresie gospodarki wodnej z uwzględnieniem metod GIS – zadanie PBZ-25-09. . . . .	127
8. Opis wybranych projektów międzynarodowych. . . . .	133
8.1. Studium techniczne dotyczące punktowych źródeł zanieczyszczeń komunalnych – grupa tematyczna projektu „ Studia przedwstępne dorzecza Odry” . . . . .	133
8.2. Plan działania w zakresie oczyszczania ścieków w zlewni Narwi w oparciu o doświadczenia duńskie. . . . .	135
8.3. Opracowanie i zastosowanie systemu informacji geograficznej (GIS) i symulacji jakości wody rzeki – zadanie projektu „Masterplan odnowy rzeki Utraty” . . . . .	138
8.4. Polityka ekologiczna w zakresie ochrony wód powierzchniowych w Polsce, Szwecji i Holandii – studium porównawcze . . . . .	143
9. Działalność szkoleniowa i konferencyjna, wyróżnienia i wydawnictwa	145
9.1. Szkolenia i kursy . . . . .	145
9.2. Konferencje i sympozja . . . . .	145
9.3. Nagrody i wyróżnienia . . . . .	147
9.4. Wydawnictwa zwarte . . . . .	148
10. Podsumowanie . . . . .	150
10.1. Zmiany zarządzania gospodarowaniem wodą w kraju . . . . .	150
10.2. Zmiany w strukturze resortowych jednostek naukowych związanych z wodą . . . . .	153
10.3. Działalność zakładu naukowego IMGW – Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie . . . . .	154
10.4. Epilog . . . . .	157





## Przedmowa

Ponad 100-letnia działalność Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej związana jest z działalnością jego dwóch służb – hydrologicznej i meteorologicznej. Mniej powszechnie znano jego działalność w zakresie gospodarki wodnej, związaną z trzecią – służbą technicznej kontroli zapór, jak też z działalnością badawczą i techniczną z dziedziny gospodarki wodnej i ochrony wód, na co miała wpływ prawdopodobnie sama geneza powstania tego instytutu.

Po odzyskaniu niepodległości, w 1919 roku powołany został Państwowy Instytut Meteorologiczny, na mocy rozporządzenia Rady Ministrów. Profesor Gabriel Narutowicz, ówczesny minister robót publicznych i późniejszy prezydent RP, określił również organizację i zadania Państwowej Służby Hydrograficznej, która do 1934 roku działała pod nazwą Państwowy Instytut Hydrograficzny. Po drugiej wojnie światowej, w 1945 roku Rada Ministrów powołała Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny (PIHM).

Natomiast w 1960 roku, powstał Instytut Gospodarki Wodnej (IGW), działający pod nadzorem Centralnego Urzędu Gospodarki Wodnej (CUGW). Po likwidacji tego urzędu w 1972 roku, nastąpiło w roku 1973 połączenie PIHM z IGW i utworzenie – Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (obecnie IMGW – PIB). Instytut ten oprócz trzech państwowych służb (meteorologicznej, hydrologicznej i kontroli zapór) prowadził również działalność naukową, głównie w ramach zakładów badawczych, w tym w ramach Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie, który powstał w roku 1960, to jest jeszcze w czasie utworzenia byłego Instytutu Gospodarki Wodnej. Działalność zakładu została przedstawiona w tej pracy, w okresie 1987-2009, podczas gdy pełniłem funkcję kierownika tego zakładu, od powołania mnie na to stanowisko przez Pana prof. dr inż. Jana Zielińskiego – Dyrektora Naczelnego IMGW, do chwili mojego przejścia na emeryturę w marcu 2009 roku.

Praca została wydana z okazji rocznicy 100-lecia INSTYTUTU METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ, dla upamiętnienia działania jednego z zakładów badawczych instytutu na progu XXI wieku, a mianowicie Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie. Stanowi trybut dla moich Koleżanek i Kolegów i dla tradycji badawczej z dziedziny gospodarki wodnej i ochrony stanu wód prowadzonej w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej.



Motto: ***Dookoła woda, wszędzie woda,  
I ani kropli do wypicia.***

W „Rymy o sędziwym marynarzu”,  
autor: Samuel Taylor Coleridge  
(1772-1834)



## 1. Wstęp

W działalności naukowo-badawczej Zakładu Gospodarki Wodnej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) przyjęto, że gospodarka wodna jako dyscyplina naukowa jest nauką o racjonalnym kształtowaniu i wykorzystaniu zasobów wodnych kraju. Kształtowanie dotyczy przeprowadzania racjonalnych zmian w strukturze czasowo-przestrzennej zasobów wodnych, natomiast wykorzystanie związane jest z racjonalnym zużyciem zasobów wodnych do różnych celów przyrodniczych i gospodarczych. W zakresie celów gospodarczych, racjonalne wykorzystanie zasobów wodnych związane jest z minimalizacją ich zużycia komunalnego oraz zużycia na jednostkę produkcji przemysłowej lub rolniczej i zapewnieniem zaopatrzenia w wodę o odpowiedniej jakości, co łączy się z zapobieganiem powstawania i efektywnym unieszkodliwieniem zanieczyszczeń w wodach zużytych, ściekach i osadach.

Nazwa Zakład Gospodarki Wodnej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, ulegała zmianom na przestrzeni czasu. Zakład datuje swój początek w 1960 roku w byłym Instytucie Gospodarki Wodnej jako Zakład Zasobów Wodnych, a od 1969 roku jako Zakład Gospodarowania Zasobami Wodnymi. W Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej początkowo nosił on nazwę Zakład Systemów Wodno-Gospodarczych, którą zmieniono w 1977 roku na Zakład Gospodarki Wodnej.

W miarę upływu czasu coraz trudniej jest przedstawić całokształt ponad 50-letniej działalności zakładu, szczególnie przy zmieniających się formach organizacyjnych. W niniejszej pracy przedstawiono działalność naukowo-badawczą Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie IMGW za okres obejmujący lata 1986-2008. Dodatkowo, w ramach niniejszej pracy zaprezentowano szczegółowo wybrane krajowe i międzynarodowe projekty badawcze wykonane w tym okresie w zakładzie.

## 2. Pojęcie gospodarki wodnej

Gospodarka wodna jest dziedziną gospodarki narodowej jak również dyscypliną naukową. Definicja gospodarki wodnej sformułowana na I Kongresie Nauki Polskiej w 1951 roku była następująca: „*Gospodarka wodna to nauka o metodach i środkach świadomego władania przez człowieka wszelkimi wodami powierzchniowymi i wgłębnyimi, oddziaływania na poprawę bilansu wodnego określonego terytorium w celu zapewnienia możliwości korzystania z wody przez wszystkich konsumentów i użytkowników oraz w celu zabezpieczenia terytorium przed szkodliwym działaniem wód*”.

Poglądy na gospodarkę wodną i jej rolę zmieniają się w czasie, co najlepiej odzwierciedla następujące stwierdzenie: „*Problem gospodarki wodnej nie może być traktowany jako raz na zawsze rozwiązany. Zmienia się nie tylko sytuacja gospodarcza, możliwości budżetu państwa i przedsiębiorstw, organizacja systemowego gospodarowania wodą, ale ewoluują również poglądy na ten problem*”. (Jan Zieliński: *Zasady gospodarowania wodą*, IMGW, Warszawa 1988). Wyrazem powyższego są zmieniające się w czasie definicje gospodarki wodnej. Świadectwem tego mogą być przykłady wybranych definicji, zawartych w polskim piśmiennictwie z okresu drugiej połowy XX wieku, podane poniżej :

- „*Gospodarka wodna jest dziedziną gospodarki narodowej silnie powiązaną i głęboko wkraczającą w inne dziedziny życia gospodarczego. Jej celem jest dostosowanie naturalnych warunków wodnych występujących w przyrodzie do potrzeb człowieka. Polega to zarówno na regulowaniu wykorzystania zasobów wodnych kraju i ich ochronie przed zanieczyszczeniem, jak i na walce ze szkodliwym działaniem żywiołu wodnego*”. (Zdzisław Mikulski: *Zarys hydrografii Polski*, PWN, Warszawa 1963).
- „*Gospodarka wodna stoi na pograniczu techniki, geofizyki i przyrody i jak to zwykle bywa w tego rodzaju stykowych dyscyplinach nie jest rzeczą łatwą wyważyć co należy do tej nowej dziedziny a nie stanowi zasadniczej problematyki nauk pokrewnych jak na przykład hydrologii, hydrotechniki lub technologii wody. To jest powodem, że dotychczas brak było sprecyzowanego ujęcia tego przedmiotu, a formy ujęcia jego treści dopiero się wyrabiają, wycierają się drogi i kształtują się kierunki po jakich pójdzie rozwój teorii i praktyki tej nauki, w ścisłym uzależnieniu od potrzeb i ogólnej gospodarki kraju*”. (Julian Lambor: *Podstawy i zasady gospodarki wodnej*, WKiL, Warszawa 1965).
- „*Termin gospodarka wodna można interpretować w dwojaki sposób: jako określone formy gospodarowania wodą przez władze administracyjne oraz jako dyscyplinę naukową, która na podstawie szeregu osiągnięć z dziedziny nauk przyrodniczych, hydrologicznych, hydrogeologicznych, geofizycznych,*

*technicznych, prawnych oraz ekonomicznych, rozpatruje zagadnienia całości gospodarki wodnej w sposób syntetyczny i kompleksowy*". (Aleksander Tuszko: *Gospodarka Wodna*, PWSZ, Warszawa 1971).

- *„Pojęcie gospodarka wodna jest interpretowane dwojako. Przez to określenie rozumie się wyodrębnioną dyscyplinę naukową, rozpatrującą w sposób kompleksowy różne zjawiska z zakresu nauk przyrodniczych, hydrologicznych, geofizycznych i innych. Ma ona za zadanie badanie zjawisk i związków zachodzących w przyrodzie, wywierających wpływ na gospodarowanie zasobami wodnymi – na przykład obieg wody w przyrodzie. Prace badawcze, jakie prowadzi się w tym zakresie, noszą charakter międzynarodowy i obejmują wiele wyspecjalizowanych dyscyplin naukowych. Gospodarka wodna jest także interpretowana jako wyodrębniona dziedzina naukowa, zajmująca się opracowaniem programu prawidłowego wykorzystania zasobów wodnych w różnych gałęziach gospodarki narodowej i zarządzania nimi przez odpowiednią władzę państwową oraz podległe jej organizacje gospodarcze*”. (Wiesław Janiszewski: *Gospodarka Wodna Polski*, KiW, Warszawa 1975).
- *„Gospodarka wodna: dział gospodarki, a także dyscyplina naukowa zajmująca się metodami i środkami kształtowania zasobów śródlądowych wód powierzchniowych i podziemnych, w celu zaopatrzenia w wodę, ochrony wód przed powodzią oraz ochrony wód przed wyczerpaniem i zniszczeniem*” (Sylwester Tyszewski: *Hasło „Wodna gospodarka, Nowa encyklopedia powszechna PWN*, Warszawa 1977).
- *„Gospodarka wodna jest nauką o racjonalnym kształtowaniu i wykorzystaniu zasobów wodnych. Kształtowanie zasobów wodnych polega na dokonywaniu świadomych i celowych zmian w ich strukturze czasowo-przestrzennej za pomocą zbiorników wodnych i urządzeń do przesyłania wody na znaczne odległości. Racjonalne wykorzystanie zasobów wodnych jest związane z dążeniem do minimalizacji ich zużycia na jednostkę produkcji przemysłowej lub rolniczej oraz unieszkodliwianiem zanieczyszczeń w wodach zużytych. Problematyka badawcza w gospodarce wodnej jest wielodyscyplinarna i wiąże się między innymi z naukami przyrodniczymi (hydrologia i hydrogeologia), fizycznymi, chemiczno-biologicznymi, społecznoekonomicznymi i technicznymi*”. (Zdzisław Kaczmarek: *Problematyka badań w zakresie gospodarki wodnej*, IMGW, Warszawa 1979).
- *„Gospodarka wodna jest jednym z działów gospodarki narodowej ściśle związanym z innymi dziedzinami życia gospodarczego, a zarazem dyscypliną naukową zaliczana do grupy Nauk o Ziemi. Zadaniem gospodarki wodnej, rozumianej jako działalność gospodarcza oraz naukowa, są mówiąc najogólniej racjonalne kształtowanie i wykorzystanie zasobów wód powierzchniowych i podziemnych*”.

(Henryk Słota: Zarządzanie systemami gospodarki wodnej, IMGW, Warszawa 1997).

- *„Gospodarka wodna to prawidłowe gospodarowanie zasobami wodnymi na potrzeby człowieka i społeczeństwa oraz ochrona przed szkodliwym działaniem wody, głównie jego nadmiarem. Jest dziedziną gospodarki narodowej silnie powiązaną z innymi dziedzinami życia gospodarczego. Jej celem jest dostosowanie warunków wodnych występujących w przyrodzie do potrzeb człowieka. Polega to na racjonalnym wykorzystaniu zasobów wodnych kraju, jak i na zabezpieczeniu przed szkodliwym działaniem żywiołu wodnego”.* (Zdzisław Mikulski: Gospodarka Wodna, PWN, Warszawa 1998).
- *„Gospodarka wodna jako dział gospodarki narodowej i jednocześnie jako dyscyplina naukowa zajmuje się kształtowaniem zasobów wodnych – tak pod względem ilościowym jak i jakościowym – w celu zachowania wód jako elementu środowiska, a także zapewnienia możliwości korzystania z wody przez wszystkich użytkowników oraz w celu zabezpieczenia terytorium przed szkodliwym działaniem wód. Jest to zatem szeroki kompleks zagadnień mających powiązanie zwrotne z ochroną przyrody, gospodarką komunalną, rolnictwem i leśnictwem, turystyką i rekreacją, transportem oraz przemysłem, w tym i z energetyką oraz z innymi działami”.* (Marek Roman: By Wisła dorównała Tamizie. Ekoprofit, Warszawa 1999).

Powyższe definicje jednoznacznie wskazują na wielodyscyplinarność i wielokierunkowość gospodarki wodnej jako dyscypliny naukowej oraz na jej międzynarodowy charakter. Takie podejście przyświecało zawsze działalności naukowej Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Prace badawczo-rozwojowe zakładu dotyczyły między innymi zagadnień związanych z racjonalnym wykorzystaniem zasobów wodnych kraju, jak też zagadnień związanych z zapewnieniem wody o odpowiedniej jakości, łączących się z zapobieganiem powstawania i efektywnym unieszkodliwianiem zanieczyszczeń. Zagadnienia te rozwiązywane były za pomocą nowoczesnych narzędzi, takich jak geograficzne systemy informatyczne (GIS) oraz komputerowe modelowanie ilości i jakości zasobów wodnych.



### 3. Rys historyczny i pracownicy zakładu

#### 3.1. Rys historyczny zakładu

Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) był jednym z kontynuatorów prac badawczych związanych z rozwojem gospodarki wodnej kraju, rozpoczętych w latach pięćdziesiątych przez b. Biuro Studiów Komitetu Gospodarki Wodnej PAN. Jego nazwa, formy organizacyjne, jak również baza eksperymentalna ulegały wielu przemianom.

Prace naukowo – badawcze i techniczne z dziedziny gospodarki wodnej prowadzone były od 1960 roku w byłym Instytucie Gospodarki Wodnej (IGW). Załącznikiem kadry tego instytutu był zespół pracowników z Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, byłego CBS i PBW „Hydroprojekt”. W roku 1960, utworzono w tym instytucie dwa zakłady związane z gospodarowaniem zasobami wodnymi, a mianowicie: Zakład Zasobów Wodnych i Zakład Regulowania Obiegu Wody. W 1965 roku, zakłady te połączono tworząc Zakład Zasobów Wodnych i Regulowania Obiegu Wody. W 1969 roku, zakład ten otrzymał nazwę Zakładu Gospodarowania Zasobami Wodnymi. Równocześnie, prace nad planowaniem rozwoju gospodarki wodnej w byłym IGW koncentrowały się w Zakładzie Planów Perspektywicznych, ściśle współpracującym z Samodzielną Pracownią Zastosowania Elektronicznej Techniki Obliczeniowej. Natomiast prace nad problemami ekonomicznymi gospodarki wodnej prowadzone były w Zakładzie Ekonomiki. Struktura organizacyjna b. IGW, w pionie gospodarki wodnej, obejmowała trzy zakłady badawcze, samodzielną pracownię eto oraz stacje badawcze prowadzące badania zasobów wodnych. Natomiast pion ochrony wód posiadał pięć zakładów badawczych, samodzielną pracownię aparatury i dział ds. typizacji urządzeń oczyszczalni ścieków. Z kolei pion budownictwa wodnego obejmował cztery zakłady badawcze i dwie samodzielne pracownie.

W roku 1973, w wyniku połączenia b. Instytutu Gospodarki Wodnej z b. Państwowym Instytutem Hydrologiczno-Meteorologicznym powstał Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). Na początku jego działalności, w dziedzinie gospodarki wodnej, w skład Ośrodka Głównego w Warszawie wchodziły: Zakład Systemów Wodno-Gospodarczych, Zakład Ekonomiki, Samodzielna Pracownia Modelowania Matematycznego w Gospodarce Wodnej oraz dział Katastru Wodnego. Od 1977 roku, zagadnienia gospodarowania zasobami wodnymi w Ośrodku Głównym IMGW w Warszawie rozwiązywane były w dwóch zakładach, a mianowicie w Zakładzie Gospodarki Wodnej oraz Zakładzie Przetwarzania Danych w Gospodarce Wodnej. W 1978 roku Zakład Gospodarki Wodnej obejmował pracownie: Pracownię Teorii Systemów Wodno-Gospodarczych, Pracownię Programowania Rozwoju Systemów Wodno-Gospodarczych, Pracownię Regionów

Górnictwo-Energetycznych oraz Pracownię Ekonomiki. Natomiast w skład Zakładu Przetwarzania Danych w Gospodarce Wodnej wchodziły: Pracownia Metod Przetwarzania Danych Hydrologicznych, Pracownia Metod Przetwarzania Danych Wodno-Gospodarczych i Sekcja Katastru Wodnego. W roku 1982, Zakład Przetwarzania Danych w Gospodarce Wodnej został połączony z Zakładem Gospodarki Wodnej.

W skład powiększonego w powyższy sposób Zakładu Gospodarki Wodnej, w roku 1985, wchodziły następujące komórki organizacyjne: Pracownia Racjonalizacji Gospodarki Wodnej, Pracownia Gospodarki Wodnej, Pracownia Gospodarki Wodnej w Przemysle,

Pracownia Gospodarki Wodnej Rolnictwa, Pracownia Ekonomiki, Pracownia Danych Wodno-Gospodarczych oraz Pracownia Metod Przetwarzania Danych o Zasobach Wodnych. W związku z rozszerzeniem zakresu merytorycznych zadań, między innymi o zagadnienia jakości zasobów wodnych, od 1988 roku w skład Zakładu Gospodarki Wodnej wchodziły: Pracownia Ekonomiki Gospodarki Wodnej, Pracownia Gospodarki Wodnej Przemysłu, Pracownia Gospodarki Wodnej Rolnictwa, Pracownia Zastosowań Informatyki w Gospodarce Wodnej oraz Pracownia Danych Wodno-Gospodarczych, Pracownia Jakości Zasobów Wodnych. W roku 1990, w ramach integracji prac badawczych, pracownie uległy likwidacji.

### **3.2. Pracownicy zakładu**

Historia Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie to przede wszystkim historia działalności naukowo-badawczej i wkładu jego pracowników, zaangażowanych w pracę i w badania, działających w różnych formach organizacyjnych instytutu. W okresie ostatnich pięćdziesięciu lat, w zakładzie pracowało ogółem około 100 osób, reprezentujących wszystkie kategorie zatrudnienia: pracownicy naukowo-badawczy, badawczo-techniczni i inżynierowo-techniczni, z czego większość z wyższym wykształceniem. W zakładzie pracowali: inżynierowie gospodarki wodnej i budownictwa wodnego, inżynierowie sanitarni i ochrony środowiska, hydrologowie, kartografowie, automatycy, informatycy, prawnicy i ekonomiści. Średnią kadrami zakładu stanowili technicy hydrologowie, kartografowie, technolodzy wody i ścieków, ekonomiści. Do końca 1986 roku, zakładem kierowała, pełniąca obowiązki kierownika zakładu, dr inż. Halina Albinger-Kostrzewa, która przeszła na emeryturę, ale jak było wówczas w zwyczaju, pracowała nadal w IMGW.

W dniu 30 grudnia 1986 roku, odebrałem nominację, od prof. dr inż. Jana Zielińskiego – Dyrektora Naczelnego IMGW, na funkcję kierownika Zakładu Gospodarki Wodnej IMGW, którą objąłem z dniem 1 stycznia 1987 roku. Pełniłem ją, pracując na stanowisku docenta, przez 22 lata (w okresie 1987- 2008), bowiem

z dniem 1 stycznia 1996 roku, funkcję kierownika zakładu przedłużono mi na czas nieokreślony. W dniu 1 grudnia 1994 roku zostałem ustanowiony Pełnomocnikiem Dyrektora Naczelnego do Spraw Projektów Specjalnych IMGW i funkcję tą pełniłem ponad 14 lat (do dnia 30 marca 2009 roku), to jest do chwili przejścia na emeryturę w IMGW. W prezentowanym okresie, stan kadry zakładu był następujący:

- profesorowie i docenci: prof. dr hab. inż. Stanisława Sarnacka, prof. dr hab. Antoni Symonowicz, prof. dr inż. Mieczysław Zajbert, doc. dr inż. Rafał Miłaszewski (obecnie prof. zw. dr hab. inż), doc. dr inż. Andrzej Filipkowski, doc. dr inż. Marek Gromiec (obecnie prof. dr hab. inż.), doc. dr Zygmunt Szelaḡowski;
- doktorzy: dr inż. Halina Kostrzewa, dr inż. Anna Boḡko, dr inż. Marek Ślesicki;
- magistrowie: mgr inż. Waclaw Bańkowski, mgr inż. Magdalena Bielasik-Rosińska, mgr inż. Paweł Bielobradek, mgr inż. Tomasz Branicki, mgr inż. Alina Filipkowska, mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiec, mgr inż. Lucyna Guzińska, mgr Anna Jaraczewska, mgr Iwona Jezierska, mgr Franciszek Jastrzębski, mgr inż. Anna Kobylińska, mgr inż. Jolanta Lesiak, mgr inż. Wanda Modzelewska, mgr inż. Wojciech Pawelec, mgr inż. Krystyna Pietrzyk, mgr inż. Robert Podolski, mgr inż. Marek Sobiecki, mgr inż. Wiesław Sokołowski, mgr inż. Halina Świerczyńska, mgr inż. Krzysztof Witowski, mgr inż. Maria Wójcik, mgr inż. Teresa Źebrowska;
- technicy: tech. Elżbieta Karlak, st. tech. Elżbieta Paczkowska, st. sam. tech. Irena Piaszczyńska, st. tech. Danuta Paszko, sam. ref. Urszula Piotrowska, st. tech. Teresa Wawerek, tech. Ewa Źakowska, tech. Piotr Zieliński.

Zastępcą kierownika zakładu była mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiec, a konsultantem- prof. Jan Zieliński, w okresie 2006-2008. Dodam, że nieodżałowany prof. Jan Zieliński (1931- 2019) sprawował funkcję dyrektora w trzech okresach: od 1 listopada 1972 (wówczas PIHM) do 17 listopada 1975; od 1 listopada 1980 do 31 lipca 1981; od 15 października 1984 do 31 maja 2006. Ostatni okres zarządzania Instytutem, przez prof. Jana Zielińskiego, pokrywał się w zasadzie z okresem mojego kierowania Zakładem Gospodarki Wodnej w Warszawie.

## 4. Działalność naukowo-badawcza zakładu

### 4.1. Zakres działalności i cele pracowni do roku 1990

W działalności naukowej Zakładu Gospodarki Wodnej przyjęto, że gospodarka wodna jako dyscyplina naukowa jest nauka o racjonalnym kształtowaniu i wykorzystaniu zasobów wodnych. W zakresie celów gospodarczych, racjonalne wykorzystanie zasobów wodnych z jednej strony jest związane z minimalizacją ich zużycia na jednostkę produkcji rolniczej lub przemysłowej, a z drugiej strony zapewnieniem wody o odpowiedniej jakości dla ludności, przemysłu i rolnictwa w odpowiedniej ilości, co łączy się z zapobieganiem powstawania i unieszkodliwianiem zanieczyszczeń w wodach zużytych, ściekach i osadach ściekowych.

Zakres zadań Zakładu Gospodarki Wodnej do roku 1990 obejmował następującą problematykę:

- opracowywanie społecznych i ekonomicznych kryteriów gospodarowania zasobami wodnymi,
- prowadzenie prac dotyczących zagadnień organizacyjno-prawnych gospodarki wodnej,
- prowadzenie prac badawczych w zakresie ekonomiki gospodarki wodnej,
- prowadzenie badań w zakresie racjonalizacji gospodarki wodnej w przemyśle,
- prowadzenie badań dotyczących wybranych zagadnień gospodarki wodnej w rolnictwie,
- rozwój metod i systemów ochrony zasobów wodnych,
- opracowywanie i wdrażanie modeli matematycznych dla potrzeb gospodarki wodnej,
- prowadzenie prac w zakresie przetwarzania danych dla potrzeb gospodarki wodnej.

W latach 1985-1990 prace naukowe zakładu realizowane były w ramach sześciu pracowni badawczych, których cele działania podano poniżej.

Celem działania **Pracowni Ekonomiki Gospodarki Wodnej** było prowadzenie prac naukowo – badawczych w zakresie: opracowywania społecznych i ekonomicznych kryteriów gospodarowania zasobami, oceny ekonomicznej efektywności przedsięwzięć w dziedzinie ochrony i kształtowania zasobów wodnych, problematyki organizacyjno – prawnej gospodarki wodnej. W pracowni zrealizowano między innymi następujące tematy badawcze:

- Ekonomiczna efektywność technologii oczyszczania ścieków.
- Metodyka i technika wyliczania opłat za pobór wody do nawodnień w rolnictwie.

Celem działania **Pracowni Gospodarki Wodnej Przemysłu** było prowadzenie prac naukowo-badawczych w zakresie: racjonalizacji użytkowania wody

w przemyśle, optymalizacji gospodarki wodno – ściekowej w zakładach przemysłowych. W pracowni zrealizowano między innymi tematy badawcze, takie jak:

- Kierunki, możliwości i sposoby zmniejszania zużycia wody w podstawowych branżach przemysłowych.
- Metoda oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć związanych z zamykaniem obiegów wodnych.
- Analiza wrażliwości liniowych modeli gospodarki wodnej.
- Wytyczne organizacji i funkcjonowania służb gospodarki wodno – ściekowej w zakładach produkcyjnych.

Celem działania **Pracowni Gospodarki Wodnej Rolnictwa** było prowadzenie prac naukowo-badawczych w zakresie: określania potrzeb i niedoborów wodnych roślin, wpływu kopalni odkrywkowych na stosunki wodne gleb, wpływu zbiorników wodnych na przyległe tereny. W pracowni zrealizowano między innymi następujące tematy badawcze:

- Potrzeby i niedobory wodne roślin rolniczych wyznaczone zrationalizowaną metodą dla obszaru kraju.
- Badanie elementów bilansu wodnego gleby na obszarze Bełchatowskiego Okręgu Przemysłowego.
- Wpływ zbiornika Domaniów na produkcję roślinną w rolnictwie na terenach przyległych.

Celem działania **Pracowni Zastosowań Informatyki w Gospodarce Wodnej** było: tworzenie i rozwijanie systemów informatycznych gromadzenia i przetwarzania danych o zasobach wodnych, a w szczególności: organizacji systemów informatycznych, metod przetwarzania danych o zasobach wodnych. Tematy, które zostały między innymi zrealizowane w pracowni to:

- Model komputerowego wspomagania decyzji w zakresie ilościowych zasobów wód powierzchniowych dla województw.
- Organizacja systemu informatycznego w zakresie danych hydrograficznych i hydrologicznych dla potrzeb regionalnego banku danych.
- Opracowanie systemu komputerowego wydruku rocznika hydrometrycznego.

Celem działania **Pracowni Danych Wodno – Gospodarczych** było: przygotowanie danych do wprowadzenia do systemów informatycznych (aktualizacja i weryfikacja danych), opracowanie zasad i zakresu merytorycznego systemów gromadzenia danych. Tematy zrealizowane w pracowni to między innymi:

- Opracowanie danych wyjściowych dla systemu wydruku rocznika hydrometrycznego.
- Opracowanie systemu katastru gospodarki wodnej, w tym: opracowanie materiału kartograficznego dotyczącego podziału hydrograficznego Polski na zlewnie

cząstkowe według systemu „Kataster”, nadawanie identyfikatorów tego systemu obiektom gospodarki wodnej, jak też opracowywanie i udostępnianie użytkownikom danych z systemu.

Celem działania **Pracowni Jakości Zasobów Wodnych** było prowadzenie prac naukowo-badawczych w zakresie: modelowania jakości ekosystemów wodnych oraz procesów oczyszczania wód zużytych, rozwoju wysokoefektywnych technologii oczyszczania ścieków. W ramach pracowni zrealizowano następujące tematy badawcze:

- Opracowanie, adaptacja i weryfikacja modeli matematycznych jakości wód.
- Wysokoefektywne technologie i urządzenia do oczyszczania ścieków – główne wykonawstwo Grupy Tematycznej 03 Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego- CPBR 11.10 pn. Gospodarka Wodna.

Program powyższy, zrealizowany w latach 1986-1990, stanowił pewną kontynuację Rządowego Programu Badawczo – Rozwojowego PR-7 pn. „Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych”, wykonanego w latach 1976-1985. Zakład Gospodarki Wodnej IMGW był głównym wykonawcą Grupy Tematycznej 03 CPBR 11.10 (1985-1990) pt. „Wysokoefektywne technologie i urządzenia do uzdatniania wody i oczyszczania ścieków”, kierowanej przez Marka Gromca. W pierwszym etapie realizacji (1986-1987) powyższa grupa tematyczna obejmowała 28 celów realizacyjnych o tematyce technologicznej lub produkcyjnej. W drugim etapie realizacji (1988-1990) dołączono 5 nowych celów technologicznych, włączono 4 cele prowadzone w CPBR 11.4, przeniesiono 9 celów do innego bloku tematycznego, a grupie tematycznej nadano nazwę „Wysokoefektywne technologie uzdatniania wody i oczyszczania ścieków”. W trzecim etapie realizacji obejmującym rok 1990 w w/w grupie tematycznej realizowanych było 20 celów.

Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie uczestniczył w realizacji siedmiu celów w ramach powyższej grupy tematycznej, a mianowicie:

- Wypełnienie z tworzyw sztucznych do złóż biologicznych na bazie podstawowych surowców krajowych – we współpracy z Biurem Gospodarki Wodnej i Ściekowej „Biprowod”.
- Technologia zastosowania czystego tlenu do oczyszczania ścieków z przemysłu organicznego metodą osadu czynnego – we współpracy z Instytutem Ochrony Środowiska, Oddział we Wrocławiu.
- Technologia beztlenowego oczyszczania ścieków – we współpracy z Instytutem Ochrony Środowiska, Oddział we Wrocławiu.
- Technologia oczyszczania ścieków w komorach napowietrzania z częściowo unieruchomioną biomasą – we współpracy z Przedsiębiorstwem Projektowania i Budowy Oczyszczalni Ścieków „Multireaktor”.

- Technologia produkcji koagulantów do osadów ściekowych – we współpracy z Instytutem Chemii Przemysłowej i Biurem Gospodarki Wodnej i Ściekowej „Biprowod”.
- Ekonomiczna efektywność technologii oczyszczania ścieków i zamykania obiegów wodnych.
- System informatyczny obiektów oczyszczania ścieków.

## 4.2. Działalność zakładu od roku 1990

Działalność naukowo-badawcza Zakładu Gospodarki Wodnej od roku 1990 uwarunkowana została likwidacją pracowni w zakładach badawczych IMGW z jednej strony, a z drugiej – nową sytuacją ekonomiczną nauki. Rok powyższy był rokiem przejściowym od systemu tradycyjnej organizacji badań naukowych, opartego na centralnie finansowanych programach badawczych, do systemu konkursowego lub przetargowego uzyskiwania środków finansowych. Wymagało to między innymi mobilnej organizacji zakładów badawczych i spowodowało konieczność dość szybkiego przystosowania się zakładu do konkursowego i przetargowego uzyskiwania środków na realizację projektów badawczych.

**Projekty statutowe.** W latach 1990-1995 działalność statutowa obejmowała:

- Zasady gospodarowania wodą w dużych zlewniach (PB B-4), zrealizowany w 1991, kierownik projektu – Marek Gromiec. (PB B-1),
- Wysokoefektywne technologie ze złożem biologicznym (PB B-8.1), zrealizowane w 1991, kierownik projektu – Marek Gromiec.
- Intensyfikacja zaopatrzenia w wodę miast i przemysłu (PB B-8.3), zrealizowany w 1991, kierownik projektu – dr inż. Marek Ślesicki.
- Występowanie substancji toksycznych w wodach powierzchniowych (PB M-I), zrealizowany w 1992, kierownik projektu – Marek Gromiec.
- Wykorzystanie metod symulacyjnych do określenia jakości wód powierzchniowych w celu ochrony ujęć wodociągów komunalnych (PB W-4), zrealizowany w 1993, kierownik projektu – Marek Gromiec.
- Opracowanie metodyki wykorzystania systemu informacji geograficznej GIS w centralnym, regionalnym i zlewniowych systemach gospodarki wodnej (PB Z-2), zrealizowany w 1993, kierownik projektu – doc. dr inż. Andrzej Filipkowski.
- Pilotowy System monitoringu do zarządzania jakością wody w zlewni rzeki Narwi (PB Z-9), zrealizowany w 1993, kierownik projektu – mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiec,

- Wykorzystanie systemu informacji geograficznej GIS ARC/INFO w hydrologii i gospodarce wodnej (PB Z-3), zrealizowany w 1994, kierownik projektu – doc. dr inż. Andrzej Filipkowski.

Od roku 1995, działalność naukowo-badawcza zakładu koncentrowała się na realizacji projektów badawczych indywidualnych, uczestnictwie w realizacji dużych projektów badawczych zamawianych, projektów badawczych w ramach działalności statutowej IMGW oraz projektów międzynarodowych. Liczba projektów statutowych wyraźnie się zmniejszyła i obejmowała:

- Badanie przepływu nienaruszalnego w przekrojach wodowskazowych dla wybranych rzek Polski dla celów gospodarowania zasobami wodnymi (PB A-3), zrealizowany w 1995-1995, kierownik projektu – Marek Gromiec,
- Badanie ilości i jakości wody za pomocą eksperymentalnej stacji automatycznej (PB Z-11A), kierownik projektu Marek Gromiec,
- Opracowanie i zastosowanie metod analizy danych z automatycznych stacji pomiarowych osłony ujęcia wody (PB Z-14B), zrealizowany w latach 1997-1999, kierownik projektu – mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiec.

**Projekty indywidualne.** Świadectwem powyższego i poszukiwania możliwości finansowania badań stanowiło między innymi uzyskanie, od 1995-2000 roku, w kolejnych konkursach, dziesięciu projektów indywidualnych, zakwalifikowanych przez zespoły Komitetu Badań Naukowych (KBN) do finansowania, a mianowicie:

- Ocena i prognoza jakości wód powierzchniowych zlewni Dunajca powyżej projektowanej zapory w Czorsztynie z zastosowaniem matematycznych modeli jakości wody (PB 4/S 401/ 108/04), czas realizacji 1993, kierownik projektu – mgr inż. Paweł Bielobradek.
- Zastosowanie modeli matematycznych do oceny i prognozy stanu zanieczyszczenia wód powierzchniowych metalami (PB 0817/S4/93/05), czas realizacji 1993-1994, kierownik projektu – mgr inż. Magdalena Bielasik-Rosińska.
- Opracowanie znormalizowanych zasad obliczania przepływu nienaruszalnego w systemach rzecznych (PB 0818/S4/93/05), czas realizacji 1993-1994, kierownik projektu – mgr inż. Krzysztof Witowski.
- Opracowanie systemu instrumentów ekonomicznych dla sterowania jakością wód powierzchniowych (PB 0821/S4/93/04), czas realizacji 1993-1994, kierownik projektu – doc. dr inż. Rafał Miłaszewski.
- Komputerowy atlas potrzeb i niedoborów wodnych roślin rolniczych w Polsce (PB 0822/S4/93/04), czas realizacji 1993 – 1994, kierownik projektu – doc. dr inż. Andrzej Filipkowski.



- Model matematyczny wpływu zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych (PB 0824/S4/93/04), czas realizacji 1993 – 1994, kierownik projektu – dr inż. Marek Ślesicki.
- Magnetyczne oczyszczanie ścieków galwanicznych na tle aktualnie stosowanych metod unieszkodliwiania ścieków z przemysłu galwanicznego (PB 0035/S4/94/06), zrealizowany w 1995, kierownik projektu – dr inż. Anna Bożko.
- Opracowanie modelu dla badania wrażliwości zakładu przemysłowego na okresowe niedobory wody (PB 0761/S4/94/07), czas realizacji 1995-1996, kierownik projektu dr inż. Marek Ślesicki.
- Opracowanie i zastosowanie trójwymiarowego modelu przepływu i transportu zanieczyszczeń chemicznych w wodach podziemnych (PB 0437/T09/98/15), czas realizacji 1998-2000, kierownik projektu – dr inż. Marek Ślesicki.

**Przedsięwzięcie badawcze PONT.** Zakład Gospodarki Wodnej zrealizował duże przedsięwzięcie badawcze pt. „Proekologiczna gospodarka wodna w zakresie zaopatrzenia w wodę na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego”, które zostało wykonane w ramach programu PONT. Przedsięwzięcie zostało zrealizowane na podstawie umowy zawartej w 1992 roku pomiędzy Fundacją Na Rzecz Nauki Polskiej a Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej, kierownikiem przedsięwzięcia badawczego był Marek Gromiec.

Na całość przedsięwzięcia objętego umową składały się następujące zadania badawcze:

- sposób ustalania i opracowanie wykazu istotnych zrzutów w zlewni ujęcia wody na przykładzie Wodociągu Północnego (zadanie 1);
- identyfikacja i ustalenie szkodliwości substancji toksycznych w wodach powierzchniowych (zadanie 2);
- ocena zagrożenia środowiska wodnego metalami ciężkimi oraz kumulacja metali ciężkich w osadach dennych na przykładzie zbiornika we Włocławku (zadanie 3);
- opracowanie i zastosowanie modeli decyzyjnych w programowaniu inwestycji ochrony wód w zlewniach zasilających ujęcia wodne (zadanie 4);
- opracowanie modelu matematycznego do badania wrażliwości użytkowników na zakłócenia w zaopatrzeniu w wodę (zadanie 5);
- weryfikacja zdolności retencyjnych wybranych dużych zbiorników wodnych (zadanie 6);
- wpływ zanieczyszczeń pochodzących z górnego dorzecza Wisły na możliwość wykorzystania zasobów wodnych środkowej Wisły dla celów zaopatrzenia w wodę (zadanie 7).

Zadania badawcze powyższego przedsięwzięcia realizowane były przez zespół, składający się z pracowników Zakładu Gospodarki Wodnej, Zakładu Ochrony Wód Przymorza, Zakładu Chemii i Biologii Wody, Ośrodka Technicznej Kontroli Zapór IMGW. W zakresie zadania pierwszego Zakład Gospodarki Wodnej współpracował z Instytutem Zaopatrzenia w Wodę i Budownictwa Wodnego Politechniki Warszawskiej.

**Projekty badawcze zamawiane.** Duże projekty badawcze, wygrane w konkursach Komitetu Badań Naukowych, to:

- Projekt Badawczy Zamawiany PBZ-28-02 pt. „Strategia ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem z punktu widzenia ochrony zdrowia i przyrody oraz potrzeb gospodarczych”, kierowany przez Marka Gromca.
- Zadanie Badawcze Nr 05 pt. „Koncepcja systemu wspomagania decyzji w zakresie gospodarki wodnej z uwzględnieniem metod GIS” w ramach Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-25-09 pt. „Racjonalizacja gospodarki wodnej zlewni Narwi i jej dopływów na obszarze województwa ostrołęckiego i łomżyńskiego „. Kierownikiem zadania był doc. dr inż. Andrzeja Filipkowskiego.

Komitet Badań Naukowych reprezentowany przez Zespół Chemii, Technologii Chemicznej oraz Inżynierii Procesowej, we wrześniu 1997 roku powołał Marka Gromca na członka Sekcji Interdyscyplinarnej ds. Oceny Projektu Strategicznego pt. „Zagospodarowanie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego”.

**Projekty międzynarodowe.** Zakład Gospodarki Wodnej IMGW współuczestniczył, od roku 1990, w realizacji następujących projektów międzynarodowych:

- Projekt pt. „Studia przedwstępne dorzecza Odry”, wykonany w latach 1991-1992, dla Komisji Unii Europejskiej oraz Europejskiego Banku Rozwoju, przez konsorcjum międzynarodowe w składzie: BCEOM – French Engineering Consultants (Francja), Sage Servies (Francja), Sogreah (Francja), IMGW (Polska), BPGWŚ-Prosan (Polska), Lehmeier International (Republika Niemiec), T.G.M. WRI.
- Projekt pt. „Plan działania w zakresie oczyszczania ścieków w zlewni Narwi w oparciu o doświadczenia duńskie związane z optymalizacją ekonomicznego i ekologicznego planowania dotyczącego jakości wód odbiornika i metod oczyszczania ścieków”, wykonany w latach 1993-1994, przez konsorcjum duńsko-polskie w składzie: Abrahansen & Nielsen A/S – Consulting Engineers, Departament Ochrony Środowiska w Aarhus, Zakład Gospodarki Wodnej IMGW, Stowarzyszenie Gmin „Ekorozwój Dorzecza Narwi” .

- Projekt pt. „Masterplan odnowy Utraty”, wykonany w roku 1995-1996, na podstawie umowy (1716/U/95), przez konsorcjum w składzie: Zakład Gospodarki Wodnej IMGW, CH2M HILL International (USA/Wielka Brytania), UNICO Environmental Services Ltd. (Japonia), BSiDG Promasz (Polska).
- Projekt MOS/EPA 97-17 pt. „Rozwój i zastosowanie mikrokomputerowych modeli jakości wody”, wykonywany przez Zakład Gospodarki Wodnej IMGW z Oddziałem Badań Ekosystemów Laboratorium Badań Środowiska US EPA w Athens, Georgia (USA), 1993-1994, kierownicy projektu: Marek J. Gromiec i Rosemarie C. Russo.
- Projekt MOS/EPA 97-285 pt. „Zastosowanie modelu AGNEPS do modelowania zanieczyszczeń obszarowych w zlewni rzeki Utraty”, wykonany przez Zakład Gospodarki Wodnej IMGW we współpracy z Centrum Rozwoju Tereńw Rolniczych i Wiejskich Uniwersytetu Stanu Iowa w Ames, Iowa (USA), w latach 1997-1999, kierownicy projektu: Marek J. Gromiec i Walter E. Foster.
- Projekt MOS/EPA 96-284 pt. „Gospodarowanie jakością wody w systemie rzeczynym”, wykonywany przez Zakład Gospodarki Wodnej IMGW we współpracy z Oddziałem Badań Ekosystemów Laboratorium Badań US EPA w Athens, Georgia (USA), w latach 1997-2000, kierownicy projektu: Marek J. Gromiec, Rosemarie C. Russo, Marek Ślesicki.

Działalność naukowo-badawcza zakładu, w okresie 2000-2008. obejmowała między innymi:

- Badanie dynamiki zmian jakości wód płynących i stojących na podstawie ciągłych pomiarów wybranych parametrów (W-4), realizowany w 2000.
- Analiza metod oceny toksycznych substancji zawartych w wodzie, mających wpływ na zdrowie ludzi (1949/U/99), realizowany w 2000.
- Studia nad technicznymi warunkami wtórnego wykorzystania biologicznie oczyszczonych ścieków jako alternatywa ochrony wód (1932/U/99).
- Opracowanie poradnika technicznego dotyczącego wdrożenia przepisów Unii Europejskiej dla ochrony wód (1935/U/99), realizowany w 2000.
- Podstawy techniczne i możliwości zastosowania suszenia osadów ściekowych w Polsce (A-5), realizowany w 2000-2001.
- Kontrolowanie zanieczyszczenia obszarowego w polskich zlewniach przy morskich (1941/U/2000), realizowany w 2001-2003.
- Wyznaczanie obszarów podatnych na zanieczyszczenia obszarowe pochodzenia rolniczego (1972/U/2000).
- Opracowanie poradnika obliczania przepływu nienaruszalnego (1992/U/2000), realizowany w 2001.

- Opracowanie systemu ostrzegania przed zanieczyszczeniami awaryjnymi zaopatrzenia w wodę miasta Warszawy (1981/U/2000), realizowany w 2001-2003.
- Badania nad systemem informatycznym, opartym o GIS, przeznaczonym do analizy środowiska wodnego (PB GP04 G 02419) kierowany przez doc. dr inż. Andrzeja Filipkowskiego, realizowanym w 2002.
- Informator o Krajowym Programie Oczyszczania Ścieków Komunalnych w wersji elektronicznej (2216/U/2003).
- Analiza tendencji i przebiegu procesów ilościowo-jakościowych w rzekach, jeziorach i zbiornikach wodnych (KBN-3), realizowany w 2002-2004, pod kierunkiem Marka Gromca.
- Opracowanie i zastosowanie systemu wspomagania decyzji w ochronie wód podziemnych (PB 0737/T09/2002/23) w 2005, pod kierunkiem dr inż. Marka Ślesickiego.
- System informacji przestrzennej, oparty o Geograficzny System Informacyjny, wraz z modelem matematycznym jakości wód rzeki Świder, temat (DS-W1.2.3.), realizowany przez: Zakład Gospodarki Wodnej, Zakład Chemii i Biologii Wody i Zakład Geotechniki.
- Ocena efektywności usuwania substancji biogennych wybranej technologii biologicznego oczyszczania ścieków (DS-W1.3), pod kierunkiem: mgr inż. Lidii Gutowskiej-Siwiec.

Od 2009 roku, IMGW-PIB realizował projekt : KLIMAT „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę – zmiany, skutki i sposoby ich ograniczenia (wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego)”. Projekt wykonywany był na podstawie umowy o dofinansowanie Nr POIG 01.03.01-14.011/08-00 z dnia 1 grudnia 2008 roku, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. W 2009 roku, pracownicy Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie zostali przeniesieni do Zakładu Gospodarki Wodnej i Systemów Wodnospodarczych w Krakowie .

W projekcie powyższym koordynatorem zadania 7 była mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiec. Program merytoryczny tego zadania powstał w roku 2008, jeszcze w Zakładzie Gospodarki Wodnej w Warszawie. W zadaniu tym pt. „Zagrożenia i uwarunkowania oraz możliwości realizacji krajowego programu zaopatrzenia w wodę ludności w świetle przepisów Unii Europejskiej”, wykonane zostały następujące zagadnienia:

- Zanieczyszczenie wody stanowiące zagrożenie dla zdrowia ludzi w aspekcie zmian klimatu.
- Udoskonalenie systemów automatycznego monitorowania i systemów ostrzegania dla wód do zaopatrzenia w wodę.

- Zaopatrzenie w wodę użytkowników w aspekcie wtórnego wykorzystania wód zużytych.
- Aspekty techniczno-prawne usuwania organizmów patogennych z wody i ścieków.
- Kierunki działań w realizacji krajowego zaopatrzenia ludności w wodę w świetle przepisów Unii Europejskiej.

Prace zadania wykonywane były przez zespół powołany z pracowników dwóch oddziałów IMGW, a mianowicie: pracowników z Zakładu Gospodarki Wodnej i Systemów Wodnogospodarczych **Oddziału Krakowskiego** (OKk) oraz trzech zakładów **Oddziału Wrocławskiego** (OWr), co praktycznie oznacza, że Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie przestał istnieć. Badania w tym zadaniu wykonywali między innymi : mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiec, dr inż. Marek Siesicki, mgr inż. Paweł Trandziuk i mgr inż. Krzysztof Witowski.

Będąc profesorem nadzwyczajnym uczelni (Politechniki Warszawskiej oraz Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania w Warszawie), brałem udział w realizacji trzech dużych zespołowych dzieł, wykonanych w IMGW-PIB pod kierunkiem prof. dr inż. Wojciecha Szczepańskiego :

- Katalog jednolitych i scalonych części wód. Ośrodek Monitoringu Jakości Wód w Katowicach IMGW Warszawa 2009.
- Katalog obecności substancji priorytetowych w wodach rzek na obszarze gmin (języku polskim); The Catalogue of Presence of Priority Substances in river waters on commune areas (w języku angielskim).Wykonany we współpracy Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska i Wojewódzkimi Inspektoratami Ochrony Środowiska. IMGW-PIB, Ośrodek Monitoringu Jakości Wód, Warszawa 2010, str. 1605.
- Katalog przepływu i odpływu wód w wieloleciu 1971-2010 dla wybranych jednostek hydrologicznych do oceny zanieczyszczeń obszarowych i przeglądu warunków hydromorfologicznych (w języku polskim); The Catalogue of Flow and Outflow of Water in the period 1971-2010 for selected hydrological units for an assessment of diffuse pollution and a review of hydromorphological conditions (w języku angielskim). IMGW-PIB, Ośrodek Monitoringu Jakości Wód przy współpracy z Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska, Warszawa 2012, str.1176.

## 5. Opis wybranych projektów statutowych

### 5.1. Określanie potrzeb i niedoborów wodnych roślin rolniczych oraz badanie stosunków wodnych gleb na odwadnianych obszarach

Wieloletnie prace badawcze prowadzone w Zakładzie Gospodarki Wodnej w Warszawie, pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Stanisławy Sarnackiej, wykazały celowość opracowania i wdrożenia ujednoczonej metodyki oceny potrzeb wodnych roślin rolniczych, której elementem wyjściowym byłaby ewapotranspiracja potencjalna, wyznaczana według wzoru Penmana przystosowanego do warunków Polski.

Potrzeby wodne roślin rolniczych stanowią zazwyczaj znaczną część całości potrzeb wodnych i mogą decydować, w licznych przypadkach, o przyszłych zamierzeniach wodno-gospodarczych w dorzeczu, zlewni, regionie i kraju. Prawidłowe określenie niedoborów wodnych roślin rolniczych wpływa też na wysokość niezbędnych nakładów na budowę systemów nawadniających oraz na efektywność ekonomiczną i skuteczność ich działania.

Prace zakładu w latach osiemdziesiątych zapoczątkowały budowę systemu wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin i doprowadziły do opracowania systemu, a następnie do wydania przez IMUZ w 1987 roku „Instrukcji wyznaczania potrzeb i niedoborów roślin uprawnych” (autorstwa: W. Roguskiego, S. Sarnackiej i S. Drupki). Opracowany ujednoczony system obliczeniowy składa się z następujących kolejnych wyznażeń:

- ustalenia, na podstawie kolejnych obserwacji polowych, dat początku i końca okresu wegetacyjnego oraz faz rozwojowych roślin, dla których oblicza się potrzeby wodne,
- wyznaczenia dekadowych sum opadów w całym okresie wegetacyjnym i częstotliwości ich występowania w pierwszej fazie rozwoju rośliny,
- wyznaczenia ewapotranspiracji potencjalnej,
- wyznaczenia ewapotranspiracji rzeczywistej przez wprowadzenie współczynników przeliczeniowych zwanych biologicznymi (roślinnymi),
- ustalenia zawartości wody w glebie (polowej pojemności wodnej, wilgotności krytycznej i efektywnej retencji (użytkowej),
- ustalenia zasięgu warstwy korzeniowej dla różnych gatunków roślin w kolejnych okresach obliczeniowych (fazach rozwojowych),
- przeprowadzenia obliczeń bilansowych.

Początek i koniec faz rozwojowych roślin winno się ustalić z wieloletnich wyników obserwacji. Sumy opadów, sumaryczne dekadowe wartości usłonecznienia, średnie dobowe temperatury powietrza w dekadzie, prężność pary wodnej

i prędkość wiatru można wyznaczyć na podstawie pomiarów IMGW. Wyznaczenie ewapotranspiracji rzeczywistej z ewapotranspiracji potencjalnej dokonuje się za pomocą współczynników przeliczeniowych, uzależnionych od rośliny i jej faz rozwojowych oraz od częstotliwości opadów w okresie pierwszej fazy rozwojowej rośliny.

Opracowanie bilansu wodnego gleby, z którego wynikają niedobory wody w poszczególnych dekadach, wymaga oprócz znajomości potrzeb i opadów, również określenia wartości zapasów wody w glebie, które rośliny mogą łatwo wykorzystać. W opracowanym systemie przyjęto, że niedobory wodne roślin występują gdy suma opadów oraz efektywnej retencji użytecznej nie wystarcza na pokrycie potrzeb.

Powyższy system obliczeniowy umożliwia wyznaczenie wartości potrzeb i niedoborów wodnych dla uprawianych w kraju roślin, oprócz potrzeb lasów. Zracjonalizowana metoda wyznaczania potrzeb i niedoborów roślin rolniczych znalazła zastosowanie na obszarze całego kraju. Wyniki pracy przekazano do wykorzystania w resortach rolnictwa i ochrony środowiska, jak również do specjalistycznych biur projektowych.

Badania stosunków wodnych gleb wykonano na przykładzie odwodnionego obszaru kopalni węgla brunatnego w Bełchatowie. Zakład Gospodarki Wodnej IMGW wykonał, we współpracy z Oddziałem IMGW w Poznaniu, pracę badawczą dotyczącą określenia hydro-meteorologicznych warunków rolniczego zagospodarowania Bełchatowskiego Okręgu Przemysłowego (BOP).

W ramach powyższej pracy, na tle występujących warunków meteorologiczno-hydrologicznych w rejonie BOP w okresie rozbudowy elektrowni i kopalni, a mianowicie, opracowano następujące zagadnienia:

- oddziaływanie Zespołu Górniczo-Energetycznego (ZGE) Bełchatów na odpływ rzeczny,
- badanie elementów bilansu wodnego gleb na obszarze ZGE Bełchatów.

Celem badań Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie była ocena zmian stosunków wodnych gleb oraz warunków rolniczej produkcji roślinnej na obszarach objętych odwadnianiem. Lej depresyjny związany z odwodnieniem Kopalni Odkrywkowej Węgla Brunatnego (KOWB) Bełchatów zwiększył się z około 200 km<sup>2</sup> w 1979 roku do około 430 km<sup>2</sup> w 1987 roku. Przeprowadzone badania obejmowały pomiary wilgotności gleby (metodą neutronową), głębokości wód gruntowych w piezometrach oraz wysokości opadów na stacjach meteorologicznych. Badaniami objęto przede wszystkim grunty orne.

Analiza ośmioletnich wyników badań wilgotności gleb wykazała, że odwodnienie kopalni Bełchatów nie spowodowało, w okresie badań, zmniejszenia

wilgotności gleb mineralnych i pogorszenia się wskaźników charakterystycznych bilansu wodnego gleby. Wilgotności te były głównie uzależnione od wysokości opadów i od gatunku gleby. Nie stwierdzono, w badanym okresie, wyraźnego obniżenia się plonów na obszarach o zasięgu leja. Bardzo duży, ujemny wpływ odwodnienia kopalni nastąpił natomiast na glebach organicznych. Wyniki badań Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie zostały wykorzystane do opracowania programu ochrony rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Bełchatowskim Okręgu Przemysłowym.

## 5.2. Występowanie substancji toksycznych w wodach powierzchniowych

Na całość projektu badawczego M-I, kierowanego przez Marka Gromca i dotyczącego występowania substancji toksycznych w wodach powierzchniowych, składały się cztery następujące zadania:

- Określenie strat spowodowanych użytkowaniem zanieczyszczonych wód na przykładzie Warszawy (zadanie 1), kierownik zadania: doc. dr inż. Rafał Miłaszewski,
- Identyfikacja najbardziej znaczących zrzutów ścieków (zadanie 2), kierownik zadania: doc. dr inż. Andrzej Filipkowski,
- Opracowanie banku danych o wpływie substancji toksycznych na biocenozę wodną (zadanie 3), kierownik zadania : dr inż. Anna Bożko,
- Opracowanie zasad prowadzenia testów toksykologicznych (zadanie 4), kierownik zadania: dr Andrzej Szykowski.

Celem **zadania 1** było opracowanie i próba praktycznego wykorzystania metodyki określenia wielkości strat ponoszonych przez gospodarkę narodową w wyniku użytkowania zanieczyszczonych zasobów wodnych. Prace prowadzone w ramach **zadania 2** miały na celu identyfikację najbardziej znaczących zrzutów ścieków stanowiących potencjalne zagrożenie dla ujęcia wody w Warszawie, obejmującą zarówno znaczące zrzuty ścieków miejskich, jak i wybrane zrzuty ścieków przemysłowych, potencjalnie zawierających substancje toksyczne.

Celem badań prowadzonych w **zadaniu 3** było utworzenie bazy danych o toksycznym wpływie metali oraz innych substancji organicznych i nieorganicznych, na bezkręgowce. **Zadanie 4** miało na celu opracowanie zasad prowadzenia testów toksykologicznych mogących mieć zastosowanie w rutynowej praktyce laboratoryjnej określania toksyczności ścieków oraz niezbędnego stopnia ich rozcieńczenia przy odprowadzaniu do wód płynących.

Zakres wykonanych prac był różny dla poszczególnych zadań i obejmował:

- identyfikację kategorii strat ponoszonych w wyniku zanieczyszczenia zasobów



wodnych i opracowanie metodyki ich kwantyfikacji w jednostkach pieniężnych. Jako obszar modelowy dla sprawdzenia opracowanej metodyki wybrano Warszawę;

- utworzenie, w oparciu o system informatyczny IMGW, bazy danych, która poza informacjami ogólnymi, zawiera również miejsca i ilości poborów wody, informacje o oczyszczalniach oraz wyniki analiz ścieków i wód odbiornika;
- zebranie, na podstawie literatury krajowej i zagranicznej, danych o toksycznym oddziaływaniu związków chemicznych na biocenozę wodną, a także przeprowadzenie klasyfikacji związków chemicznych pod względem ich przynależności do poszczególnych grup związków oraz pod względem toksycznego oddziaływania na rodzaj organizmu. Został opracowany program do obsługi bazy danych zawierającej w/w informacje;
- dokonanie przeglądu literaturowego typów testów stosowanych w państwach UE w zestawieniu z Polskimi Normami oraz przeprowadzenie badań laboratoryjnych przydatności wybranych testów do realizacji zadań wynikających z założonego celu.

W poszczególnych zadaniach pracy osiągnięto następujące wyniki:

W **zadaniu 1** określono najistotniejsze kategorie strat ponoszonych w wyniku zanieczyszczenia zasobów wodnych, a mianowicie:

- dodatkowe koszty uzdatniania nadmiernie zanieczyszczonych wód powierzchniowych, ujmowanych dla potrzeb zaopatrzenia w wodę ludności i przemysłu,
- koszty ponoszone na budowę ujęć i przerzutów wody czystej, w przypadku gdy lokalne zasoby wodne są nadmiernie zanieczyszczone,
- straty z tytułu przyspieszonej korozji budowli i urządzeń stykających się z zanieczyszczoną wodą;
- straty z tytułu pogorszenia się jakości wyrobów przemysłowych w wyniku korzystania w procesach produkcyjnych z wody nadmiernie zanieczyszczonej; – straty w rybostanie; – straty w sferze rekreacji;
- straty społeczne, związane z obniżeniem poziomu zdrowotności oraz jakości życia społeczeństwa na skutek użytkowania zanieczyszczonych zasobów wodnych.

Opracowano w tym zadaniu następujące metodyki: metodykę obliczania strat, wynikających z konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów uzdatniania wód powierzchniowych w gospodarce komunalnej i przemyśle, metodykę szacowania strat z tytułu przyspieszonej korozji urządzeń metalowych na skutek ich styczności z zanieczyszczoną wodą powierzchniową, metodykę określania kosztów ponoszonych na budowę ujęć i przerzutów wody czystej oraz metodykę obliczenia strat występujących w sferze rekreacji. Na podstawie przeprowadzonych, w oparciu

o opracowaną metodykę obliczeń szacunkowych różnych rodzajów strat występujących w Warszawie w wyniku użytkowania zanieczyszczonych wód powierzchniowych, określono ogólne roczne wielkości tych poszczególnych kategorii strat.

W **zadaniu 2** przeprowadzono, na przykładzie ujęcia wody w Warszawie, analizę występowania substancji toksycznych i stwierdzono, że obecnie, poza wytypowaniem kilku zakładów przemysłowych, które odprowadzając trujące ścieki, nie można dokonać szczegółowej oceny stanu zagrożenia związkami toksycznymi zasobów wodnych rozpatrywanej zlewni z tego względu, że dostępne dane, o które oparty jest system informatyczny IMGW, okazały się niekompletne pod kątem identyfikacji poszczególnych substancji toksycznych, zawartych w ściekach. Stwierdzono również, że ze względu na skutki wywoływane w środowisku wodnym przez substancje toksyczne, Państwowy Monitoring Środowiska, w części dotyczącej jakości zasobów wodnych, powinien być rozszerzony o monitorowanie miejskich i przemysłowych zrzutów ścieków, ze szczególnym uwzględnieniem zawartych w nich substancji toksycznych.

W **zadaniu 3**, dzięki stworzonej bazie danych, przeprowadzono porównanie stopnia toksyczności określonego związku chemicznego na organizmy wodne oraz wpływu różnych substancji chemicznych na wybrany organizm wodny. Umożliwiono również użytkownikowi dostęp do opisu powstawania związków chemicznych i ich wykorzystywania w różnorodnych procesach technicznych bądź w rolnictwie.

W **zadaniu 4** potwierdzono celowość stosowania metod toksykologicznych w zakresie działań związanych z ochroną wód oraz przy weryfikacji niektórych norm dotyczących granic dopuszczalnych stężeń szeregu związków chemicznych w środowisku jak i przy tworzeniu nowych przepisów prawnych. Zaproponowano stosowanie w rutynowych badaniach oznaczania toksyczności ostrej z wykorzystaniem *Daphnia magna* i *Lemna minor* (przy czym dla tego ostatniego organizmu konieczne jest opracowanie Polskiej Normy) oraz ustalono możliwość prostej i stosunkowo szybkiej metody wyznaczania toksyczności chronicznej z zastosowaniem *Dugesia tigrina*, mogącej mieć zastosowanie w laboratoriach o profilu toksykologicznym.

### **5.3. Opracowanie metodyki wykorzystania systemu informacji geograficznej GIS w centralnym, regionalnym i zlewniowych systemach gospodarki wodnej**

Celem prac podjętych w 1993 roku w zakładzie, w ramach projektu badawczego Z-2, było stworzenie podstaw metodycznych wykorzystania systemu informacji geograficznej GIS ARC/INFO przy tworzeniu systemu informatycznego

gospodarki wodnej na szczeblu centralnym, regionalnym i zlewniowym. Kierownikiem tematu był doc. dr inż. Andrzej Filipkowski.

Ponadto wykonywane prace miały na celu zapoczątkowanie prac nad tworzeniem komputerowej mapy podziału hydrograficznego Polski, która powinna stanowić podstawę odpowiedniej organizacji baz danych IMGW, zarówno w aspekcie ich przetwarzania jak też użytkowania dla potrzeb gospodarki wodnej i ochrony środowiska.

Zakres prac przyjęty do wykonania w 1993 roku obejmował dwa zadania: poznanie i analizę możliwości pakietu GIS ARC/INFO w zastosowaniu do systemu informatycznego gospodarki wodnej i systemu baz danych IMGW (zadanie 1), opracowanie przykładowych warstw komputerowej mapy hydrograficznej Polski (zadanie 2).

Pierwsze z wymienionych zadań formułowane było jako opracowanie zasad współpracy systemu informatycznego gospodarki wodnej przy wykorzystaniu GIS z systemem baz danych historycznych IMGW w ramach Zintegrowanego Systemu Informatycznego (ZSI) ŚRODOWISKO.

Drugie zadanie obejmowało głównie tworzenie przykładowych warstw informacyjnych hydrograficznej mapy komputerowej Polski. Wykorzystano głównie dwa moduły pakietu: PC ARC/INFO STARTER KIT i PC ARCEDIT, służące do tworzenia warstw informacyjnych. Podstawowym kartograficznym materiałem wyjściowym był „Atlas szczegółowego podziału hydrograficznego Polski”, opracowany w IMGW i opublikowany w postaci zbioru arkuszy map w skali 1:200 000 w 1980 roku. Główną jego treścią jest sieć rzeczna i działy wodne, które to elementy mają stanowić treść komputerowej mapy hydrograficznej. W ramach projektu postanowiono ograniczyć zakres terytorialny tej mapy do obszaru przykładowej zlewni, dla którego dane dotyczące sieci rzecznej i podziału hydrograficznego zostały w miarę możliwości uaktualnione w Zakładzie Gospodarki Wodnej przy konsultacji Ośrodka Hydrologii IMGW.

Digitalizacja każdej z warstw tematycznych mapy komputerowej obejmowała następujące etapy: przygotowanie arkusza mapy do digitalizacji, digitalizowanie elementów warstwy tematycznej, identyfikacja i usuwanie błędów w digitalizacji, zdefiniowanie obiektów i zbudowanie topologii, identyfikacja i usuwanie błędów topologii, nadawanie atrybutu obiektom występującym na mapie, identyfikacja i usuwanie błędów kodowania atrybutów.

Nabyte doświadczenia przy zapoznawaniu się z systemem potwierdziły wcześniejsze obawy co do koncepcji wykorzystywania gotowego pakietu ARC/INFO jako alternatywy do tworzenia własnego oprogramowania graficznego, umożliwiającego uzyskiwanie komputerowych podkładów mapowych i dalszą pracę w oparciu o nie. Obawy te dotyczyły dostępności omawianego pakietu w sensie

łatwości zaznajomienia się z jego podstawami teoretycznymi, poznania rozwiązań programistycznych i szczegółowych możliwości zastosowania poszczególnych komend oraz nabycia praktycznych umiejętności wykonywania poszczególnych etapów tworzenia i wykorzystywania mapy komputerowej. Okazało się, że poznanie obszernych opisów systemu dostępnych tylko w języku angielskim jest utrudnione nie tylko ze względów językowych. Często zawarte w podręcznikach opisy nie omawiają praktycznych aspektów wykorzystywania poszczególnych rozkazów czy też rozkazów z nimi związanych, brak jest jasnych wskazówek co do możliwości i sposobu wykonywania określonych działań, które użytkownik systemu chciałby podjąć, itd. Podręczniki użytkownika w języku polskim nie są opracowane, natomiast dystrybutor pakietu ARC/INFO w kraju nie miał wielkich doświadczeń w organizowaniu kursów szkoleniowych w zakresie systemu. Wymienione względy doprowadziły do sformułowania wniosku o niecelowości bezpośredniego zastosowania pakietu GIS ARC/INFO na niższych szczeblach wdrażania systemu informatycznego gospodarki wodnej, to znaczy przede wszystkim na szczeblu zlewniowym. Natomiast utworzenie komputerowej mapy Polski przydatnej do prowadzenia systemu informatycznego gospodarki wodnej na różnych szczeblach, powinno nastąpić na szczeblu centralnym i być wykonywane przez IMGW.

W zakresie opracowania przykładowych warstw komputerowej mapy hydrograficznej Polski rozwiązano podstawowe problemy metodyczne, związane z odwzorowaniem treści mapy, organizacją danych graficznych i tablic atrybutów w oddzielne warstwy informacyjne. W efekcie analizy potrzeb i możliwości systemu, odwzorowania dotyczące sieci hydrograficznej zorganizowano w dwóch grupach tematycznych: HYDRO-LINES i HYDROPOLYS, a w każdej z grup utworzono siedem warstw informacyjnych mapy, zawierających elementy sieci o różnym znaczeniu. Podobnie 7 warstw informacyjnych utworzono w odniesieniu do odwzorowania podziału hydrograficznego, przy czym warstwy te odpowiadają hierarchii tego podziału. Tak więc na komputerowy obraz sieci komputerowej Polski wraz ze szczegółowym podziałem hydrograficznym składa się ostatecznie 21 warstw informacyjnych, co umożliwia elastyczność w prezentowaniu uzyskanego odwzorowania w zależności od używanego zasięgu obszarowego.

Uzyskane efekty poznawcze oraz fragmenty komputerowej mapy podziału hydrograficznego Polski powinny zostać wykorzystane przy konstruowaniu systemu informatycznego gospodarki wodnej. W sierpniu 1993 roku Kierownictwo MOŚZNiL zaakceptowało i przyjęło do realizacji „Program informatyzacji gospodarki wodnej”, w którym przewidziano używanie komputerowej mapy podziału hydrograficznego jako podstawy ładu informatycznego w systemie pod względem przestrzennego usytuowania obiektów. Istniała również potrzeba opracowania

kompozycji i przykładowej aplikacji systemu posługiwania się odwzorowaniami mapowymi i związanymi z nimi danymi tabelarycznymi na szczeblu terenowym. Doświadczenia nabyte w trakcie realizacji projektu oraz otrzymane wyniki prac były punktem wyjścia do opracowania takiej koncepcji.

#### **5.4. Wykorzystanie metod symulacyjnych do określania jakości wód powierzchniowych w celu ochrony ujęć wodociągów komunalnych**

Celem prac prowadzonych w 1993 roku, w ramach projektu badawczego W-4, była próba zastosowania matematycznego modelu jakości wody, dla określenia stanu jakości wód rzecznych stanowiących źródło wody pitnej dla aglomeracji miejskiej, z uwzględnieniem wpływu rolnictwa i zakładów przemysłowych analizowanej zlewni. Kierownikiem projektu był Marek Gromiec.

Do symulacji stanu czystości wód zastosowano najnowszą wówczas wersję amerykańskiego modelu jakości wody QUAL2EU, zmodyfikowanego w Zakładzie Gospodarki Wodnej IMGW. Model ten przeznaczony jest do badania wpływu ilości i jakości ścieków oraz lokalizacji punktowych zrzutów zanieczyszczeń na jakość wody w rzece, a także być wykorzystany, wraz z badaniami w terenie, do identyfikacji dopływów nie punktowych. Możliwa jest symulacja wpływu dziennych zmian warunków meteorologicznych na temperaturę wody oraz koncentrację tlenu rozpuszczonego.

Jako obiekt badawczy do przeprowadzenia obliczeń, wybrano dolny odcinek rzeki Narwi, od 180,3 km do punktu kontrolno-pomiarowego położonego poniżej ujścia rzeki Pisy. Podstawowym kryterium, które zdecydowało o wyborze tego odcinka był fakt, że wody Narwi stanowią główne źródło zasilające Zbiornik Zegrzyński będący źródłem wody pitnej dla Warszawy. Ponadto, o wyborze tym zadecydowały dodatkowo dwa czynniki: powyżej przyjętego punktu nie ma źródeł zanieczyszczeń których wpływ byłby znaczący znacznie poniżej ich lokalizacji, czas poboru próbek wody do oceny stanu czystości w kolejnych punktach pomiarowych i sąsiadujących ze sobą województwach uniemożliwiły wybór innego odcinka rzeki.

Symulacja stanu czystości wód poprzedzona została rozpoznaniem stopnia zagospodarowania modelowanego odcinka rzeki. Dokonano identyfikacji punktowych źródeł zanieczyszczenia, wysypisk odpadów stałych, wielkości hodowli bydła i trzody chlewnej oraz ilości stosowanych nawozów sztucznych. W zaprezentowanej charakterystyce modelu zawarto szczegółowy opis submodeli: hydraulicznego, biochemicznego oraz temperaturowego. Opisano w pracy: sposób przedstawienia sieci rzecznej dla potrzeb modelu, zestawienie danych

wejściowych i procedury służące do analizy stopnia niepewności, będące integralną częścią modelu.

Do symulacji zmienności jakości wody oraz przebiegu procesu samooczyszczania wybrano wskaźniki chemiczne: tlen rozpuszczony, BZT<sub>5</sub>, utlenialność (ChZT-Mn), azot amonowy i azotanowy, ortofosforany oraz wskaźnik biologiczny (miano coli). Dodatkowym kryterium wyboru czasu symulacji stanu jakości wody było wybranie potencjalnie najmniej korzystnych warunków tlenowych w okresie letnim (eutrofizacja oraz niskie stany wody). Do symulacji wybrano miesiące: czerwiec, sierpień i wrzesień, natomiast danymi wejściowymi do modelu były wyniki pomiarów wodociągowych prowadzonych przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska. Symulację przeprowadzono dla parametrów, które stanowiły podstawę klasyfikacji wód Narwi, uwzględniając również wcześniejsze analizy punktowych źródeł zanieczyszczeń.

Wyniki pomiarów oraz symulacji pozwoliły stwierdzić co następuje:

- Wartości parametrów takich jak biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT) oraz utlenialność klasyfikowały wody rzeki Narwi w jej dolnym biegu jako II klasy czystości.
- Wartości stężeń substancji biogenych: związki azotowe decydowały o przynależności do I klasy czystości, natomiast zawartość ortofosforanów do II klasy (wyjątkowo w czerwcu odnotowano na niewielkim odcinku III klasę czystości).
- Zanieczyszczenie bakteriologiczne pochodzenia kałowego (wskaźnikiem jest tu miano Coli) dyskwalifikowało wody Narwi, na całym analizowanym odcinku miano Coli przekraczało dopuszczalne normy.
- Chlorki i siarczany (zanieczyszczenia konserwatywne uwzględnione w modelu) nie stanowiły potencjalnego zagrożenia dla biocenozy wodnej oraz nie wpływały na jakość wody, gdyż ich stężenia stanowiły mniej niż 50% dopuszczalnej normy dla I klasy czystości.

Porównanie wyników pomiarów i symulacji z obowiązującymi wówczas normami klasyfikacji wód powierzchniowych pozwoliło na ocenę stanu czystości wód rzeki Narwi. W analizowanym okresie (czerwiec-wrzesień) jakość wody wykazywała nieznaczne zróżnicowanie. Jeżeli za podstawę klasyfikacji obierzemy wskaźniki tlenowe: tlen rozpuszczony, biochemiczne zapotrzebowanie tlenu oraz utlenialność to jakość wód rzeki Narwi na analizowanym odcinku zmieniała się między I a II klasą czystości, najwyższe wartości BZT i ChZT-Mn zanotowano w czerwcu (II klasa), a zdecydowanie niższe w pozostałych miesiącach. Zawartość związków azotowych (azotu amonowego i azotanowego) w żadnym z wybranych do badań miesięcy nie przekroczyła wartości dla I klasy czystości. Ilość

ortofosforanów wykazywała znaczne wahania, obejmując wszystkie klasy czystości. Najgorzej wyglądała klasyfikacja sporządzona w oparciu o wskaźnik miano Coli, bowiem praktycznie na całej długości analizowanego odcinka Narwi jakość nie odpowiadała obowiązującym wówczas normatywom. W oparciu o otrzymane wyniki symulacji stwierdzić można, że rozbieżność pomiędzy danymi pomiarowymi i wynikami z modelu nie przekraczała 5-10% wartości. Rozbieżność można tłumaczyć błędami metod pobierania prób i pomiarów oraz pewną niedoskonałością modelu.

Wyniki badań laboratoryjnych oraz matematyczna symulacja jakości wody rzeki Narwi i jej dopływów wykazały, że najgroźniejszym zagrożeniem jest zanieczyszczenie typu kałowego (wody pozaklasowe na całym analizowanym odcinku). Z uwagi na możliwość przyszłego wykorzystania Narwi jako źródła wody pitnej dla Warszawy należy zgodnie z obowiązującą wówczas klasyfikacją zapewnić rzece w jej dolnym biegu I klasę czystości. Wykazano, że wówczas głównymi źródłami znacznej ilości ścieków komunalnych są miasta Ostrołęka i Pułtusk (miano Coli poniżej zrzutu ścieków wynosiło odpowiednio: 0.0004 i 0.04).

Z uwagi na małe zasoby wód powierzchniowych oraz ograniczoną chłonność wód generalnym kierunkiem przedsięwzięć w dziedzinie ochrony stanu wód w zlewni Dolnej Narwi winna być budowa nowoczesnych oczyszczalni ścieków, przy wyliczeniu niezbędnych stopni oczyszczania, wykorzystując do tego celu modele matematyczne. Badania potwierdziły celowość zastosowania modelowania matematycznego do oceny stanu czystości wód oraz prognozowania zmian w zależności od projektowanych przedsięwzięć ochrony wód

### **5.5. Wykorzystanie systemu informacji geograficznej GIS ARCINFO w hydrologii i gospodarce wodnej**

Celem prac podjętych w ramach projektu badawczego Z-3 w roku 1994 było przeanalizowanie systemów informacji geograficznej, dotyczących hydrologii i gospodarki wodnej. Kierownikiem projektu był doc. dr inż. Andrzej Filipkowski.

W zakładzie zrealizowano dwa zadania, a mianowicie dotyczące:

- współpracy z Departamentem Gospodarki Wodnej MOŚZNiL przy opracowywaniu koncepcji Zintegrowanego Systemu Informacyjnego Gospodarki Wodnej, w tym koncepcji zastosowania GIS,
- przygotowania wdrożenia systemu informacji geograficznej GIS ARCINFO w pilotowym module centralnego systemu informacyjnego gospodarki wodnej.

Jak wspomniano uprzednio, w sierpniu 1993 roku Kierownictwo MOŚZNiL zaakceptowało i przyjęło do realizacji „Program informatyzacji gospodarki wodnej”. Opracowanie założeń szczegółowych i planu realizacji „Zintegrowanego

Systemu Informacyjnego (ZIS) Gospodarki Wodnej” stanowiło następny etap prac, a zadania wykonane w ramach niniejszego projektu badawczego służyły sformułowaniu założeń.

W Zakładzie Gospodarki Wodnej Warszawie, w roku 1994, równolegle wykonywany był temat pt. „Szczegółowe założenia i plan realizacji Zintegrowanego Systemu Informacyjnego (ZIS) Gospodarki Wodnej”. System Informacji Geograficznej (GIS) miał stanowić jedno z podstawowych narzędzi ZSI „ŚRODOWISKO”, a tym samym jego podsystemu jakim był ZSI Gospodarki Wodnej. Wyniki prac w omawianym projekcie stanowiły istotny wkład w realizację tematu wspomnianego wyżej. Z kolei, ustalenia zawarte w szczegółowych założeniach realizacji ZSI Gospodarki Wodnej rzutowały na przewidywane wykorzystanie systemu GIS ARC/INFO w hydrologii i gospodarce wodnej.

W programie realizacji ZSI „ŚRODOWISKO” stwierdzono, że konieczne jest wybranie podstawowego standardu GIS dla całego zintegrowanego systemu informatycznego MOŚZNIŁ oraz wykonanie map tematycznych będących podstawowym podkładem topograficznym i informacyjnym, wykorzystywanym następnie przez wszystkie podsystemy.

Podstawą ładu informatycznego w systemie informacyjnym gospodarki wodnej miała stanowić komputerowa mapa podziału hydrograficznego Polski. Istniejący wówczas atlas „Podział hydrograficzny Polski”, opracowany w IMGW, przedstawiony był na mapach w skali 1:200 000, zawierających niewielką ilość informacji poza hydrografią i to w dużej mierze nieaktualnych (treść użytych podkładów odpowiada sytuacji z lat siedemdziesiątych). Jedną z najpilniejszych spraw przy tworzeniu systemu stanowiło dokonanie weryfikacji podziału hydrograficznego Polski, ustalenie standardowego stopnia szczegółowości tego podziału dla celów systemu, jak też stworzenie odpowiedniej mapy komputerowej. Z uwagi na specyfikę zagadnień związanych z wyznaczeniem działów wodnych, za jedyną instytucję mogącą wykonać omówioną mapę na odpowiednim poziomie, uznano Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Powierzenie IMGW wykonania wspomnianej pracy decydowało o sensowności jakichkolwiek poczynań prowadzących do wdrożenia systemu informacyjnego gospodarki wodnej opartego o System Informacji Geograficznej (GIS). W dalszych etapach rozwoju systemu mapa miała być uzupełniana kolejnymi warstwami tematycznymi dotyczącymi gospodarki wodnej, przykładowo podziału na obszary zarządzania gospodarką wodną. Stosownie do powyższego, opracowano program realizacji nowej mapy podziału hydrograficznego Polski.

Proces opracowywania nowej mapy podziału hydrograficznego Polski, stosownie do założonego programu jej wykonania, przedstawiono w sposób następujący:



- Uzyskanie monotematycznych podkładów rastrowych (warstw tematycznych mapy) z Zarządu Topograficznego Sztabu Generalnego Wojska Polskiego, w skali 1 : 50 000. Podkłady dotyczyłyby elementów hydrografii (rzeki, kanały, jeziora...) oraz rzeźby terenu, jak też wektoryzacja podkładów rastrowych wymienionych wyżej.
- Zastosowanie modułu GIS ARCINFO, wyznaczającego działły wodne w oparciu o numeryczny model rzeźby terenu.
- Weryfikacja podziału hydrograficznego w terenowych Oddziałach IMGW.
- Opracowanie numerycznej mapy podziału hydrograficznego w oparciu o materiały zweryfikowane w Oddziałach IMGW.

W nawiązaniu do przewidywanego zakresu prac nad mapą podziału hydrograficznego Polski, w ramach projektu podjęto prace dotyczące opanowania narzędzi software'owych nie objętych pakietem PC ARCINFO, a dotyczących wektoryzacji podkładów rastrowych oraz hydrologicznych narzędzi modelowania, zawartych w pakiecie GRID systemu ARCINFO w wersji na stację roboczą. Spośród programów realizujących manualną wektoryzację map rastrowych wybrano profesjonalny pakiet CAD Core/Tracer (wersja 5.0), opracowany oryginalnie w Szwecji. Natomiast, w zakresie przewidywanego automatycznego wyznaczania działów wodnych podjęto badania dotyczące możliwości wykorzystania narzędzia wchodzącego w skład modułu GRID w wersji 6.1, stanowiącego jedną z części pakietu ARCINFO, na stację robocze. Narzędzie to określane jest jako służące do modelowania hydrologicznego i oparte jest na tzw. numerycznym modelu rzeźby terenu. Istotą oprogramowania zawartego w omawianym module jest wykorzystanie numerycznego modelu rzeźby terenu do opracowania danych określających szczegółowo kierunek spływu wody dla każdego z wyróżnionych punktów na mapie terenu. Po zastosowaniu odpowiednich procedur dokonujących korekty danych pośrednich otrzymuje się w wyniku działania programu wyznaczony przebieg granic zlewni (działów wodnych) oraz uporządkowany model sieci hydrograficznej: jej przebiegu, połączeń i hierarchii ważności. Założono, że IMGW powinien, z punktu widzenia ZSI Gospodarki Wodnej, przygotować odwzorowania mapowe i stosowne bazy danych dotyczące rozmieszczenia, ilości i jakości zasobów wód powierzchniowych. Wymagało to również podjęcia odpowiednich prac metodycznych.

Niezależnie od konieczności tworzenia mapy podziału hydrograficznego Polski dla centralnego szczebla ZSI Gospodarki Wodnej i jego podsystemów, zachodziła konieczność opracowywania numerycznych podkładów mapowych różnych od przewidywanej do realizacji „Numerycznej mapy bazowej”, potrzebnych w specyficznych zagadnieniach gospodarki wodnej oraz dla mniejszych jednostek obszarowych. Analizy wykazały, że najlepsze rezultaty daje w tym zakresie stosowa-

nie hybrydowych (rastrowo-wektorowych) systemów informacji geograficznej. Takie właśnie rozwiązanie przyjęto przykładowo w systemie informatycznym Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska, który był jednym z elementów ZSI „ŚRODOWISKO”. Niezależnie od docelowych rozwiązań w odniesieniu do Systemu Informacji Geograficznej przyjęto do natychmiastowego zaimplementowania pakiet o nazwie TESSEL, który był wdrażany we wszystkich WIOŚ oraz GIOŚ, od 1994 roku, na bazie zeskanowanych map topograficznych w skali 1 000 dla całej Polski. Biorąc powyższe pod uwagę, postanowiono w ramach projektu badawczego Z-3 dokonać analizy możliwości pakietu TESSEL (składającego się z trzech podstawowych programów o nazwach RasterEdit, RasterBase i Inforster), przykładowego jego zastosowania i oceny przydatności. Przeprowadzone w ramach tematu próby zastosowania pakietu TESSEL w pracach nad numerycznymi odwzorowaniami mapowymi dla potrzeb hydrologii i gospodarki wodnej zakończyły się sformułowaniem opinii negatywnej w stosunku do tego pakietu.

W poszukiwaniu dostępnej aktualnie najlepszej technologii uzyskiwania podkładów mapowych w średniej skali (do 100 000) przeanalizowano możliwości wprowadzonej, pod koniec 1994 roku, nowej wersji 2.0 programu ArcView, która pomyślana jest generalnie jako narzędzie umożliwiające posługiwanie się użytkownikowi zewnętrznemu mapami tworzonymi przy pomocy pakietu ARCINFO. Analiza wykazała, że wersja ta różni się w sposób zasadniczy od wersji poprzedniej, dostarczając możliwości operowania numerycznymi odwzorowaniami mapowymi w zakresie przewyższającym merytorycznie możliwości pakietu TESSEL. W szczególności można posługiwać się obrazami skalibrowanymi do współrzędnych geograficznych, uzupełniać „ręcznie” treść mapy o elementy wektorowe oraz korzystać z w pełni profesjonalnego systemu baz danych (z SQL) i prezentacji graficznej obrazów. W ramach realizacji projektu zapoznano się również z mniej znanymi i stosunkowo niewielkimi systemami informacji geograficznej (MapInfo, MAPS), nie spełniającymi bezpośrednio standardów określonych dla ZSI „ŚRODOWISKO”. Analiza potwierdziła wyższość pakietów omówionych wyżej w odniesieniu do zagadnień przewidywanych do uwzględnienia w ZSI Gospodarki Wodnej.

Prace wykonane w ramach niniejszego projektu badawczego zakończyły etap prowadzenia rozpoznania w zakresie narzędzi Systemów Informacji Geograficznej (GIS). Dotychczasowe doświadczenia pozwoliły zespołowi IMGW na podjęcie prac wdrożeniowych zarówno w zakresie tworzenia numerycznej zweryfikowanej mapy podziału hydrograficznego Polski, jak też opracowania i wdrożenia technologii tworzenia map numerycznych dla mniejszych obszarów, przy równoczesnym wykorzystaniu techniki rastrowej i wektorowej. Uznano, że w tej ostatniej dziedzinie należałoby również przeanalizować możliwość zastosowania zdjęć satelitarnych do aktualizacji mapowych podkładów topograficznych.

Stwierdzono, że prace wdrożeniowe w zakresie zastosowania system GIS w tworzeniu systemu informacyjnego gospodarki wodnej w Polsce, powinny iść w dwóch zasadniczych kierunkach: opracowanie zweryfikowanej, numerycznej mapy podziału hydrograficznego Polski, jak też opracowanie i wdrożenie technologii tworzenia map numerycznych dla mniejszych obszarów, przy równoczesnym wykorzystaniu techniki rastrowej i wektorowej.

Stwierdzono również, że przy tworzeniu numerycznej mapy podziału hydrograficznego winno się przewidywać wektoryzując podkładów rastrowych, dotyczących warstw tematycznych: wody powierzchniowe oraz rzeźba terenu. Przykładem profesjonalnego oprogramowania do wektoryzacji jest pakiet CAD Core/Tracer. W następnym etapie należy przewidywać zastosowanie pakietu GIS ARC/INFO dla utworzenia numerycznego modelu rzeźby terenu oraz komputerowego wyznaczenia działów wodnych. W technologii tworzenia map numerycznych dla mniejszych obszarów należy wykorzystywać technikę rastrową i wektorową. Skanowane mapy topograficzne oraz zdigitalizowane warstwy wektorowe mogą być połączone we wspólnym programie prezentacyjnym ArcView-wersja 2.0.

## **5.6. Opracowanie pilotowego systemu monitoringu operacyjnego do sterowania jakością wody w zlewni rzeki Narwi**

Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie, we współpracy z Duńskim Instytutem Jakości Wody, podjął prace nad stworzeniem pilotowego systemu monitoringu operacyjnego do sterowania jakością wody w zlewni rzeki Narwi. Kierownikiem projektu był Marek Gromiec.

Celem pierwszej fazy projektu była realizacja prac przygotowawczych do wprowadzenia operacyjnego monitoringu jakości środowiska wodnego w wybranej zlewni.

Zakres wykonanych prac obejmował:

- zebranie informacji dotyczących charakteru zlewni,
- wdrożenie geograficznego systemu informacji (GIS),
- zainstalowanie i zastosowanie duńskiego modelu matematycznego z pakietu MIKE 11 do modelowania jakości wody rzeki.

Zakresem gromadzenia danych objęto:

- charakterystykę geograficzną zlewni (topografię, granice hydrograficzne, przekroje hydrologiczne, podział administracyjny),
- charakterystykę użytkowych poborów wody (na cele zaopatrzenia ludności, przemysłu i rolnictwa),

- charakterystykę punktowych źródeł zanieczyszczeń wód (miejskich, przemysłowych, pochodzących ze składowisk odpadów), – charakterystykę obszarowych zanieczyszczeń wód,
- informacje o istniejących przekrojach monitorowania jakości środowiska wodnego i laboratoriach wodno-ściekowych.

Wszystkie dane zostały zgromadzone w postaci umożliwiającej wprowadzenie ich do systemu przechowywania informacji GIS. Wykonano przykładową zdigitalizowaną mapę zlewni z naniesieniem zgromadzonych informacji. Dokonano również weryfikacji zgromadzonych danych poprzez wykorzystanie ich w modelowaniu jakości wody z zastosowaniem duńskiego modelu jakości wody z pakietu MIKE 11. Wdrożenie modelu jakości wody z pakietu MIKE 11 pozwoliło na sprawdzenie poprawności i zgodności danych hydrometrycznych pochodzących z pomiarów i obliczeń, umożliwiło przeprowadzenie symulacji jakości wody obejmującej zmienność stężeń analizowanych wskaźników w czasie i przestrzeni.

### **5.7. Badanie ilości i jakości wody za pomocą eksperymentalnej automatycznej stacji pomiarowej**

Celem prac podejmowanych w ramach tematu Z-11A było uruchomienie i przetestowanie eksperymentalnej automatycznej stacji pomiarowej ilości/jakości wody. Kierownikiem projektu był Marek Gromiec. Realizacje prac podzielono na dwa etapy:

- etap I – zrealizowany w roku 1995, obejmował prace przygotowawcze do uruchomienia eksperymentalnej stacji automatycznej,
- etap II – zrealizowany w 1996 roku, obejmował uruchomienie eksperymentalnej stacji automatycznej i badania.

Zakres wykonanych prac w etapie I obejmował:

- Wybór lokalizacji eksperymentalnej stacji automatycznej
- System kontroli jakości danych, które będą uzyskane ze stacji automatycznej.
- Szczegółowy opis modelu matematycznego, który będzie zastosowany do symulacji danych uzyskiwanych ze stacji automatycznej.
- Prace instalacyjne

eksperymentalnej stacji automatycznej.

Prace instalacyjne eksperymentalnej stacji automatycznej, które zostały przeprowadzone we współpracy z Sekcją Techniczną Oddziału Warszawskiego IMGW, poprzedzone były analizą możliwych lokalizacji powyższych stacji. Biorąc pod uwagę przede wszystkim możliwości instalacyjne oraz łatwość obsługi

zainstalowanej stacji podjęto decyzję o umiejscowieniu stacji w Różanie na rzece Narwi. Instalacje stacji ukończono w grudniu 1995 roku.

Pozostałe prace miały charakter prac przygotowawczych do wykorzystywania wyników uzyskiwanych po uruchomieniu zainstalowanej stacji i obejmowały między innymi testowanie programu komputerowego kontroli jakości danych. Zrealizowane zadania w 1996 roku obejmowały:

- uruchomienie stacji,
- testowanie zdalnego przesyłania wyników do centrum komputerowego w Zakładzie Gospodarki Wodnej w Warszawie,
- badanie ciągłych pomiarów dokonywanych automatycznie przez stację pomiarową.

Przy realizacji etapu II tematu, Zakład Gospodarki Wodnej współpracował z Duńskim Instytutem Jakości Wody w zakresie prac związanych z oprogramowaniem komunikacyjnym i testowaniem przesyłania wyników. W skład uruchomionej stacji wchodził komputer służący do przechowywania przesyłanych danych pomiarowych oraz czujniki: temperatury, tlenu rozpuszczonego i poziomu zwierciadła wody. Przesyłanie danych do centrum komputerowego odbywało się za pośrednictwem modemów i oprogramowania komunikacyjnego: wewnętrznego wbudowanego w stację i programu AQUA zainstalowanego w centrum komputerowym w Zakładzie Gospodarki Wodnej w Warszawie. Do przesyłania danych wykorzystywana była publiczna sieć telekomunikacyjna. W wyniku realizacji tematu uruchomiono automatyczną stację pomiarową dokonującą w sposób ciągły pomiarów stanu wody, temperatury i stężenia tlenu rozpuszczonego. Czujnik stanu wody został wykalibrowany tak aby pokazywał wskazania wodowskazu w Różanie.

Testowanie zdalnego przekazywania danych do centrum komputerowego wykazało poprawność takiego rozwiązania, aczkolwiek stwierdzono, że należy dążyć do poprawy jakości połączeń związanych z przesyłaniem danych na dalekie odległości. Dane pomiarowe zbierane w sposób ciągły z częstotliwością co 30 min. (maksymalnie 1 min.) umożliwiają obserwację dobowych zmian wartości tlenu rozpuszczonego, jak również zmian zachodzących w dłuższym okresie czasu. Pomiaru takie mogą być wykorzystane do kontrolowania punktowych źródeł zanieczyszczeń oraz do badania rozwoju glonów i ich wpływu na stężenie tlenu rozpuszczonego. Pomiaru poziomu zwierciadła wody można wykorzystać do obliczania natężenia przepływu oraz do kontrolowania zarówno wezbrań jak i niżówek. Dane pomiarowe zbierane w sposób ciągły nadają się bardzo dobrze do budowania i kalibracji modeli hydraulicznych i jakości wody. Osiągnięte wyniki pozwoliły na kontynuację prac mających na celu rozbudowanie systemu stacji, zainstalowanie w centrum komputerowym oprogramowania do przechowywania i analizy danych.

## **5.8. Opracowanie i zastosowanie metod analizy danych z automatycznych stacji pomiarowych osłony ujęcia wody**

Celem prac prowadzonych w 1997 roku w ramach projektu badawczego Z-14B było włączenie stacji do tworzonego systemu pilotowego oraz instalacja i testowanie oprogramowania bazy danych służącej do przechowywania i analizy pomiarów uzyskanych z automatycznych stacji pomiarowych. Koordynatorem prac była mgr inż. Lidia Gutowska Siwiec.

Zakres wykonanych prac obejmował:

- włączenie stacji w Różanie do tworzonego systemu pilotowego,
- rozbudowanie stacji pomiarowej o czujniki do pomiaru pH i przewodnictwa elektrycznego,
- instalacje w centrum komputerowym Zakładu Gospodarki Wodnej oprogramowania, utworzonego we współpracy z Duńskim Instytutem Jakości Wody – (VKI), do automatycznego odbierania i analizy danych pomiarowych ze stacji.

Tworzony system pilotowy został rozbudowany o kolejne automatyczne stacje w Pułtusku, Popowie i Wieliszewie. Stacja w Różanie została włączona do powyższego systemu pilotowego, natomiast dodatkowe czujniki zostały zainstalowane na stacji w Popowie.

W wyniku realizacji tematu, w zakładzie zainstalowano system bazy danych służący do gromadzenia danych pomiarowych o jakości wody oraz utworzone oprogramowanie służące do analizy tych danych. Stworzona baza danych może być wykorzystana do przechowywania zarówno danych pochodzących z pomiarów automatycznych jak i laboratoryjnych, a programy komputerowe obsługujące ją do porównywania wyników, tworzenia wykresów, obliczeń statystycznych oraz sporządzania raportów. Serwer przechowujący dane może być dostępny przez modem co umożliwi zdalne połączenie i dostęp do danych z odległych miejsc.

Stworzony w Zakładzie Gospodarki Wodnej, przy współpracy z Duńskim Instytutem Jakości Wody (VKI), system bazy danych, oparty o Windows NT oraz Microsoft SQL, był wykorzystany do gromadzenia i analizy danych pochodzących z pomiarów automatycznych oraz dodatkowych pomiarów laboratoryjnych. Może również służyć do przechowywania wszelkich innych pomiarów obejmujących zarówno jakość wody jak i dane hydrologiczne lub meteorologiczne.

Prace nad automatycznymi pomiarami koncentrowały się na poprawie sprawności działania urządzeń i zapewnieniu ciągłości pomiarów (usprawnienie łączności, konserwacja oraz ewentualna rozbudowa lub przebudowa stacji) oraz zwiększaniu zaufania do wyników pomiarów (okresowa kalibracja czujników, porównywanie z danymi laboratoryjnymi) tak aby możliwe było wykorzystanie pomiarów

wykonywanych automatycznie w przyszłym systemie osłony ujęcia wody. Prace o charakterze badawczym obejmowały badania zależności między mierzonymi wskaźnikami, a innymi parametrami charakteryzującymi jakość wody oraz nad zagadnieniami metodycznymi i technicznymi wykorzystania automatycznych pomiarów ilości i jakości wód powierzchniowych.

W 1998 roku, przeprowadzono badania nad możliwościami wykorzystania automatycznych stacji pomiarowych ilości i jakości wody do potrzeb gospodarki wodnej i ochrony wód. Zakres wykonanych prac obejmował: wykorzystanie wyników ze stacji do celów modelowania statystycznego, jak też przeprowadzenie badań sezonowych zmian jakości wody. W ramach pracy uzyskano praktyczne doświadczenia z zastosowania automatycznych stacji. Pomimo ograniczonej liczby mierzonych wskaźników możliwości wykonywania pomiarów w sposób ciągły umożliwia stałą kontrolę istotnych wskaźników jakości wody, przede wszystkim tlenu rozpuszczonego.

Za pomocą automatycznych stacji można dokonywać pomiarów z dowolnym krokiem czasowym, a pomierzone wartości pozwalają na analizę danych w dowolnych przedziałach czasowych, przykładowo dobowych, dekadowych, miesięcznych itd. Otrzymane wyniki posłużyły do celów modelowania statystycznego. Ponadto na bazie pomiarów dokonywanych na pilotowych stacjach możliwe było przeprowadzenie badań sezonowych zmian jakości wody szczególnie w aspekcie uzyskiwania wczesnej prognozy wystąpienia zjawiska rozwoju glonów umożliwiającej z wyprzedzeniem podjąć dodatkowe kroki osłonowych na ujęciu i sprecyzowanie wstępnych wniosków wymagających dalszych badań celem potwierdzenia ich słuszności.

Doświadczenia uzyskane podczas eksploatacji pilotowych stacji mogą być wykorzystane podczas tworzenia systemów osłonowych ujęć wody do picia w pełnej skali oraz prowadzenia szeregu badań podstawowych dotyczących wód zbiornika. Stacje automatyczne dają duże możliwości ciągłego monitorowania parametrów fizycznych i chemicznych w rzece i zbiorniku oraz analizowania zmian już w bardzo krótkich cyklach. Wyniki ze stacji pilotowych mogą stanowić cenne uzupełnienie danych uzyskiwanych z monitoringu prowadzonego przez służby IMGW. Ciągły pomiar poziomu zwierciadła wody w znaczny sposób może usprawniać pracę służb hydrologicznych i ochrony przeciwpowodziowej.

Realizatorzy projektu otrzymali specjalne podziękowanie od Dyrekcji Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji (MPWiK) w Warszawie S.A. za realizację powyższego tematu.

## **5.9. Opracowanie znormalizowanych zasad obliczania przepływu nienaruszalnego w systemach rzecznych**

Celem projektu badawczego Nr 081/S4/93/05 opracowanie znormalizowanych zasad obliczania przepływu nienaruszalnego w systemach rzecznych. Kierownikiem tematu był mgr inż. Krzysztof Witowski.

Racjonalna gospodarka wodna na danym obszarze wymaga pełnego rozeznania co do wielkości zasobów jakimi dysponujemy. W tym celu obok znajomości przepływów w rzekach, niezbędne jest wyznaczenie wartości przepływów nienaruszalnych ( $Q_n$ ), to jest dolnych granic dozwolonych poborów wody, poniżej których następuje dewastacja i nieodwracalne zmiany środowiska. Mimo, że samo pojęcie przepływu nienaruszalnego nie jest na ogół podważane to o wiele trudniej jest je zastosować w praktyce. Napotykamy tu na dwojakie trudności: po pierwsze związane z prawidłowym wyznaczeniem wielkości przepływu nienaruszalnego, a po drugie z jego uwzględnieniem w gospodarce wodnej. Biorąc pod uwagę różnorodność i złożoność procesów hydrobiologicznych zachodzących w rzece i całej zlewni trudno jest wyznaczyć jednoznacznie wartość granicznego przepływu  $Q_n$ . Jakkolwiek przepływ nienaruszalny rozpatrywany jest w kategoriach biologicznych i społecznych w zasadzie nie podlega kryteriom ekonomicznym, to wody powierzchniowe stanowią zasób naturalny, a co się z tym wiąże, wyznaczenie wartości przepływu nienaruszalnego ma wpływ na możliwości ich eksploatacji i stanowić może pewną barierę rozwoju społecznego i gospodarczego poprzez ograniczenia zaopatrzenia w wodę ludności i przemysłu. Staje się to szczególnie ważne na obszarach gdzie mamy do czynienia z deficytami wody lub w okresach niżówkowych. Użytkownicy muszą albo redukować swoje potrzeby albo budować zbiorniki retencyjne wyrównujące odpływ rzeczny, co jest kosztowne. Wymagane jest więc szukanie pewnego kompromisu pomiędzy eksploatacją zasobów wodnych a ochrona środowiska.

W niniejszym projekcie, w oparciu o metodykę wyznaczania przepływu nienaruszalnego opracowaną w zakładzie, stworzono pierwszą wersję programu obliczeniowego w ujęciu wielokryterialnym. Pozwoliło to na wyznaczanie  $Q_n$  w szerszym jak do tej pory zakresie. Analiza istniejącej metodyki oraz przeprowadzone obliczenia zmusiły wykonawców do stworzenia nowej metody wyznaczania przepływu nienaruszalnego opartej na nowych badaniach i doświadczeniach. Sformułowane w latach 70-tych przez dr inż. Halinę Kostrzewę zasady określania wielkości przepływu nienaruszalnego wymagały pewnej modyfikacji. Szczególnie jest to istotne w odniesieniu do cieków z zabudową zbiornikową oraz ze względu na brak rozwiązań dotyczących dopuszczalnego czasu utrzymywania przepływu nienaruszalnego przez zezwalanie na pobory związane z wydłużającymi się okresami niżówkowymi.



Zaproponowana nowa metodyka opiera się o podane poniżej zasady. W miejsce jednej stałej okresowo wartości przepływu nienaruszalnego wprowadza dwie wartości graniczne, które wraz z funkcją transformującą limitują dopuszczalne pobory, tak by rzeka zachowała w miarę możliwości naturalny reżim przepływów. Dolne ograniczenie przepływów poniżej, którego zabroniony jest pobór wody wyznaczone jest na drodze statystycznej analizy przepływów średnich niskich n-dniowych. Górne ograniczenie z kolei związane jest z pojęciem przepływu najdłużej trwającego. Metoda ta w przeciwieństwie do metody wielokryterialnej jest próbą ogólnego rozwiązania problemu przepływu nienaruszalnego. Wyznacza ona dopuszczalne pobory w sposób dynamiczny w zależności od sytuacji w rzece. Wymaga znajomości aktualnych wielkości przepływów. Pozwala na bardziej racjonalną gospodarkę zasobami wodnymi i stawia przed nią nowe zadania. Może być stosowana samodzielnie lub stanowić znaczące uzupełnienie dotychczas stosowanych metod wyznaczania przepływu nienaruszalnego. Podobnie jak metoda wielokryterialna została oprogramowana w formie pierwszej wersji programu. Ze względu na nowatorski charakter pracy przewidziano dalsze prace związane z jej testowaniem i analizą uwag grona potencjalnych użytkowników i decydentów. W pracy zamieszczone zostały przykłady obliczeń przepływu nienaruszalnego dla przekroju wodowskazowego według obu metod oraz przykład zastosowania powyższej metody w gospodarce wodnej.

### **5.10. Komputerowy atlas potrzeb i niedoborów wodnych roślin rolniczych w Polsce**

Celem projektu badawczego Nr 0824/S4/93/04 było stworzenie komputerowego atlasu potrzeb wodnych, który stanowiłby nowoczesne narzędzie w zakresie prezentacji, analizy i wykorzystania danych o potrzebach i niedoborach wodnych roślin rolniczych w Polsce. Kierownikiem projektu był doc. dr inż. Andrzej Filipkowski.

Badania i studia nad potrzebami i niedoborami wodnymi roślin prowadzone są we wszystkich krajach od dziesiątków lat. Wyniki obserwacji, a w szczególności dane o ilości wody potrzebnej na pokrycie niedoborów wodnych roślin rolniczych, mają podstawowe znaczenie przy opracowywaniu planistycznych rozwiązań wodno-gospodarczych, przy projektowaniu systemów nawadniających, określaniu kierunków inwestowania w budownictwie wodnym. Prawidłowa ocena niedoborów wodnych roślin rolniczych decyduje o efektywności wykorzystania zwykle wysokich nakładów ponoszonych podczas realizacji inwestycji wodno-gospodarczych.

Niniejszy atlas komputerowy powstał w oparciu o wyniki otrzymane z wieloletnich badań prowadzonych w zakładzie pod kierunkiem prof. dr hab.inż. Stanisławy

Sarnackiej. Atlas zawiera zbiór map dla obszaru Polski, z których odczytać można wartości ewapotranspiracji potencjalnej i rzeczywistej, a także niedoborów wodnych roślin – ich sum miesięcznych i za całe okresy wegetacyjne. Przebieg izolinii określony został w oparciu o interpolację danych uzyskanych z 60 stacji meteorologicznych.

Odpowiednie wielkości wyznaczone zostały zgodnie z metodyką zawartą w „Instrukcji wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin rolniczych” opartą o zalecenia FAO. Elementem wyjściowym jest tu ewapotranspiracja potencjalna, wyznaczona według wzoru Penmana przystosowanego do warunków polskich. Podobna metodyka, oparta o wzór Penmana i jego modyfikacje, stosowana jest w wielu krajach m.in. we Francji i USA.

Opcja „mapy”, wywoływana z głównego menu atlasu, umożliwia dostęp do wszystkich map zamieszczonych w atlasie. Po wybraniu tej opcji pojawia się skorowidz wszystkich dostępnych map (zatytułowany „selekcja map”). Umożliwia on łatwy i szybki dostęp do każdej z map ewapotranspiracji i niedoborów wodnych, dla zadanej uprawy, w całym okresie wegetacji lub w wybranym miesiącu. Program umożliwia wybór podkładu konturowego, pozwala na wzbogacenie map o sieć rzek i miast, jak również stacji na których dokonywano pomiarów. Mapy są wyświetlane na ekranie monitora, a dodatkowo mogą być wydrukowane na drukarce lub ploterze. Przy pomocy pola selekcji użytkownik jest w stanie uzyskać obraz zarówno interesującej go mapy jak też serii map odpowiadających wybranemu elementowi merytorycznemu (w kolejnych okresach czasu) lub wybranemu okresowi czasu (dla kolejnych elementów merytorycznych). Każda mapa jest czytelnie opisana (zawiera opis rodzaju wielkości, rodzaju upraw, okresu wegetacji).

Opcja „definicje” umożliwia wyświetlenie definicji wszystkich użytych pojęć: ewapotranspiracji potencjalnej, ewapotranspiracji rzeczywistej, niedoborów wodnych, retencji użytecznej, wody ogólnie dostępnej, wilgotności trwałego więdnięcia, połowej pojemności wodnej, efektywnej retencji użytecznej, wody łatwo dostępnej, połowej pojemności wodnej, wilgotności krytycznej, wody trudno dostępnej, odpływu powierzchniowego i gruntowego.

Opcja „informacje ogólne” pozwala na wydrukowanie na ekranie podstawowych informacji o tym kiedy, gdzie i na podstawie jakich badań stworzono ten komputerowy atlas. Opcja zawiera wyciąg z „Instrukcji wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych” opracowanej w 1987 roku w Zakładzie Gospodarki Wodnej w Warszawie.

Przewidziano możliwość aktualizacji atlasu w oparciu o wyniki obserwacji z kolejnych lat. Nowoczesne i proste w użyciu oprogramowanie w znacznym stopniu ułatwia określanie obecnych potrzeb i niedoborów wodnych roślin rolni-

czych. Po wprowadzeniu zmian w oprogramowaniu, w nowej wersji, narzędzie to mogłoby być używane do analizowania zmian tych wielkości w czasie.

Proces opracowywania komputerowego atlasu potrzeb i niedoborów wodnych roślin rolniczych w Polsce był dość złożony i przebiegał w kilku etapach (poczynając na zebraniu danych, poprzez graficzne zobrazowanie przestrzennej struktury poszczególnych elementów w skali kraju w postaci odpowiednich map izolinii i skonstruowanie numerycznej wersji poszczególnych map, po stworzenie odpowiedniego oprogramowania umożliwiającego wykorzystywanie map numerycznych przez użytkownika atlasu). Końcowy produkt mieści się na pojedynczej dyskietce i może być natychmiast zaimplementowany na dowolnym komputerze spełniającym podstawowe wymagania techniczne.

### **5.11. Model matematyczny do badania wrażliwości zakładu przemysłowego na okresowe niedobory wody**

Celem projektu badawczego Nr 084/S4/93/04 było opracowanie modelu matematycznego do badania wrażliwości zakładu przemysłowego na okresowe niedobory wody. Kierownikiem projektu był dr inż. Marek Ślesicki.

Przemysł, będący największym w kraju użytkownikiem wód, wykorzystuje ich zasoby w dwojaki sposób, zarówno jako źródło zaopatrzenia w wodę, jak i miejsce odprowadzania wód zużytych w procesach produkcyjnych. Procesy technologiczne prowadzone w zakładach przemysłowych wymagają dostarczenia dostatecznej ilości wody, o zadawalającej jakości, a jednocześnie możliwości spełnienia tych wymagań są ograniczane poprzez odprowadzanie do wód, zanieczyszczonych ścieków. W miarę intensyfikacji działalności przemysłowej występująca sprzeczność staje się barierą rozwojową i wymusza podejmowanie działań mających na celu pokrycie potrzeb wodnych, zarówno w zakresie zaopatrzenia w wodę jak i odprowadzenia ścieków.

Podjęcie, przez zakłady przemysłowe, działań racjonalizujących wykorzystanie zasobów wodnych, wynikać może z różnych przyczyn. Wśród najważniejszych można tu wymienić: czynniki fizyczne (deficyt lokalnych zasobów dla zaopatrzenia w wodę), czynniki ekonomiczne oraz ograniczenia prawne. Aby decyzje podejmowane przez przemysłowych użytkowników wody w warunkach ograniczonego, przez czynniki fizyczne i ekonomiczne, dostępu do wody, miały charakter racjonalnego wyboru, konieczne jest opracowanie metod pozwalających na określenie i analizę wrażliwości poszczególnych użytkowników na okresowy niedobór wody.

Podstawowym celem takiej analizy jest określenie strategii użytkownika, która pozwala na minimalizację wielkości strat wynikłych z tego powodu. W tym celu

niezbędne jest opracowanie modelu wiążącego ściśle proces produkcyjny z wielkością dyspozycyjnych zasobów wodnych. Konieczne staje się za tym potraktowanie wody jako jednego z podstawowych surowców produkcyjnych.

Opracowany model umożliwia symulację pracy zakładu przemysłowego w warunkach okresowego niedoboru wody zasilającej i sytuacjach awaryjnych mogących wystąpić w gospodarce wodno-ściekowej. Model pozwalając na określenie efektów ekonomicznych wprowadzania przedsięwzięć racjonalizujących wykorzystanie wody przez zakład przemysłowy i efektów bieżących decyzji operacyjnych w sytuacjach awaryjnych, umożliwia określenie strategii działania zakładu w zakresie wykorzystania zasobów wodnych. Jak wynika z powyższych stwierdzeń, opracowany model dotyczy dwóch różnych aspektów racjonalnego wykorzystania zasobów wodnych przez użytkowników przemysłowych.

Po pierwsze, może on służyć dla określenia możliwości i efektów racjonalizacji gospodarki wodno-ściekowej zakładu przemysłowego, rozumianej jako dostosowanie tej gospodarki do występujących deficytów wody zasilającej. Nie jest przy tym istotne czy deficyt taki powodowany jest czynnikami fizycznymi (brak dostatecznych dyspozycyjnych zasobów wodnych) czy czynnikami ekonomicznymi (zbyt duży udział kosztów związanych z wykorzystaniem zasobów wodnych w ogólnych kosztach działalności zakładu). Zakłada się, że dostosowanie zakładu do występujących deficytów wody następuje na drodze inwestycyjnej, przez wprowadzanie zmian w istniejących sposobach wykorzystania zasobów wodnych. Tak więc pierwsze zastosowanie opracowanego modelu dotyczy zakładów w których istnieją techniczne i technologiczne możliwości racjonalizacji gospodarki wodno-ściekowej. Dla takich zakładów opracowany model umożliwia określenie efektów wprowadzania określonych zestawów przedsięwzięć racjonalizacyjnych. Efekty te, określane poprzez symulację pracy zakładu w różnych warunkach, opisują wpływ działań podejmowanych w celu zmniejszenia deficytu wody, na wskaźniki ekonomiczne opisujące efektywność pracy zakładu.

Drugi aspekt wykorzystania opracowanego modelu dotyczy bieżącej działalności zakładu przemysłowego. Zakłada się, że w zakładzie nie występują już znaczące możliwości racjonalizacji sposobów wykorzystania zasobów wodnych na drodze inwestycyjnej.

Występujące w takim przypadku zakłócenia w gospodarce wodno-ściekowej, powodowane deficytem wody zasilającej lub sytuacjami awaryjnymi, mogą być minimalizowane poprzez podejmowanie właściwych decyzji produkcyjnych. Dla takich zakładów opracowany model umożliwia określenie efektów podejmowania bieżących decyzji operatorskich. Efekty te, określane poprzez symulację pracy zakładu w ustalonych warunkach, opisują wpływ ciągu podejmowanych decyzji bieżących, na wskaźniki ekonomiczne opisujące efektywność pracy zakładu.

W omawianym przypadku model umożliwia również symulacje pracy zakładu w zmieniających się warunkach zewnętrznych, przykładowo zmiany cen za korzystanie z zasobów wodnych, zmiany profilu i wielkości produkcji.

Odmienność obydwu opisanych powyżej zagadnień spowodowała że, program numeryczny realizujący model został opracowany w formie dwóch niezależnych procedur obliczeniowych: procedury oceny możliwości racjonalizacji i procedury symulacji działania zakładu.

**Procedura oceny możliwości racjonalizacji.** Założono, że w trakcie prowadzonych w zakładzie procesów technologicznych zużywana jest woda, a zakład wytwarza określony zestaw produktów, oraz odpadów. Działalność zakładu związana jest z ponoszeniem określonych kosztów związanych z procesem technologicznym oraz kosztów związanych z poborem wody i odprowadzeniem ścieków. Przyjmuje się generalne założenie że, dostawa wody jest niewystarczająca dla pełnego pokrycia zapotrzebowania zakładu, wynikającego z aktualnych potrzeb technologicznych, co powoduje nie przetworzenie całości skupionego surowca. Jako środek minimalizujący wielkość strat wynikających z tego powodu, przyjmuje się realizację inwestycji o charakterze proekologicznym mających na celu racjonalizację gospodarki wodno-ściekowej zakładu. Każdy typ inwestycji charakteryzuje się różnym kosztem i czasem realizacji oraz różnymi efektami ekonomicznymi.

Celem procedury jest wyliczenie wartości liczbowych wskaźników ekonomicznych dotyczących procesów technologicznych, symulując pracę zakładu w przypadkach: pełnego zaopatrzenia w wodę lub deficytu wody o określonej wielkości, braku inwestycji racjonalizacyjnych lub wprowadzenia określonych zestawów tych inwestycji. Jako kryteria opłacalności inwestycji przyjmuje się następujące wskaźniki ekonomiczne określone w cenach pierwszego roku, w którym jest wykonywana inwestycja: stopa zysku od przychodów, przyrost względny efektywnego zysku netto w okresie pięciu lat, stopa zysku od nakładów inwestycyjnych.

Zakres informacji możliwych do uzyskania przy pomocy opracowanego programu, dotyczy szeregu aspektów działania zakładu, zarówno w zakresie prowadzonych procesów technologicznych, jak i gospodarki wodno-ściekowej oraz efektów ekonomicznych osiągniętych przez zakład. Obok wielu informacji szczegółowych, najistotniejszym wydaje się umożliwienie oceny efektów wprowadzania przedsięwzięć racjonalizujących gospodarkę wodno-ściekową zakładu. Oprócz ogólnej analizy efektów racjonalizacji gospodarki wodno-ściekowej zakładu, oraz szeregu możliwych do przeprowadzenia, w oparciu o uzyskane wyniki, analiz szczegółowych dotyczących różnych aspektów działalności zakładu, możliwe jest również symulowanie jego działania przy zmieniających się parametrach zewnętrznych. W szczególności interesujące może okazać się badanie wpływu racjonalizacji na osiągnięte efekty działania zakładu, przy zmieniających się wejściowych parametrach

ekonomicznych dotyczących wysokości cen surowców i produktów oraz opłat za korzystanie ze środowiska.

Realizacja numeryczną opracowanego algorytmu jest program obliczeniowy napisany w języku TopSpeed Moduła 2. Program sterowany jest za pomocą systemu menu. Wyniki symulacji zapisywane są (osobno dla każdego wariantu obliczeń) w ośmiu typach plików wynikowych, dotyczących różnych aspektów przeprowadzonej symulacji. Sieć działań programu została przedstawiono graficznie,

**Procedura symulacji działania.** Celem procedury jest wyliczenie wartości liczbowych wskaźników ekonomicznych dotyczących procesu technologicznego, symulując pracę zakładu według bieżących decyzji podejmowanych przez operatora.

Zakład modelowany jest jako system złożony z obiektów: Magazynów Surowców, Zbiornika Wody Zasilającej, Oddziałów Produkcyjnych, Zbiornika Ścieków i Środowiska. Prowadzenie procesów technologicznych w Oddziałach Produkcyjnych wymaga dostarczenia: surowców, wody, energii cieplnej i elektrycznej. Surowce dostarczane są z Magazynów Surowców. Niezbędna do produkcji woda jest dostarczana ze Zbiornika Wody. W wyniku procesów produkcyjnych powstają: produkty i odpady (o asortymencie zależnym od Oddziału Produkcyjnego), różnego rodzaju ścieki produkcyjne. Ścieki produkcyjne odprowadzane są do Zbiornika Ścieków. Ścieki w Zbiorniku ścieków mogą być rozcieńczane wodą ze Zbiornika Wody. Ścieki ze Zbiornika Ścieków są odprowadzane do Środowiska. W modelu przyjmuje się założenia dotyczące charakterystyki poszczególnych obiektów oraz warunków ich pracy. Działanie systemu uzależnione jest od bieżących decyzji produkcyjnych operatora. Jako wskaźnik ekonomiczny charakteryzujący efektywność podejmowanego ciągu decyzji produkcyjnych przyjęto wielkość zysku zakładu.

Realizacją numeryczną opracowanego algorytmu jest program obliczeniowy napisany w języku TopSpeed Moduła 2. Program sterowany jest za pomocą systemu menu. Wyniki symulacji zapisywane są (osobno dla każdego wariantu obliczeń) w trzech typach plików wynikowych, dotyczących różnych aspektów przeprowadzonej symulacji.

Omawiana procedura obliczeniowa dotyczy modelowania bieżącej działalności zakładu przemysłowego. Przyjmuje się tutaj, że w zakładzie nie występują już znaczące możliwości racjonalizacji sposobów wykorzystania zasobów wodnych na drodze inwestycyjnej. Występujące w takim przypadku zakłócenia w gospodarce wodno-ściekowej, powodowane deficytem wody zasilającej lub sytuacjami awaryjnymi, mogą być minimalizowane poprzez podejmowanie właściwych bieżących decyzji produkcyjnych.

Dla sprawdzenia poprawności przyjętych założeń modelu oraz poprawności i efektywności numerycznej programu obliczeniowego, przeprowadzono za jego pomocą obliczenia dla warunków rzeczywistego zakładu przemysłowego. Przeprowadzone obliczenia dotyczyły symulacji wpływu podejmowania różnych decyzji operacyjnych w różnych sytuacjach awaryjnych, na efekty ekonomiczne pracy zakładu.

Podobnie jak w przypadku, procedury oceny możliwości racjonalizacji, także tutaj, oprócz analizy efektów podejmowania różnych decyzji operatorskich, możliwe jest również symulowanie jego działania przy zmieniających się parametrach zewnętrznych. W szczególności interesujące może okazać się badanie wpływu podejmowanych decyzji na osiągnięte efekty działania zakładu, przy zmieniających się wejściowych parametrach ekonomicznych dotyczących poziomu cen surowców i produktów oraz opłat za korzystanie ze środowiska.

### **5.12. Magnetyczne oczyszczanie ścieków galwanicznych na tle aktualnie stosowanych metod unieszkodliwiania ścieków z przemysłu galwanicznego**

Celem projektu badawczego Nr.0035/S4/94/06 było przedstawienie zmodyfikowanej metody magnetycznego oczyszczania ścieków galwanicznych poprzedzonej wstępnym oczyszczeniem ścieków w reaktorze-cementatorze (metodą cementacji). Kierownikiem projektu była dr inż. Anna Bożko.

W porównaniu do innych stosowanych metod ten sposób oczyszczania ścieków jest efektywniejszy ekonomicznie i bardziej przyjazny naturalnemu środowisku. Wyniki badań oraz wnioski końcowe mogą okazać się bardzo przydatne przy projektowaniu oczyszczalni ścieków galwanicznych.

Metoda cementacji, zastosowana jako oczyszczenie wstępne, polega na usuwaniu miedzi na opiłkach stalowych. Metoda magnetycznego oczyszczania, stosowana jako drugi etap oczyszczenia, polega na oczyszczaniu ścieków w wyniku wytwarzania cząstek magnetytu  $Fe_3O_4$  i sorpcji na nim jonów miedzi. W porównaniu do typowych technologii cementacji i magnetycznego oczyszczania innowacja dwustopniowej metody oczyszczania ścieków, zaprezentowana w pracy, polega na tym, że zwykle mało efektywny proces cementacji przeprowadzony został w reaktorze-cementatorze, w którym panowały turbulентne warunki mieszania. Przyspieszyło to wymianę masy na granicy faz „wiórki stalowe-ścieki” oraz wydzielenie metalicznej miedzi na stali. Drogą badań określono optymalne parametry pracy reaktora-cementatora. W przypadku magnetycznego oczyszczania ścieków galwanicznych zastosowana innowacja polega na tym, że nie zachodzi konieczność wprowadzania jonów Fe do oczyszczanych ścieków. Jony powyższe są

bowiem obecne w dostatecznej ilości w ściekach oczyszczonych wstępnie w reaktorze-cementatorze.

Powyższe dwustopniowe oczyszczanie ścieków galwanicznych zostało zaprezentowane na przykładzie ścieków miedziowych pochodzących z obwodów drukowanych. Stwarza ono możliwość odzysku miedzi i powtórnego wykorzystania wody w celach galwanicznych. Produkt uboczny w postaci magnetytu może być wykorzystany jako pigment do produkcji płytek ceramicznych.

W porównaniu do innych stosowanych metod oczyszczania ścieków z przemysłu galwanicznego prezentowana metoda jest bardziej ekonomiczna, ponieważ nie wymaga stosowania drogich odczynników chemicznych. Oczyszczanie metodą chemiczną prowadzi do powstania dużej ilości osadów zawierających metale ciężkie, z których praktycznie nie ma możliwości ich odzysku. Inne, stosowane w kraju, metody oczyszczania tych ścieków również nie prowadzą do odzysku metalu z kąpeli galwanicznych. Prezentowana metoda jest więc bardziej niż inne przyjazna naturalnemu środowisku.

Raport końcowy zawiera analizę aktualnie stosowanych w Polsce metod oczyszczania ścieków galwanicznych przedstawiając:

- rodzaje ścieków galwanicznych i ich pochodzenie,
- technologie oczyszczania ścieków cyjankowych,
- technologię oczyszczania kwaśnych i alkalicznych ścieków galwanicznych,
- technologię oczyszczania ścieków azotynowych zawierających cyjanki,
- schematy konwencjonalnych oczyszczalni ścieków galwanicznych,
- sposoby oczyszczania ścieków galwanicznych metodami bezpośrednimi (metoda Lancy, metoda FKJA),
- oczyszczanie ścieków galwanicznych metodami wymiany jonowej,
- oczyszczanie ścieków galwanicznych przy zastosowaniu metod membranowych (metody: odwróconej osmozy (RO), ultrafiltracji, elektrodializy (ED) i dializy),
- metody oczyszczania ścieków galwanicznych przy zastosowaniu węgla aktywnego, krystalizacji, elektroflotacji, cementacji.

W drugiej części pracy szczegółowo opisano prezentowaną metodę dwustopniowego oczyszczenia ścieków (cementacji i oczyszczania magnetycznego), przedstawiając kolejno:

- konstrukcję reaktora oraz procesy wymiany masy (dyfuzji molekularnej i turbulentnej) we wstępnej fazie oczyszczenia metodą cementacji,
- istniejące modele wymiany masy,
- schemat matematyczny procesu wymiany masy w reaktorze-cementatorze,
- zasady modelowania w warunkach naturalnych,



- opis metody modelowania w reaktorze-cementatorze,
- analizę parametrów pracy reaktora z opiłkami stalowymi (w tym: charakterystykę ścieków i parametrów pracy reaktora, analizę pracy reaktora-cementatora w warunkach statycznych i dynamicznych),
- metodę magnetycznego oczyszczania ścieków.

Optymalne warunki pracy reaktora-cementatora określono badając:

- wpływ odczynu ścieków,
- wpływ rodzaju stali używanej w opiłkach stalowych,
- możliwości wielokrotnego zastosowania opiłków,
- wpływ temperatury ścieków,
- wpływ warunków statycznych i dynamicznych procesu cementacji,
- wpływ częstotliwości obracania opiłków w cementatorze,
- czas ruchu opiłków stalowych w komorze.

W przypadku oczyszczania magnetycznego przebadano wpływ:

- odczynu ścieków na proces tworzenia się magnetytu i na jego właściwości magnetyczne,
- stosunku jonów  $Fe^{+2}$  i  $Fe^{+3}$  tworzących magnetyt, na wielkość właściwości magnetycznych,
- substancji użytej do utleniania jonów  $Fe^{+2}$  do jonów  $Fe^{+3}$  na wielkość właściwości magnetycznych,
- właściwości magnetycznych na efekt sorpcji związków miedzi na magnetycie.

Sformułowano następujące wnioski końcowe:

- wstępne oczyszczanie ścieków miedziowych ze związków miedzi (do 97%-98%) można przeprowadzić w reaktorze-cementatorze zawierającym opiłki stalowe,
- najefektywniejszy przebieg procesu odzysku miedzi ma miejsce przy stosowaniu węglowej stali Nr 3,
- środowisko ścieków w reaktorze-cementatorze należy utrzymywać na poziomie  $pH=1.5$ ,
- żelazo, nie ulegając pasywacji, pozwala na wielokrotne stosowanie opiłków stalowych w reduktorze,
- w celu intensyfikacji wstępnego procesu cementacji należy stosować ruch ścieków w warunkach turbulentnych ( $Re= 80-130$ ),
- turbulentność strumienia ścieków pozwala pominąć wpływ temperatury na efektywność wymiany masy na granicy rozdziału faz „opiłki stalowe ścieki miedziowe”,

- oczyszczanie magnetyczne ścieków miedziowych ze związków miedzi i żelaza należy prowadzić w środowisku zasadowym  $\text{pH} = 11.5\text{-}12.0$ ,
- w celu otrzymania cząstek magnetytu o najwyższych właściwościach magnetycznych rekomenduje się przeprowadzenie utleniania jonów  $\text{Fe}^{+2}$  do  $\text{Fe}^{+3}$  tlenem do stosunku  $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3} = 0.5$ ,
- w przypadku gdy utlenianie jonów  $\text{Fe}$  odbywa się przy pomocy chloru, rekomenduje się dawkę  $0.32 \text{ Cl}_2/\text{Fe}^{+2}$ .
- przy małej ilości jonów miedzi w ściekach proces tworzenia się magnetytu zachodzi wydajnie w temperaturze  $20^\circ\text{C}$ ,
- istnieje możliwość wykorzystania magnetytu pigmentu do produkcji płytek ceramicznych.

### **5.13. Ocena i prognoza jakości wód powierzchniowych zlewni Dunajca powyżej projektowanej zapory w Czorsztynie z zastosowaniem matematycznych modeli jakości wody**

Głównym celem projektu Nr 4/S401/108/04 było badanie wpływu punktowych zrzutów na jakość wody dopływającej rzeką Dunajec do zbiornika w Czorsztynie. Kierownikiem projektu był mgr inż. Paweł Bielobradek.

W pracy przeprowadzono szereg symulacji komputerowych różnych wariantów dopływów zanieczyszczeń do Dunajca. W ramach projektu zbudowano strukturę matematycznego modelu jakości wody dla zlewni Dunajca powyżej zapory w Czorsztynie.

Praca zawiera charakterystykę terenu, zrzutów punktowych, oczyszczalni ścieków, prowadzonego monitoringu jakości wody (na rzekach Biały Dunajec, Dunajec, Białka), mapy oraz szczegółowy opis zastosowanego modelu. Obliczeń dokonano uwzględniając wymagane i projektowane standardy jakości wody, dla wody klasy I, bowiem podczas projektowania zbiornika założono, że według ówczesnych przepisów jakość dopływającej wody powinna mieścić się w tej klasie. Dokonano kalibracji i weryfikacji modelu.

Modelowano współczynnik zmniejszenia BZT, procesy transformacji azotu oraz tlen rozpuszczony. Symulowano różne warianty dopływów do zbiornika. Symulacje te wykonano dla następujących warunków:

- natężenie przepływu ŚNQ (okres zimowy) w punkcie początkowym modelu (z wodowskazu Zakopane – Harenda),
- natężenie przepływu ŚNQ (okres zimowy) na Czarnym Dunajcu (wodowskaz Nowy Targ),
- temperatura wody  $5^\circ\text{C}$ ,
- dopływ rozłożonego azotu azotanowego  $1 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ,

- charakterystyka jakościowa zrzutu ścieków w Nowym Targu taka jak surowych ścieków w Zakopanem.

Modelowano następujące warianty dopływających zanieczyszczeń:

- Maksymalne natężenie przepływu w obu oczyszczalniach w Zakopanem i maksymalne obserwowane koncentracje wskaźników,
- Średnie natężenie przepływu w obu oczyszczalniach w Zakopanem i średnie obserwowane koncentracje wskaźników,
- Stężenia zanieczyszczeń ścieków na jakie pozwalały normy zawarte w „Rozporządzeniu MOŚZNiL z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie klasyfikacji wód oraz warunków, jakim powinny odpowiadać ścieki wprowadzane do wód lub do ziemi”, z uwzględnieniem planowanego zaostżenia tych norm po roku 2000 i 2005,
- Symulacja małego systemu kanalizacyjnego bez oczyszczalni w Białym Dunajcu. Natężenie przepływu 2000 m<sup>3</sup>/d, charakterystyka jakościowa ścieków taka jak ścieków surowych z Zakopanego.
- Symulacja takich koncentracji wskaźników w zrzutach ścieków, aby jakość wody w rzece nie przekroczyła I klasy czystości.

Wyniki symulacji i analiza danych pomiarowych pochodzących z monitoringu podstawowego pozwoliły na sformułowanie szeregu wniosków i praktycznych wskazówek pod kątem zapewnienia właściwej jakości w wodach Dunajca, w przekroju bezpośrednio przed zaporą w Czorsztynie. Wykazano, że w pierwszej kolejności powinno się zmniejszyć ładunki substancji biogennych dopływających z Zakopanego i Nowego Targu oraz zapewnić wysoką jakość wód Czarnego Dunajca, którego wody mogą skutecznie rozcieńczać zanieczyszczenia dopływające z Zakopanego. Pozostałe punktowe źródła ścieków o natężeniu przepływu znacznie mniejszym niż w Dunajcu (poniżej 2% dla ŚNQ) mogą zanieczyszczać rzeki i strumienie, do których są odprowadzane, szczególnie pod względem sanitarnym, ale nie powinny mieć istotnego wpływu na koncentrację substancji biogennych w głównym cieku. W przypadku oczyszczalni w Zakopanem, z której odprowadzane ścieki stanowią, aż 35% przepływu w rzece (dla ŚNQ) należy obniżyć dopuszczalne koncentracje zanieczyszczeń w odpływie w stosunku do tych, które wyszczególnione są w projekcie nowych norm dla zrzutów punktowych. Otrzymane z symulacji wartości wynoszą: BZT<sub>5</sub> – 15 mg/dm<sup>3</sup>, azot amonowy – 4 mg/dm<sup>3</sup>, fosforany – 0,5 mg/dm<sup>3</sup>.

Zdobyte doświadczenia przy wykorzystaniu zastosowanego modelu jakości wody wykazały, że modele są efektywnym narzędziem mogącym znaleźć zastosowanie przy projektowaniu systemów ochrony wód, w szczególności oczyszczalni ścieków, a także przy wydawaniu pozwoleń wodno-prawnych. Efektywne

stosowanie danego modelu wymaga przeprowadzenia uprzedniej jego kalibracji i weryfikacji. W pracy dodatkowo przedstawiono propozycje lokalizacji punktów poboru próbek wody i zakresu badań dla celów pełnej kalibracji i weryfikacji matematycznych modeli jakości wody dotyczących zlewni objętej projektem.

#### **5.14. Zastosowanie modeli matematycznych do oceny i prognozy stanu zanieczyszczenia wód powierzchniowych metalami**

Celem projektu badawczego Nr PB 0817/S4/93/05 była ocena i prognoza stanu zanieczyszczenia wód powierzchniowych metalami zawartymi w odprowadzanych ściekach do wód powierzchniowych z zastosowaniem modeli matematycznych. Kierownikiem projektu była mgr inż. Magdalena Bielasiak – Rosińska.

Różnorodność form w jakich występują metale w środowisku wodnym, zmienność warunków fizyko-chemicznych sprawia, że niezbędna staje się znajomość, jakie formy i kiedy stanowią szczególne zagrożenie dla biocenozy wodnej oraz potencjalnych użytkowników wody.

Podstawowym celem pracy było określenie w jakich formach występują metale w wodach silnie zanieczyszczonych ściekami przemysłowymi oraz, które z nich stanowią największe zagrożenie dla środowiska. Do tego celu został zastosowany model opisujący stan równowagi pomiędzy różnymi formami występowania metali takimi jak: forma rozpuszczona, zaadsorbowana, stała i gazowa. Ponadto uwzględniał procesy i reakcje zachodzące w środowisku wodnym: utleniania i redukcji, dyfuzji, wymiany jonowej.

Wyniki uzyskane z modelu wskażą na kolejność działań niezbędnych do eliminacji poszczególnych metali, a także poprawy jakości wody oraz pozwolą na zweryfikowanie i dostosowanie do polskich potrzeb nowoczesnych modeli matematycznych opracowywanych przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (US EPA), powszechnie stosowanych w wielu krajach.

W projekcie zastosowano model matematyczny specjacji metali oraz równowagi geochemicznej rozumianej jako stan równowagi pomiędzy występującymi pierwiastkami. Zakres pracy obejmował analizę występowania różnych form metali w środowisku wodnym.

Zróżnicowane warunki fizykochemiczne w wodach powierzchniowych, do których odprowadzane są ścieki przemysłowe stanowiły podstawę symulacji komputerowych, które obejmowały:

- ocenę i prognozę zmian odczynu pH i jego wpływu na rozpuszczalność,
- prognozę możliwości neutralizacji odczynu kwaśnego wód odbiornika w przypadku jego występowania,
- ocenę wpływu poszczególnych form na biocenozę wodną,

- wskazania kolejności usuwania najbardziej szkodliwych i toksycznych związków metali, oraz uwagi dotyczące praktycznego i powszechnego zastosowania modelu.

Problem zrozumienia procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, jakim podlegają zanieczyszczenia odprowadzane do środowiska stał się jednym z dominujących w ostatnich latach. Tematyka wielu naukowych prac badawczych obejmowała analizę ilościową oraz szacowanie ich wpływu na organizmy. Różnorodność warunków fizykochemicznych panujących w środowisku naturalnym, przykładowo w wodach powierzchniowych sprawia, że odmiennymi są przemiany i procesy jakim podlegają poszczególne zanieczyszczenia oraz zróżnicowany jest ich wpływ na występujące życie biologiczne.

Rodzaj i stężenie związków organicznych i nieorganicznych zawartych w wodach, zarówno słodkich jak i morskich, związane jest z zachodzącymi w tych środowiskach procesami produkcji i degradacji biomasy wodnej i przedostającej się biomasy lądowej, wietrzeniem skał, wymywaniem związków z gleby przez wody opadowe, reakcjami adsorpcji, koagulacji i sedymentacji zachodzącymi w toni wodnej oraz reakcjami związanymi z chemiczną i biologiczną aktywnością osadów dennych.

**Opis modelu matematycznego.** Zastosowany model zakłada równowagę geochemiczną układu roztworu wodnego. Symulacji podlegała równowaga pomiędzy formami rozpuszczoną, zabsorbowaną, cząsteczkową oraz gazową w zróżnicowanych warunkach środowiskowych. Model zawiera także poszerzoną bazę danych związaną z charakterystyką termodynamiczną. Standardowa baza danych była łatwo modyfikowana, w przypadku, gdy dane były niekompletne lub niewystarczające. Dane analityczne związane z pomiarem adsorpcji potwierdziły fakt, że przebieg tego procesu związany jest z dużą zmiennością chemicznego charakteru i zachowania się substancji amorficznych. Stało się to podstawą do wyodrębnienia danych o adsorpcji i submodeli adsorpcji. W zależności od wiedzy i potrzeb użytkownika istnieje możliwość wyboru jednej z siedmiu opcji adsorpcji.

Model rozwiązuje iteracyjnie zadanie równowagi poprzez obliczanie równowagi w jednym z czterech układów jednostek stężenia (molowe,  $\text{mg/dm}^3$ , ppm,  $\text{mR/dm}^3$ ), w oparciu o szacowane wartości aktywności poszczególnych form. Formy te powinny być określane przez użytkownika lub przy wykorzystaniu submodelu (szacuje automatycznie). Submodel ten ułatwia przygotowywanie, modyfikację zbiorów wejściowych do modelu, umożliwia wprowadzanie dodatkowych reakcji nie zawartych w podstawowej bazie danych, automatycznie dokonuje konwersji jednostek, dostarcza pomocniczych informacji o zbiorach wynikowych.

Model specjacji metali może być wykorzystywany jako narzędzie do wyznaczania stanu równowagi pomiędzy metalami i rozpuszczonymi formami ich występowania

w roztworach wzorcowych (w laboratoriach) i środowisku naturalnym. Może także służyć do obliczania procentowego udziału związków metali występujących w formach: rozpuszczonej, zaadsorbowanej i fazy stałej w zależności od warunków fizyko-chemicznych analizowanego środowiska. Model uwzględnia opcje przesylenia powodującą strącanie cząsteczek i posiada szeroką bazę termodynamiczną związków występujących w środowisku wodnym z uwzględnieniem substancji szkodliwych i toksycznych jak przykładowo cyjanki, siarczki. Baza ta jest otwarta, tzn. istnieje możliwość wprowadzania dodatkowych związków zgodnie z potrzebami użytkownika. Zawarte w niej informacje obejmują między innymi pary redox, entalpię, stałą rozpuszczalności, stałą równowagi.

**Analizowany system i wnioski.** Do zastosowania modelu specjacji metali w wodach powierzchniowych wybrano rzekę Przemszę, charakteryzującą się znacznym zanieczyszczeniem spowodowanym odprowadzaniem do niej ścieków komunalnych, przemysłowych oraz wód dołowych. Przemsza należy do rzek najbardziej zanieczyszczonych w kraju, przepływa przez obszar silnie uprzemysłowiony i gęsto zaludniony.

Do analizy wybrano odcinek rzeki Przemszy od ujścia Białej Przemszy (km 22.8) do punktu kontrolno-pomiarowego Chełmek w okresie styczeń – grudzień 1993. Wody rzeki Przemszy należą do wód w znacznym stopniu zdegradowanych pod względem jakościowym, na skutek odprowadzania do nich silnie obciążonych ścieków przemysłowych i komunalnych. Na stan jakościowy badanego odcinka rzeki decydujący wpływ mają dopływy Białej Przemszy i Czarnej Przemszy wraz z dopływami Brynicą i Rawa.

Do przygotowania zbiorów wejściowych do obliczeń przy pomocy modelu wykorzystano interfejs użytkownika ułatwiający wprowadzanie danych tekstowych i liczbowych.

Przygotowany w języku polskim specjalny program umożliwia w zbiorze danych opisywanie zastosowanej opcji modelu, punktów kontrolno-pomiarowych, czasu symulacji itd., oraz wyników pomiarowych. Kolejne poziomy edycji wprowadzania danych związane są z wybraną opcją modelu, obecnością form rozpuszczonych, stałych, gazowych. Dodatkowo w programie istnieje opcja umożliwiająca kontrole wprowadzanych danych.

Do obliczeń i wyznaczenia form w jakich występują metale wybrano: cynk, miedź, ołów, kadm oraz nikiel, natomiast jakość wody charakteryzowały następujące wskaźniki: temperatura, chlorki, siarczany, twardość ogólna, wapń, magnez, sód, potas, azot amonowy, azot azotynowy, azotanowy i fosforany. Do symulacji wybrano opcję specjacji metali występujących w postaci rozpuszczonej w stanie równowagi oraz opcje adsorpcji określanej wg współczynnika aktywności (Kd).

W oparciu o przeprowadzone symulacje specjacji metali ciężkich w wodzie rzeki Przemszy będącej odbiornikiem ścieków przemysłowych z części województwa katowickiego można stwierdzić, że przeanalizowane metale występują w kilku formach rozpuszczonych oraz adsorbują na powierzchni zawieszonych w wodzie.

Przeprowadzona analiza danych pomiarowych oraz wyników z symulacji pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- wartość odczynu pH zmierzonego w badanym okresie w analizowanych punktach kontrolno-pomiarowych mieściła się w granicach I klasy czystości, natomiast wartość odczynu równowagi określana w trakcie symulacji nie wykazywała zmian przekraczających 8% (na ogół 3 do 5% odczynu zmierzonego);
- nie stwierdzono wyraźnej korelacji pomiędzy wysokością temperatury wody a występowaniem metali w poszczególnych formach.

Wyniki analizy specjacji wybranych metali wykazywały dużą różnorodność występujących form. Ogólnie można stwierdzić, że dominującymi związkami były dla kolejnych metali:

- miedź** w obu przypadkach uwodniony wodorotlenek miedzi (bez uwzględnienia adsorpcji ponad 98 %, z uwzględnieniem – od 10% do 50%) oraz uwodniony węglan  $\text{CuCO}_3$  (powyżej 40%), forma zaadsorbowana stanowiła średnio ok. 10-20%;
- kadmu** bez uwzględnienia adsorpcji: wolne jony  $\text{Cd}^{2+}$  (powyżej 40%) oraz  $\text{CdCl}^+$  uwzględniając adsorpcję: zdecydowanie forma zaadsorbowana (powyżej 60%) oraz uwodniony węglan  $\text{CdCO}_3$ , wolne jony  $\text{Cd}^{2+}$  i  $\text{CdCl}^+$ ;
- nikiel** bez uwzględnienia adsorpcji: wolne jony  $\text{Ni}^{2+}$  (powyżej 80%), uwzględniając adsorpcję: zdecydowanie uwodniony węglan  $\text{NiCO}_3$  (około 80-90%), w drugiej kolejności forma zaadsorbowana (od ok. 8% do 22%);
- ołów** bez uwzględnienia adsorpcji: zdecydowanie  $\text{PbOH}^+$  (około 60%) oraz wolne jony  $\text{Pb}^{2+}$  (ok. 20%), uwzględniając adsorpcję: zdecydowanie uwodniony węglan  $\text{PbCO}_3$  (około 80- 90%), w drugiej kolejności forma zaadsorbowana (od ok. 4% do 15%);
- cynk** bez uwzględnienia adsorpcji: wolne jony  $\text{Zn}^{2+}$  (od 40% do 82%) oraz uwodniony wodorotlenek  $\text{Zn(OH)}_3$  (do 40%), uwzględniając adsorpcję: zdecydowanie forma zaadsorbowana (od 40% do 76 oraz uwodniony węglan  $\text{ZnCO}_3$  (około 20-40%) i wolne jony  $\text{Zn}^+$  (ok. 10%).

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych symulacji dla zmiennych warunków fizykochemicznych (zmienna temperatura i odczyn – pH) powinny w przyszłości stanowić podstawę do oceny występowania związków chemicznych zawierających

poszczególne formy metali. Stanowią także mogą podstawę podejmowanych działań w celu eliminowania najbardziej szkodliwych związków ze środowiska wodnego i osadów dennych.

### **5.15. Model matematyczny wpływu zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych**

Celem projektu badawczego Nr 0824/S4/93/04 było opracowanie modelu matematycznego przeznaczonego do symulacji wpływu zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych. Kierownikiem projektu był dr inż. Marek Ślesicki.

Postępująca degradacja jakościowa wód powierzchniowych powoduje, że zasoby wód podziemnych stają się najważniejszym źródłem zaopatrzenia w wodę. W tej sytuacji szczególnego znaczenia nabierają zagadnienia związane z ochroną tych wód przed zanieczyszczeniami, które mogą wywierać negatywny wpływ na zdrowie ludności, powodując zmniejszenie produktywności rolnictwa i wywołując konieczność ponoszenia wysokich kosztów uzdatniania wody. Ujemny wpływ działalności człowieka na atmosferę i wody powierzchniowe jest dość szczegółowo rozpoznany. Natomiast wiedza, że zanieczyszczenia docierają też do wód podziemnych jest mniej powszechna, a skala tego zjawiska jest jeszcze mniej rozpoznana. Wynika to głównie z faktu, że zanieczyszczenie to z reguły nie jest bezpośrednio, lecz następuje w wyniku transportu roztworów substancji przez strefę nienasyconą i związane jest z wieloma procesami dodatkowymi wpływającymi na wielkość i rozkład zanieczyszczeń w glebie i wodach podziemnych.

Określenie wielkości zanieczyszczeń przedostających się do wód podziemnych jest warunkowane rozpoznaniem tych procesów oraz określeniem ich wpływu na zmianę stężeń transportowanych substancji. Przemieszczanie się (migracja) związków chemicznych w strefie nienasyconej jest zagadnieniem bardzo złożonym i do chwili obecnej wiele procesów z nim związanych nie jest do końca poznanych. Niemniej jednak istnieje wiele metod obliczeniowych pozwalających na oszacowanie wielkości transportu zanieczyszczeń w głąb profilu gruntowego. Numeryczne metody obliczeń wymagają wprowadzenia wielu danych wejściowych, a dokładność oszacowania tych danych bardzo często jest podstawowym elementem decydującym o jakości uzyskiwanych wyników. Złożoność zjawisk zachodzących podczas przepływu rozpuszczonych substancji w strefie nienasyconej wymaga zastosowania metod modelowania matematycznego. W ostatnich latach opracowano wiele modeli matematycznych, zarówno deterministycznych jak i stochastycznych, symulujących ruch substancji rozpuszczonych w strefie nienasyconej.

W grupie modeli deterministycznych na wyróżnienie zasługuje kategoria modeli funkcyjnych opisujących w sposób uproszczony procesy zaangażowane



w transport substancji rozpuszczonych. Modele należące do tej kategorii, jako wymagające mniejszej ilości danych początkowych i mniejszego doświadczenia informatycznego użytkownika modelu, przeznaczone są głównie dla celów zarządzania. Obecnie, w większym niż kiedykolwiek dotychczas stopniu, istnieje zapotrzebowanie na tego typu modele, które mogłyby interpretować i symulować ruch substancji rozpuszczonych. To zapotrzebowanie na modele funkcyjne wynika z dwóch podstawowych ograniczeń dotyczących ścisłych, analitycznych i numerycznych, modeli transportu. Pierwszym ograniczeniem jest trudność w uzyskaniu dokładnych danych glebowych, które są niezbędnym składnikiem modeli analitycznych i numerycznych. Drugim ograniczeniem jest zmienność obszarowa gleb, limitująca dokładność zastosowania konkretnej teorii transportu. Stochastyczne modele transportu, jako zbyt złożone, nie są przydatne w większości zastosowań praktycznych. Uzyskanie danych niezbędnych do ich uruchomienia jest z reguły zbyt kosztowne i pracochłonne.

Opracowany model należy do grupy deterministycznych modeli funkcyjnych. Jest on jednowymiarowym modelem matematycznym przeznaczonym do symulacji pionowego ruchu substancji organicznych i nieorganicznych poprzez strefę nienasyconą. Model oparty jest na bilansie masy, wykorzystywanym do określenia rozkładu stężeń substancji rozpuszczonych i adsorbowanych w profilu glebowym.

W modelu uwzględniono symulację czynników wpływających na proces transportu takich jak: pobór wody przez rośliny, przepływ okrężny i adsorpcja. Model został zaprojektowany do zastosowań praktycznych, gdy informacje o parametrach transportu są niedostateczne lub trudno osiągalne dla użytkownika. Tak określone przeznaczenie modelu powoduje konieczność wprowadzenia szeregu założeń umożliwiających opis matematyczny modelowanych procesów.

Najważniejszymi zjawiskami, mającymi wpływ na przebieg procesu transportu substancji rozpuszczonych przez strefę nienasyconą, uwzględnianymi w modelu są nawodnienia (opady) i ewapotranspiracja. Ponieważ zamierzonym celem modelowania jest jednowymiarowa symulacja pionowego ruchu rozpuszczonych substancji chemicznych, opracowany model nie uwzględnia mniej istotnych procesów, takich jak: przepływ fazy gazowej, przepływ poziomy oraz podsiąkanie kapilarne. Czas jest uwzględniany w procesie symulacji pośrednio, jako ilość dni upływających pomiędzy kolejnymi nawodnieniami.

Na podstawie danych o ilości wody dopływającej do profilu glebowego, ubytkach jej ilości w czasie przepływu przez strefę nienasyconą oraz reakcjach chemicznych zachodzących w relacji gleba-substancja rozpuszczona, model określa średni rozkład stężeń badanej substancji chemicznej w tej strefie oraz ilość substancji odpływających do wód gruntowych.

Podstawowym założeniem przyjętym w modelu jest potraktowanie procesu transportu substancji rozpuszczonych przez profil glebowy, jako serii procesów zachodzących sekwencyjnie, w kolejnych przedziałach głębokości profilu glebowego. Na pełną serię modelowanych procesów dla danej warstwy profilu, składają się:

- infiltracja roztworu substancji z warstwy wyższej i drenaż do warstwy niższej,
- chwilowa równowaga chemiczna substancji rozpuszczonych,
- zmniejszenie ilości wody w warstwie powodowane poborem wody przez korzenie roślin,
- powtórna chwilowa równowaga chemiczna substancji rozpuszczonych.

Przedstawiony powyżej sposób przepływu roztworu substancji przez profil glebowy, zakłócany jest występowaniem, uwzględnionego w modelu, zjawiska przepływu okrężnego. W skali mikroskopowej przepływ okrężny może występować, gdy woda przemieszcza się przez pory, tam gdzie znajdują się powierzchnie nieruchomej wody. Ta nieruchoma woda gruntowa może występować jako cienka błona dookoła cząstek gleby, co jest rezultatem sił adhezji i kohezji lub też jako woda w porach bez ujścia. Z nieruchomą błoną wodną, okalającą cząstki gleby, graniczy faza wody ruchomej.

Podczas nawodnienia (opadu) napływająca woda, mieszając się, wymienia ruchomą wodą, podczas gdy powierzchnia nieruchoma nie bierze udziału w tej wymianie. Przepływ okrężny może się także pojawić wtedy, gdy woda przepływa dużymi porami, omijając małe. W wyniku zjawiska przepływu okrężnego powstaje sytuacja w której część stałej wody glebowej nie jest wymieniana przez wodę napływającą, co oczywiście oddziaływa na rozkład i ilość substancji rozpuszczonych w profilu glebowym, a w niektórych rodzajach gleb może mieć znaczący wpływ na ruch i rozchodzenie się substancji rozpuszczonych.

Oprócz podstawowego założenia o sekwencyjnym przebiegu procesów składowych przepływu substancji rozpuszczonych przez profil glebowy, przyjęto szereg innych założeń umożliwiających matematyczny opis modelowanego zjawiska, a mianowicie:

- profil glebowy podzielony jest na skończoną liczbę dyskretnych warstw charakteryzujących się jednorodnymi własnościami fizycznymi i chemicznymi;
- osuszanie profilu glebowego następuje od chwili osiągnięcia zawartości wody odpowiadającej pojemności polowej ;
- dla każdego przedziału głębokości wyczerpywanie się zgromadzonej wody na skutek parowania może następować do osiągnięcia, wyznaczonej doświadczalnie, minimalnej zawartości wody, większej od zawartości odpowiadającej punktowi więdnienia roślin

- zjawisko dyspersji substancji jest pomijane;
- chemiczne procesy adsorpcji i desorpcji są chwilowe i niehisteretyczne;
- nie występuje przepływ boczny i przepływ skierowany ku górze;
- nie występuje przepływ związany z fazą parowania.

Przedstawiono uproszczony schemat obrazujący sekwencyjny charakter modelu. W zestawie parametrów niezbędnych do przeprowadzenia obliczeń za pomocą prezentowanego modelu, wyróżnić można sześć zasadniczych grup opisujących:

- właściwości fizyczne gruntu,
- ewapotranspirację,
- objętość infiltrującej cieczy,
- zawartość substancji chemicznych w wodzie i gruncie,
- adsorpcję,
- szatę roślinną.

Chociaż wymagania co do liczby i rodzaju parametrów wprowadzanych do modelu wydają się być bardzo duże, potrzebuje on znacznie mniejszej ich ilości niż inne modele stanu nieustalonego.

Dla umożliwienia praktycznego wykorzystania modelu opisanego w rozdziale drugim opracowano program numeryczny pozwalający na przeprowadzenie koniecznych obliczeń. Program opracowany został w dwóch wersjach, dla platform systemów operacyjnych DOS i UNIX. Program realizuje opisany wcześniej algorytm. Obsługa programu prowadzona jest w formie dialogu z użytkownikiem. Wymagane przez program dane wprowadzane są z pliku dyskowego oraz z klawiatury w otwartym oknie ekranowym. Wyniki wyprowadzane są w formie tabelarycznej (na drukarkę) i/lub w formie graficznej (na ekran monitora). Rodzaj urządzenia wyjściowego określany jest przez użytkownika po uruchomieniu programu.

W celu sprawdzenia poprawności przyjętych założeń modelu i efektywności opracowanego programu numerycznego, przeprowadzono szereg przykładowych obliczeń transportu substancji i ich stężeń w profilu glebowym. Obliczenia te miały również na celu określenie wpływu różnych czynników, jak przykładowo: zmiany użytkowania terenu, częstotliwości prowadzenia nawodnień, wielkości ewapotranspiracji na proces przemieszczania się różnego rodzaju substancji w profilu glebowym. Dla sprawdzenia działania modelu w warunkach rzeczywistych przeprowadzono obliczenia dla obiektu rolniczego nawozonego gnojowicą.

## **5.16. Opracowanie systemu instrumentów ekonomicznych dla sterowania jakością wód powierzchniowych**

Celem projektu badawczego Nr 081/S4/93/05 było opracowanie instrumentów ekonomicznych dla sterowania jakością wód powierzchniowych określonej zlewni rzecznej. Kierownikiem projektu był doc. dr inż. Rafał Miłaszewski.

Zgodnie z przyjętymi założeniami w ramach projektu opracowano dwa elementy tego systemu, a mianowicie: model optymalizacji wielokryterialnej do sterowania jakością wód powierzchniowych, jak też koncepcję systemu opłat za pobór wody i zrzut ścieków.

Opracowany model optymalizacji wielokryterialnej został sformułowany przy zastosowaniu trzech następujących kryteriów:

- minimalizacji łącznych kosztów oczyszczania ścieków w zlewniowym systemie oczyszczalni, minimalizacji średniej koncentracji wskaźnika BZT5 w wodach odbiornika,
- maksymalizacji średniej zawartości tlenu w wodach odbiornika.

Jako zmienne decyzyjne modelu przyjęto wartości stopni oczyszczania ścieków w poszczególnych oczyszczalniach należących do rozpatrywanego systemu zlewniowego. Dla wymienionych powyżej kryteriów optymalizacyjnych określono zależności funkcyjne z uwzględnieniem przyjętych zmiennych decyzyjnych.

Ze względu na swój charakter, zastosowane w modelu kryteria optymalizacyjne są wyrażone w różnych jednostkach i nie dają się dodawać. W tej sytuacji należało poszukać, dla każdego z opisanych powyżej zadań, rozwiązania kompromisowego spełniającego w każdym zadaniu układ warunków ograniczających. Takie rozwiązanie kompromisowe musi spełniać warunek wynikający z tzw. optimum w sensie Pareto, czyli musi ono stanowić zbiór rozwiązań nienaruszalnych. W praktyce oznacza to, że poprawa wartości jednego z kryteriów optymalizacji musi spowodować pogorszenie wartości co najmniej jednego z pozostałych kryteriów. Spośród metod umożliwiających uzyskanie rozwiązania kompromisowego wybrano metodę kombinacji liniowej zmiennych decyzyjnych. Została ona zastosowana do znalezienia rozwiązań kompromisowych dla trzech przedstawionych powyżej zadań optymalizacji dwukryterialnej. Dla sformułowanych w modelu zadań optymalizacji wielokryterialnej opracowano programy komputerowe w języku FORTRAN dostosowane do komputerów typu IBM-PC.

Analiza otrzymanych rozwiązań pozwala na określenie wpływu poszczególnych kryteriów na efekty wynikające z funkcjonowania rozpatrywanego, przykładowego systemu oczyszczalni ścieków. Efekty te polegają na poprawie stanu jakości wód odbiornika.

W celu weryfikacji przedstawionego powyżej modelu sformułowano i rozwiązano dla przykładowego modelu oczyszczalni ścieków zlewni rzeki Liwiec zadanie optymalizacji wielokryterialnej. Obliczenia wykonane w ramach weryfikacji wykazały, że opracowany w ramach projektu badawczego model optymalizacji wielokryterialnej stanowi efektywne narzędzie w procesie sterowania jakością wód w obszarach hydrograficznych, objętych działalnością administracji gospodarki wodnej.

Koncepcja nowo tworzonego systemu zarządzania gospodarką wodną zakłada oparcie go w większym niż do tej pory stopniu o instrumenty ekonomiczne. Ekonomizacja gospodarki wodnej powinna umożliwić zwiększenie stopnia samofinansowania się tej dziedziny gospodarki, a także zróżnicowanej przestrzennie polityki użytkowania i ochrony wód za pomocą instrumentów ekonomicznych. Najistotniejszą wśród nich rolę pełni opłaty za szczególne korzystanie z wód.

W ramach wykonanego projektu badawczego opracowano koncepcję nowego systemu opłat za pobór wody i zrzut ścieków. Koncepcja ta wykracza poza rozwiązania przyjęte w ówczesnym projekcie ustawy Prawo Wodne, w znacznej części będąc ich uzupełnieniem. Założono, że być może będzie ona mogła być wykorzystana przy opracowywaniu aktów wykonawczych do powyższej ustawy.

W pracy przeprowadzono szczegółową analizę organizacji i zarządzania gospodarką wodną w Polsce przedstawiając:

- historię powstania dotychczasowego systemu zarządzania i zlewniowej struktury organizacyjnej, sposoby i źródła finansowania inwestycji,
- istniejący system kar i opłat w ochronie zasobów wodnych,
- cele polityki ekologicznej państwa w zakresie gospodarki wodnej oraz analizę dotychczasowych efektów stosowania tej polityki,
- najważniejsze zmiany projektowe w zarządzaniu gospodarką wodną w Polsce, wzorowane na systemie stosowanym na zachodzie (Francja),
- system gospodarki wodnej we Francji (system wzorcowy).
- zasady organizacji i zarządzania w gospodarce wodnej w Polsce w projekcie ówczesnej nowej ustawy Prawo Wodne.

Opracowanie zawiera ocenę dotychczasowych form organizacji i zarządzania w gospodarce wodnej w Polsce, w tym ocenę struktur organizacyjnych, osiągniętych efektów inwestycyjnych i ekologicznych jak też dotychczasowego systemu opłat. Na powyższym tle przedstawiono propozycje daleko idących zmian aktualnym systemie opłat i kar. Wynika z niej, że dalsze prace badawcze w zakresie instrumentów ekonomicznych w gospodarce wodnej należałoby rozwijać szczególnie w następujących kierunkach:

- kontynuowania badań nad metodyką określania cen efektywnościowych wody surowej i ścieków,
- wzajemnych powiązań taryf za wodę i ścieki z opłatami ekologicznymi,
- możliwości funkcjonowania kredytów preferencyjnych w ochronie wód,
- wprowadzania nowych instrumentów ekonomicznych nie stosowanych dotąd w Polsce (opłaty produktowe i inne).

Nowa koncepcja rozwiązania problemu opłat za pobór wody i zrzut ścieków wprowadza progresywnie rosnące opłaty za naruszanie ustalonych warunków korzystania z zasobów wodnych. Opłaty tego rodzaju przysporzą większych wpływów, bo nie będą płacone z zysku przedsiębiorstw, jak kary. Kary postuluje się utrzymać tylko w przypadkach jednorazowych przekroczeń norm w wyniku awaryjnych zrzutów ścieków, a wobec sprawców przekroczeń ciągłych wprowadzić inne sankcje przewidziane prawem. Proponuje się większe powiązanie stawek z wyceną ekonomiczną zasobów wodnych i kosztami ochrony wód oraz taryfami za wodę i ścieki. Dotychczasowy system proponuje się zastąpić systemem preferencji dla wodo-oszczędnych technologii, stosowania zamkniętych obiegów wody i wdrażania wysokoefektywnych technik i technologii oczyszczania ścieków.

## 6. Opis celów Grupy Tematycznej programu „Gospodarka wodna”

Dobór tematyki prac CPBR 11.10 „Gospodarka Wodna”, w Grupie Tematycznej 03 pod nazwą „Wysokoefektywne technologie i urządzenia do uzdatniania wody i oczyszczania ścieków”, został podporządkowany zadaniom ochrony wód przed zanieczyszczeniem, a efektem ich realizacji było opracowanie metod i technologii do oczyszczania ścieków i uzdatniania wody. Wdrożenie efektywnych metod uzdatniania wody i oczyszczania ścieków przyczynia się do poprawy jakości wód, a wdrożenie technologii odnowy wody, opartych o wysokoefektywne metody oczyszczania, umożliwia wielokrotne jej wykorzystanie przez przemysł i przyczynia się do likwidacji deficytów wody.

**Charakterystyka grupy tematycznej.** Poniżej przedstawiono ogólną charakterystykę Grupy Tematycznej 03. W pierwszym etapie realizacji CPBR 11.10 „Gospodarka Wodna”, obejmującym lata 1986-1987, Grupa Tematyczna 03 pn. „Wysokoefektywne technologie i urządzenia do uzdatniania wody i oczyszczania ścieków” obejmowała 28 celów realizacyjnych o tematyce technologicznej bądź produkcyjnej, a mianowicie:

- Unifikacja projektowa oczyszczalni ścieków,
- Usuwanie substancji biogenych metodą biologiczną,
- Zblokowana oczyszczalnia ścieków typu „Hektoblok”,
- Optymalizacja parametrów eliminacji biogenów metodą osadu czynnego w procesie jednoosadowym,
- Wypełnienia z tworzyw sztucznych do złożeń biologicznych na bazie podstawowych surowców krajowych,
- Technologia usuwania azotu ze ścieków przemysłu azotowego metodą nityfikacji i denityfikacji,
- Technologia usuwania nitrozwiązków ze ścieków,
- Małe zblokowane oczyszczalnie ścieków,
- Kontenerowe filtry do doczyszczania ścieków,
- Metody rolniczego unieszkodliwiania osadów ściekowych,
- Technologia odnowy wody ze ścieków miejskich dla potrzeb przemysłowych
- Technologia zastosowania czystego tlenu do oczyszczania ścieków przemysłu organicznego metodą osadu czynnego,
- Linie technologiczne odnowy wody i zamkniętych obiegów wodnych,
- Technologia wytwarzania dyfuzorów do drobnopęcherzykowego napowietrzania ścieków,
- Urządzenia do rekultywacji zbiorników wodnych,

- Technologia oczyszczania ścieków zaolejonych pochodzących z obiektów technicznej obsługi rolnictwa,
- Oczyszczalnia retencyjno-ewaporacyjna ścieków pestycydowych,
- Technologia produkcji koagulantów do osadów ściekowych,
- Usuwanie ścieków z terenów zabudowy o niskiej gęstości zaludnienia (z osiedli domków jednorodzinnych),
- Metody ochrony wód powierzchniowych przed wodami zasolonymi,
- Oczyszczanie ścieków galwanicznych z zamkniętym obiegiem wody,
- Oczyszczanie ścieków galwanicznych z odzyskiem metali ciężkich i soli,
- Zautomatyzowana oczyszczalnia ścieków galwanicznych sterowana mikroprocesorem z uwzględnieniem odzysku metali ciężkich i soli z tych ścieków,
- Technologia i produkcja węgla aktywnego,
- Technologia usuwania azotanów z wód podziemnych przeznaczonych do picia,
- Urządzenia do ujęć i wstępnego uzdatniania wody,
- Ciągi technologiczne do ozonowania wody,
- Urządzenia do przygotowania roztworów polielektrolitów stosowanych przy uzdatnianiu wody i oczyszczaniu ścieków.

Cel dotyczący oczyszczania ścieków galwanicznych z zamkniętym obiegiem wody został zrealizowany i zakończony w pierwszym etapie zgodnie z harmonogramem. W 1987 roku, 9 celów zostało przeniesione do dalszej realizacji w bloku tematycznym pn. „Zaopatrzenie w wodę aglomeracji katowicko-bielskiej”, a Grupie Tematycznej 03 nadano nazwę „Wysokoefektywne technologie uzdatniania wody i oczyszczania ścieków”.

W drugim etapie realizacji, obejmującym lata 1988-1989, do Grupy Tematycznej 03 zostały włączone 4 cele prowadzone uprzednio w CPBR 11.4, a mianowicie:

- Technologia chemicznego strącania fosforu i usuwania substancji biogennych na drodze biologicznej,
- Udoskonalenie funkcjonowania spółek wodno-ściekowych,
- Standardy i zasady odprowadzania ścieków opadowych do wód powierzchniowych i gruntu,
- Metodyka rachunku optymalizacyjnego przy wyborze lokalizacji oczyszczalni ścieków.

Ponadto, rozpoczęto realizację 5 nowych celów, a mianowicie:

- Zastosowanie węgla aktywnego w wodociągach komunalnych,
- Ekonomiczna efektywność technologii oczyszczania ścieków i zamykania obiegów wody,
- Technologia beztlenowego oczyszczania ścieków,



- System informatyczny obiektów oczyszczania ścieków,
- Technologia oczyszczania ścieków w komorach napowietrzania z częściowo unieruchomioną biomasą (cel wyprzedzający).

Łącznie w drugim etapie realizacji w Grupie Tematycznej 03 realizowane były 24 cele i zakończona została realizacja 3 celów. W trzecim etapie realizacji, obejmującym rok 1990, w Grupie Tematycznej 03 realizowanych było 20 celów. Cele wykonywane przez Zakład Gospodarki Wodnej:

### **6.1. Wypełnienie z tworzyw sztucznych do złożeń biologicznych na bazie podstawowych surowców krajowych**

Jednostki realizujące cel: Biuro Projektów Gospodarki Wodnej i Ściekowej „Biprowod” w Warszawie oraz Zakład Gospodarki Wodnej IMGW w Warszawie. Odpowiedzialny wykonawca: mgr inż. Ewa Jabłońska.

Celem wszystkich prac wykonanych w ramach powyższego celu było opracowanie, wyprodukowanie, przebadanie w technicznej instalacji doświadczalnej, oraz określenie parametrów technicznych i wytycznych stosowania wypełnień z tworzyw sztucznych do złożeń biologicznych na bazie podstawowych surowców krajowych. Przyjęto, że przetestowania wymaga nowy typ wypełnienia pakietowego, natomiast wypełnienie nasypowe, przeznaczone głównie do wymiany tradycyjnych, mineralnych wypełnień złożeń w istniejących oczyszczalniach, będzie sprawdzone w trakcie ich eksploatacji przez użytkowników.

Realizacja celu w zakresie wdrożenia do produkcji wypełnień z tworzyw sztucznych na bazie podstawowych surowców krajowych została wykonana zgodnie z założeniami, testowanie nowego wypełnienia pakietowego o przepływie krzyżowym zostało rozszerzone w stosunku do pierwotnych założeń o kontrolę pracy w warunkach przemysłowych. Wypełnienia znalazły zastosowanie w oczyszczalniach ścieków. Dokumentacja zawierająca parametry pracy złożeń z wypełnieniem EK została przekazana Z.P. „Warka”, a wytyczne stosowania wypełnień do jednostek projektowych i innych zainteresowanych. Opóźnienia naszego kraju w budowie oczyszczalni ścieków ze złożami biologicznymi z wypełnieniem z tworzyw sztucznych w stosunku do krajów rozwiniętych były znaczne. Uruchomienie produkcji tych wypełnień pozwoliło na rozpoczęcie likwidowania tej luki technologicznej. Dają one możliwość nie tylko modernizacji istniejących oczyszczalni, czy budowy podczyszczalni wysoko stężonych ścieków, lecz także projektowania i wdrażania nowoczesnych technologii stosowanych w USA i państwach Unii Europejskiej do pełnego biologicznego oczyszczania ścieków miejskich, takich jak proces TF-SC, złożeń aktywowane i inne. Z uwagi na fakt, że wypełnienia z tworzyw sztucznych

są kilkudziesięciokrotnie lżejsze od tradycyjnych mineralnych, mogą być stosowane do obudowy złóż różne lekkie materiały konstrukcyjne zamiast obudowy betonowej, co przyspiesza znacznie czas budowy oczyszczalni.

Zastosowanie nowych technologii, możliwe dzięki produkcji nowych wypełnień, przyczynia się do zmniejszenia globalnego zużycia energii na oczyszczanie ścieków. Złoża biologiczne z wypełnieniem z tworzyw sztucznych mogą być stosowane do podczyszczania ścieków przemysłowych odprowadzanych do kanalizacji miejskiej, jako pierwszy stopień biologicznego oczyszczania przed komarami napowietrzania, do modernizacji i zwiększenia przepustowości istniejących oczyszczalni, jako element pełnego biologicznego oczyszczania, jako trzeci stopień oczyszczania. Wypełnienia z tworzyw sztucznych mogą być ponadto wykorzystane do wypełnienia biofiltru przy oczyszczaniu gazów i jako nośnik w komorach do fermentacji ścieków.

Praca pt.: „Wypełnienie krzyżowe z tworzyw sztucznych do złóż biologicznych” uzyskała nagrodę I-go stopnia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w roku 1990.

## **6.2. Technologia zastosowania czystego tlenu do oczyszczania ścieków z przemysłu organicznego metodą osadu czynnego**

Jednostki realizujące cel: Instytut Ochrony Środowiska we Wrocławiu oraz Zakład Gospodarki Wodnej IMGW w Warszawie. Odpowiedzialny wykonawca: dr inż. Janusz Przewłocki

Program celu realizacyjnego zakładał syntezę i rozwinięcie krajowego i międzynarodowego dorobku w dziedzinie wykorzystania czystego tlenu w technologii ścieków i ochronie wód celem optymalnego jego wykorzystania do intensyfikacji biologicznego oczyszczania ścieków z przemysłu organicznego.

W programie przewidziano studium krajowego i zagranicznego piśmiennictwa fachowego oraz wyników krajowych z prac badawczych, a także analizę technicznych możliwości wykorzystania czystego tlenu w krajowym przemyśle syntezy organicznej, celem wyboru obiektu wdrożeniowego. Obiektem tym stała się zakładowa oczyszczalnia ścieków Nadodrzańskich Zakładów Przemysłu Organicznego (NZPO) „Organika-Rokita” w Brzegu Dolnym, jedynego w kraju dysponenta odpadowego tlenu, w tej dziedzinie produkcji oraz dużej, mechaniczno-chemiczno-biologicznej oczyszczalni ścieków zakładowych z osadem czynnym.

Założenia programowe zmierzały przede wszystkim do stworzenia wystarczających podstaw technologicznych do optymalizacji wykorzystania czystego tlenu do intensyfikacji procesu biologicznego oczyszczania ścieków oraz optymalnego programu i wariantu technicznego modernizacji oczyszczalni zakładowej.

Z uwagi na powyższe, szczegółowe założenia programowe obejmowały:

- badania wpływu stosowania czystego tlenu w procesie osadu czynnego na efektywność oczyszczania ścieków zakładowych, celem ustalenia czy i w jakim stopniu możliwa jest na tej drodze poprawa jakości oczyszczonych ścieków,
- badania wpływu czystego tlenu na jakość i przyrost biomasy dla oceny ewentualnych korzyści lub strat wynikłych ze zmiany sposobu natleniania osadu czynnego,
- badania wpływu parametrów technicznych procesu osadu czynnego (zwłaszcza jego obciążenia ładunkiem substratów) w warunkach stosowania czystego tlenu, na efektywność oczyszczania ścieków w celu wyboru optymalnego zakresu parametrów i oceny możliwości intensyfikacji procesu osadu czynnego,
- pilotowe badania porównawcze różnych typów reaktorów i systemów natleniania ścieków z zastosowaniem czystego tlenu dla wyboru najkorzystniejszego pod względem technicznym, ekonomicznym, wykonawczym i eksploatacyjnym wariantu modernizacji zakładowej oczyszczalni ścieków,
- weryfikację wybranej metody stosowania czystego tlenu w wydzielonej części oczyszczalni zakładowej (pełna skala techniczna),
- opracowanie programu, wytycznych procesowych, koncepcji technicznej oraz niektórych elementów dokumentacji technicznej jako podstawy do wdrożenia proponowanej metody modernizacji oczyszczalni, intensyfikacji procesu oczyszczania ścieków i zwiększenia jej przepustowości,
- stworzenie podstaw prawnych dla wdrożenia koncepcji modernizacji oczyszczalni.

Zgodnie z założeniami, wdrożenie to miało umożliwić niemal dwukrotny wzrost przepustowości oczyszczalni i dwustopniowe biologiczne oczyszczanie całkowitej ilości ścieków zakładowych (do 50 000 m<sup>3</sup>/d), przy wysokiej zawartości biomasy (do 5 kg sm/m<sup>3</sup>) i dobrym jej natlenieniu przy jednoczesnym wzroście stopnia oczyszczania ścieków o 10-20% w stosunku do stanu poprzedzającego modernizację.

Realizacja celu wykazała możliwość podniesienia efektywności biologicznego oczyszczania ścieków w istniejących urządzeniach oczyszczalni ścieków NZPO „Organika Rokita” przy aktualnej przepustowości 24 000 m<sup>3</sup>/d, z 33-47 % usuwania ChZT i 34-43% usuwania BZT<sub>5</sub> (oraz 66% usuwania fenoli i 4-10% usuwania zawiesin ogólnych) do 55-56% usuwania ChZT oraz 86% usuwania BZT<sub>5</sub> poprzez poprawę stopnia natleniania ścieków na drodze modernizacji systemu napowietrzania ścieków oraz wykorzystania odpadowego tlenu do natleniania osadu powrotnego zmodyfikowaną metodą „Vitox”. Modernizacja aeracji wymaga zastąpienia nisko efektywnego, średniopecherzykowego systemu Inka przez wysoko efektywny,

drobnopełcherzykowy system głębokiej aeracji filtrosami rurowymi. Do natleniania recyrkulatu przewidziano zastosowanie hydroinżektorów typu „Multireaktor”, zasilanych odpadowym tlenem gazowym z własnej wytwórni. Strumienie natlenianego osadu powrotnego zostaną wprowadzone do strefy przydatnej każdej z komór osadu czynnego w celu poprawy warunków tlenowych biomasy oraz jej stopnia wymieszania. Wykazano, że po rozbudowie osadników wtórnych w procesie osadu czynnego (druga faza modernizacji) można oczyścić całkowitą ilość ścieków zakładowych z powyższą efektywnością.

Badania pilotowe oraz w pełnej skali technicznej dowiodły też, że ani typ reaktora z osadem czynnym ani rodzaj medium natleniającego nie wpływa na osiągalny stopień oczyszczania ścieków zakładowych, który jest funkcją obciążenia biomasy ładunkiem substratów oraz zawartości składników toksycznych przy założeniu, że średnia zawartość tlenu w komorze aeracji nie spada poniżej  $2 \text{ g O}_2/\text{m}^3$ . Jest to niezwykle istotne dla wyboru typu reaktora i metody poprawy stopnia natleniania ścieków. Oznacza to możliwość stosowania w zmodernizowanej oczyszczalni istniejących, otwartych komór osadu czynnego (reaktorów) o pełnym wymieszaniu, nie wymagających przykrycia mniej lub bardziej kosztownym stropem, a w konsekwencji tani wariant modernizacji oczyszczalni biologicznej. Porównywalność efektywności oczyszczania w reaktorach zasilanych czystym tlenem oraz reaktorach jednocześnie napowietrzanych i natlenianych sprawia, że w optymalnym wariantcie intensyfikacji procesu oczyszczania ścieków można stosować jednocześnie obydwie źródła tlenu-powietrze oraz czysty tlen odpadowy, którego ilość nie jest wystarczająca do pełnego biologicznego oczyszczania ścieków w okresie lipiec-sierpień, a docelowo – także w pozostałej części roku.

Realizacja celu wykazała, że dzięki modernizacji układu napowietrzania w komorach aeracji oczyszczalni zakładowej oraz wykorzystaniu tlenu odpadowego do poprawy stopnia natleniania biomasy możliwa jest konwersja zawodnej, jednostopniowej oczyszczalni biologicznej w wysokoefektywny, dwustopniowy system osadu czynnego, przy niewielkich tylko nakładach na niezbędne przeróbki komór wstępnego napowietrzania oraz dobudowę osadnika wtórnego radialnego w II<sup>o</sup> osadu czynnego.

Rozwiązanie inżektorowego natleniania ścieków wdrożone na oczyszczalni NZPO „Organika-Rokita” jest modyfikacją metody „Vitox” i polega na zainstalowaniu zasilanego czystym tlenem hydroinżektora (cztery jednostki) nie w komorze osadu czynnego lecz na rurociągu tłocznym recyrkulowanej biomasy. Rozpuszczony w strumieniu osadu powrotnego tlen jest następnie wprowadzany do całej masy ścieków i osadu, wypełniającej komorę. Wprowadzona więc została optymalizacja rozwiązania technicznego wylotu osadu powrotnego, w sposób

umożliwiający najlepsze wykorzystanie tlenu nie tylko do natleniania zawartości komory lecz także do utrzymania biomasy w stanie zawieszenia w przydennych partiach komory.

### **6.3. Ekonomiczna efektywność technologii oczyszczania ścieków i zamykania obiegów wodnych**

Jednostka realizująca cel: Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie. Odpowiedzialny wykonawca: doc. dr inż. Rafał Miłaszewski.

Projektowaniu inwestycji w zakresie gospodarki wodno-ściekowej w zakładach przemysłowych i komunalnych powinno towarzyszyć dążenie do uzyskania możliwie najwyższej ekonomicznej efektywności planowanych przedsięwzięć. Można to osiągnąć przez stosowanie nowoczesnych modeli optymalizacyjnych oraz wykorzystanie mikrokomputerów do wykonywania obliczeń numerycznych. W celu zrealizowano dwa następujące zadania wdrożeniowe: metoda optymalizacja kosztów oczyszczania ścieków (zadanie 1) oraz metoda oceny ekonomicznej efektywności zamykania obiegów wodnych (zadanie 2).

W ramach pierwszego zadania wdrożeniowego opracowano metodę optymalizacji kosztów układu urządzeń oczyszczalni ścieków, stosującej metodę osadu czynnego. Metoda ta została oparta na modelu programowania dynamicznego. Umożliwia ona wybór – spośród różnych wariantów technologicznych układu urządzeń oczyszczalni ścieków – wariantu optymalnego, charakteryzującego się minimalnymi rocznymi kosztami oczyszczania ścieków. Niezależnie od faktu, że przedstawiony w niniejszym opracowaniu przykład zastosowania modelu optymalizacyjnego dotyczy urządzeń oczyszczalni ścieków stosującej metodę osadu czynnego, ma ona bardziej uniwersalny charakter. Może być również użyta w przypadku oczyszczalni ścieków stosujących inne technologie. Praktyczne stosowanie opisanej metody w pracach projektowych wymaga znajomości charakterystyk technologicznych oraz ekonomicznych rozpatrywanych układów urządzeń oczyszczalni ścieków.

Opracowana, w ramach prac prowadzonych w drugim zadaniu wdrożeniowym, metodyka umożliwia dokonanie ogólnej oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć związanych ze zwiększeniem stopnia recyrkulacji wody w zakładach przemysłowych w kraju oraz określenie wysokości opłat za pobór wody, stymulujących realizację tych przedsięwzięć. Przeprowadzono dla warunków rzeczywistego zakładu przemysłowego, obliczenia testowe i określono efektywność numeryczną zastosowanego oprogramowania. Opracowany pakiet procedur numerycznych, pozwala na efektywne wykonanie obliczeń zarówno efektywności ekonomicznej przedsięwzięć racjonalizacyjnych związanych ze zwiększeniem

stopnia recyrkulacji wody jak i obliczeń pożądaných opłat za pobór wody. Umożliwienie dokonywania szybkich obliczeń za pomocą szerokiego upowszechnienia opracowanej metodyki.

Obydwie opracowane w ramach celu metody oceny ekonomicznej efektywności przedsięwzięć w dziedzinie gospodarki wodno-ściekowej w zakładach komunalnych i przemysłowych zostały wdrożone w pracach projektowych BPGWiŚ „Biprowod”.

#### **6.4. Technologia beztlenowego oczyszczania ścieków**

Jednostka realizująca cel: Instytut Ochrony Środowiska we Wrocławiu oraz Zakład Gospodarki Wodnej IMGW w Warszawie. Odpowiedzialny wykonawca: mgr inż. Szymon Koziarski

Celem zrealizowanego tematu było opracowanie i wdrożenie rozwiązania technologiczno-technicznego beztlenowo-tlenowej oczyszczalni ścieków wraz z wykonaniem projektów procesowych, umożliwiających powtarzalne wykorzystywanie opracowanych rozwiązań. W Polsce do oczyszczania ścieków organicznych dotychczas wykorzystywane są przede wszystkim metody tlenowe, charakteryzujące się wysokim zużyciem energii. W rozwiązaniach światowych popularności nabierają zastosowania kombinowanych metod beztlenowo-tlenowych. Pozwala to w efekcie obniżać energochłonność i kapitałochłonność z równoczesnym zwiększeniem sprawności i niezawodności oczyszczania.

W ramach celu zbudowano reaktory pilotowe do beztlenowego oczyszczania ścieków w obniżonej temperaturze. Wykonano na bazie tych reaktorów badania w skali pilotowej. Na podstawie badań pilotowych opracowano założenie technologiczne do rozwiązań w pełnej skali. Wdrożono obiekt w pełnej skali. Na obiekcie tym przeprowadzono badania i opracowano na ich podstawie założenia procesowe do wielokrotnego stosowania.

Badania prowadzone w pełnej skali pozwoliły zweryfikować przyjęte na podstawie badań pilotowych założenia technologiczne oraz określić parametry i kryteria techniczno-ekonomiczne powtarzalnego wykorzystywania opracowanego rozwiązania. Doświadczenia zebrane w ramach realizacji celu pozwalają szacować następujące efekty:

- zastosowanie beztlenowo-tlenowej technologii oczyszczania zamiennie do tradycyjnej wyłącznie tlenowej obniża o około 20% nakłady inwestycyjne;
- energochłonność oczyszczania metodą beztlenowo-tlenową jest o 45% niższa od charakteryzującej oczyszczanie wyłącznie tlenowe. Przy zastosowaniu odpowiednich maszyn i urządzeń istnieje możliwość jeszcze wyższego obniżenia energochłonności oczyszczania;

- oczyszczanie metodą beztlenowo-tlenową pozwala w porównaniu do sposobów wyłącznie tlenowych zwiększyć ogólną sprawność oczyszczania. Przy oczyszczaniu omawianą metodą ścieków komunalnych można uzyskać stężenie związków organicznych w odpływie, określonych jako BZT<sub>5</sub> równe 12 g O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> ;
- oczyszczanie metodą beztlenowo-tlenową charakteryzuje wysoka niezawodność działania i odporność na ilościowo-jakościową fluktuację dopływu. Beztlenowo-tlenowa oczyszczalnia ścieków komunalnych może sprawnie funkcjonować przyjmując nieczystości odbierane z osadników gnilnych;
- gospodarka osadowa w oczyszczalniach beztlenowo-tlenowych jest uproszczona w stosunku do parametrów charakteryzujących oczyszczalnie wyłącznie tlenowe. Jest to efektem powstawania mniejszych ilości osadów o lepszych właściwościach odwadniania się.

Uzyskane w ramach celu wyniki badań uzasadniają potrzebę podejmowania dalszych prac badawczych nad rozwojem i upowszechnianiem beztlenowo-tlenowych metod oczyszczania. Problematyka prac powinna obejmować zagadnienia:

- szczegółowego określenia zakresu i skali wpływu jakościowej fluktuacji dopływu na przebieg oczyszczania metodą beztlenowo-tlenową,
- modyfikacja beztlenowo-tlenowych metod oczyszczania pod kątem maksymalizacji usuwania związków azotu,
- doskonalenie rozwiązań pod kątem możliwości beztlenowego podczyszczania w możliwie najniższej temperaturze,
- opracowanie technologii sprawnego rozruchu oczyszczalni beztlenowo-tlenowych,
- opracowanie technologii hodowli osadu granulowanego w celu przyspieszenia rozruchów reaktorów beztlenowych,
- opracowanie modyfikacji technologicznych umożliwiających wysoką sprawność eliminacji związków chloro-organicznych,
- opracowanie modyfikacji rozwiązań umożliwiających zastosowanie metod beztlenowo-tlenowych do oczyszczania ścieków po środkach ochrony roślin oraz powstających podczas utylizacji odpadów stałych.

### 6.5. System informatyczny obiektów oczyszczania ścieków

Jednostka realizująca cel: Zakład Gospodarki Wodnej IMGW w Warszawie.  
Odpowiedzialny wykonawca: doc. dr inż. Andrzej Filipkowski

Podstawowym wynikiem prac wykonanych w ramach celu jest zaprojektowany na mikrokomputer klasy IBM-PC system informatyczny, obejmujący swoim zasięgiem

terytorialnym całość dużego obszaru hydrograficznego jakim jest dorzecze Narwi (wraz z Bugiem). Zakres merytoryczny systemu uwzględnia nie tylko dane dotyczące obiektów oczyszczania ścieków lecz także wszelkie inne aspekty związane z racjonalnym tworzeniem banków danych gospodarki wodnej.

Opracowany system informatyczny spełnia cele postawione w momencie rozpoczynania pracy, a ponadto uwzględnia wiele dodatkowych aspektów, dotyczących strony informatycznej w gospodarowaniu zasobami wodnymi. Może on stanowić podstawę zorganizowania nie tylko specjalistycznego banku danych o obiektach oczyszczania ścieków lecz także ogólnego banku informacji gospodarki wodnej w wybranych jednostkach hydrograficznych lub administracyjnych. Z uwagi na wprowadzenie do pamięci komputera kompletu danych dotyczących dorzecza Narwi, system może stanowić podstawę do opracowania i wdrożenia modeli jakości wody dla tego obszaru, a także dostarczać informacji niezbędnych do racjonalnego gospodarowania zasobami wodnymi w ramach dorzecza.

Dzięki stworzonemu oprogramowaniu, działanie systemu odbywa się w trybie konwersacyjnym, co umożliwia łatwe korzystanie z niego osobom nie posiadającym wielkiego doświadczenia w technice komputerowej. Ma to duże znaczenie z punktu widzenia możliwości wdrożenia systemu. Zaprojektowanie systemu na mikrokomputer klasy IBM-PC pozwala na szerokie jego zastosowanie przez różnego typu użytkowników, ze względu na stosunkowo niewielkie wymagania sprzętowe i finansowe.

Wskazano, że dalszy rozwój merytoryczny systemu powinien iść w kierunku powiązania informacji liczbowych w nim zawartych z odwzorowaniem mapowym terenu, którego dane te dotyczą. Posługiwanie się mapą widoczną na ekranie monitora, przy wykorzystaniu grafiki komputerowej, pozwalałoby użytkownikowi na jeszcze wygodniejsze i bardziej przydatne w praktyce korzystanie ze zgromadzonych danych.

## **6.6. Technologia oczyszczania ścieków w komorach napowietrzania z częściowo unieruchomioną biomasa**

Jednostki realizujące cel: Zakład Gospodarki Wodnej IMGW w Warszawie oraz Przedsiębiorstwo Projektowania i Budowy Oczyszczalni Ścieków „Multireaktor” Warszawa. Odpowiedzialny wykonawca: mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiec.

Cel miał charakter badań wyprzedzających. W ramach tego celu opracowane zostało nowe rozwiązanie technologiczne umożliwiające uzyskanie zwiększonego stopnia oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego w oczyszczalniach pracujących w warunkach przeciążonych jak również usprawnienie procesu oczyszczania ścieków metoda osadu czynnego ze zwiększoną redukcją związków biogenych



w warunkach beztlenowych i tlenowo-beztlenowych. W obydwu badanych rozwiązaniach zastosowano pakiety krzyżowe produkcji firmy „Metalcoop” jako nośnika biomasy. Krótki okres prowadzonych badań nie pozwolił na określenie optymalnych parametrów technologicznych prowadzonych procesów oczyszczania. Uzyskane wyniki potwierdziły jednak skuteczność tych rozwiązań szczególnie w zakresie redukcji związków biogenych w warunkach tlenowo-beztlenowych. Techniczne możliwości użycia pakietów krzyżowych dla organizacji reaktorów beztlenowych osiągnięte w realizacji tego celu stanowią ugruntowaną podstawę do dalszych badań. Niskie koszty realizacji rozszerzenia zdolności oczyszczalni ścieków poprzez zastosowanie usprawnionego procesu osadu czynnego przez częściowe unieruchomienie biomasy na podłożu stałym przemawiają za praktycznym zastosowaniem nowej technologii na oczyszczalniach przeciążonych i tam gdzie z różnych względów niemożliwa jest rozbudowa istniejącej oczyszczalni biologicznej opartej o tą metodę.

### **6.7. Kondycjonowanie osadów ściekowych za pomocą koagulanta chitozanowego**

Jednostka realizująca cel: Instytut Chemii Przemysłowej oraz Zakład Gospodarki Wodnej IMGW i Biuro Projektów Gospodarki Wodno-Ściekowej „Biprowod”. Odpowiedzialny wykonawca: dr inż. Danuta Własiuk.

Celem pracy było opracowanie projektu procesowego produkcji kationowego koagulanta do kondycjonowania osadów ściekowych. Kondycjonowanie osadów ściekowych jest jednym z ważniejszych procesów przy oczyszczaniu ścieków miejskich i przemysłowych, gdyż odwadnianie ich następuje szereg trudności. Aby zwiększyć wydajność procesu odwadniania prowadzi się kondycjonowanie osadów ściekowych chemikaliami. Obecnie na świecie produkuje się szeroką gamę wyspecjalizowanych koagulantów i flokulantów np. typu Zetag czy Magnofloc. W Polsce nie produkowało się na skalę przemysłową skutecznie działających koagulantów wspomagających, dlatego podjęte zostały prace naukowo-badawcze nad opracowaniem technologii produkcji koagulanta chitozanowego.

Przyjęto przy tym założenie, że koagulant winien charakteryzować się rozpuszczalnością w zimnej wodzie nie niższą niż 0,5% wagowo, skutecznością działania przy stężeniu użytkowym nie przekraczającym 200 g/cm<sup>3</sup> osadów o temperaturze 5-20 °C oraz pH: 5-9.

Analizując bazę surowcową do syntezy koagulantów o charakterze kationowym lub amfoterycznym oraz własności jakie powinien posiadać produkt końcowy ustalono, że substancją spełniającą powyższe założenia mógłby spełnić zmodyfikowany chitozan. Powyższa substancja jest w formie odpadowego surowca odzyskiwanego

z pancerzyków kryła morskiego. Badania laboratoryjne wykazały, że przez zmianę chitozanu z niejonowego na kationowy otrzymuje się odpowiedni koagulant.

Skonstruowana linia technologiczna do syntezy pozwoliła na produkcję koagulantu chitozanowego, stanowiącego czwartorzędową pochodną chitozanu. U uruchomienie produkcji koagulantu chitozanowego pozwoliło na określenie jego własności fizyko-chemicznych i użytkowych wytworzonego produktu. Do oceny własności stosowano koagulant wytworzony na zbudowanej w tym celu linii produkcyjnej w Zakładzie Póltechnik Chemii Gospodarczej Instytutu Chemii Przemysłowej. Skuteczność jego działania sprawdzono w stosunku do osadów ściekowych i porównano z koagulantem o nazwie Zetag 47. Koagulant Zetag 47 jest modyfikowanym poliakryloamidem i produkowany przez firmę Allied Colloids (Anglia). Osad ściekowy stanowił osad przefermentowany ze ścieków komunalnych z Oczyszczalni Ścieków Spółki „Warta” w Częstochowie. Uzyskane wyniki wskazują, że wyprodukowany koagulant chitozanowy przy stężeniu 200 g/m<sup>3</sup> osadu przefermentowanego z oczyszczalni miejskiej posiada działanie zbliżone do angielskiego koagulantu Zetagu 47, użytego do odwadniania wymienionych osadów w ilości 150 g/m<sup>3</sup> osadu.

Porównanie działania chitozanowego i koagulantów zagranicznych (typu Magnofloc) na osadach przemysłowych (denitryfikacyjno-nitryfikacyjnych z oczyszczalni ścieków w Puławach oraz osadach z reaktorów modelowych z oczyszczania ścieków chemicznych w Pionkach i ścieków azotowych w Tarnowie) oraz osadach pokoagulacyjnych ze stacji uzdatniania wody wykazało, że koagulant chitozanowy wykazał lepsze własności flokulacyjno-koagulacyjne niż koagulanty zagraniczne.

W podsumowaniu można stwierdzić co następuje:

- Opracowana metoda syntezy koagulantu będącego czwartorzędową pochodną chitozanu jest stosunkowo prosta pod względem technologicznym i wymaganych urządzeń aparaturowych.
- Powyższa metoda technologii produkcji koagulantu chitozanowego nosi znamiona nowości technologiczno-technicznej, w związku z powyższym była ona przedmiotem zgłoszenia patentowego.
- Należy podkreślić, że zastosowana metoda produkcji koagulantu chitozanowego jest metodą bezściekową i bezodpadową, a ponadto substratem do produkcji koagulantu jest chitozan – dostępny surowiec odpadowy, uzyskiwany z pancerzyków kryła morskiego.
- Opracowana technologia wytwarzania omawianego koagulantu została wdrożona w Zakładzie Póltechnik Chemii Gospodarczej Instytutu Chemii Przemysłowej.
- Wyprodukowany koagulant chitozanowy, zastosowany do przefermentowanych osadów ściekowych ze ścieków komunalnych, posiadał działanie zbliżone do angielskiego koagulantu typu Zetagu 47.

- Potwierdzono w praktyce, że koagulant chitozanowy, zastosowany do osadów z oczyszczania ścieków przemysłowych metodą osadu czynnego z zastosowaniem procesów denitryfikacyjno-nitryfikacyjnych, jak również do osadów powstałych w procesie uzdatniania wody, wykazuje działanie porównywalne z koagulantami zagranicznymi typu Magnofloc.
- Opracowanie i wdrożenie technologii produkcji koagulanta chitozanowego rozszerzyło istniejącą ofertę koagulantów przede wszystkim zagranicznych o koagulant krajowy o szerszym zakresie zastosowania niż dotychczas występujące na rynku polskim.

## 6.8. Wyniki realizacji grupy tematycznej

Do najważniejszych rezultatów prac badawczo-rozwojowych wykonanych w Grupie Tematycznej 03 należy zaliczyć:

- opracowanie materiałów pomocniczych do projektowania zunifikowanych obiektów oczyszczania ścieków, które nie zostały objęte systemem UNIKLAR 77; dotyczy to wydzielonych komór fermentacyjnych zamkniętych oraz obiektów przeróbki i odwadniania osadów;
- opracowanie wytycznych projektowania procesów usuwania azotu i fosforu w reaktorach wielofunkcyjnych; – opracowanie technologii usuwania biogenów metodą osadu czynnego w procesie jednoosadowym;
- opracowanie, wyprodukowanie i przebadanie w technicznej instalacji doświadczalnej wypełnień z tworzyw sztucznych do złóż biologicznych;
- opracowanie technologii usuwania azotu ze ścieków przemysłu azotowego metoda nitryfikacji i denitryfikacji na przykładzie ścieków powstających przy produkcji kaprolaktanu w ZA Puławy;
- opracowanie technologii usuwania nitrozwiązków ze ścieków metodą denitryfikacji na przykładzie ścieków z produkcji dwunitroloenu;
- opracowanie wstępnego normatywu określającego techniczne i technologiczne kryteria dla rolniczego unieszkodliwiania osadów ścieków;
- opracowanie wytycznych technologicznych i projektowych dla zakładu odnowy wody ze ścieków miejskich z Krakowa-Płaszowa;
- opracowanie projektu procesowego i dokumentacji technicznej rozbudowy oczyszczalni ścieków według systemu zasilania tlenem technicznym; – opracowanie projektu procesowego oczyszczalni ścieków zaolejonych pochodzących z obiektów technicznej obsługi rolnictwa i na jego bazie oferty projektowej do powszechnego stosowania; – opracowanie oferty projektowej dla retencyjno-ewaporacyjnej oczyszczalni ścieków pestycydowych,

- wyprodukowanie chitozanowego koagulantu do kondycjonowania osadów ściekowych;
- opracowanie projektu technicznego kanalizacji grawitacyjno-podciśnieniowej dla osiedla domków jednorodzinnych;
- opracowanie przemysłowej technologii i instalacji do utylizacji ciekłych odpadów z odsalania wód kopalnianych oraz przemysłowej technologii do bezściekowej produkcji wody użytkowej z wód kopalnianych o podwyższonym stężeniu soli chlorkowych;
- opracowanie technologii usuwania azotanów z wód podziemnych przeznaczonych do picia;
- opracowanie zasad użycia filtrów węglowych w technologii uzdatniania wody;
- opracowanie metody optymalizacji kosztów oczyszczania ścieków oraz metody oceny ekonomicznej efektywności obiegów wodnych;
- wykonanie projektu technicznego beztlenowo-tlenowej oczyszczalni ścieków komunalnych oraz projektu technologicznego typoszeregu beztlenowo-tlenowych oczyszczalni ścieków przemysłowych;
- opracowanie skomputeryzowanego banku danych obiektów oczyszczania ścieków; – opracowanie technologii chemicznego strącania fosforu w wybranej oczyszczalni ścieków;
- opracowanie projektów aktów prawnych dla organizacji i funkcjonowania spółek wodno-ściekowych;
- opracowanie standardów i zasad odprowadzania ścieków i wód opadowych do wód powierzchniowych i do gruntu;
- opracowanie technologii oczyszczania ścieków w komorach napowietrzania z częściowo unieruchomioną biomasą; – opracowanie wytycznych do stosowania metody rachunku optymalizacyjnego przy wyborze lokalizacji oczyszczalni ścieków w praktyce planistycznej.

W ramach Grupy Tematycznej 03 zgłoszono do Urzędu Patentowego następujące patenty i wzory użytkowe:

- Wypełnienie z tworzyw sztucznych zwłaszcza dla złóż biologicznych Nr P. 258969
- Pakiet krzyżowy do wypełnienia złóż biologicznych Nr W. 80620
- Pierścienie do wypełnienia złóż biologicznych. Projekt wynalazczy Nr 66/86
- Sposób i urządzenia do rekultywacji jezior stratyfikowanych Nr P. 253050
- Urządzenie do rekultywacji jezior stratyfikowanych Nr P. 254113
- Urządzenie do napowietrzania wód w płytkich zbiornikach Nr P. 261743
- Sposób oczyszczania ścieków zawierających zemulgowane oleje i detergenty Nr P. 269471

- Oczyszczalnia retencyjno-ewaporacyjna ścieków pestycydowych Nr P. 254869
- Sposób wytwarzania koagulantu Nr P. 266885
- Kanalizacja podciśnieniowa Nr P. 275614, 283713, 284480
- Sposób kompleksowej i bezodpadowej utylizacji słonych wód i ścieków oraz urządzenie do kompleksowej i bezodpadowej utylizacji wód i ścieków Nr P. 264215 – Sposób oczyszczania ścieków galwanicznych Nr P. 267266
- Sposób odzyskiwania wody z procesu oczyszczania ścieków galwanicznych Nr P. 267271
- Sposób oczyszczania kwaśno-chromowych ścieków galwanicznych z jednoczesnym odzyskiem metali ciężkich Nr P. 265202
- Sposób biologicznego oczyszczania ścieków Nr P. 267042

W rezultacie do roku 1993 uzyskano dwa patenty i wzór użytkowy:

- Patent nr 141256 „Sposób likwidacji ścieków pestycydowych”
- Wzór użytkowy nr 45909 „Pakiet krzyżowy do wypełnień złóż biologicznych”
- Patent nr 147431 „Wypełnienie z tworzyw sztucznych zwłaszcza dla złóż biologicznych”

W ramach zadań wdrożeniowych objętych Grupą Tematyczną 03 osiągnięto zgodność uzyskanych rezultatów z założonymi parametrami przedmiotów wdrożeń, a w wyniku prac zostały przekazane jednostkom wdrażającym.

Uruchomienie przemysłowej produkcji wypełnień z tworzyw sztucznych dla złóż biologicznych stanowiło istotną nowość na rynku krajowym i stworzyło możliwość stosowania nowych energooszczędnych rozwiązań technologicznych w oczyszczaniu ścieków. Rozpoczęte wdrożenie wyników celu, w ramach którego opracowano wysokoefektywną technologię odnowy wody ze ścieków miejskich pozwoliło, poza korzyściami ekonomicznymi, na obniżenie zużycia wody wodociągowej z sieci miejskiej. Uruchomienie produkcji koagulantu do kondycjonowania osadów ściekowych stworzyło możliwości wyeliminowania odpadów. Zastosowanie rozwiązań kanalizacji podciśnieniowej pozwoliło na obniżenie kosztów budowy o 30-50% w stosunku do kanalizacji grawitacyjnej, ograniczenie nakładów inwestycyjnych, przyspieszenie realizacji oraz wyeliminowanie możliwości skażenia płytko położonych wód gruntowych. Instalacja dla bezodpadowej i kompleksowej utylizacji słonych wód kopalnianych pozwoliła na odzysk jodu, bromu, potasu, magnezu i sody a tym samym na uzyskanie znacznych efektów ekonomicznych ze sprzedaży wytworzonych produktów. Wdrożenie produkcji węgla aktywnego umożliwiło szersze stosowanie filtrów węglowych dla uzyskania poprawy jakości wody do picia. Wdrożenie systemu rozwiązań technologii bez-tlenowego oczyszczania ścieków pozwoliło na obniżenie o około 20% nakładów

inwestycyjnych i o około 45% zużycie energii w porównaniu do aktualnie stosowanych rozwiązań oczyszczania metodą tlenową.

W podsumowaniu należy podkreślić, że jednym z podstawowych kierunków ochrony wód jest opracowywanie i wdrażanie nowych wysokoefektywnych technologii uzdatniania wody i oczyszczania ścieków. Należy podkreślić, że technologia wody i ścieków jest dziedziną wymagającą ciągłego rozwoju, winna bowiem nadążać za powstawaniem coraz to nowych zanieczyszczeń zawartych w wodzie i ściekach oraz przyjętymi strategiami ochrony wód.

Dobór tematyki prac Grupy Tematycznej 03 podporządkowany był aktualnym i perspektywicznym zadaniom ochrony wód przed zanieczyszczeniem. Niedostateczna działalność w tym zakresie zagraża zdrowiu publicznemu i jednocześnie powoduje bariery dla wzrostu gospodarczego, wynikające z braku odpowiedniej ilości wody o wymaganej jakości.

W ramach zadań wdrożeniowych osiągnięto zgodność uzyskanych rezultatów z założonymi parametrami przedmiotów wdrożeń, a wyniki prac zostały przekazane jednostkom wdrożeniowym. Większość opracowanych rozwiązań została opatentowana. Wyniki kilku celów wdrożeniowych zostały przedstawione na ogólnokrajowych konferencjach naukowych i opublikowane. Rezultaty prac w wielu celach mają znaczenie dla ochrony wód powierzchniowych jak i dla gospodarki narodowej. Należy podkreślić, że wyniki powyższe osiągnięto dzięki ogromnemu zaangażowaniu wszystkich realizatorów celów wdrożeniowych. Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie wniósł w tym zakresie znaczący wkład.

## **7. Opis wybranego przedsięwzięcia i projektów zamawianych**

### **7.1. Proekologiczna gospodarka wodna w zakresie zaopatrzenia w wodę na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego – przedsięwzięcie badawcze PONT**

Koncepcja ekorozwoju kraju powinna między innymi opierać się na proekologicznym gospodarowaniu zasobami wodnymi. Głównym celem proekologicznej gospodarki wodnej winno być zapewnienie równowagi pomiędzy zasobami wodnymi a potrzebami wodnymi. Osiągnięcie powyższego można uzyskać przez:

- rozwiązywanie problemów gospodarki wodnej w układach zlewniowych, a nie administracyjnych;
- rozwiązywanie problemów gospodarki wodnej w układzie integrującym ilość i jakość zasobów wodnych;
- rozwiązywanie problemów gospodarki wodnej w układzie obejmującym obieg wody w przyrodzie, uwzględniającym różne rodzaje i formy zanieczyszczeń oraz związki między wodami powierzchniowymi i podziemnymi;
- zapewnienie integracji gospodarowania zasobami wodnymi z gospodarką przestrzenną;
- zapewnienie szeroko pojętej ochrony zasobów wodnych, gwarantującej przywrócenie wartości użytkowych wód dla zaopatrzenia ludności, przemysłu i rolnictwa.

Polityka państwa winna wspierać interdyscyplinarne badania niezbędne dla osiągnięcia celów polityki ekologicznej. Do badań powyższych można między innymi zaliczyć badania nad proekologiczną gospodarką wodną na obszarach hydrograficznych w zakresie zaopatrzenia w wodę. Przykładem takich badań jest przedsięwzięcie badawcze pt.

„Proekologiczna gospodarka wodna w zakresie zaopatrzenia w wodę na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego”, które zostało wykonane w ramach PONT na podstawie umowy pomiędzy Fundacją Na Rzecz Nauki Polskiej a IMGW. Na całość przedsięwzięcia objętego umową składały się zadania badawcze:

- sposób ustalania i opracowanie wykazu istotnych zrzutów w zlewni ujęcia wody na przykładzie Wodociągu Północnego (zadanie 1);
- identyfikacja i ustalenie szkodliwości substancji toksycznych w wodach powierzchniowych (zadanie 2);
- ocena zagrożenia środowiska wodnego metalami ciężkimi oraz kumulacja metali ciężkich w osadach dennych na przykładzie zbiornika we Włocławku (zadanie 3);

- opracowanie i zastosowanie modeli decyzyjnych w programowaniu inwestycji ochrony wód w zlewniach zasilających ujęcia wodne (zadanie 4);
- opracowanie modelu matematycznego do badania wrażliwości użytkowników na zakłócenia w zaopatrzeniu w wodę (zadanie 5);
- weryfikacja zdolności retencyjnych wybranych dużych zbiorników wodnych (zadanie 6);
- wpływ zanieczyszczeń pochodzących z górnego dorzecza Wisły na możliwość wykorzystania zasobów wodnych środkowej Wisły dla celów zaopatrzenia w wodę (zadanie 7).

U podstaw realizacji przedsięwzięcia badawczego leżał jeden z priorytetów polityki ekologicznej, zatwierdzony przez Sejm RP, a mianowicie złagodzenie deficytów ilościowo jakościowych czystej wody, zwłaszcza w aglomeracjach miejskich. Dlatego przedsięwzięcie zostało podporządkowane funkcji zaopatrzenia w wodę przykładowo aglomeracji warszawskiej i stąd realizacja przedsięwzięcia na obszarach rzek Narwi i Bugu, które stanowią źródło zaopatrzenia w wodę Wodociągu Północnego. Ponieważ ważne źródło wody dla stolicy (oprócz Wodociągu Północnego) stanowi rzeka Wisła, stąd problematykę badawczą rozszerzono na obszary środkowej i górnej Wisły. Jako obszar przedsięwzięcia wybrano przykładowo jeden z obszarów, na którym wprowadzana jest zlewniowa gospodarka wodna, który umownie został nazwany obszarem centralnego regionu wodno-gospodarczego. Podkreślić należy, że przedsięwzięcie wychodzi swoim zakresem znacznie poza ten obszar, w zależności od celów realizowanego zadania badawczego. W ramach przedsięwzięcia sformułowano i przyjęto do realizacji wyżej wymienionych siedem zadań badawczych, które zostały uznane za ważne. Zadania te nie obejmują całości spraw, ale uwzględniają istotne zagadnienia dla realizacji proekologicznej gospodarki wodnej i stwarzają podstawy do poprawy sytuacji o ile znajdują się środki finansowe dla rozwiązywania istotnych spraw. Zadania badawcze były realizowane przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, który współpracował z Politechniką Warszawską w zakresie zadania pierwszego.

#### **Charakterystyka poszczególnych zadań przedsięwzięcia badawczego.**

W miarę rozwoju miast i rozwoju przemysłu oraz rolnictwa wzrasta ilość ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych do wód powierzchniowych i podziemnych. Podstawowymi punktowymi źródłami zanieczyszczeń są ścieki miejskie i ścieki przemysłowe. Niezwykle istotne źródło zanieczyszczeń stanowią wody opadowe, które zawierają substancje pochłonięte z zanieczyszczonego powietrza atmosferycznego i powodują zanieczyszczenia obszarowe. Wymywane zanieczyszczenia z powierzchni terenu przez wody opadowe stanowią ważne źródło zanieczyszczeń chemicznych, w tym związków biogenych i środków ochrony roślin, wnoszonych



do wód z terenów rolniczych. Również składowiska odpadów mogą wprowadzać zanieczyszczenia do wód powierzchniowych i podziemnych.

Celem **zadania 1** było ustalenie i opracowanie wykazu istotnych zrzutów w zlewni ujęcia wody dla miasta Warszawy na przykładzie Wodociągu Północnego. Takie sformułowanie celu niniejszego zadania spowodowało konieczność objęcia szczegółową analizą zlewni rzeki Narwi, jako zlewni zasilającej ujęcie Wodociągu Północnego. Dlatego w ramach tego zadania w zlewni Narwi (wraz z Bugiem) opracowano wykaz istotnych zrzutów punktowych i obszarowych, uwzględniając specyficzny przypadek zrzutów punktowych zanieczyszczeń obszarowych wprowadzanych przez przepompownie bezpośrednio do Zbiornika Zegrzyńskiego. W skład zadania 1 weszły następujące zadania cząstkowe:

- analiza wpływu zanieczyszczeń pochodzących ze składowisk odpadów przemysłowych na wody powierzchniowe i gruntowe (zadanie 1A);
- sposób ustalenia i opracowanie wykazu istotnych zrzutów punktowych w zlewni ujęcia wody na przykładzie Wodociągu Północnego, to jest w zlewni Narwi (zadanie 1B);
- sposób ustalenia i opracowanie wykazu istotnych zrzutów obszarowych w zlewni ujęcia wody na przykładzie Wodociągu Północnego, to jest w zlewni Narwi (zadanie 1C);
- punktowe zrzuty zanieczyszczeń obszarowych wprowadzane przez przepompownie do Zbiornika Zegrzyńskiego (zadanie 1D).

Ze względu na wagę zagadnienia, analizę wpływu zanieczyszczeń pochodzących ze składowisk odpadów przemysłowych, mogących zawierać substancje toksyczne niebezpieczne dla zdrowia i życia ludzi, przeprowadzono na całym badanym regionie. Celem **zadania 1A** było zebranie danych dotyczących składowisk odpadów przemysłowych i analiza wpływu zanieczyszczeń pochodzących ze składowisk na wody powierzchniowe i gruntowe. Pominięto w opracowaniu odpady komunalne. Analizą objęto wymieniony region obejmujący 19 województw w całości lub częściowo w Polsce centralnej i północno-wschodniej. W opracowaniu uwzględniono odpady przemysłowe produkowane i składowane przez 412 zakładów przemysłowych. Dane dotyczące odpadów przemysłowych uzyskano na podstawie informacji z zakładów je produkujących, z Urzędów Wojewódzkich i Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. W wielu przypadkach dane z wymienionych źródeł różniły się pomiędzy sobą i należało je powtórnie weryfikować. Podstawowym kryterium wyboru przedsiębiorstwa do zbioru danych była lista zakładów szczególnie uciążliwych dla środowiska wydana przez Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska którą uzupełniono o zakłady wskazane przez Urzędy Wojewódzkie, produkujące znaczne ilości odpadów w danych

rejonach. Dane dotyczące składowanych odpadów obejmują okres do 1991 roku. Przedstawione dane dotyczą odpadów przemysłowych w poszczególnych zakładach kolejnych województw, a przede wszystkim ilość produkowanych i nagromadzonych odpadów, ich rodzaj, ilość odpadów wykorzystywanych gospodarczo, powierzchnię zajmowaną pod wysypiska i stawy osadowe oraz powierzchnie zrehabilitowaną. Dane te zestawione są województwami z wyszczególnieniem zakładów jak i miast. Zestawiono dane również według odpadów wg klasyfikacji przedstawionej w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 21 grudnia 1991 r. w sprawie opłat za gospodarstwo korzystanie ze środowiska i wprowadzanie w nim zmian. Klasyfikacja ta jest powszechnie stosowana w zestawieniach Urzędów Wojewódzkich i Centralnych. W dalszej części opracowania przeprowadzono analizę wpływu poszczególnych rodzajów odpadów przemysłowych na wody powierzchniowe i gruntowe. W ramach zadania 1A przeprowadzono modelowanie matematyczne przepływu wód gruntowych do celu prognozowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Opracowane zadanie sprawdzono na przykładzie danych jednego ze składowisk odpadów paleniskowych.

Celem **zadania 1B** było przeprowadzenie identyfikacji podstawowych punktowych źródeł zanieczyszczenia w dorzeczu Narwi. Aktualnie wody rzek Narwi i Bugu, poprzez Wodociąg Północny, zaopatrują kilka warszawskich dzielnic. Plany perspektywiczne przewidują w przyszłości wzrost ilości wody dostarczanej z tych rzek do Warszawy. Identyfikacja podstawowych źródeł zanieczyszczeń punktowych, obliczenie wielkości ładunków oraz wskazanie miejsc zrzutów może stanowić pierwszy etap programu ochrony jakości zasobów wodnych w zlewni Narwi. Należy dodać, że do rzek zlewni Narwi (Narew z dopływami) odprowadzane są ścieki z miast, jednostek osadniczych i zakładów przemysłowych jedenastu byłych województw, a mianowicie: białkopodlaskiego, białostockiego, chełmskiego, ciechanowskiego, łomżyńskiego, olsztyńskiego, ostrołęckiego, siedleckiego, suwalskiego, warszawskiego i zamojskiego. Wzrost ilości mieszkańców miast oraz rozwój przemysłu i rolnictwa, a przede wszystkim brak w dostatecznym stopniu oczyszczania ścieków spowodowały pogorszenie jakości wód Narwi, która jeszcze stosunkowo niedawno była rzeka czystą. Pojawiły się jednak niepokojące doniesienia o chorobach wywołanych kąpielą lub spożyciem wody. Konieczność podjęcia zadań inwestycyjnych służących ochronie wód Narwi stała się dziś potrzebą chwili. W ramach zadania 1B wykonano charakterystykę ilościową zasobów wód płynących dorzecza Narwi (wraz z Bugiem), jak również charakterystykę jakości wód dorzecza Narwi. Opracowano model sieci hydrograficznej dorzecza, który powiązано z systemem informatycznym o użytkowaniu wód i obiektach oczyszczania ścieków. Zarówno model sieci hydrograficznej jak i powyższy system informatyczny stanowiły podstawę identyfikacji

podstawowych punktowych źródeł zanieczyszczeń komunalnych i przemysłowych w dorzeczu Narwi.

Stan zanieczyszczenia rzek jest wynikiem współdziałania szeregu czynników naturalnych i antropogenicznych. Do głównych czynników antropogenicznych odpowiedzialnych za wprowadzanie do wód zanieczyszczeń zaliczane są nie tylko źródła punktowe zanieczyszczenia, ale również zanieczyszczenia obszarowe rozproszone na obszarze dorzecza, o dyfuzyjnym mechanizmie przedostawania się do wód. Zanieczyszczenia obszarowe są wynikiem:

- gospodarki rolnej, rodzaju i intensywności upraw, oraz zderzeń określonych sytuacji agrotechnicznych z ekstremalnymi warunkami hydrologicznymi,
- zanieczyszczenia atmosfery – odpowiedzialne za deponycję zanieczyszczeń z powietrza,
- naturalnych procesów przyrodniczych zachodzących na powierzchni i w warstwie glebowej.

Różnorodność czynników decydujących o stopniu wpływu tych trzech wymienionych grup procesów na migrację zanieczyszczeń do wód jest powodem stosunkowo mało dokładnego rozpoznania, a tym samym możliwości ustalenia prognozy wielkości zanieczyszczeń pochodzenia obszarowego chociażby w zależności od warunków hydrologicznych. Bardziej prawdopodobne jest natomiast oszacowanie tych wielkości na podstawie analizy bilansu ładunków zlewni, przy czym im zlewnia większa tym bardziej zróżnicowane warunki i mniejsza dokładność oszacowania. Celem **zadania 1C** był sposób ustalenia i opracowanie wykazu zrzutów obszarowych. Eutrofizacja jest bowiem w znacznym stopniu wywołana stosowaniem nawozów, które nie zostały wykorzystane przez rośliny i uległy spłukaniu do cieków wodnych.

Zanieczyszczenia odprowadzane są do Zbiornika Zegrzyńskiego przez spływ powierzchniowy – zrzuty powierzchniowe lub przez zrzuty punktowe. Takimi zrzutami punktowymi są przepompownie powiązane z siecią rowów melioracyjnych odwadniających zawale. Rowy melioracyjne, oprócz odwadniania obszaru będącego w depresji zbiornika, zbierają również wody spływające z przyległych do nich tarasów. Tereny bezpośrednio przyległe do zawala wykorzystywane są przede wszystkim do celów rolniczych (łąki, grunty orne) i rekreacyjnych – ośrodki wczasowe oraz indywidualne budownictwo letniskowe, a na ich obrzeżach są stałe skupiska mieszkającej tam ludności. Do zbiornika wprowadzane są zanieczyszczenia spowodowane stosowaniem nawozów sztucznych oraz wprowadzane są przez ludność miejscową w sposób ciągły, a przez użytkowników budownictwa rekreacyjnego sezonowo – ścieki bytowo-gospodarcze. Określenie ilości i jakości odprowadzanej wody z zawala do Zbiornika Zegrzyńskiego jest szczególnie

istotne ze względu na to, że zbiornik ten jest zbiornikiem ujęcia wody Wodociągu Północnego. Ustalenie jakości i ilości przepompowywanej wody za pomocą przepompowni melioracyjnych pozwoli na uzupełnienie wykazu zrzutów zanieczyszczeń w zlewni samego ujęcia. W związku z powyższym w ramach **zadania 1D**:

- ustalono ilość i lokalizację przepompowni – zrzutów wzdłuż Zbiornika Zegrzyńskiego od zapory w Dębem do Pułtusa (14 przepompowni);
- wykonano pomiary ilości wody odprowadzanej przez poszczególne przepompownie do zbiornika;
- wykonano analizy fizyko-chemiczne i biologiczne dla wszystkich przepompowni;
- przeprowadzono analizę wpływu jakości i ilości wody odprowadzanej przez przepompownie na stan zanieczyszczenia zbiornika.

Celem **zadania 2** było wykonanie rozeznania o źródłach zanieczyszczeń toksycznych wód powierzchniowych. Z uwagi na ochronę przed zanieczyszczeniem ujęć dla Warszawy oceną objęto całą zlewnię Wisły od źródeł do ujęcia na Czerniakowie oraz Narew wraz z Bugiem powyżej ujęcia dla Wodociągu Północnego. Warszawa, największe miast Polski, zaopatrzenie w wodę komunalną i przemysłową ma oparte na ujęciach wód powierzchniowych z Wisły i Zbiornika Zegrzyńskiego.

Jakość wód Wisły i Zbiornika Zegrzyńskiego jest zła, co uwidacznia się w jakości wody do picia dostarczanej mieszkańcom Warszawy. Zagrożenie stanu jakości wód powierzchniowych kraju jest dość dobrze zbadane pod względem podstawowych zanieczyszczeń takich jak ogólna zawartość związków organicznych, zasolenie, substancje biogenne. Natomiast jeśli chodzi o zanieczyszczenia specyficzne, szczególnie o charakterze toksycznym w stosunku do ludzi i organizmów wodnych, znacznie mniej jest ogólnodostępnych informacji. W przypadku wystąpienia awaryjnych zanieczyszczeń wód powierzchniowych, które zdarzają się okresowo, trudno jest czasem wskazać faktycznego sprawcę. Znajomość istniejących i potencjalnych źródeł dopływu substancji toksycznych do wód jest szczególnie istotna nie tylko ze względu na ochronę środowiska wodnego, ale również z uwagi na ujęcia wód powierzchniowych dla wodociągów komunalnych. Opierając się na danych uzyskanych z Wojewódzkich Inspekcji Ochrony Środowiska, Wojewódzkich Stacji Sanitarno-Epidemiologicznych, Miejskich Przedsiębiorstw Wodociągów i Kanalizacji oraz danych literaturowych wytypowano zakłady przemysłowe, których ścieki produkcyjne zawierają, lub mogą zawierać różnego rodzaju substancje toksyczne. W ściekach przemysłowych może znajdować się wiele różnorodnych substancji o właściwościach toksycznych. Ich skutki dla środowiska zależą od wielu czynników takich jak: ilość odprowadzanej substancji toksycznej i długo-trwałość zrzutu zanieczyszczenia, stopień rozkładalności, stopień przyswajalności

przez organizmy itp. Do szczegółowej analizy wytypowano kilka grup substancji, których stopień szkodliwości nie ogranicza się tylko do miejscowego działania, a może rozciągać się na długich przestrzeniach, stwarzając zagrożenie zarówno dla ludzi jak i środowiska. Są to następujące substancje: fenole, metale ciężkie, substancje ropopochodne, które najczęściej pojawiają się w ściekach badanego obszaru i które są oznaczane w rutynowych analizach wody i ścieków. Wszystkie zebrane materiały posłużyły do wykonania map lokalizacji zrzutów poszczególnych rodzajów związków toksycznych, co pozwoliło na określenie obszarów o największym zagrożeniu. W miarę posiadanych informacji zamieszczono w opracowaniu dane o innych rodzajach zanieczyszczeń takich jak: cyjanki, formaldehyd, detergenty, różnego typu trudno rozkładalne związki organiczne.

Jednym z ważniejszych zagadnień dotyczących zanieczyszczenia wód powierzchniowych jest problem skażenia metalami ciężkimi. Metale ciężkie wprowadzone do wód powierzchniowych podlegają akumulacji w osadach dennych w wyniku sorpcji przez składniki osadów oraz wytrącanie i sedymentację składników nierozpuszczalnych. W określonych warunkach hydrologicznych i fizykochemicznych może nastąpić migracja metali z osadów do wody powodując ich wtórne zanieczyszczenie. Osady dennie są dość reprezentatywnym materiałem do badania długoterminowych zmian zanieczyszczenia rzek i zbiorników wodnych. Celem **zadania 3** była ocena zagrożenia środowiska wodnego metalami

ciężkimi w zlewni górnej i środkowej Wisły, oraz ocena zjawiska procesu akumulacji metali ciężkich w osadach dennych zbiornika zaporowego na przykładzie zbiornika we Włocławku. Ocenę procesu akumulacji metali ciężkich w osadach dennych zbiornika we Włocławku wykonano na podstawie danych historycznych z lat 1986-1991 oraz wyników badań zbiornika przeprowadzonych trzykrotnie w roku 1992. Badania dotyczyły takich metali ciężkich jak: Zn, Pb, Cr, Cu, Co. Ocenę zagrożenia środowiska wodnego zlewni górnej i środkowej Wisły oparto na zgromadzonych danych dotyczących występowania metali w wodzie i osadach uzyskanych w wyniku prac prowadzonych w ramach: monitoringu reperowego wód powierzchniowych (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej), monitoringu osadów dennych (Państwowy Instytut Geologiczny), badań zbiornika Goczałkowickiego, badań rzeki Wisły w rejonie Krakowa.

Programy inwestycyjne w zakresie ochrony wód w zlewniach rzecznych, zasilających ujęcia wodne, stanowią niezwykle ważny element w prowadzeniu ekologicznej polityki w gospodarce wodnej. Opracowywaniu takich programów dla określonej zlewni powinno towarzyszyć dążenie do uzyskania możliwie najwyższej ekonomicznej efektywności planowanych przedsięwzięć. W rozwiązaniu tego problemu mogą być przydatne metody decyzyjne oparte na modelach programowania matematycznego. Zastosowanie modeli optymalizacyjnych do

analizy ekonomicznej efektywności inwestycji w dziedzinie ochrony wód umożliwia obniżkę kosztów oczyszczania ścieków w porównaniu z konwencjonalnymi metodami projektowania. Wynika ona z faktu, iż przy stosowaniu modeli optymalizacyjnych następuje kompleksowe potraktowanie systemu oczyszczalni ścieków zlokalizowanych w danej zlewni.

W ramach **zadania 4** przedstawiono trzy modele decyzyjne obejmujące:

- optymalizację społecznych kosztów ochrony wód w zlewni rzecznej;
- określenie optymalnej kolejności budowy obiektów zlewniowego systemu oczyszczalni ścieków;
- metodę określania optymalnych stopni oczyszczania ścieków w zlewniowym systemie oczyszczalni ścieków.

Przy formułowaniu kryteriów optymalizacyjnych dla powyższych modeli posłużono się metodami oceny efektywności inwestycji nieprodukcyjnych, tj. analizy kosztów i korzyści i metody minimalizacji kosztów. Weryfikacji opracowanych modeli dokonano na przykładzie systemu oczyszczalni ścieków zlewni rzeki Liwiec w województwie siedleckim. Rzeka Liwiec jest jednym z lewobrzeżnych dopływów Bugu i odgrywa znaczącą rolę jako odbiornik ścieków w tym regionie.

Celem prac prowadzonych w ramach **zadania 5** było dokonanie analizy i oceny aktualnego poziomu rozwoju gospodarki wodnej w przemyśle, określenie jej poziomu pożądanego. Dodatkowym celem było opracowanie modelu matematycznego do badania wrażliwości zakładów przemysłowych na zakłócenia w zaopatrzeniu w wodę, który może być wykorzystywany do określania strategii ograniczenia poborów wody, pozwalających na minimalizację strat ekonomicznych. Zakresem pracy objęto wszystkie zakłady przemysłowe zlokalizowane w zlewni Narwi (wraz z Bugiem), które pobierały wodę lub odprowadzały ścieki w ilości nie mniejszej niż 40 tys. m<sup>3</sup>/rok. W oparciu o zgromadzone dane dokonano analizy i oceny aktualnego stanu użytkowania wody w wyodrębnionych procesach technicznych i technologicznych, wykorzystujących wodę w zakładach przemysłowych, a także przedstawiono kierunki zmian oraz określono na ich podstawie możliwe sposoby zmniejszenia zużycia wody w zakładach przemysłowych. Analizy przeprowadzono na różnym poziomie szczegółowości, w oparciu o wartości wskaźników zużycia wody na wyprodukowanie jednostki wyrobu, odniesione do poszczególnych procesów, oraz systemu miar, opartego na wskaźniku recyrkulacji wody, który określa proporcje między ilością wody wykorzystywanej wielokrotnie, a całkowitą ilością wody we wszystkich obiegach wodnych użytkownika. Analiza poprzedzona została ogólną charakterystyką przemysłowego wykorzystania wód oraz kierunków i możliwości racjonalizacji gospodarki wodnej w zakładach przemysłowych. Przeprowadzona analiza kierunków i możliwości racjonalizacji

gospodarki wodnej w zakładach przemysłowych zlokalizowanych w zlewni Narwi wymaga, dla warunków wybranego zakładu przemysłowego, empirycznej weryfikacji. Wydaje się że, weryfikacje taką można przeprowadzić poprzez opracowanie modelu matematycznego pozwalającego symulować zachowanie systemu produkcyjnego zakładu w warunkach ograniczonego zasilania w wodę. Podstawą modelu jest schemat technologiczny użytkownika wody, określający tzw. procesy jednostkowe oraz wzajemne powiązania tych procesów. Opracowano teoretyczny model wiążący podsystemy produkcyjny i wodny zakładu i algorytm obliczeniowy.

Celem prac prowadzonych w ramach **zadania 6** było dokonanie weryfikacji zdolności retencyjnych dużych zbiorników wodnych zlokalizowanych na obszarze rozpatrywanego regionu. Bardzo istotną dla prowadzenia prawidłowej gospodarki wodnej jest znajomość faktycznych dyspozycyjnych zasobów wody. Jednym z elementów decydujących o ich wielkości na danym obszarze jest pojemność zlokalizowanych tam zbiorników retencyjnych. Pojemność ta w miarę upływu czasu ich eksploatacji maleje. Główną tego przyczyną jest zjawisko denudacji powierzchni zlewni oraz w znacznie mniejszym stopniu, zjawiska erozji i abrazji brzegów samego zbiornika. Materiał erodowany z powierzchni zlewni jest transportowany przez rzeki w postaci rumowiska unoszonego i wleczonego. Przykładowo można podać, że przed wybudowaniem zapory we Włocławku transport rumowiska przez ten przekrój wynosił około 2 mln ton rocznie. Jeszcze lepiej zobrazuje skalę zjawiska i problemu w Polsce fakt, że jak wynika z oszacowań opartych na dotychczasowych, często fragmentarycznie prowadzonych pomiarach 5 zbiorników: Porąbka, Rożnów, Tresna, Otmuchów i Turawa – tracą one rocznie ponad 2,65 hm<sup>3</sup> swojej pojemności. Świadczy to o tym, że w ciągu każdych 5 lat tylko w tych zbiornikach, zamulana jest pojemność odpowiadająca na przykład całemu zbiornikowi Czchów. Z powyższego wynika bezwzględna konieczność dokonywania okresowej weryfikacji pojemności retencyjnych zaporowych zbiorników wodnych. Weryfikację można, najogólniej rzecz biorąc, przeprowadzać w sposób dokładny poprzez pomiary bezpośrednie lub w sposób przybliżony na drodze obliczeń teoretycznych, przy czym bezpośrednie pomiary terenowe wymagają znacznych nakładów finansowych. Doceniając w pełni ich potrzebę zdecydowano się jednak w ramach omawianej pracy, dysponując określonymi środkami finansowymi i ograniczonym czasem, wykonać bezpośrednie pomiary tylko na jednym obiekcie, a mianowicie zbiorniku Sulejów. Pojemność pozostałych zbiorników poddano weryfikacji na drodze obliczeń teoretycznych.

Dorzecze górnej Wisły obejmuje prawo i lewostronne dopływy Wisły od Soły i Przemszy powyżej Świdra i Pilicy. Powierzchnia tego dorzecza wynosi 75642 km<sup>2</sup>, w tym 5,8% leży poza granicami Polski. Obszar zlewni w 63% jest zagospodarowany rolniczo, a tereny leśne stanowią 29% powierzchni zlewni. Dorzecze górnej

Wisły obejmuje najbardziej uprzemysłowione i zurbanizowane regiony Polski, a w skład niego wchodzi Okręg Przemysłowy Bielsko-Biała i Górnośląski Okręg Przemysłowy. Wody górnej Wisły i jej dopływów są zatem narażone zarówno na zanieczyszczenia ze źródeł punktowych (ścieki przemysłowe, wody pokopalniane, ścieki komunalne) jak i z obszarowych, do których można zaliczyć zanieczyszczenia rolnicze jak i pochodzące z atmosfery (tlenki siarki i azotu z terenów przemysłowych i zurbanizowanych). Celem **zadania 7** było określenie wpływu zanieczyszczeń pochodzących z górnego dorzecza Wisły na możliwość wykorzystania zasobów wodnych środkowej Wisły dla celów zaopatrzenia w wodę. Należy podkreślić, że Wisła będąc głównym odbiornikiem ścieków komunalnych i przemysłowych oraz wód zużytych spełnia równocześnie funkcję zaopatrzenia w wodę ludności i gospodarki narodowej. Z zasobów Wisły środkowej korzystają tylko nieliczni użytkownicy przemysłowi (ZA Puławy, Huta Warszawa, Elektrownia Kozienice, Elektrownia Siekierki, Elektrownia Powiśle), którzy z tego powodu ponoszą znaczne straty. Korzystają z nich również wodociągi Warszawy, pomimo, że bardzo zły stan wód Wisły środkowej winien wykluczyć to źródło do zaopatrzenia ludności w wodę do picia.

**Osiągnięte wyniki.** W wyniku realizacji zadań przedstawionego powyżej przedsięwzięcia badawczego:

- dokonano identyfikacji składowisk odpadów przemysłowych na terenie badanego obszaru określając strukturę odpadów i źródła ich pochodzenia oraz rodzaje zanieczyszczeń przedostających się do wód powierzchniowych i gruntowych jako odcieki powierzchniowe lub wody infiltracyjne z tych składowisk;
- przedstawiono sposoby minimalizacji zagrożeń i zasady projektowania lokalizacji nowych składowisk;
- opracowano wykaz istotnych punktowych zrzutów zanieczyszczeń w zlewni rzeki Narwi, jako zlewni zasilającej ujęcie Wodociągu Północnego;
- opracowano i zastosowano model sieci hydrograficznej i system informatyczny o użytkownikach wód i obiektach oczyszczania ścieków;
- opracowano i zastosowano metodę oszacowywania wielkości zanieczyszczeń obszarowych w odpływie całkowitym w przekroju kontrolnym rzeki;
- określono rozkład przestrzenny obciążenia wód powierzchniowych dla zlewni Bugu i Narwi powyżej Zbiornika Zegrzyńskiego oraz wyznaczono udział zanieczyszczeń obszarowych w odpływie całkowitym;
- przeanalizowano również szczególnie przypadek zanieczyszczeń obszarowych, jakim są zanieczyszczenia wprowadzane punktowo do Zbiornika Zegrzyńskiego poprzez przepompownie;
- przeprowadzono analizę występowania substancji toksycznych w wodach powierzchniowych pod kątem ochrony ujęć wody dla Warszawy oraz dokonano



identyfikacji źródeł zanieczyszczenia wód powierzchniowych tymi substancjami;

- przeprowadzono analizę przestrzenną występowania metali ciężkich w wodach płynących i dokonano oceny zagrożenia środowiska wodnego metalami ciężkimi na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego;
- dokonano oceny zjawiska procesu akumulacji metali ciężkich w osadach dennych zbiornika na przykładzie zbiornika we Włocławku;
- opracowano i zastosowano w wybranej zlewni trzy modele decyzyjne programowania inwestycji ochrony wód w zlewniach rzecznych dotyczące optymalizacji społecznych kosztów ochrony wód, optymalizacji kolejności budowy obiektów systemu oczyszczalni ścieków oraz optymalizacji stopni oczyszczania ścieków;
- dokonano analizy i oceny aktualnego poziomu rozwoju gospodarki wodnej w przemyśle zlokalizowanym w zlewni rzeki Narwi, określono pożądany poziom potrzeb wodnych zakładów przemysłowych, wytypowano zakłady i procesy technologiczne, w których występują największe możliwości racjonalizacji zużycia wody oraz opracowano model matematyczny umożliwiający określenie strategii ograniczania poborów wody i pozwalających na minimalizację strat ekonomicznych;
- dokonano weryfikacji i stwierdzono istotne zmniejszenie się zdolności retencyjnych dużych zbiorników wodnych zlokalizowanych na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego;
- przeprowadzono analizę najważniejszych punktowych źródeł zanieczyszczeń wód górnej Wisły zamkniętej przekrojem w Warszawie, ustalono poziom zanieczyszczeń wody wzdłuż biegu Wisły i w przekroju Warszawa oraz określono udział zanieczyszczeń obszarowych w odpływie rzeczny górnej Wisły;
- określono wpływ zanieczyszczeń pochodzących z górnego dorzecza Wisły na możliwości wykorzystania zasobów wodnych Wisły środkowej dla celów zaopatrzenia w wodę.

Dokonana w pracy identyfikacja istotnych punktowych i obszarowych źródeł zanieczyszczeń, stanowi podstawę dla opracowania programu ograniczania ich wpływu na stan zasobów wód powierzchniowych i podziemnych, pozwalającego na poprawę jakości wód stanowiących źródło zaopatrzenia ludności w wodę. Przeprowadzona analiza zagrożenia środowiska wodnego substancjami toksycznymi i metalami ciężkimi, z uwzględnieniem ich kumulacji w osadach dennych, pozwala na opracowanie programu ich eliminacji lub strategii ograniczania ich wpływu na stan jakościowy dyspozycyjnych zasobów wodnych. Weryfikacja zdolności retencyjnych dużych zbiorników wodnych tworzy podstawy do skorygowania ich

możliwości retencyjnych. Natomiast zbilansowanie i określenie negatywnych skutków ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych do górnej zlewni Wisły pozwala określić graniczne możliwości dalszego wykorzystania zasobów Wisły środkowej dla celów zaopatrzenia w wodę.

Należy podkreślić, że realizując przedsięwzięcia wzięto pod uwagę zapotrzebowanie na tego typu prace przez instytucje zajmujące się praktycznymi problemami zaopatrzenia w wodę. Zasadność powyższego podejścia potwierdziła odbyta w styczniu 1994 roku narada w MOŚZNiL. Szereg instytucji potwierdziło praktyczne wykorzystanie wyników naukowych przedstawionego przedsięwzięcia. Równocześnie, w ramach realizacji poszczególnych zadań opracowano szereg instrumentów metodycznych, takich jak: metodyka tworzenia informatycznego systemu rejestracji zrzutów punktowych zanieczyszczeń, metodyka szacowania ładunków zanieczyszczeń ze źródeł obszarowych, modele matematyczne przydatne do programowania przedsięwzięć inwestycyjnych w dziedzinie ochrony wód, model badania wrażliwości zakładów przemysłowych na ograniczenia w dostawie wody, metodyka obrazowania zbiorników i rzek lotnicza technika wideo oraz metodyka pomiarów batymetrycznych zbiorników retencyjnych z wykorzystaniem nawigacji satelitarnej. Powyższe instrumenty metodyczne posiadają znaczenie bardziej ogólne dla gospodarki wodnej i mogą być wykorzystywane w różnym zakresie.

**Podsumowanie i wnioski.** Proekologiczna gospodarka wodna na obszarach zlewniowych związana jest ściśle z polityką społeczną, przemysłową i rolną oraz polityką przestrzenną państwa, prowadzoną na tych obszarach, przy czym ekorozwój winien stanowić podstawę dalszego rozwoju kraju. Proekologiczne gospodarowanie zasobami wodnymi, z uwagi na znaczenie zarówno dla zachowania równowagi ekologicznej oraz dla dalszego rozwoju gospodarczego kraju stanowi jedno z podstawowych uwarunkowań osiągnięcia podstawowych celów ekorozwoju. Krytyczna sytuacja gospodarki wodnej sprawia, że nie czekając na ostateczne koncepcje rozwoju społeczno-gospodarczego i zagospodarowania przestrzennego, należy podejmować badania wyprzedzające, które są pierwszym krokiem w kierunku opracowania proekologicznej gospodarki wodnej. Przykładem tego są badania wykonane w ramach przedstawionego przedsięwzięcia badawczego, zrealizowanego w ramach programu PONT.

Systemy zaopatrzenia w wodę aglomeracji miejskich i miejsko-przemysłowych winno się rozpatrywać z punktu widzenia całych systemów zlewniowych. Gospodarka wodna szeregu aglomeracji coraz mocniej wiąże się bowiem ze zlewniową gospodarką wodną kraju i określonych regionów, wychodząc w pewnych przypadkach swoim zakresem nawet poza granice Polski.

Istniało szereg przesłanek wskazujących na to, że z punktu widzenia proekologicznej gospodarki wodnej aktualny wówczas podział terytorialny kraju na jednostki zarządzania wodą winien być poddany dalszej analizie, szczególnie w zakresie zaopatrzenia w wodę i ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem, w celu zapewnienia zintegrowanego proekologicznego działania w dużych zlewniach. Niemniej można było wówczas stwierdzić, że winny to być zlewniowe obszary Wisły i Odry ze zlewniami cząstkowymi, na przykład zlewni Narwi (wraz z Bugiem) oraz zlewni Warty.

### **Wykaz opracowań przedsięwzięcia badawczego:**

1. Gromiec M.J. i inni: Sposób ustalenia i opracowanie wykazu istotnych zrzutów w zlewni ujęcia wody na przykładzie Wodociągu Północnego (zadanie 1). Proekologiczna gospodarka wodna na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego (tom 1). IMGW. Warszawa, grudzień 1992.
2. Dojlido J., Woyciechowska J. i inni: Identyfikacja i ustalenie szkodliwości substancji toksycznych w wodach powierzchniowych (zadanie 2). Proekologiczna gospodarka wodna na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego (tom 2). IMGW. Warszawa, grudzień 1992.
3. Dojlido J., Taboryska B. i inni: Ocena zagrożeń środowiska wodnego metalami ciężkimi oraz kumulacja metali ciężkich w osadach dennych na przykładzie zbiornika we Włocławku (zadanie 3). Proekologiczna gospodarka wodna na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego (tom 2). IMGW. Warszawa, grudzień 1992.
4. Miłaszewski R., Sobiecki M. i inni: Opracowanie i zastosowanie modeli decyzyjnych w programowaniu inwestycji ochrony wód w zlewniach zasilających ujęcia wodne (zadanie 4). Proekologiczna gospodarka wodna na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego (tom 3). IMGW. Warszawa, grudzień 1992.
5. Ślesicki M., Żebrowska T. i inni: Opracowanie modelu matematycznego do badania wrażliwości użytkowników na zakłócenia w zaopatrzeniu w wodę (zadanie 5). Proekologiczna gospodarka wodna na obszarze centralnego regionu wodnogospodarczego (tom 3). IMGW. Warszawa, grudzień 1992.
6. Kloze J. i inni: Weryfikacja zdolności retencyjnych dużych zbiorników wodnych centralnego regionu wodno-gospodarczego (zadanie 6). Proekologiczna gospodarka wodna na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego (tom 3). IMGW. Warszawa, grudzień 1992.
7. Bogacka T. i inni: Wpływ zanieczyszczeń pochodzących z górnego dorzecza Wisły na możliwość wykorzystania zasobów wodnych środkowej Wisły do celów zaopatrzenia w wodę (zadanie 7). Proekologiczna gospodarka wodna

na obszarze centralnego regionu wodno-gospodarczego (tom 3). IMGW. Warszawa, grudzień 1992.

## **7.2. Podstawy naukowe strategii ochrony krajowych zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem – zadanie PBZ 28 – 02**

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, jako Wykonawca wraz z Współwykonawcami, wygrał konkurs otwarty Komitetu Badań Naukowych (KBN) na realizację Projektu Badawczego Zamawianego Nr PBZ 28 – 02 pt. „Podstawy naukowe strategii ochrony krajowych zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem”, zamówionego przez Ministra Środowiska. Do Współwykonawców, którzy wygrali konkurs, wraz z Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), należeli: Instytut Ochrony Środowiska (IOŚ), Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych (IETU), Państwowy Instytut Geologiczny (PIG), Instytut Chemii Przemysłowej (IChP), Instytut Celulozowo Papierniczy (ICP), Instytut Przemysłu Cukrowniczego (IPC), Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa (IGNiG), Główny Instytut Górnictwa (GIG), Instytut Melioracji i Użytków Zielonych (IMUZ). Należy podkreślić, że wśród powyższych instytutów, cztery instytuty stanowiły jednostki badawczo- rozwojowe resortu ochrony środowiska (IMGW, IOŚ, IETU i PIG), współpracujące z powodzeniem z sześcioma instytutami przemysłu i rolnictwa.

Projekt badawczy zamawiany PBZ 28 – 02 wnioskowany był przez Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa i został zatwierdzony do realizacji na podstawie decyzji Przewodniczącego Komitetu Badań Naukowych. Na realizację projektu zawarta została umowa pomiędzy: Komitetem Badań Naukowych, Ministerstwem Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej oraz Markiem Gromcem – Kierownikiem Zespołu Realizacyjnego.

Do projektu PBZ 28 – 02, na podstawie decyzji Komitetu Badań Naukowych, włączono dodatkowo projekt badawczy zamawiany nt. „Zachowanie równowagi w kształtowaniu, ochronie i użytkowaniu zasobów wodnych i środowiska na przykładzie zlewni testowej (rzeka Radomka)”, który wygrała Politechnika Lubelska.

Celem głównym projektu było opracowanie podstaw naukowych wyboru strategii ogólnej ochrony krajowych zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem uwzględniającej strategię cząstkowe dla zidentyfikowanych problemów ochrony wód i opracowanie na tej podstawie propozycji konkretnych, strategicznych kierunków działań. Cel główny projektu został zrealizowany poprzez wykonanie następujących celów cząstkowych w formie zadań badawczych:

- strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń komunalnych (zadanie 1)

- strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń toksycznych (zadanie 2)
- strategia i działania ograniczające ładunki azotu (zadanie 3)
- strategia i działania ograniczające ładunki fosforu (zadanie 4)
- strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń w wybranych gałęziach przemysłu tj. opracowanie strategii i strategicznych kierunków działań w przemyśle chemicznym, celulozowo –papierniczym, cukrowniczym, górnictwa nafty i gazu (zadanie 5)
- strategia i działania ograniczające zasolenie wód (zadanie 6)
- strategia i działania ograniczające zanieczyszczenia obszarowe pochodzenia rolniczego (zadanie 7)
- strategia sanitacji wsi w zakresie oczyszczania ścieków (zadanie 8)
- strategia ograniczająca zanieczyszczenia wód podziemnych (zadanie 9)
- opracowanie założeń krajowej polityki oraz strategii i programu działań ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem tj. synteza łącząca podane powyżej strategię (zadanie 10)

**Zakres zadań badawczych projektu.** Zakresy wykonanych zadań badawczych podano poniżej.

#### **Zadanie 1**

Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń komunalnych  
Diagnoza obecnego stanu zanieczyszczenia wód ładunkami zanieczyszczeń pochodzącymi ze ścieków komunalnych.

- Analiza możliwości ograniczenia ładunków zanieczyszczeń ścieków odprowadzanych komunalnymi systemami kanalizacyjnymi.
- Analiza opracowanych w ubiegłych latach Planów Generalnych Gospodarki Wodnej.
- Zasady strategii ograniczenia zanieczyszczeń komunalnych.
- Scenariusze działań dla ograniczenia ładunków komunalnych zapewniających realizację przyjętych celów strategicznych oraz wybór preferowanych kierunków działań.
- Opracowanie strategii i działań ograniczenia ładunków zanieczyszczeń ścieków komunalnych odprowadzanych do wód w skali kraju i regionów.

#### **Zadanie 2**

Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń toksycznych.

- Badania nad metodyką określania substancji zaliczonych do toksycznych dla środowiska wodnego.

- Opracowanie zasad bilansowania ładunków substancji toksycznych emitowanych do środowiska wodnego.
- Zastosowanie opracowanych zasad bilansowania ładunków substancji toksycznych dla wybranych procesów produkcji.
- Opracowanie strategii i działań ograniczania ładunków substancji toksycznych wprowadzanych do środowiska wodnego.

### **Zadanie 3**

Strategia i działania ograniczające ładunki azotu.

- Badania nad ustaleniem bilansu ładunków azotu przedostającego się do wód powierzchniowych z różnych źródeł.
- Badania nad ograniczeniem zawartości azotu w odpływie ze źródeł punktowych.
- Analiza możliwości ograniczania odpływu azotu ze źródeł obszarowych (ścieki z kanalizacji burzowej, spływy powierzchniowe z terenów użytkowanych rolniczo).
- Określenie granic redukcji źródeł azotu.
- Opracowanie strategii i działań ograniczających zanieczyszczenie wód azotem

### **Zadanie 4**

Strategia i działania ograniczające ładunki fosforu.

- Badania nad kompleksowym bilansem ładunków fosforu dostającego się do wód powierzchniowych z różnych źródeł.
- Badania nad ograniczeniem zawartości fosforu w powszechnie używanych środkach myjących.
- Badania nad zwiększeniem efektów eliminacji fosforu w odpływach ze źródeł punktowych.
- Badania nad strategią inwestowania w działania ograniczające imisje fosforu do wód powierzchniowych.
- Opracowanie strategii i działań organizacyjnych zanieczyszczenia wód fosforem.

### **Zadanie 5A**

Kierunki i możliwości racjonalizacji zużycia wody w wybranych gałęziach przemysłu.

- Analiza pożądanego poziomu rozwoju gospodarki wodnej w zakresie zużycia wody w wybranych gałęziach przemysłu.
- Kierunki i możliwości racjonalizacji gospodarki wodnej w wybranych gałęziach przemysłu.

- Synteza całości prac badawczych zadania 5, dotycząca strategii i działań ograniczających ładunki zanieczyszczeń w wybranych gałęziach przemysłu.

### **Zadanie 5B**

Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń w przemyśle chemicznym.

- Badania nad bilansem ważniejszych ładunków zanieczyszczeń przemysłu chemicznego.
- Badania nad ograniczeniem niektórych zanieczyszczeń w ściekach surowych w wybranych chemicznych zakładach przemysłowych.
- Badania nad podwyższeniem stopnia usuwania niektórych istotnych zanieczyszczeń ze ścieków w wybranych chemicznych zakładach przemysłowych.
- Badania nad możliwością ochrony zasobów wodnych przed ładunkami zanieczyszczeń z poza ściekowych źródeł emisji przemysłu chemicznego. Opracowanie preferowanych działań ograniczających ładunki zanieczyszczeń z przemysłu chemicznego.
- Synteza prac badawczych.

### **Zadanie 5C**

Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń w przemyśle celulozowo-papierniczym.

- Badania nad kompleksowym bilansem ładunków zanieczyszczeń z podziałem na celulozownie i papiernie oraz stosowane technologie.
- Badania nad ograniczeniem zawartości substancji chloroorganicznych w ściekach surowych odprowadzanych z zakładów celulozowo-papierniczych. Badania nad podwyższeniem efektywności usuwania substancji chloroorganicznych ze ścieków.
- Badania nad strategią działań ograniczających dopływ do wód substancji chloroorganicznych.
- Synteza prac badawczych.

### **Zadanie 5D**

Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń w przemyśle cukrowniczym.

- Badania nad bilansem ważniejszych ładunków zanieczyszczeń przemysłu cukrowniczego.
- Badania nad ograniczeniem niektórych zanieczyszczeń w ściekach surowych w wybranych cukrowniach.
- Badania nad podwyższeniem stopnia usuwania niektórych istotnych zanieczyszczeń ze ścieków w wybranych cukrowniach.

- Opracowanie preferowanych działań ograniczających ładunki zanieczyszczeń z przemysłu cukrowniczego.
- Synteza prac badawczych.

### **Zadanie 5E**

Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń w przemyśle górnictwa nafty i gazu.

- Analiza ładunku zanieczyszczeń wprowadzanych do wód w wyniku zrzutu ścieków wiertniczych i kopalnianych.
- Opracowanie metodyki badania odpadów wiertniczych pod kątem określenia możliwości skażenia wód podziemnych w wyniku składowania odpadów w środowisku.
- Ocena możliwości skażenia wód podziemnych w wyniku składowania w środowisku odpadów wiertniczych.
- Opracowanie wytycznych dla prawidłowej z punktu widzenia ochrony zasobów wodnych lokalizacji, izolacji i likwidacji składowisk odpadów wiertniczych.
- Analiza zużycia wody przy prowadzeniu wierceń poszukiwawczych i określenie optymalnych wskaźników zużycia wody.
- Specyfikacja metod pozwalających na podniesienie skuteczności oczyszczania ścieków kopalnianych.
- Synteza prac badawczych.

### **Zadanie 6**

Strategia ograniczająca zasolenie wód.

- Opracowanie bilansów ładunków soli i towarzyszących im substancji promieniotwórczych kierowanych do zlewni Wisły i Odry.
- Wyznaczenie odcinków rzek i cieków wodnych, w których będzie przekroczone dopuszczalne stężenie soli oraz substancji promieniotwórczych. Określenie możliwości i dróg ograniczenia zrzutów słonych wód.
- Określenie możliwości ograniczenia zrzutu do rzek substancji promieniotwórczych zawartych w wodach kopalnianych.
- Synteza prac zadania badawczego, dotycząca strategii i działań ograniczających zasolenie wód.

### **Zadanie 7**

Strategia i działania ograniczające zanieczyszczenia obszarowe pochodzenia rolniczego

- Ocena udziału rolnictwa w zanieczyszczeniu wody w ciekach i zbiornikach oraz wody gruntowej i głębszej.



- Prognozowanie rolniczego zanieczyszczenia wód w skali lokalnej, regionalnej i krajowej.
- Prognozowanie skuteczności podejmowania działań zmierzających do ograniczenia rolniczego zanieczyszczenia wody w zależności od różnych czynników.
- Opracowanie strategii cząstkowych.
- Synteza zadania badawczego, dotycząca strategii i działań ograniczających zanieczyszczenia obszarowe pochodzenia rolniczego.

### **Zadanie 8**

Strategia sanitacji wsi w zakresie oczyszczania ścieków.

- Badania nad kompleksowym rozeznaniem zagrożeń zdrowotnych i ekologicznych wynikających ze stanu istniejącego i formalno-prawnego gospodarki wodno-ściekowej, gnojowicowej oraz gnojówkowej.
- Racjonalizacja proekologicznych kierunków rozwiązań gospodarki wodno-ściekowej, gnojowicowej i gnojówkowej na terenach wiejskich.
- Strategia inwestowania w infrastrukturę sanitacji na terenach wiejskich. Synteza prac zadania badawczego, dotycząca strategii sanitacji wsi w zakresie oczyszczania ścieków.

### **Zadanie 9**

Strategia i działania ograniczające zanieczyszczenie wód podziemnych Badania nad charakterem zanieczyszczeń wód podziemnych.

- Badania nad zagrożeniem szybką regionalną transmisją zanieczyszczeń w wodach podziemnych.
- Badania nad wrażliwością wód podziemnych.
- Badania nad kierunkami/postępem degradacji w aspekcie wieloletnich trendów hydrologicznych i ewolucji mechanizmów antropopresji.
- Badania nad optymalizacją strategii ograniczania zanieczyszczenia wód podziemnych.
- Synteza zadania badawczego, dotycząca strategii i działań ograniczających zanieczyszczenie wód podziemnych

### **Zadanie 10**

Opracowanie szczegółowych założeń krajowej polityki oraz strategii programu działań ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem.

- Badania nad wytycznymi dla standardów jakości zasobów wodnych.
- Założenia krajowej polityki oraz strategia ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem (synteza łącząca poszczególne strategie cząstkowe).

- Program strategicznych kierunków działań na podstawie strategii cząstkowych ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem.

Z przedstawionego powyżej zakresu wykonanych prac wynika, że zidentyfikowane problemy ochrony wód i związane z nimi opracowane strategie i strategiczne kierunki działań, dotyczyły w szczególności: zanieczyszczeń komunalnych, zanieczyszczeń toksycznych, zanieczyszczeń azotem i fosforem, zanieczyszczeń z wybranych gałęzi przemysłu (chemicznego, celulozowo –papierniczego, cukrowniczego, górnictwa nafty i gazu), zasolenia wód, zanieczyszczeń obszarowych pochodzenia rolniczego, sanitacji wsi w zakresie oczyszczania ścieków, zanieczyszczenia wód podziemnych. Powyższe strategie zostały przedstawione szczegółowo w poszczególnych zadaniach projektu, z uwzględnieniem, tam gdzie stosowne, ochrony zdrowia i przyrody oraz potrzeb gospodarczych.

**Podstawy naukowe strategii.** W zadaniu 10 przedstawiono podstawy wyboru strategii ogólnej ochrony wód, uwzględniające strategie cząstkowe. Podstawy naukowe powyższej strategii zostały wypracowane w Zakładzie Gospodarki Wodnej w Warszawie. Punkt wyjścia do wyboru krajowej polityki i strategii ogólnej ochrony wód stanowiła proekologiczna polityka i strategia państwa w zakresie gospodarki wodnej, oparta o zrównoważone wykorzystanie zasobów wodnych kraju, zapewniające rozwój społeczny i gospodarczy, przy równoczesnej poprawie jakości zasobów wodnych. Przyjęto, że głównym celem proekologicznej polityki i strategii państwa w zakresie gospodarki wodnej winno być zapewnienie równowagi pomiędzy zasobami wodnymi a potrzebami wodnymi. Przyjęto następujące założenia:

- Proekologiczna polityka i strategia państwa w zakresie gospodarki wodnej winna odnosić się do zidentyfikowanych, kluczowych problemów jakości wód kraju, dla których powinny istnieć strategie cząstkowe ochrony wód, uzupełniane w miarę pojawiania się nowych problemów; powyższe strategie cząstkowe winny łączyć się w zintegrowaną politykę i strategię ogólną ochrony wód, odniesioną do aktualnego stanu jakości zasobów wodnych.
- Stan jakości zasobów wodnych zazwyczaj odzwierciedla stan rozwoju społecznego i gospodarczego kraju, dlatego między innymi podstawą rozwoju gospodarczego kraju winna być strategia ekorozwoju, zapewniająca równoczesne istnienie środowiska wodnego, bezpiecznego dla zdrowia ludzi i przyrody, oraz umożliwiająca dalszy rozwój społeczny i gospodarczy; podstawą tej polityki winno być złożenie na sprawce odpowiedzialności za skutki zanieczyszczenia środowiska wodnego.
- Zintegrowana krajowa polityka i strategia ochrony wód przed zanieczyszczeniem winna mieć na celu przede wszystkim zapobieganie zanieczyszczeniu

wód oraz przywracanie odpowiedniej jakości wody wybranych odbiorników, ze szczególnym uwzględnieniem istotnych źródeł poboru wody do picia; towarzyszyć temu winno racjonalne wykorzystanie wody i gospodarowanie zasobami wodnymi w dorzeczach i zlewniach rzek.

Powyższe założenie przesadziło o konieczności oparcia krajowej polityki i strategii ogólnej ochrony wód o systemy zlewniowe, co pozwala na zwiększenie skuteczności ochrony przed żywiołem wodnym; zlewniowe systemy gospodarowania wodą i ochrony wód umożliwiają bowiem sformułowanie konkretnych wymagań w stosunku do wybranych odbiorników i obszarów. Poniżej przedstawiono ważniejsze podstawy strategii ogólnej.

Zapewnienie wymagań w stosunku do wybranych odbiorników i obszarów jest ściśle związane z wyborem priorytetów oraz oceną skutków społecznych, ekonomicznych i wpływu na środowisko wodne w danej zlewni. Stwarza to konieczność opracowywania zlewniowych planów ochrony wód wraz z programami niezbędnych przedsięwzięć. Wdrażanie ustalonych programów działań winno być weryfikowane w odniesieniu do zachodzących zmian w aktualnym stanie jakości wód, czemu służyć winien zlewniowy monitoring wód.

Powyższe podstawy wyboru strategii ogólnej ochrony krajowych zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem, z punktu widzenia ochrony zdrowia i przyrody oraz potrzeb gospodarczych, są zgodne z ówczesnym projektem dyrektywy Rady ustanawiającej podstawę dla polityki wodnej Unii Europejskiej. Założono, że w przyszłościowym ukierunkowaniu strategii gospodarki wodnej Polski, w tym strategii ochrony zasobów wodnych, niewątpliwie będzie odgrywać dużą rolę, po jej wprowadzeniu w życie, dyrektywa Rady ustanawiająca podstawę polityki wodnej Unii Europejskiej. Należy podkreślić, że głównym celem planowanej wówczas dyrektywy była poprawa istniejącego stanu jakości wód oraz ich ochrony przed zanieczyszczeniem. Założone cele tej dyrektywy to: osiągnięcie dobrego stanu wód powierzchniowych i podziemnych w przyjętych terminach oraz spełnienie norm jakościowych dla tzw. obszarów chronionych. Występują przy tym następujące obszary chronione: obszary przeznaczone dla ujmowania wody dla ludzkiej konsumpcji, obszary przeznaczone dla ochrony gatunków wodnych o znaczeniu ekonomicznym, odbiorniki przeznaczone jako wody do celów rekreacyjnych (włączając obszary przeznaczone jako wody do kąpieli zgodnie z dyrektywą o wodach do kąpieli), obszary wrażliwe na substancje biogenne (obejmujące obszary określone jako strefy podatne zgodnie z dyrektywą o azotanach oraz tereny określone jako tereny wrażliwe na substancje biogenne zgodnie z dyrektywą o oczyszczaniu ścieków z terenów zurbanizowanych), obszary przeznaczone dla ochrony środowiska roślinnego i zwierzęcego lub gatunków (gdzie utrzymanie lub polepszenie

stanu wody jest ważnym czynnikiem w ich ochronie, obejmujące odpowiednie miejsca wyznaczone zgodnie z dyrektywą o środowisku roślinnym i zwierzęcym i dyrektywą o ptakach).

Podstawą zrealizowania celu osiągnięcia dobrego stanu wód powierzchniowych i podziemnych ma być zlewniowe gospodarowanie ilością i jakością wód, przy czym priorytetowe znaczenie uzyskują wody wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę do picia. Powyższe było zgodne ze strategią gospodarki wodnej Polski oraz priorytetami Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. Istotnym elementem proponowanej zlewniowej gospodarki wodnej jest ochrona wód oparta o zasadę „zanieczyszczający płaci” oraz o opłaty za korzystanie z wód w wysokości pełnych kosztów ekonomicznych. Stwierdzono, że o ile zasada „zanieczyszczający płaci” stanowi trwały element polityki ekologicznej państwa, to wprowadzenie zasady wnoszenia opłat za korzystanie z wód przez użytkownika w wysokości pełnego kosztu ekonomicznego nie jest aktualnie możliwe i winno być celem długoterminowym.

Według projektu dyrektywy Komisja Unii Europejskiej może przyjąć strategię ochrony wód przed zanieczyszczeniem dla poszczególnych zanieczyszczeń lub grup zanieczyszczeń. Podobna idea została wypracowana w ramach PBZ 28-02, co zostało przedstawione uprzednio w stosunku do strategii cząstkowych.

W świetle projektu dyrektywy Rady ustanawiającej podstawę polityki wodnej Unii Europejskiej, postulowano powtórne przeanalizowanie obecnego podziału kraju na obszary zlewniowe. Wstępna analiza przeprowadzona tylko z punktu widzenia ochrony zasobów wodnych kraju wykazała, że postulowanym rozwiązaniem może być podział na obszary Wisły, Odry i rzek Przymorza z wydzieleniem obszarów Warty i Narwi (wraz z Bugiem). Rozbudowana sprawozdawczość Unii Europejskiej może stanowić dodatkową przesłankę do ograniczenia ilości przyjętych ostatecznie obszarów zlewniowych w Polsce.

Celowym jest też wyodrębnienie w ramach obszarów zlewniowych w Polsce, podanych powyżej różnych typów obszarów chronionych. Wyodrębnienie w kraju obszarów podatnych na eutrofizację wód, jest niezwykle istotne z punktu widzenia realizacji dyrektywy o oczyszczaniu ścieków z terenów zurbanizowanych. Należy dodać, że w Europie istniały różne podejścia do tego zagadnienia. Decyzja niosła za sobą poważne konsekwencje ekonomiczne, a co za tym idzie winna być wnikliwie rozważana. Przyjęcie całego terytorium Polski za obszar podatny na eutrofizację wydawało się być wówczas przedwczesne, dość drogie w realizacji i często nieuzasadnione w stosunku do skutków ekologicznych dla wybranych odbiorników jak i pod względem ekonomicznym. Dlatego uznano, że podjęta decyzja winna na początku obejmować tylko wybrane obszary chronione. Przykładowo, przyjętym pierwszym obszarem chronionym w Polsce

z punktu widzenia wrażliwości na substancje biogenne mógł być obszar Wielkich Jezior Mazurskich.

Obszary chronione to również obszary wymagające specjalnej ochrony zgodnie z prawodawstwem Unii Europejskiej, krajowym lub lokalnym dla zachowania środowiska ożywionego lub gatunków. Istotnym dlatego jest również podjęcie decyzji o identyfikacji krajowych obszarów chronionych z punktu widzenia ochrony przyrody i środowiska ożywionego związanego z wodą. Odbiorniki wykorzystywane do poboru wody dla konsumpcji dla człowieka winny być desygnowane również jako obszary chronione, ze względu na ochronę zdrowia ludzi. Standardy jakościowe dla tych odbiorników powinny zapewnić, że po założonym reżimie uzdatniania wody, uzyskana woda spełni wymagania dotyczące wody do picia. Podobnie dotyczy to obszarów wodnych rekreacyjnych i spełnienia standardów dyrektywy o wodach dla kąpiele. Monitoring wód powierzchniowych i wód podziemnych winien być realizowany na przyjętych obszarach zlewniowych, z uwzględnieniem wymagań związanych z obszarami chronionymi. Należy dążyć do włączenia monitoringu krajowego do europejskiej sieci monitoringu wód. Wyniki monitoringu obszarów zlewniowych winny być wykorzystane przy opracowywaniu planów i programów gospodarki wodnej i ochrony wód dorzeczy, a następnie przy sprawdzaniu skuteczności podjętych działań i ewentualnej weryfikacji programów samego monitoringu.

Opracowana procedura dla zlewniowej ochrony krajowych zasobów wodnych dotyczyła zintegrowanej zlewniowej ochrony wód śródlądowych (obejmujących wody powierzchniowe i wody podziemne) oraz integrującej zagadnienia ilościowe i jakościowe.

Przyjęto, że przy opracowywaniu planów gospodarowania wodą na przyjętych obszarach zlewniowych niezwykle istotne będą zagadnienia dotyczące zmniejszenia emisji zanieczyszczeń, w tym oczyszczania zanieczyszczeń punktowych w budowanych lub rozbudowywanych oczyszczalniach oraz zmniejszenia zanieczyszczeń obszarowych. Prowadzić to do konieczności opracowywania zlewniowych planów ochrony wód w ramach zlewniowych planów gospodarowania wodą. W procesie hierarchizacji zadań w planach ochrony wód na szczególną uwagę zasługuje kryterium społeczne, bowiem tylko aktywne uczestnictwo użytkowników i społeczeństwa oraz jego pozytywny stosunek do zadań ekologicznych może dać efektywny reżim kształtowania środowiska wodnego, który maksymalizuje uzyskane wyniki przy dość ograniczonych zasobach finansowych. Podstawowe przyczyny występujących problemów jakości zasobów wodnych związane są nie tylko ze sposobami działalności gospodarki (komunalnej, przemysłowej, energetycznej, transportowej, rolnej itp.) i planami rozwoju społecznego i gospodarczego państwa, ale również ze sposobami życia i konsumpcji ludzi. Nakładają się na

to problemy związane z wielkością środków inwestycyjnych przeznaczanych na ochronę wód i efektywnością ich wykorzystania.

Wybór kolejności realizacji budowy (lub rozbudowy) oczyszczalni ścieków stanowić będzie jeden z ważniejszych elementów zlewniowych planów ochrony wód. Wybór powyższy może być dokonany zarówno przy zastosowaniu złożonych modeli matematycznych jakości zasobów wodnych jak i metod przybliżonych uwzględniających kryteria dotyczące jakości wód odbiornika, ładunku zanieczyszczeń w zrzucanych ściekach i możliwości realizacyjnych budowy oczyszczalni. W obu przypadkach ostateczna decyzja wyboru kolejności realizacji budowy (lub rozbudowy) oczyszczalni będzie równocześnie uwzględniać czynniki społeczne i polityczne.

Jedną z przybliżonych metod wyboru kolejności realizacji budowy (lub rozbudowy) oczyszczalni ścieków w danej zlewni może być opracowana metoda porównawcza wybranych wskaźników priorytetów. Metoda ta może stanowić jedno z narzędzi wyboru kolejności realizacji przedsięwzięć ochrony wód w zlewni rzek. Metoda powyższa opiera się na obliczeniu ogólnego wskaźnika priorytetu opartego o wskaźniki cząstkowe: wskaźnik jakości wód odbiornika, wskaźnik jakości zrzucanych ścieków i wskaźnik ekonomicznych możliwości realizacji budowy (lub rozbudowy) oczyszczalni. Porównanie obliczonych wartości wskaźników priorytetu (WP) może stanowić podstawę podejmowania decyzji, ponieważ wskaźnik o najwyższej wartości wskazuje najwyższy priorytet. W podsumowaniu zagadnienia metodyki wyboru kolejności realizacji budowy lub rozbudowy oczyszczalni ścieków w zlewniach rzek można stwierdzić co następuje:

1. Wybór powyższy może być dokonany za pomocą metod przybliżonych jak i złożonych modeli matematycznych.
2. Metoda wskaźnikowa wyboru kolejności budowy (lub rozbudowy) oczyszczalni ścieków stanowi proste narzędzie wyboru kolejności przedsięwzięć ochrony wód w zlewniach rzek.
3. Ostateczna decyzja wyboru kolejności przedsięwzięć ochrony wód w danej zlewni winna uwzględnić aspekty społeczne i polityczne ekorozwoju tej zlewni.

Jak stwierdzono uprzednio, opracowywanie planów ochrony wód przed zanieczyszczeniem w ramach zlewniowych planów gospodarowania wodą może wymagać między innymi stosowania odpowiednich narzędzi w postaci złożonych modeli matematycznych. W zależności od celu zastosowania modeli jakości zasobów wodnych na obszarach zlewniowych będą to:

- modele symulacyjne procesów kształtujących jakość wody, głównie modelujące procesy naturalne związane z rozprzestrzenianiem i transformacją zanieczyszczeń w ekosystemach wodnych, konstruowane dla oceny aktualnego stanu jakości wód oraz dla celów prognostycznych;

- modele decyzyjne dla celów sterowania istniejącymi urządzeniami wodno-ściekowymi na danym obszarze zlewniowym;
- modele decyzyjne jakości wód dla celów optymalizacji przedsięwzięć ochrony wód oraz modele decyzyjne dla zaopatrzenia w wodę.

W ostatnich latach nastąpił dynamiczny rozwój modelowania w ochronie wód idący w kierunku opracowywania skomputeryzowanych modeli matematycznych umożliwiających ich szybkie zastosowanie. przykładem tego typu skomputeryzowanych modeli jest między innymi model QUAL2EU, który został wdrożony w Polsce. Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie zastosował ten skomputeryzowany model do symulacji obecnego stanu jakości wody w wybranych rzekach, jak również do prognozowania wpływu działań wynikających z różnych przedsięwzięć ograniczających zrzuty punktowe na jakość wody odbiornika powyżej zrzutu. Wyniki symulacji wykazały jednoznacznie poprawę jakości wody przy przyjęciu wymaganych przepisów krajowych stężeń zanieczyszczeń w ściekach, lecz nie wystarczyło to w tym przypadku do osiągnięcia założonego stanu czystości wód rzeki. Prognoza wynikająca z komputerowej symulacji jakości wody wykazała bowiem, że zrealizowanie zaprojektowanej rozbudowy oczyszczalni ścieków nie zagwarantuje wymaganego stanu czystości wód przy występującym średnim przepływie wody w tych odbiornikach. Można stwierdzić, że ograniczenie się wyłącznie do norm technologicznych na dopuszczalne stężenie zanieczyszczeń w ściekach nie zawsze prowadzi do pożądanego stanu jakości wody w odbiorniku.

W ogólnej strategii ochrony wód przed zanieczyszczeniem jednym z ważniejszych elementów jest strategia efektywności inwestowania w budowę lub rozbudowę oczyszczalni ścieków oraz założenia prawne przyjęte dla jej realizacji w praktyce. Przyjęcie założenia w uprzednio istniejących krajowych przepisach prawnych ochrony wód, że wystarczą tylko normy jakości wód odbiorników, całkowicie nie sprawdziło się w przeszłości i między innymi przyczyniło się do katastrofalnego stanu jakości wód krajowych. Natomiast występujące w aktualnie istniejących krajowych przepisach unormowanie prawne związane tylko z normami jakości zrzucanych ścieków, mimo zdecydowanego zwiększenia skuteczności ochrony wód, nie w każdym przypadku może przynieść założony efekt. Wydaje się dlatego celowym było ściśle połączenie ze sobą powyżej podanych założeń. Składnikami strategii ogólnej związanej z efektywnością inwestowania w ochronę wód winny być połączone normy jakości wód i normy jakości ścieków odprowadzanych do wód. Ograniczanie się tylko do przepisów określających dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w ściekach powinno być rozszerzone o wymóg przeprowadzenia analizy wpływu źródeł zanieczyszczeń na jakość wody odbiornika. Wymagania zawarte w projekcie dyrektywy kierunkowej Unii Europejskiej również wskazują

na zasadność stosowania norm określających jakość ścieków łącznie z normami jakości wody odbiornika. Wymagany stopień oczyszczania ścieków odniesiony byłby wtedy zarówno do dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń wód jak i dopuszczalnych zawartości zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do odbiornika.

Należy zaznaczyć, że omówione powyżej podejścia do ochrony wód związane są głównie z filozofia tzw. końca rury. Wobec szczupłości zasobów wodnych w Polsce, niezależnie od zwiększenia efektywności kierunku związanego z oczyszczaniem ścieków i usprawnianiem narzędzi prawnych i ekonomicznych w tym zakresie, niezbędne będzie opracowanie prawodawstwa związanego nie tylko z leczeniem skutków unieszkodliwiania zanieczyszczeń, lecz przede wszystkim związanego z zapobieganiem ich powstawania, ze szczególnym uwzględnieniem substancji toksycznych.

Wraz z rozwojem społecznym i gospodarczym pojawiać się będą nowe problemy związane z nowymi rodzajami i formami zanieczyszczeń. Dlatego jednym z podstawowych kierunków ochrony wód winno być opracowywanie i wdrażanie nowych wysokoefektywnych technologii uzdatniania wody, oczyszczania ścieków i unieszkodliwiania osadów ściekowych. Technologia wody, ścieków i osadów jest dziedziną wymagającą ciągłego rozwoju, winna bowiem nadążać za pojawianiem się coraz to nowych form zanieczyszczeń zawartych w wodzie i ściekach oraz za przyjętymi strategiami ochrony wód. Towarzyszyć temu winno uruchamianie projektów celowych zamawianych dla opracowywania nowych technologii oraz promocja sprawdzonych wysokoefektywnych rozwiązań w kraju i za granicą.

**Podsumowanie.** W podsumowaniu można stwierdzić co następuje:

1. Projekt Badawczy Zamawiany PBZ -28 -02, zamówiony przez Ministra Środowiska, był jednym z najważniejszych projektów zamawianych Komitetu Badań Naukowych, integrującym prace badawcze czterech instytutów resortu ochrony środowiska z pracami badawczymi wykonanymi przez sześć instytutów przemysłu i rolnictwa, przy czym Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej był głównym wykonawcą powyższego projektu.
2. W ramach projektu opracowano strategię oraz strategiczne kierunki działań dla: zanieczyszczeń komunalnych, zanieczyszczeń toksycznych, zanieczyszczeń azotem i fosforem, zanieczyszczeń z wybranych gałęzi przemysłu (chemicznego, celulozowo –papierniczego, cukrowniczego, górnictwa nafty i gazu), zasolenia wód, zanieczyszczeń obszarowych pochodzenia rolniczego, sanitacji wsi w zakresie oczyszczania ścieków, zanieczyszczenia wód podziemnych. Tam gdzie stosowne, strategię opracowano z punktu widzenia ochrony zdrowia i przyrody oraz potrzeb gospodarczych.



3. Celem głównym projektu było opracowanie podstaw naukowych wyboru strategii ochrony krajowych zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem uwzględniającej powyżej podane strategie cząstkowe dla zidentyfikowanych problemów ochrony wód postawionych przez resort ochrony środowiska. Opracowane podstawy naukowe wyboru polityki i strategii ochrony wód zostały opracowane jako integralne części polityki i strategii gospodarki wodnej. Ważniejsze podstawy zostały przedstawione powyżej. Zakład Gospodarki Wodnej IMGW pełnił wiodącą rolę przy opracowywaniu powyższych podstaw naukowych strategii ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem. Równocześnie Zakład Gospodarki Wodnej IMGW był koordynatorem zadania 5, a realizatorem zadania 5A.
4. Realizacja wszystkich zadań projektu umożliwiła określenie konkretnych kierunków działań strategicznych.
5. Przedstawione działania strategiczne ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem zostały ujęte w proponowanym planie realizacyjnym określającym zagadnienia, zalecane działania oraz priorytety.

**Raporty końcowe.** Wykaz raportów końcowych projektu PBZ-28-02 podano poniżej.

**Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń komunalnych (zadanie 1).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-28-02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa 1996, str. 187.

**Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń toksycznych (zadanie 2).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-28-02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych. Katowice 1996, str. 85 + załączniki i tablice.

**Strategia i działania ograniczające ładunki azotu (zadanie 3).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-28-02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Gdańsk 1996, str. 63 + załączniki i tablice.

**Strategia i działania ograniczające ładunki fosforu (zadanie 4).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-28-02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Gdańsk 1996, str. 75 + załączniki i tablice.

**Kierunki i możliwości racjonalizacji zużycia wody w wybranych gałęziach przemysłu (zadanie 5A).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-28-02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa 1996, str. 113.

- Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń w przemyśle chemicznym (zadanie 5B).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ–28–02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Chemii Przemysłowej. Warszawa 1996, str. 143 + załączniki.
- Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń w przemyśle celulozowo–papierniczym (zadanie 5C).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ–28–02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Celulozowo–Papierniczy. Łódź 1996, str. 109.
- Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń w przemyśle cukrowniczym (zadanie 5D).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ–28–02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Przemysłu Cukrowniczego. Warszawa 1996, str. 81 + załączniki.
- Strategia i działania ograniczające ładunki zanieczyszczeń w przemyśle górnictwa nafty i gazu (zadanie 5E).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ–28–02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa. Kraków 1996, str. 150 + załączniki.
- Strategia i działania ograniczające zasolenie wód (zadanie 6).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ–28–02, sfinansowanego przez KBN. Główny Instytut Górnictwa. Katowice 1996, str. 191.
- Strategia i działania ograniczające zanieczyszczenia obszarowe pochodzenia rolniczego (zadanie 7).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ–28–02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych. Falenty 1996, str. 165 + załączniki.
- Strategia sanitacji wsi w zakresie oczyszczania ścieków (zadanie 8).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ–28–02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych. Falenty 1996, str. 298 + załączniki tablice.
- Strategia ograniczająca zanieczyszczenia wód podziemnych (zadanie 9).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ–28–02, sfinansowanego przez KBN. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa 1996, str. 271 + mapy.
- Opracowanie założeń krajowej polityki oraz strategii i programu działań ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem (zadanie 10).** Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego PBZ–28–02, sfinansowanego przez KBN. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa 1997, str. 413 + załącznik.
- Raport Końcowy Projektu Badawczego Zamawianego Nr PBZ 28-02 pt.: Strategia ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem z punktu widzenia ochrony zdrowia i przyrody oraz potrzeb gospodarczych Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.** Warszawa 1997, str. 273 + załącznik.

Projekt Badawczy Zamawiany PBZ 28-02 był największym projektem KBN. Pod względem merytorycznym został oceniony jako znakomity, to jest uzyskał najwyższą ocenę KBN. Rozliczenie finansowe projektu zostało zatwierdzone przez Departament Ekonomiczny KBN, a w ramach kontroli NIK uzyskał ocenę bardzo dobry.

### **7.3. Kierunki i możliwości racjonalizacji zużycia wody w wybranych gałęziach przemysłu – zdanie PBZ 28-02**

W ramach Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-28-02 Zakład Gospodarki Wodnej IMGW był koordynatorem prac dotyczących strategii i działań ograniczających ładunki zanieczyszczeń w wybranych gałęziach przemysłu oraz realizatorem zadania pt. „Kierunki i możliwości racjonalizacji zużycia wody w wybranych gałęziach przemysłu „. Kierownikiem zadania był dr inż. Marek Ślesicki.

W ramach powyższego zadania przeprowadzono analizę pożądanego poziomu rozwoju gospodarki wodnej w zakresie zużycia wody, przedstawiono kierunki i możliwości racjonalizacji gospodarki wodnej w wybranych gałęziach przemysłu oraz wykonano syntezę całości prac badawczych projektu dotyczącą strategii i działań ograniczających przemysłowe ładunki zanieczyszczeń.

**Działania intensywne i ekstensywne.** Przemysł jest największym użytkownikiem wód w Polsce, wywierającym znaczący, negatywny wpływ na stan zasobów wodnych. Pobory wody przez użytkowników przemysłowych stanowią 67.9% poboru wody na potrzeby gospodarki narodowej. Dla porównania pobór wody dla potrzeb gospodarki komunalnej stanowi 21.8%, a dla potrzeb leśnictwa i rolnictwa 10.3%. Podane wielkości dotyczą okresu badań.

Przez wiele lat rozwój przemysłu stanowił naczelny cel centralnie sterowanej gospodarki. Duże nakłady kierowano na pozyskiwanie surowców, inwestycje przemysłowe oraz rozwój i wdrożenia nowych technologii produkcji, natomiast znacznie mniejszą wagę przywiązywano do oceny szkodliwych dla środowiska skutków działalności przemysłowej oraz do promowania działań zmierzających do ich likwidacji lub minimalizacji. Brak rzetelnej polityki zapobiegania zagrożeniom, dążenie do uzyskania wysokich wskaźników produkcji, brak jawności w dziedzinie niekorzystnego wpływu działalności przemysłu na środowisko oraz skutecznego nacisku na działania proekologiczne spowodował poważne zagrożenie dla wszystkich elementów środowiska, którego stan wymaga obecnie szczególnej troski.

Podjęcie, przez zakłady przemysłowe, działań racjonalizujących wykorzystanie zasobów wodnych, wynikać może z różnych przyczyn. Wśród najważ-

niejszych można tu wymienić: czynniki fizyczne (deficyt lokalnych zasobów dla zaopatrzenia w wodę), czynniki ekonomiczne oraz ograniczenia prawne. Przemysł wykorzystuje zasoby wodne w dwojaki sposób, zarówno jako źródło zaopatrzenia w wodę, jak i miejsce odprowadzania wód zużytych w procesach produkcyjnych, co jako sposób wykorzystania zasobów wodnych jest wewnętrznie sprzecznym. Procesy technologiczne prowadzone w zakładach przemysłowych wymagają bowiem dostarczenia dostatecznej ilości wody o zadawalającej jakości a jednocześnie możliwości spełnienia tych wymagań są ograniczane poprzez odprowadzanie do wód, zanieczyszczonych ścieków. W miarę intensyfikacji działalności przemysłowej sprzeczność ta staje się barierą rozwojową i wymusza podejmowanie działań mających na celu pokrycie potrzeb wodnych, zarówno w zakresie zaopatrzenia w wodę jak i odprowadzenia ścieków.

Oprócz przyczyn wynikających z uwarunkowań lokalizacyjnych i sposobu wykorzystania wody, działania ograniczające wpływ przemysłu na stan zasobów wodnych mogą być powodowane właściwym ukształtowaniem prawnych warunków prowadzenia działalności przemysłowej. Istotne jest podjęcie takich działań legislacyjnych, w wyniku których zostaną znowelizowane lub utworzone akty prawne, stymulujące bądź wymuszające działania proekologiczne podmiotów gospodarczych. Niezależnie od przyczyn, którymi zostały wywołane, działania ograniczające wpływ przemysłu na stan zasobów wodnych, mogą mieć dwojaki charakter – intensywne i ekstensywne.

Działania „ekstensywne” ukierunkowane są, z jednej strony na dostarczenie użytkownikom przemysłowym wymaganej przez nich ilości wody o odpowiedniej jakości (wspomagane w zależności od potrzeb uzdatnianiem pobieranej wody), z drugiej strony na przeciwdziałaniu zanieczyszczeniu zasobów wodnych poprzez oczyszczanie odprowadzanych ścieków. W dziedzinie gospodarki wodnej przedsięwzięcia te polegają na: retencjonowaniu i przerzutach wody z regionów o mniej zanieczyszczonych zasobach wód powierzchniowych, sięganiu do czystych zasobów wód podziemnych lub intensyfikacji procesów uzdatniania wody. W dziedzinie gospodarki ściekowej działanie ekstensywne to przede wszystkim oczyszczanie, wytworzonych w procesach produkcyjnych, ścieków. Z powyższych stwierdzeń wynika że, działania „ekstensywne” dotyczą „otoczenia” zakładu przemysłowego.

Odmienny sposób podejścia do zagadnień związanych z przemysłowym wykorzystaniem zasobów wodnych reprezentuje grupa działań „intensywnych”. Zakłada się tutaj konieczność weryfikacji zasad i sposobów użytkowania wody w procesach przemysłowych, ukierunkowanej na maksymalne zmniejszenie ilości pobieranej wody oraz redukcje powstających zanieczyszczeń (racjonalizację wykorzystania wody). Działania „intensywne” polegają na optymalizacji technologii przemysłowych pod kątem eliminowania procesów uciążliwych dla środowiska, wprowadzaniu

technik recyrkulacji wód i produktów oraz metod odzysku i ponownego wykorzystania wód i odpadów poprodukcyjnych. Działania zmierzające do ograniczenia ilości pobieranej wody dotyczą najczęściej: zamykania obiegów wodnych (recyrkulacji wody), wielokrotnego użytkowania wody w obiegach otwartych (układy szeregowe), minimalizacji technologicznej wodochłonności procesów produkcyjnych oraz przedsięwzięć technicznych zmierzających do ograniczenia strat wody w czasie jej użytkowania w zakładach przemysłowych. Działania ukierunkowane na zmniejszenie ilości wytwarzanych zanieczyszczeń sprowadzają się najczęściej do stosowania w procesach produkcyjnych: recyrkulacji (ponownego wykorzystania odzyskanego składnika jako produktu w procesie w którym został wytworzony), ponownego użycia (wykorzystanie składników z odzysku jako surowca w procesie produkcyjnym) i odzysku (wyodrębnienia określonych składników z ogólnej masy odpadów lub ścieków). Jak widać, w przypadku działań „intensywnych”, stosowane metody racjonalizacji zużycia wody i zmniejszenia ilości zanieczyszczeń mają analogiczny charakter i dotyczą, w odróżnieniu od działań „ekstensywnych”, „wnętrza” zakładu przemysłowego.

Kształtowanie się wielkości i struktury potrzeb wodnych przemysłu, zarówno w zakresie zaopatrzenia w wodę jak i odprowadzenia ścieków, w znacznym stopniu zależy od specyfiki branżowej, wynikającej z rodzaju produkcji, stosowanych technologii oraz sposobów wykorzystania wody w procesach produkcyjnych. Uwarunkowania branżowe mają również zasadniczy wpływ na rodzaj i działań mających na celu ochronę zasobów wodnych przed wpływem działalności przemysłowej.

**Działania dotyczące racjonalizacji wykorzystania wody przez przemysł.** Kształtowanie się wielkości potrzeb wodnych użytkowników przemysłowych w znacznym stopniu zależy od ich specyfiki branżowej, wynikającej z rodzaju produkcji, stosowanych technologii oraz sposobów wykorzystania wody w procesach produkcyjnych. Wielkość potrzeb wodnych przemysłu, w ujęciu globalnym, może być charakteryzowana za pomocą wielkości opisujących ilość pobieranej wody, główne sposoby jej wykorzystania oraz ilość, rodzaje i parametry jakościowe odprowadzanych ścieków.

Globalny pobór wody przez przemysł w Polsce wynosi ponad 8000 mln. m<sup>3</sup>. Podstawowym źródłem zasilania przemysłu w wodę są zasoby wód powierzchniowych, których udział w poborze całkowitym wynosi 89%. Zasilanie z innych źródeł jest zdecydowanie mniejsze i wynosi, w przypadku: wód podziemnych 5%, wód kopalnianych 3% i wód zakupionych z wodociągów komunalnych 3%.

Największe ilości wody zużywa w Polsce, przemysł paliwowo energetyczny. Całkowity pobór wód przez ten przemysł stanowi 82% poboru wody przez przemysł, co wynika głównie z faktu wykorzystywania pobieranej wody w otwartych obiegach

chłodzenia elektrowni ciepłych. Drugim z kolei, jeśli chodzi o ilość pobieranej wody, jest przemysł chemiczny pobierający 6% całkowitej ilości wody pobieranej przez przemysł. Pozostałe rodzaje przemysłu pobierają znacznie mniejsze ilości wody.

Zasoby wód powierzchniowych wykorzystywane są do zaspokojenia potrzeb wodnych głównie przez użytkowników należących do dwóch branż przemysłowych: przemysłu paliwowo energetycznego (89% wykorzystywanych wód powierzchniowych jest pobieranych przez zakłady tego przemysłu) i przemysłu chemicznego (6%). Pozostałe rodzaje przemysłu pobierają łącznie jedynie 5 % całości wód powierzchniowych pobieranych bezpośrednio przez użytkowników przemysłowych.

Z odmienną sytuacją mamy do czynienia w przypadku rozpatrywania poborów wody przez przemysł z zasobów wód podziemnych. Udział poszczególnych rodzajów przemysłu w poborze tych wód jest o wiele bardziej wyrównany niż w przypadku poboru wód powierzchniowych. Największym konsumentem wód podziemnych jest przemysł spożywczy którego udział w całkowitym poborze tych wód przez przemysł wynosi 27%. Udział innych branż przemysłowych wynosi od 14% (przemysł chemiczny) do 3.5% (przemysł drzewno papierniczy). Wielkość poboru wód kopalnianych i wód zakupionych z wodociągów komunalnych zależy głównie od lokalizacji zakładów przemysłowych w obszarach eksploatacji złóż surowców mineralnych i w obrębie aglomeracji miejskich.

Przemysł wywiera wpływ na zasoby wodne, nie tylko poprzez wykorzystywanie ich jako źródła zaopatrzenia w wodę, lecz także poprzez odprowadzanie do nich wód zużytych w procesach produkcyjnych. Ilość, rodzaj i miejsce odprowadzania ścieków w dużym stopniu zależne są od specyficznych cech poszczególnych rodzajów przemysłu. Podstawowym odbiornikiem ścieków przemysłowych są zasoby wód powierzchniowych, gdzie, bezpośrednio odprowadzanych jest, 96% wytwarzanych ścieków. Za pośrednictwem kanalizacji miejskiej odprowadza się 3% ścieków, pozostałe ścieki odprowadzane są do ziemi lub innych odbiorników.

Generalnie można wyróżnić dwa rodzaje odprowadzanych ścieków: ścieki wymagające oczyszczania (ścieki z operacji technologicznych i ścieki bytowo gospodarcze) stanowiące 15% całkowitej ilości ścieków odprowadzanych przez przemysł oraz ścieki „umownie czyste „ (głównie odprowadzane odrębnym systemem kanalizacji wody pochłodnicze) stanowiące odpowiednio 85%. Część ścieków wymagających oczyszczania jest oczyszczana (ok. 88%) pozostałe ścieki odprowadzane są do wód powierzchniowych bez oczyszczania. Największe ilości ścieków oczyszczanych odprowadzane są z zakładów: przemysłu paliwowo energetycznego (40% ogólnej ilości ścieków oczyszczanych), chemicznego (19%), drzewno papierniczego (13%) oraz metalurgicznego (12%). Ścieki nie oczyszczane odprowadzają głównie zakłady: przemysłu metalurgicznego (41% ogólnej

ilości odprowadzanych ścieków nie oczyszczanych), chemicznego (21%), mineralnego (12%) oraz paliwowo energetycznego (9%). Ścieki „umownie czyste” odprowadzane są głównie z zakładów przemysłu paliwowo energetycznego (ok. 96% ogólnej ilości odprowadzanych ścieków tego rodzaju). Udział ilości ścieków umownie czystych w całkowitej ilości ścieków odprowadzanych do wód powierzchniowych określa pośrednio stopień zamknięcia obiegów wód chłodniczych a co za tym idzie możliwości ograniczenia wodochłonności danej branży przemysłowej. Ogółem w przemyśle polskim wskaźnik udziału ścieków umownie czystych w ogólnej ilości ścieków odprowadzanych wynosi 85%. W poszczególnych branżach przemysłowych wskaźnik ten zmienia się od 94% dla przemysłu paliwowo energetycznego, do 6% dla przemysłu metalurgicznego. Udział ilości ścieków oczyszczanych w całkowitej ilości ścieków wymagających oczyszczenia określa stopień zaawansowania danej branży przemysłowej we wdrażaniu przedsięwzięć z zakresu ochrony środowiska. Ogółem w przemyśle polskim oczyszczanych jest 88% ścieków wymagających oczyszczenia. W poszczególnych branżach przemysłowych wskaźnik ten zmienia się od 98% dla przemysłu drzewno papierniczego, do 67% dla przemysłu metalurgicznego.

Na przestrzeni ostatnich lat można zaobserwować jednoznacznie spadkowe tendencje zmian wszystkich podstawowych wielkości opisujących gospodarkę wodno ściekową przemysłu. Oczywiście, nieprawdziwe byłoby twierdzenie że, zmiany te są wynikiem wdrażania procesów racjonalizujących zużycie wody przez przemysł. Wydaje się że, obserwowana tendencja spadkowa potrzeb wodnych wywołana jest głównie spadkiem wielkości produkcji przemysłowej oraz zachodzącymi w przemyśle zmianami strukturalnymi. Nie daje się bowiem zauważyć występowania zmian w kształtowaniu się wielkości charakteryzujących gospodarkę wodną przemysłu, mogących wskazywać na podejmowanie systematycznych i znaczących działań racjonalizacyjnych. Nieznaczne wahania poszczególnych analizowanych wielkości wynikają, jak się wydaje, głównie z zachodzących w przemyśle zmian strukturalnych. Jedynym działaniem, które ma charakter systematyczny i przynosi zauważalne, w przyjętej skali, efekty jest procentowe zwiększenie ilości ścieków oczyszczanych. Istotne jest też zwiększenie się udziału ilości ścieków „umownie czystych”, w całkowitej ilości ścieków odprowadzanych przez przemysł. Proporcjonalne zwiększanie się ich ilości, wskazuje na zwiększający się udział procesów chłodzenia w obiegach otwartych, w ogólnym zużyciu wody na cele przemysłowe. Podnosi to wagę zagadnień związanych z ograniczeniem wodochłonności, poprzez zwiększanie stopnia recyrkulacji wody, w całokształcie działań racjonalizujących gospodarkę wodno ściekową przemysłu.

Wielkość zużycia wody przez zakłady przemysłowe zależy od szeregu czynników, z których najistotniejszymi są: cel na który przeznaczona jest woda oraz

sposób jej rozprowadzenia (rodzaj obiegu). Woda pobierana przez zakłady przemysłowe wykorzystywana jest do różnych celów, których ilość i waga zmieniają się w zależności od wielkości i specyfiki produkcji poszczególnych zakładów. Generalnie, można wyróżnić siedem podstawowych celów wykorzystania wody w zakładach przemysłowych:

- wykorzystanie wody do chłodzenia (urządzeń, surowców i produktów);
- wykorzystanie wody do mycia (urządzeń, surowców, produktów i pomieszczeń);
- wykorzystanie wody jako surowca w procesie produkcji;
- wykorzystanie wody wykorzystanie wody jako środka transportu;
- wykorzystanie wody do zaspokojenia bytowo gospodarczych potrzeb zakładu;
- wykorzystanie wody do celów innych.

Większość (93%) wody pobieranej przez przemysł w Polsce, zużywana jest dla zaspokojenia potrzeb związanych z chłodzeniem urządzeń produkcyjnych, surowców i produktów. Pozostałe potrzeby wodne przemysłu stanowią jedynie ok. 7%. W przypadku różnych rodzajów przemysłu proporcje pomiędzy wielkością poszczególnych rodzajów potrzeb wodnych mogą być odmienne, co wynika ze specyfiki ich procesów technologicznych i stopnia recyrkulacji wody. Najwyższy stopień recyrkulacji wody w przemyśle polskim, występuje przy jej wykorzystaniu dla celów energetycznych i transportu hydraulicznego. Biorąc pod uwagę że, największe zużycie wody następuje dla celów chłodniczych, stosunkowo niewielki stopień recyrkulacji wody wykorzystywanej dla tych celów ma decydujący wpływ na kształtowanie się wartości bezwzględnych poborów wody przez przemysł w Polsce. Rozpatrując kształtowanie się wartości wskaźników recyrkulacji w poszczególnych rodzajach przemysłu można stwierdzić ich duże zróżnicowanie. Największy stopień recyrkulacji wody wystąpił w zakładach przemysłu metalurgicznego (99%) i elektromaszynowego (89%), najmniejszy w zakładach przemysłu lekkiego (15%) i drzewno papierniczego (27%).

Waga i podatność poszczególnych sposobów wykorzystania wody na ograniczenie ich wodochłonności stanowią podstawę sformułowania kierunków działań proponowanych do podjęcia w tym zakresie. Sformułowane poniżej, kierunki racjonalizacji zużycia wody na poszczególne cele jej wykorzystania, mają charakter ogólny i w zasadzie nie zależą od specyfiki branżowej i warunków lokalnych poszczególnych użytkowników przemysłowych. Możliwości zastosowania określonych kierunków racjonalizacji są natomiast silnie uzależnione od warunków lokalnych.

Całkowity pobór wody świeżej, dla celów socjalno bytowych w przemyśle polskim wynosi ok. 73 mln m<sup>3</sup>, co stanowi niespełna 1% całkowitego poboru wody. Udział poboru wody na cele socjalno bytowe, w całkowitym poborze wody



jest silnie uzależniony od rodzaju przemysłu i zmienia się od 0.5% w przemyśle paliwowo energetycznym do 27% w przemyśle elektromaszynowym. Biorąc pod uwagę specyfikę rozpatrywanego celu wykorzystania wody (występowanie tylko obiegów otwartych i praktycznie niemożliwe zwiększenie stopnia wielokrotności wykorzystania wody), zalecanym kierunkiem racjonalizacji zużycia wody, powinno być podejmowanie działań mających na celu ograniczanie strat bezzwrotnych (np. jałowe przelewy), wprowadzanie technicznego normowania zapotrzebowania wody i jej zużycia np. w oparciu o wartości wskaźników jednostkowego zużycia wody oraz podejmowanie działań o charakterze organizacyjnym. Przedsięwzięcia dotyczące ograniczenia zużycia wody na cele socjalno bytowe, mogą mieć jedynie znaczenie pomocnicze w całokształcie działań mających na celu zmniejszenie wodochłonności przemysłu, głównie ze względu na stosunkowo niewielkie możliwości techniczne zmniejszenia ilości wody wykorzystywanej na te cele oraz proporcjonalnie niewielkie ilości zużywanej wody. Poniżej podano wybrane **cele wykorzystania wody**.

**Wykorzystanie wody w procesach chłodzenia.** Całkowity pobór wody świeżej, dla celów chłodniczych w przemyśle polskim wynosi około 7585 mln. m<sup>3</sup>, co stanowi 93% całkowitego poboru wody. Udział poboru wody na cele chłodzenia, w całkowitym poborze wody zmienia się od 3% w przemyśle lekkim do 97% w przemyśle paliwowo energetycznym, stanowiąc w przypadku większości rodzajów przemysłu główny cel wykorzystania wody. Przy wykorzystaniu wody na cele chłodzenia istnieją znaczne, techniczne możliwości racjonalizacji związanej z nimi gospodarki wodnej. Wynikają one głównie z rodzaju wód używanych w procesach chłodzenia oraz sposób ich wykorzystania. Wody chłodnicze i ścieki pochłodnicze („umownie czyste”) są najczęściej w małym stopniu zanieczyszczone a przez to łatwe do powtórnego wykorzystania lub ujęcia w obieg zamknięty. Ścieki odprowadzane z operacji chłodzenia stanowią podstawowy „zasób” dla przedsięwzięć polegających na wtórnym wykorzystaniu wód w obiegach otwartych. Podstawowymi kierunkami działań stają się w tym przypadku: zamykanie obiegów wodnych oraz zwiększanie wielokrotności wykorzystania wody w obiegach otwartych (zarówno przez zasilanie obiegów chłodniczych jak i przez stosowanie do innych celów w zakładzie przemysłowym). Przeprowadzona analiza nie wykazała istnienia wyraźnych uwarunkowań branżowych możliwości zmniejszenia zużycia wody dla celów chłodzenia. Jest to, jak się wydaje, związane ze specyfiką rozpatrywanych procesów których wodochłonność bardziej zależy od przyjętego systemu zasilania i parametrów technicznych urządzeń. Różny stopień zaawansowania procesów recyrkulacji w poszczególnych rodzajach przemysłu oraz różna wielkość zapotrzebowania wody na cele chłodzenia, powodują

jednak że, zwiększanie stopnia recyrkulacji będzie przynosiło zróżnicowane efekty wyrażone wielkością zmniejszenia poboru wody świeżej.

**Wykorzystanie wody do mycia.** Całkowity pobór wody świeżej, dla celów mycia w przemyśle polskim wynosi około 114 mln. m<sup>3</sup>, co stanowi 1.4% całkowitego poboru wody. Udział poboru wody na cele mycia, w całkowitym poborze wody jest silnie uzależniony od rodzaju przemysłu i zmienia się od wielkości bliskiej 0 w przemyśle metalurgicznym do 72% w przemyśle lekkim. Specyfika procesów mycia powoduje, że techniczne możliwości ograniczania w nich zużycia wody są bardzo zróżnicowane. Największe możliwości widzi się w tych procesach mycia które nie stawiają dużych wymagań odnośnie jakości wody w nich wykorzystywanej. Istnieją wtedy pewne możliwości wprowadzania wielokrotnego wykorzystywania wody w obiegach otwartych jak również zamykania obiegów wodnych. Generalnie jednak w procesach mycia, jako możliwe do wykorzystania, należy wyróżnić kierunki racjonalizacji zużycia wody polegające na: ograniczaniu strat bezzwrotnych i jałowych przelewów, gromadzeniu mniej zanieczyszczonych wód zużytych i wykorzystaniu ich w innych procesach na terenie zakładu, zamykaniu obiegów wodnych (tam gdzie jest to możliwe) oraz odzysku środków myjących

**Wykorzystanie wody jako nośnika energii.** Wykorzystanie wody jako nośnika energii ma charakter zbliżony do, omawianego wcześniej, wykorzystania wody dla celów chłodzenia. W obu przypadkach mamy do czynienia z odprowadzaniem „umownie czystych” wód wykorzystywanych w operacjach technologicznych, które mogą być wykorzystywane jako źródło dla pokrycia części potrzeb wodnych odprowadzających je użytkowników przemysłowych. Wykorzystanie wody jako nośnika energii stanowi, po celach chłodniczych, drugą pod względem ilości kategorię wykorzystania wody w przemyśle. Całkowity pobór wody świeżej, dla celów związanych z wykorzystaniem wody jako nośnika energii, w przemyśle polskim wynosi ok. 146 mln. m<sup>3</sup>, co stanowi 1.8% całkowitego poboru wody. Udział poboru wody na rozpatrywane cele, w całkowitym poborze wody zmienia się od 1.2% w przemyśle paliwowo energetycznym do 11.4% w przemyśle metalurgicznym. Procesy w których następuje wykorzystanie wody jako nośnika energii są drugą, obok procesów chłodzenia, grupą procesów w której potencjalne możliwości racjonalizacji zużycia wody są największe. Powody takiego stanu są analogiczne jak w przypadku procesów chłodzenia. Podstawowymi kierunkami działań stają się tutaj zamykanie obiegów wodnych, zwiększanie wielokrotności wykorzystania wody w obiegach otwartych oraz wykorzystanie ścieków kotłowych do innych celów w zakładzie lub poza nim.

**Wykorzystanie wody jako surowca w procesie produkcji.** Całkowity pobór wody świeżej, wykorzystywanej jako surowiec w procesie produkcji, w przemyśle polskim wynosi ok. 122 mln. m<sup>3</sup>, co stanowi 1.5% całkowitego poboru wody. Udział poboru wody na rozpatrywane cele, w całkowitym poborze wody jest silnie uzależniony od rodzaju przemysłu i zmienia się od wielkości bliskiej 0 w przemyśle paliwowo energetycznym do 84.5% w przemyśle drzewno papierniczym. Specyfika procesów wykorzystujących wodę jako surowiec produkcyjny powoduje, że możliwości racjonalizacji zużycia wody w tej grupie procesów są znacznie niższe niż w grupach opisywanych wcześniej. W omawianych procesach woda najczęściej wykorzystywana jest w obiegach otwartych i z uwagi na wymagania jakościowe woda świeża nie może być zastępowana wodą wtórną. Najczęściej, wykorzystywana woda jest wiązana w produkcie finalnym i nie ma możliwości jej powtórnego wykorzystywania. W takiej sytuacji jedyną drogą zmniejszenia zużycia wody jest wprowadzanie technologii wodo-oszczędnych oraz likwidowanie strat wynikających z jałowych przelewów i niewłaściwego stanu technicznego urządzeń produkcyjnych i urządzeń gospodarki wodnej.

**Wykorzystanie wody jako środka transportu.** Całkowity pobór wody świeżej, dla celów transportu hydraulicznego w przemyśle polskim wynosi ok. 57 mln. m<sup>3</sup>, co stanowi 0.7% całkowitego poboru wody. Udział poboru wody na cele transportu hydraulicznego, w całkowitym poborze wody jest uzależniony od rodzaju przemysłu i zmienia się od wielkości bliskiej 0 w przemyśle mineralnym do 5% w przemyśle metalurgicznym. Racjonalizacja zużycia wody w procesach transportu hydraulicznego polegać może głównie, co wynika bezpośrednio ze specyfiki tego typu procesów, na zwiększaniu stopnia wielokrotności wykorzystania wody. Może to być osiągnięte na drodze wielokrotnego wykorzystania wody w obiegach otwartych (zasilanie obiegów hydrotransportu wodą wtórną) lub zamykania obiegów wodnych. Pomocniczym kierunkiem działań racjonalizacyjnych powinno być tutaj dążenie do eliminacji strat wynikających z jałowych przelewów i niesprawności urządzeń.

**Wykorzystanie wody do celów innych.** Całkowity pobór wody świeżej, dla celów innych w przemyśle polskim wynosi około 16 mln m<sup>3</sup>, co stanowi 0.2% całkowitego poboru wody świeżej. Udział poboru wody na cele inne, w całkowitym poborze wody jest uzależniony od rodzaju przemysłu i zmienia się od wielkości bliskiej 0 w przemyśle drzewno papierniczym do 6% w przemyśle elektromaszynowym. W grupie procesów innych znajdują się procesy, często bardzo od siebie różne. Nie ma zatem praktycznie możliwości określenia wspólnych, dla wszystkich procesów wchodzących w skład grupy procesów innych, zalecanych kierunków

działań racjonalizacyjnych. Kierunki te mogą być określone tylko dla poszczególnych procesów jednostkowych przy uwzględnieniu ich specyfiki.

**Podsumowanie i wnioski.** Na podstawie przedstawionych powyżej sposobów zmniejszenia zużycia wody na poszczególne cele można stwierdzić, że największe możliwości racjonalizacji gospodarki wodnej zakładów przemysłowych występują w procesach chłodzenia i w procesach wykorzystujących wodę jako nośnik energii. Podstawowymi kierunkami działań racjonalizacyjnych w tej grupie procesów są: zamykanie obiegów wodnych oraz zwiększanie wielokrotności wykorzystania wody w obiegach otwartych, czyli ogólnie podnoszenie stopnia recyrkulacji wody. Kierunki te, z uwagi na wykazany priorytetowy charakter działań racjonalizacyjnych w obrębie procesów chłodzenia stają się kierunkami wiodącymi w dziedzinie racjonalizacji gospodarki wodnej przemysłu w Polsce. Przedstawiona waga zagadnień racjonalizacji wykorzystania wody w procesach chłodzenia nie powinna powodować zaniechania działań racjonalizacyjnych w obrębie innych grup procesów technicznych i technologicznych wykorzystujących wodę w zakładach przemysłowych. W warunkach lokalnych racjonalizacja zużycia wody w tych procesach może mieć znaczenie decydujące dla poprawy stanu gospodarki wodnej poszczególnych zakładów przemysłowych.

Kierunki racjonalizacji gospodarki wodnej przemysłu wynikają bezpośrednio ze specyficznych cech różnych sposobów wykorzystania wody. Różnorodność technologiczna przemysłu powoduje że, w różnych rodzajach przemysłu waga poszczególnych celów wykorzystania wody będzie się kształtowała w sposób odmienny. Pozwala to na zidentyfikowanie najważniejszych kierunków racjonalizacji gospodarki wodnej w różnych rodzajach przemysłu. Kierunki te mają charakter ogólny, reprezentatywny dla całej branży, i w przypadku poszczególnych zakładów mogą kształtować się odmiennie.

Przedstawione kierunki racjonalizacji dotyczą pierwszego, spośród wymienionych we wstępie, sposobu wykorzystania zasobów wodnych przez przemysł jako źródła zaopatrzenia w wodę. Niemniej istotna jest racjonalizacja ukierunkowana na ograniczenie wpływu przemysłu na stan jakościowy zasobów wodnych. Działania „intensywne” dotyczące drugiego sposobu wykorzystania zasobów wodnych przez przemysł, polegają na optymalizacji technologii przemysłowych pod kątem eliminowania procesów uciążliwych dla środowiska, wprowadzaniu technik recyrkulacji produktów oraz metod odzysku i ponownego wykorzystania odpadów poprodukcyjnych. Od szeregu lat coraz więcej uwagi poświęca się na badania technologii przemysłowych pod kątem eliminowania procesów szkodzących środowisku, wprowadzania nieuciążliwych technik recyrkulacji wód i produktów oraz metod odzysku i ponownego zagospodarowania odpadów poprodukcyjnych.

Wyniki tych badań powinny znajdować wyraz w nowelizacji przepisów prawnych zezwalających na stosowanie jedynie technik najbardziej przyjaznych środowisku (o najniższych wartościach emisji zanieczyszczeń). W praktyce wybór zastosowanej metody eliminującej ładunek szkodliwych substancji odprowadzanych do środowiska sprowadza się najczęściej do wyboru między technikami: recykulacji, ponownego użycia odpadów w innym procesie i odzysku odpadów. Odzysk definiuje się jako wyodrębnienie czynnika z ogólnej masy odpadów lub ścieków. Ponowne użycie definiuje się jako proces, w którym odzyskiwane czynniki stają się produktem możliwym do ponownego wykorzystania. Recykulacja jest to taki rodzaj ponownego użycie, w którym odzyskany materiał staje się surowcem w procesie w którym był wytworzony.

Ogólne określenie kierunków i sposobów działań racjonalizujących wykorzystanie wody przez przemysł, musi przenosić się w sposób praktyczny na poziom poszczególnych zakładów przemysłowych. W związku z tym, konieczne stało się opracowanie, metody określania kierunków i możliwości racjonalizacji użytkowania wody dla poszczególnych jej użytkowników. Celowi temu służy opracowana procedura przeglądu zakładu przemysłowego, ukierunkowanego na określenie możliwości ograniczenia jego oddziaływania na środowisko, określenie związanych z tym przedsięwzięć technicznych i technologicznych oraz ocena ich efektów ekonomicznych i ekologicznych. Zaproponowana procedura, z założenia jest na tyle ogólna, aby mogła odnosić się do jak największej liczby zakładów, należących do różnych branż przemysłowych. Celowym wydaje się wprowadzenie tego typu procedury jako obowiązującej przy ocenie możliwości racjonalizacji użytkowania wód przez użytkowników przemysłowych.

W dotychczasowej praktyce przemysłowej przy kalkulacjach kosztów produkcji w należyty sposób nie uwzględniano kosztów związanych z zanieczyszczeniem i degradacją środowiska oraz wyczerpywaniem surowców naturalnych. Doprowadziło to z czasem do dużych strat w środowisku naturalnym, zagrożeń i zniszczeń ekologicznych. W celu przeciwdziałania tej sytuacji, wprowadza się chroniące środowisko, przepisy i normy prawne oraz system opłat, kar i podatków. Podstawowym czynnikiem ekonomicznym oddziaływującym na podejmowanie działań racjonalizujących wykorzystanie wód przez użytkowników przemysłowych powinien być, odpowiednio zmodyfikowany, system opłat za pobór wody i zrzut ścieków, zwiększający efektywność ekonomiczną podejmowanych przedsięwzięć. W ujęciu makroekonomicznym opłaty za pobór wody i emisję zanieczyszczeń należy traktować jako ekwiwalent wartości strat ekonomicznych i społecznych, ponoszonych przez gospodarke i społeczeństwo wskutek zanieczyszczenia środowiska. Stosowanie opłat za jego użytkowanie ma na celu przeniesienie tych kosztów zewnętrznych do rachunku ekonomicznego przedsiębiorstwa.

Oznacza to stworzenie, choćby w sensie teoretycznym, możliwości uwzględnienia w rachunku ekonomicznym efektów z tytułu redukcji wielkości opłat za zanieczyszczenie środowiska. Opłaty za szczególne korzystanie z wód są najważniejszym aktualnie instrumentem ekonomicznym w ochronie wód i gospodarce wodnej w Polsce. Opłaty te stanowią realizację jednej z głównych zasad polityki ekologicznej państwa, stosowanej również we wszystkich rozwiniętych gospodarczo krajach świata, a mianowicie zasady „zanieczyszczający płaci”. Oznacza ona konieczność „płacenia” za gospodarcze korzystanie ze środowiska i ponoszenia pełnej odpowiedzialności, w tym materialnej, za skutki zanieczyszczenia i innych zagrożeń dla środowiska przez sprawcę. Opłaty za pobór wody i zrzut ścieków powinny pełnić dwie funkcje: finansową (źródło wpływów do funduszy ekologicznych) oraz bodźcową (jako stymulatora dla przedsiębiorstw w kierunku podejmowania inwestycji proekologicznych w dziedzinie gospodarki wodnej i ochrony wód).

Istotnym celem stosowania opłat jest uzyskanie zgodności pomiędzy racjonalnością makro i mikroekonomiczną w taki sposób, aby przedsięwzięcia w dziedzinie racjonalizacji wykorzystania wód, istotne ze społecznego punktu widzenia, były równocześnie opłacalne dla jednostek gospodarczych, które mają ponosić nakłady na ich realizację. Spełnienie tej funkcji przez opłaty jest znacznie trudniejsze niż funkcji pierwszej. Funkcja bodźcowa opłat realizowana jest wówczas, gdy pełnią one rolę stymulatora dla przedsiębiorstw w kierunku podejmowania inwestycji proekologicznych w dziedzinie gospodarki wodnej i ochronie wód. Wskaźnikiem pokazującym możliwość pełnienia takiej roli jest udział opłat w kosztach produkcji. Według uzyskanych danych, aż w 69% badanych zakładów przemysłowych wskaźnik ten ma wartość poniżej 1%, a w 27% przyjmuje wartości setnych i tysięcznych części procenta.

Skonstruowanie właściwego systemu opłat i kar wymaga oparcia się na dwóch podstawowych zasadach: zasadzie państwa prawa i zasadzie ekonomizacji. Zasada pierwsza polega na tym, że ustanowione prawo musi być bezwzględnie przestrzegane. System jest bowiem tylko wtedy efektywny, jeśli rozwiązania prawne są skutecznie egzekwowane. Zasada druga polega na doprowadzeniu do samo finansowania się gospodarki wodnej. Podstawowym instrumentem w tym względzie jest, prawidłowo skonstruowany system opłat za pobór wody i zrzut ścieków, umożliwiający im pełnienie nie tylko funkcji polegającej na gromadzeniu środków finansowych, ale również funkcji bodźcowej.

#### **7.4. Koncepcja systemu wspomagania decyzji w zakresie gospodarki wodnej z uwzględnieniem metod GIS –zadanie PBZ-25-09**

W latach 1997-1998 realizowany był, na wniosek Wojewodów ostrołęckiego i łomżyńskiego, Projekt Badawczy Zamawiany PBZ 25-09 pt. „**Racjonalizacja gospodarki wodnej rzeki Narwi i jej dopływów na obszarze województw ostrołęckiego i łomżyńskiego**”, finansowany ze środków Komitetu Badań Naukowych.

Wykonawca projektu były: Zakład Inżynierii Wodno-Melioracyjnej i Zakład Zasobów Wodnych w Rolnictwie Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych (IMUZ) w Falentach, a zadanie dotyczące opracowania koncepcji systemu wspomagania decyzji w zakresie gospodarki wodnej z uwzględnieniem metod GIS realizował Zakład Gospodarki Wodnej IMGW.

Celem projektu było opracowanie podstaw do prowadzenia gospodarki wodnej na dużym obszarze, stanowiącym około 25 % dorzecza rzeki Narwi. Prace badawcze projektu koncentrowały się głównie na ocenie zasobów jak i możliwości poprawy struktury bilansu wodnego, przedstawienie kierunków działań dla poprawy ilości i jakości wody i zapewnieni odpowiednich warunków wilgotnościowych w dolinach rzek z punktu widzenia wymagań środowiska przyrodniczego

**Zadanie badawcze projektu.** Zadanie „Opracowanie koncepcji systemu wspomagania decyzji w zakresie gospodarki wodnej z uwzględnieniem metod GIS” zrealizował Zakład Gospodarki Wodnej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w ramach PBZ 25-09 pt. „Racjonalizacja gospodarki wodnej zlewni Narwi i jej dopływów na obszarze województw ostrołęckiego i łomżyńskiego”, którego głównym wykonawcą jest Instytut Melioracji i Użytków Zielonych (IMUZ) w Falentach. Kierownikiem zadania był Andrzej Filipkowski.

Celem zadania było opracowanie koncepcji systemu informatycznego wspomagania decyzji w zakresie gospodarki wodnej w części zlewni rzeki Narwi na obszarze województwa ostrołęckiego i łomżyńskiego z uwzględnieniem metod GIS.

Podstawowe prace powyższego zadania obejmowały: opracowanie koncepcji systemu informatycznego dla gospodarki wodnej na obszarze byłego województwa ostrołęckiego i

łomżyńskiego; opracowanie zestawu gromadzonych informacji, struktury banku danych i metod wizualizacji; wykonanie przykładowej mapy cyfrowej oraz naniesienie na mapę podstawowych informacji dotyczących gospodarki wodnej ; opracowanie założeń do wdrożenia systemu informatycznego wspomagania decyzji w zakresie gospodarki wodnej w byłym województwie ostrołęckim i łomżyńskim. Niniejsza prezentacja obejmuje tylko ostatnie, z wymienionych powyżej, tematów.

**Koncepcja wspomaganie decyzji.** Zaproponowana koncepcja systemu wspomaganie decyzji w zakresie gospodarki wodnej została oparta o nowoczesne metody GIS (Geograficznych Systemów Informatycznych). Klasyczne systemy informatyczne, polegające na tworzeniu dużych baz danych i wykorzystaniu oprogramowań o głównie charakterze statystycznym, nie umożliwiają uwzględnienia lokalizacji danych w przeprowadzanej analizie. Metody GIS, służące między innymi do analizy informacji przestrzennych, są stosowane zarówno jako systemy przepływu i wykorzystania informacji przestrzennej lub też jako systemy analizy danych przestrzennych. Najważniejszą funkcją powyższych systemów jest niewątpliwie funkcja analizy danych przestrzennych. System informatyczny, oparty o GIS, może służyć jako system doradczy w procesie podejmowania decyzji przez władze wojewódzkie. Zastosowanie metod GIS umożliwia branie pod uwagę wielu warstw informacyjnych, co niewątpliwie sprzyja podejmowaniu optymalnych decyzji, rozwiązujących występujące problemy. Istnieje bowiem możliwość dokonania kompleksowych analiz wzajemnego oddziaływania wielu czynników, z uwzględnieniem ich umiejscowienia przestrzennego.

System wspomaganie decyzji w zakresie gospodarki wodnej oparty o metody GIS pozwala przetwarzać, łączyć i analizować informacje, często pochodzące z wielu źródeł, niezbędne w procesie podejmowania decyzji. Głównymi składnikami systemu informacyjnego opartego o GIS są bazy danych i związane z nimi źródła informacji, interfejsy użytkownika oraz narzędzia analityczne pozwalające na otrzymanie różnej formy otrzymywanych wyników. Bazy danych, obsługiwane przez zestaw programów stanowiących system zarządzania bazą danych to kluczowy element systemu informatycznego. Występujące funkcje analizy przestrzennej odróżniają powyższy system informacyjny od systemów konwencjonalnych. Celem funkcji analizy przestrzennej, związanej z zestawem programów modeli komputerowych, jest wspomaganie decyzji w zakresie gospodarki wodnej poprzez dawanie odpowiedzi dotyczących rzeczywistych opcji modelowanych przez system. Ostatecznym elementem systemu jest bowiem wytworzenie produktu końcowego dającego odpowiedź na postawione zapytania i wybór opcji spełniającej postawione warunki. W informatycznym systemie wspomaganym podejmowanie decyzji, opartym o GIS, można wyróżnić cztery poziomy trudności związane z integracją GIS z wymaganymi modelami matematycznymi. W systemie z poziomem pierwszym GIS spełnia rolę pomocniczą w przygotowaniu danych wejściowych do wybranego modelu, które następnie weryfikuje użytkownik. System z poziomem drugim posiada interfejs umożliwiający komunikację między GIS a modelem. Program interfejsowy może służyć jako program kontrolny wydający polecenia zarówno dla GIS jak i dla modelu. Wyjście z GIS przekształcane jest na właściwy format wejściowy do modelu, a następnie



wprowadzane do modelu. Wyjście natomiast z modelu może być natomiast przekształcane w format GIS, a następnie pokazywane za pomocą GIS. Wszystkie powyższe działania prowadzone są pod kontrolą programu interfejsowego. W systemie z poziomem trzecim program interfejsowy jest połączony z danym modelem, natomiast w systemie z poziomem najwyższym (czwartym) model i GIS stanowią zasadniczo pojedynczą, zintegrowaną całość. Aktualnie istniejący na świecie najwyższy poziom integracji GIS/model to poziom drugi i można przypuszczać, że w miarę intensywnego rozwoju oprogramowania pakietów GIS oraz dalszego rozwoju modelowania matematycznego w przyszłości pojawią się systemy z poziomem trzecim, a nawet systemy z poziomem czwartym.

O ile systemy z poziomem drugim stanowią ciągle jeszcze sferę badań i eksperymentów, to system z poziomem pierwszym stosowany jest powszechnie w gospodarce wodnej, zarówno USA jak i w państwach Unii Europejskiej. Dlatego też zaproponowana koncepcja systemu wspomagania decyzji w zakresie gospodarki wodnej została o system GIS z rozwiązaniem pośrednim między poziomem pierwszym a poziomem drugim.

Powyższa koncepcja informatycznego systemu podejmowania decyzji oparta o metody GIS dotyczy głównie wspomagania decyzji w zakresie gospodarki wodnej związanej z rolnictwem w zlewni rzeki Narwi. Proces podejmowania decyzji związany jest między innymi z polityką rolną wpływającą na stosowanie właściwych praktyk rolniczych umożliwiających z jednej strony na optymalizację wykorzystania wody w rolnictwie, a z drugiej minimalizację zanieczyszczeń obszarowych pochodzenia rolniczego. System miałby za zadanie ocenę wpływu różnych rozwiązań przekazywanych poprzez interfejs użytkownika. GIS związany byłby głównie z dwoma podsystemami: transportu i transformacji oraz ekonomicznym. Następnym podsystemem który mógłby być, wprowadzony w następnej kolejności, byłby subsystem stopnia ryzyka .

Subsystem transportu i transformacji winien obejmować modele: splywu powierzchniowego, rzeki, zbiorników oraz wód podziemnych. Natomiast subsystem dotyczący stopnia ryzyka dotyczyłby ryzyka dla ekosystemów wodnych, ekosystemów użytków zielonych, ekosystemów leśnych oraz ryzyka dla zdrowia ludzi.

Koncepcja przedstawiona jest graficznie, a pełna jej realizacja może wymagać rozbudowanego systemu baz danych, w zależności od przyjętych aplikacji. Zestawy danych w różnych bazach przedstawiono przykładowo, tak jak zarządzanie bazami danych. Planowany przepływ informacji oparty jest na przyjętym założeniu nowego projektu Prawa Wodnego, że utworzone zostaną w 1999 roku zlewniowe dyrekcje gospodarki wodnej.

Geograficzny system informacyjny dotyczący gospodarki wodnej winien bowiem obejmować jednostki hydrograficzne (dorzecza, zlewnie) związane

z hydrograficznym podziałem kraju. System informacyjny oparty o GIS i uwzględniający hydrograficzny podział kraju umożliwi optymalne decyzje związane z racjonalną gospodarką wodną na danym obszarze i z poprawą bilansu zasobów wodnych. Podstawowe dane związane z bilansem zasobów wodnych danego obszaru winny być bowiem zbierane i analizowane w układach zlewniowych. Dotyczy to między innymi danych o ilości zasobów wód powierzchniowych i podziemnych (na przykład wielkość, rozkład i zmienność opadów i odpływów), danych jakości zasobów wodnych, danych o źródłach zanieczyszczeń, danych o zapotrzebowaniu na wodę i danych dotyczących ochrony przyrody związanej z wodą.

Decyzje związane z możliwościami poprawy bilansu wodnego obszaru mogą być związane na przykład z decyzjami o budowie systemu małej retencji (retencja zbiornikowa, gruntowa, fitomelioracja), lub decyzjami o przedsięwzięciach dotyczących poprawy jakości wód (oczyszczanie zanieczyszczeń punktowych i kontrola zanieczyszczeń obszarowych, rolnicze wykorzystanie oczyszczonych ścieków), czy też decyzjami o racjonalnym wykorzystaniu zasobów przez hierarchizację zaspokojenia potrzeb wodnych. Jedną z podstawowych metod poprawy bilansu wodnego w średnich i małych zlewniach rzecznych będzie retencjonowanie wody, spowolnienie jej spływu i zwiększenie procesów infiltracji. Będzie się to wiązało z podejmowaniem szeregu decyzji o zastosowaniu zarówno technicznych jak i poza technicznych rozwiązań, związanych między innymi z budową systemów nawadniająco – odwadniających, działań agrotechnicznych, agromelioracyjnych i przeciw erozyjnych, z prawidłowym ukształtowaniem krajobrazu o odpowiedniej zabudowie przestrzeni zlewni i stworzeniu na przykład buforowych stref roślinnych. Szereg decyzji może dotyczyć również zagadnień związanych z poprawą jakości powierzchniowych zasobów wodnych poprzez między innymi oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych z jednostek osadniczych i gminnych, ścieków przemysłowych, ścieków z zakładów związanych z rolnictwem i z zanieczyszczeniami pochodzącymi z samej produkcji rolnej (gnojowica, soki kiszonkowe, pestycydy, nawozy mineralne) oraz ochrony wód podziemnych.

W związku z powyższym, niezbędne będzie opracowanie (lub wybór istniejących) modeli matematycznych dotyczących między innymi ilości i jakości zasobów wodnych, analizujących wpływ zmniejszenia ładunków zanieczyszczeń na stan jakościowy i ekologiczny zasobów wodnych. Modele będą pozwalały na odwzorowanie i ocenę procesów zachodzących w środowisku wodnym na obszarze i badania nad stanem jakości wód związanym z dopływem zanieczyszczeń punktowych i obszarowych.

System umożliwi przeprowadzenie ocen i analiz związanych z definiowaniem i oceną strategii zarządzania oraz miarami do przeprowadzenia badań oceny ryzyka. Pozwoli to na dokonanie szeregu analiz skuteczności działań związanych

z poprawa stanu ilościowo-jakościowej gospodarki wodnej oraz ochronę środowiska naturalnego oraz umożliwi analizę skutków podejmowanych działań.

Powyższe stanowi koncepcję systemu komputerowego wspomagania decyzji. Następnym etapem winno być konstruowanie systemu, który może w pierwszym etapie obejmować wybrane aspekty zarządzania na danym obszarze, rozbudowywane, w miarę potrzeb, w następnych etapach tworzenia systemu. Związane to będzie z skonstruowaniem lub z wyborem właściwych modeli matematycznych. Mimo to, że każdy model może być konstruowany osobno, winny być one związane ze sobą w sposób interakcyjny, na przykład model jakości zasobów wodnych powinien być oparty o model ilości zasobów wodnych. Modele winno łączyć założenie, że wyniki obliczeń jednego modelu będą mogły być wykorzystywane jako wejścia do modelu następnego. W zależności od potrzeb można również wbudować w system element związany z kontrolą jakości danych wprowadzanych do modeli. Na zakończenie należy podkreślić, że powyższy system będzie umożliwiał doskonalenie podejmowanych decyzji to jest wspomagał proces decyzyjny, ale go nie zastępował.

**Wnioski.** Przewiduje się, że projektowany system wspomagania decyzji w gospodarce wodnej będzie uruchomiony na komputerze PC przy zastosowaniu systemu operacyjnego Windows NT lub Windows 95.

1. Zakłada się postulat maksymalnej użyteczności systemu, a więc jego działanie przy założeniu wyłącznie podstawowego przygotowania informatycznego jego użytkowników.
2. Przewiduje się wykorzystanie do konstrukcji systemu podstawowego pakietu oprogramowania ArcView GIS 3.0a, opracowanego przez firmę ESRI (USA).
3. Organizacja systemu wspomagania decyzji w gospodarce wodnej oparta będzie na dwóch podstawowych rodzajach podziału obszarowego: podziale hydrograficznym i podziale administracyjnym. W zakresie podziału hydrograficznego zastosowana zostanie najnowsza metoda kodowania numerów obszarowych jednostek hydrograficznych, dostosowana do komputerowego przetwarzania danych zawartych w systemie.
4. W związku z przeprowadzaną reformą administracyjną należy położyć główny nacisk na funkcję informacyjną systemu, przy maksymalnym wykorzystaniu narzędzi, w jakie wyposażony jest program ArcView. Zakres specjalistycznego przetwarzania danych jest trudny obecnie do ustalenia i jest zależny od ostatecznego użytkownika projektowanego systemu.
5. Nadanie szczególnej rangi funkcji informacyjnej systemu powoduje uwzględnienie odpowiedniej organizacji baz danych systemu, które powinny być tworzone niezależnie od warstw mapy komputerowej, a następnie dołączane lub dowiązywane do poszczególnych tematów mapy. Przy takim podejściu system

jako narzędzie staje się bardziej uniwersalny i może być w pełni przydatny na dowolnym szczeblu zarządzania.

6. Zakłada się wykorzystanie (udostępnienie użytkownikowi) szerokiego wachlarza narzędzi prezentacji, analizy i przetwarzania danych oferowanych przez oprogramowanie ArcView. Dobór najstosowniejszych narzędzi do konkretnych zadań systemu nastąpi na etapie wdrożeniowym systemu.
7. Konkretnie zadania dla systemu uzależnione będą od ostatecznej formy organizacji gospodarki wodnej w kraju.
8. Projekt nowego Prawa Wodnego, opracowany w Ministerstwie Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w październiku 1998 roku, wyraźnie zmierza w kierunku gospodarki wodą w dorzeczach i zlewniach.

Niezależnie od przyjętych rozwiązań organizacyjnych należy podkreślić, że zaproponowana koncepcja systemu wspomagania decyzji w gospodarce wodnej związana jest z systemem który będzie umożliwiał doskonalenie podejmowania decyzji, to jest wspomagał proces decyzyjny, ale go nie zastępował.

## 8. Opis wybranych projektów międzynarodowych

### 8.1. Studium techniczne dotyczące punktowych źródeł zanieczyszczeń komunalnych – grupa tematyczna projektu „Studia przedwstępne dorzecza Odry”

Projekt pt. „Studia przedwstępne dorzecza Odry był pierwszym dużym projektem międzynarodowym w którym uczestniczył Zakład Gospodarki Wodnej IMGW w latach 1991-1992. Projekt ten został zrealizowany dla Komisji Unii Europejskiej oraz Europejskiego Banku Rozwoju przez konsorcjum firm konsultingowych i instytutów naukowych w składzie: BCEOM – French Engineering Consultants (Francja), Sage Services (Francja), Sogreah (Francja), Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Biuro Projektów Gospodarki Wodno-Ściekowej „Prosan”, Lahmeyer International (Republika Niemiec), T.G.M. WRI (Czechy).

**Studium techniczne nad źródłami zanieczyszczeń z miast.** W ramach powyższego Projektu Zakład Gospodarki Wodnej IMGW uczestniczył w pracach grupy tematycznej zajmującej się wykonaniem studium technicznego nad źródłami punktowymi zanieczyszczeń z miast, zlokalizowanych w dorzeczu Odry. Koordynatorami powyższej grupy tematycznej byli M. Clement (Sogreah) i M. Grońmiec (IMGW).

Celem powyższego studium technicznego była ocena wpływu zanieczyszczeń komunalnych na jakość wód rzeki Odry oraz propozycja stosownych działań inwestycyjnych w zakresie oczyszczania ścieków miejskich. Oprócz tego studium, konsorcjum wykonało również studia techniczne dotyczące m. in. punktowych źródeł przemysłowych oraz źródeł obszarowych w dorzeczu Odry.

Prace szczegółowe nad studium technicznym punktowych źródeł komunalnych obejmowały następujące zadania cząstkowe:

- zebranie danych i opracowanie komputerowego banku informacji opartego o model sieci hydrologicznej,
- opracowanie metodyki wykonania standardowej komunalnej oczyszczalni ścieków o wielkości 100 tys. RLM (liczba mieszkańców równoważnych),
- studia techniczne nad oczyszczalniami ścieków i oszacowanie kosztów oczyszczania,
- program inwestycyjny i analiza kosztów / efektów dla trzech proponowanych scenariuszy technicznych rozwiązań oczyszczania ścieków i przeróbki osadów w zlewni Odry.

O dużym zakresie przeprowadzonych prac świadczy fakt, że studia objęły wszystkie miasta o liczbie mieszkańców 20 tysięcy i powyżej, o łącznym zrzućcie ścieków miejskich ponad 3 mln m<sup>3</sup>/d.

**Podsumowanie.** Projekt stanowił istotny komponent Programu Ochrony Morza Bałtyckiego. W ramach projektu przeprowadzono gruntowne studia nad ochroną wód płynących w całym dorzeczu Odry. Impulsem do realizacji projektu była decyzja Europejskiego Banku Rozwoju mająca na celu zbadanie możliwości ograniczenia zanieczyszczeń wód w dorzeczu Odry w świetle ochrony wód Bałtyku. Podobny projekt, zrealizowany przez konsorcjum szwedzko-polskie, dotyczył dorzecza Wisły.

Istotą projektu było opracowanie programu działań pozwalających na redukcję zanieczyszczenia Bałtyku. Powyższy program pozwolił na określenie działań umożliwiających zmniejszenie w roku 1995 poziomu emisji o 50% w porównaniu z rokiem 1987. Studia umożliwiły ustalenie tzw. „punktów gorących”, mających zasadniczy wpływ na zanieczyszczenie Morza Bałtyckiego, oraz oszacowanie kosztów związanych z unieszkodliwieniem tych zanieczyszczeń.

**Wykaz raportów.** Poniżej podaje się wykaz opracowań w języku angielskim, wykonanych w ramach projektu, z których raport drugi opracował m.in. Zakład Gospodarki Wodnej IMGW pod kierunkiem M. Clementa i M. Gromca:

- BCEOM – French Engineering Consultants, SAGE Services, Sogreah, IMGW, Prosan, Lahmeyer International, T.G.M. WRI: Studia Przedwstępne Dorzecza Odry. Raport techniczny 1, Punktowe źródła zanieczyszczeń – przemysł, przygotowany dla Europejskiego Banku Inwestycyjnego z pomocą Rządów Czech, Słowacji, Niemiec, Polski oraz Komisji Unii Europejskiej, 1992, 198 s.
- BCEOM – French Engineering Consultants, SAGE Services, Sogreah, IMGW, Prosan, Lahmeyer International, T.G.M. WRI: Studia Przedwstępne Dorzecza Odry. Raport techniczny 2, Punktowe źródła zanieczyszczeń – miasta, przygotowany dla Europejskiego Banku Inwestycyjnego z pomocą Rządów Czech, Słowacji, Niemiec, Polski oraz Komisji Unii Europejskiej, 1992, 217 s.
- BCEOM – French Engineering Consultants, SAGE Services, Sogreah, IMGW, Prosan, Lahmeyer International, T.G.M. WRI: Studia Przedwstępne Dorzecza Odry. Raport techniczny 3, Obszarowe źródła zanieczyszczeń, przygotowany dla Europejskiego Banku Inwestycyjnego z pomocą Rządów Czech, Słowacji, Niemiec, Polski oraz Komisji Unii Europejskiej, 1992, 79 s.
- BCEOM – French Engineering Consultants, SAGE Services, Sogreah, IMGW, Prosan, Lahmeyer International, T.G.M. WRI: Studia Przedwstępne Dorzecza Odry. Raport techniczny 4, Ocena instytucjonalna i wpływu na środowisko,

przygotowany dla Europejskiego Banku Inwestycyjnego z pomocą Rządów Czech, Słowacji, Niemiec, Polski oraz Komisji Unii Europejskiej, 1992, 192 s. + załączniki.

- BCEOM – French Engineering Consultants, SAGE Services, Sogreah, IMGW, Prosan, Lahmeyer International, T.G.M. WRI: Studia Przedwstępne Dorzecza Odry. Raport synteza, przygotowany dla Europejskiego Banku Inwestycyjnego z pomocą Rządów Czech, Słowacji, Niemiec, Polski oraz Komisji Unii Europejskiej, 1992, 154s.

## 8.2. Plan działania w zakresie oczyszczania ścieków w zlewni Narwi w oparciu o doświadczenia duńskie

Głównym celem polsko-duńskiego projektu było opracowanie kompleksowego planu ochrony wód w zakresie oczyszczania ścieków w wybranej zlewni. Analogiczne plany opracowuje się i realizuje w Danii ustalając jako kryterium uzyskanie żądanej jakości wód odbiornika poprzez dostosowanie dopuszczalnych ładunków zanieczyszczeń pochodzących ze źródeł punktowych. Dlatego celem dodatkowym było przeniesienie do Polski doświadczeń duńskich w tym zakresie.

Odpowiedzialnymi ze strony duńskiej za realizację projektu była firma Abrahamsen & Nielsen A/S – Konsulting Inżynieryjny (Dania) współpracująca z Departamentem Ochrony Środowiska w Aarhus dokonującym oceny analiz wykonanych w Polsce oraz ocenę biologicznej jakości wód. Na podstawie uzyskanych danych określono maksymalne dopuszczalne stężenia w odprowadzanych ściekach, które pozwolą na osiągnięcie zakładanych klas czystości wód w analizowanym systemie rzeczonym. Odbiorcą i współrealizatorem projektu było Stowarzyszenie Gmin „Ekorozwój Dorzecza Narwi”, które zajmowało się również zbieraniem danych dotyczących systemów kanalizacyjnych i oczyszczalni ścieków. Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie dostarczył dane hydrologiczne, fizyko-chemicznych analiz wody oraz dane o ilości i jakości odprowadzanych ścieków, w formie opracowanego skomputeryzowanego banku danych.

**Zakres projektu.** Pod względem geograficznym zakres opracowanego planu ochrony wód ograniczał się do obszaru dorzecza rzeki Narew w granicach Polski. Nie włączono do planu obszaru źródeł rzeki położonego w Białorusi. Ponieważ obszar dorzecza Narwi pokrywa około 28 000 km<sup>2</sup> i obejmuje około 200 miast (większość z nich bardzo małych), niezbędne było dokonanie pewnych ograniczeń. W projekcie skoncentrowano się na miastach o liczbie mieszkańców wynoszącej 10 000 i powyżej. Przyjęto też, że włączenie do projektu źródeł zanieczyszczeń położonych powyżej Jezior Mazurskich będzie wywierało stosunkowo mały wpływ

na jakość wód odbiorników będących przedmiotem planu. Jednakże, w projekcie uwzględniono m. Giżycko, które jest największym miastem odprowadzającym ścieki do systemu rzecznej Narwi poprzez Jeziora Mazurskie. Przyjęcie za kryterium wielkości miast do 2 000 mieszkańców spowodowałoby zwiększenie analizowanego w planie działania z około 750 000 do 820 000 mieszkańców, przy czym ilość analizowanych miast wzrosłaby ponad 100. Lista zadań priorytetowych w zakresie oczyszczania ścieków kończy się ujściem do Zbiornika Zegrzyńskiego, chociaż w projekcie uwzględniono również Nowy Dwór Mazowiecki leżący powyżej zbiornika, przed ujściem do Wisły.

**Ocena stanu ekologicznego rzeki.** W ramach projektu dokonano oceny stanu ekologicznego rzeki Narwi i jej głównych dopływów oraz przeprowadzono analizę głównych punktowych źródeł zanieczyszczeń z miast.

Warunki dotyczące oczyszczania ścieków oparte zostały o ówczesne polskie przepisy prawne dotyczące gospodarki wodno-ściekowej. Podano również przykłady kontroli jakości odprowadzanych ścieków w Danii oraz duńskie doświadczenia dotyczące planowania gospodarki ściekowej dla jednostek osadniczych. Z powyższego porównania wynikało co następuje:

- wymagana jakości wód odbiornika w Danii determinuje dopuszczalny poziom zrzutu zanieczyszczeń ze źródeł punktowych, w tym z oczyszczalni ścieków,
- zezwala się na odprowadzenie tylko takiego ładunku zanieczyszczeń, który nie spowoduje pogorszenia się jakości wód odbiornika,
- odbiorniki bardziej wrażliwe, o przyjętych wyższych parametrach jakościowych, wymagają bardziej efektywnego oczyszczania zrzucanych ścieków i bardziej restrykcyjnych norm niż odbiorniki o założonej niższej jakości wód.

Przeprowadzono ocenę stanu ekologicznego rzeki i jej większych dopływów. Ocena ta posłużyła do sporządzenia listy zadań priorytetowych, służącej jako narzędzie do optymalizowania niezbędnych inwestycji. Przedstawiono aktualną i planowaną klasyfikację jakości wód zlewni Narwi. Dla każdego miasta ujętego na liście priorytetowej określona została wartość graniczna emisji BZT<sub>5</sub>, azotu amonowego i fosforu całkowitego. Oszacowano również przyszłą (rok 2013) emisję dla powyższych parametrów.

**Plan ochrony wód.** Opracowany plan działania w zakresie ochrony wód stanowi propozycję umożliwiającą spełnienie warunków odprowadzania ścieków do wód powierzchniowych do roku 2000. Dla optymalnego wydatkowania nakładów inwestycyjnych pozwalających na uzyskanie maksymalnego efektu ekologicznego ustalono priorytety inwestycyjne. Oszacowano, że nakłady potrzebne na oczyszczenie



ścieków (budowę nowych i modernizację istniejących oczyszczalni) wynosić będą około 253 mln. USD, w tym około 145 mln. USD na systemy kanalizacyjne. Realizacja zaproponowanych inwestycji zapewni spełnienie określonych granicznych ładunków w stosunku do BZT<sub>5</sub>, azotu amonowego i fosforu całkowitego, co umożliwi osiągnięcie założonej klasy czystości wód odbiornika, oprócz odcinka poniżej Supraśli. Poprawa czystości wód rzeki poprawi ogólną jakość wody doprowadzanej rzeką do Zalewu Zegrzyńskiego. Dla niektórych miast uzyskanie nawet odpływu ścieków zgodnego z normami dla roku 2000 nie będzie wystarczające do osiągnięcia planowanej klasy czystości wód odbiornika z uwagi na wzrost emisji BZT<sub>5</sub> i fosforu całkowitego, co spowoduje przekroczenie granicznych wartości ładunków zanieczyszczeń wyrażonych w BZT<sub>5</sub> i fosforze w perspektywie 20 lat. Z tego powodu może okazać się potrzebna reewaluacja założeń dotyczących planowanej klasyfikacji wód.

Wskazano na szereg czynników, które powinny być uwzględnione przy takiej re-ewaluacji. Za istotne uznano:

- analizę wielkości ładunków BZT<sub>5</sub> i fosforu pochodzących z większych punktowych zrzutów zanieczyszczeń, mających na celu ustalenie możliwości zredukowania ich do takiego stopnia aby nie przekraczały zaproponowanych wielkości granicznych,
- przeprowadzenie optymalizacji działania dla około 10 oczyszczalni ścieków, wymagających minimalnych nakładów inwestycyjnych; wynikające z tego korzyści to nie tylko zwiększenie stopnia oczyszczania ale również znaczne zmniejszenie kosztów eksploatacji,
- eliminację zanieczyszczenia poprzez budowę systemów kanalizacyjnych dla obszarów miast nie skanalizowanych w koordynacji z implementacją odpowiednich oczyszczalni ścieków,

Zmniejszenie zanieczyszczeń przemysłowych u źródła poprzez:

- oszczędne gospodarowanie wodą (obiegi zamknięte, minimalizacja zużycia wody do celów produkcyjnych),
- kontrolę lub eliminację substancji niebezpiecznych z procesów produkcyjnych,
- stosowanie podczyszczania ścieków przemysłowych, tam gdzie jest to wymagane,
- rozwój działań zapobiegawczych i zmniejszających stopień ryzyka niekontrolowanego zrzutu substancji niebezpiecznych.

Z przedstawionego raportu wynika również, że osiągnięcie pełnego efektu ekologicznego dla Zalewu Zegrzyńskiego będzie możliwe dopiero po kontroli zanieczyszczeń, szczególnie substancji niebezpiecznych, jakie dopływają rzeką

Bug. Uznano, że biorąc pod uwagę ochronę zbiornika wody pitnej dla aglomeracji Warszawy, sprawą o pierwszorzędym znaczeniu jest poddanie ocenie a następnie kontroli ładunek zanieczyszczeń, który pochodzi z rzeki Bug, analogicznie jak jest to czynione w przypadku rzeki Narwi.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że celem projektu było opracowanie takiego planu działania w zakresie oczyszczania ścieków, który w najkrótszym czasie przyniesie największy efekt ekologiczny. Kierując się takim założeniem przyjęto, że powyższy cel polegający wyłącznie na wprowadzeniu w życie polskich norm dla jakości ścieków oczyszczonych nie będzie możliwy do osiągnięcia. Dlatego, przyjmując za kryterium założony stan czystości odbiornika, wyliczone zostały maksymalne stężenia wskaźników zanieczyszczeń zrzucanych ścieków z miejskich źródeł punktowych usytuowanych w zlewni rzeki.

### **8.3. Opracowanie i zastosowanie systemu informacji geograficznej (GIS) i symulacji jakości wody rzeki – zadanie projektu „Masterplan odnowy rzeki Utraty”**

Zakład Gospodarki Wodnej Warszawie, wraz z firmami CH2M HILL-UNICO Environmental Services Ltd (Japonia), CH2M HILL International (USA/Wielka Brytania), wygrał konkurs Japońskiego Funduszu Specjalnego na opracowanie dokumentu kierunkowego, który zdefiniuje sposoby, aby spowodować odnowę wód rzeki Utraty do klasy II do roku 2010. Przy opracowaniu dokumentu pod nazwą „Masterplan Odnowy rzeki Utraty” oprócz wymienionych firm, ze strony polskiej brała również udział firma BSiDG Promasz.

W ramach prac nad tym projektem, Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie opracował samodzielnie System Informacji Geograficznej (GIS) jak i wykonał symulacje komputerową jakości wód, które zostały wdrożone do Masterplanu Odnowy Rzeki Utraty w roku 1996, stanowiąc istotne komponenty tego dokumentu kierunkowego.

**Zadanie badawcze.** Zakład Gospodarki Wodnej w ramach opracowania Geograficznego Systemu Informacji (GIS) wykonał między innymi liczne warstwy i kompozycje map cyfrowych. Ponieważ System Informacji Geograficznej (GIS) związany jest z przestrzennymi odwzorowaniami rzeczywistości, to również znalazł zastosowanie w zintegrowanej gospodarce wodnej w ujęciu ilościowym i jakościowym. System ten dla rzeki Utraty obejmuje przestrzenne odwzorowanie relacji między obiektami, realizowane przez szereg pakietów oprogramowań które pozwalają na zbieranie informacji, ich gromadzenie i weryfikację oraz prezentację zarówno danych surowych jak i przetworzonych w wygodnej i przejrzystej

formie. W przypadku powyższego systemu zastosowano do tworzenia warstw wektorowych pakiet GIS ARC/INFO a do wizualizacji oprogramowanie ArcView, który pozwala na łatwe wykorzystanie przez użytkownika stworzonych kompozycji mapowych. Oprócz warstw wektorowych wykorzystano również warstwę rastrową powstałą w wyniku skanowania mapy topograficznej w skali 1: 100 000 co pozwoliło na szybkie wzbogacenie kompozycji mapowych o dodatkowe dane, trudne do uzyskania na drodze digitalizacji oraz weryfikację danych z różnych źródeł i podkładów mapowych. W efekcie finalnym powstało szereg map cyfrowych, tworzących powiązany ze sobą system, których przykłady podaje się poniżej :

- Podział administracyjny
- Utwory powierzchniowe
- Pobór wód gruntowych
- Parki krajobrazowe i obiekty zabytkowe
- Gleby
- Lokalizacja zrzutów ścieków bytowo-gospodarczych
- Zrzuty ścieków bytowo-gospodarczych przekraczające normy
- Lokalizacja zrzutów przemysłowych przekraczające polskie normy
- Składowiska odpadów stałych
- Jakość wód powierzchniowych
- Zanieczyszczenie osadów rzecznych metalami i olejami

Opracowany zestaw map cyfrowych przedstawia kompleksowo zagadnienia związane z gospodarką wodną i ochroną środowiska na terenie zlewni rzeki Utraty. Obok wartości informacyjnych pozwala na przestrzenną analizę przedstawianych elementów i powiązań między nimi oraz na wyciąganie wniosków i podejmowanie decyzji związanych ze stanem środowiska na danym obszarze. Oprócz funkcji ilustracyjnych może być traktowany jako samodzielne narzędzie dla racjonalnej gospodarki zlewniowej. Ponadto, stanowił poważny krok w kierunku rozwoju GIS-u, a zaproponowane rozwiązania sposobu wizualizacji danych mogą znaleźć zastosowanie w innych praktycznych pracach.

Równocześnie dla celów „Masterplanu Odnowy rzeki Utraty” Zakład Gospodarki Wodnej opracował matematyczny model jakości wód tej rzeki. W opracowanym modelu jakości wód rzeki przyjęto następujące założenia:

- model jednowymiarowy, całkowite pionowe i poprzeczne wymieszanie,
- podstawowe procesy transportu masy, adwekcja i dyspersja są istotne tylko wzdłuż głównego kierunku przepływu,
- niezmiennie w czasie natężenie przepływu w rzece, dopływach bocznych i zrzutach zanieczyszczeń.

Symulowane wskaźniki jakości wody rzeki Utraty obejmowały: stężenie tlenu rozpuszczonego, stężenie biochemicznego zapotrzebowania tlenu, stężenie azotu amonowego.

Przebieg zmienności wymienionych wskaźników symulowany w warunkach ustalonych przepływu. Dla celów modelowania wykonano komputerowy schemat sieci rzecznej. Modelowana rzeka podzielona została na odcinki charakteryzujące się jednolitymi warunkami hydraulicznymi. Każdy odcinek podzielono następnie na elementy obliczeniowe o jednakowej długości. Tak więc, wszystkie odcinki składały się z całkowitej liczby elementów obliczeniowych. Wyróżniono siedem różnych typów elementów obliczeniowych: element początkowy, element standardowy, element tuż powyżej węzła, węzeł, ostatni element w systemie, element dopływu, miejsce poboru.

Element początkowy obejmował początek rzeki głównej oraz każdego z jej dopływów i zawsze był pierwszym elementem odcinka rzeki. Element standardowy stanowił element, którego nie zakwalifikowano do żadnego z pozostałych sześciu typów. Element powyżej węzła stosowano w celu wyszczególnienia punktu umiejscowionego tuż powyżej węzła. Węzły stanowiły połączenie dwóch odcinków modelowanej rzeki. Ostatni element w systemie identyfikował ostatni element obliczeniowy całego modelowanego systemu, w modelu powinien być tylko jeden element tego typu. Elementy dopływu i poboru odpowiadały elementom wejścia jak na przykład dopływ ładunków ze ściekami, nie modelowane dopływy boczne, pobory wody.

Odcinki rzek, które stanowią połączenie wielu elementów obliczeniowych były jednocześnie podstawą większości danych wejściowych. Dane hydrauliczne, stałe szybkości reakcji, warunki początkowe i dane związane z przyrostem przepływu były dla każdego elementu obliczeniowego wielkościami stałymi w danym odcinku. Dane wejściowe obejmowały następujące grupy: dane kontrolne, parametry globalne, współczynniki korekcji temperatury, identyfikacja odcinków i kilometrów rzeki, dane hydrauliczne, temperatura i lokalne dane klimatologiczne, stałe szybkości reakcji, warunki początkowe, dopływy rozłożone, węzły, charakterystyka punktów początkowych sieci rzecznej, punktowe zrzuty zanieczyszczeń.

Cześć danych wprowadzana obowiązkowo do modelu to: dane kontrolne, identyfikacja sieci rzecznej, dane hydrauliczne, warunki brzegowe. Pozostałe dane wprowadzano w zależności od konkretnego zastosowania modelu. Funkcje wymuszające określone zostały przez użytkownika modelu i wprowadzane jako dane wejściowe dla modelowanego systemu. Wejścia te zostały zgrupowane w członach dotyczących przepływu, charakterystyk jakości wody i lokalnych warunków klimatycznych. Dane wejściowe dla elementów początkowych stanowiły typowe warunki graniczne. Były to parametry wymagane do rozwiązania

równania zachowania masy dla pierwszego elementu obliczeniowego każdego z modelowanych odcinków.

Źródła punktowe i pobory wody dotyczyły ładunków opisujących punktowe źródła zanieczyszczeń w modelowanym systemie (na przykład zrzuty ścieków komunalnych i przemysłowych, ścieki opadowe) oraz ubytków wody z systemu spowodowanych na przykład poborami wody. Do zbudowania modelu wykorzystano równania: równanie transportu masy (z submodelami hydraulicznymi), równanie bilansu tlenowego, równanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu (fazy węglowej), równanie dla azotu amonowego.

Powyższy model jakości wody został zastosowany do symulacji obecnego stanu jakości wody w rzece Utracie, jak również do prognozowania wpływu działań wynikających z zastosowania różnych przedsięwzięć ograniczających zrzuty punktowe na jakość wody poniżej zrzutu. Wyniki modelowania stanu jakości wód i symulacji prognozowanego stanu jakości wód zostały przedstawione graficznie. Wyniki symulacji dla istniejących warunków zostały oparte o pomierzone wielkości przepływu i jakości wody wybranych parametrów. Symulacja wskazuje główne źródło zanieczyszczeń pod względem BZT<sub>5</sub>, jak również identyfikuje szereg dodatkowych zrzutów zawierających azot amonowy. Symulacja przyszłej jakości wody została przeprowadzona na bazie średniego niskiego przepływu wody w rzece i prognozy poprawy stanu jakości wód w wyniku modernizacji oczyszczalni ścieków spełniającej różne standardy dla zrzutów po rozbudowie oczyszczalni.

Wyniki symulacji wykazały znaczną poprawę jakości wody w rzece przy proponowanym w odpływie zrzucanych ścieków stężeniu 15 mg/dm<sup>3</sup> BZT<sub>5</sub> lecz nie wystarczało to dla osiągnięcia II klasy czystości wody w rzece. Model prognozował, że III klasa czystości będzie utrzymywać się przez 10 km poniżej zrzutu. Dalsza symulacja wskazywała, że wymagane jest osiągnięcie stężenia w odpływie BZT<sub>5</sub> mniejszego niż 10 mg/dm<sup>3</sup> dla uzyskania II klasy jakości wody bezpośrednio poniżej zrzutu. Zawartość tlenu rozpuszczonego w rzece będzie spadać poniżej zrzutu nawet przy zachowaniu stężenia w odpływie 10 mg/dm<sup>3</sup> BZT<sub>5</sub>. Jak wynika z prognozy, stężenie tlenu rozpuszczonego poniżej wymaganej przy zachowaniu II klasy czystości wielkości 5 mg/dm<sup>3</sup> utrzymuje się przez 4 km poniżej zrzutu. Dla podniesienia stężenia tlenu rozpuszczonego w rzece wymagane będą dodatkowe przedsięwzięcia dla poprawy warunków tlenowych poniżej oczyszczalni ścieków bądź poprzez usunięcie osadów dennych lub też przez zainstalowanie systemów napowietrzania.

Prognozowany wpływ poprawy skuteczności usuwania azotu amonowego na oczyszczalni wskazuje na fakt, że rozbudowa oczyszczalni zredukuje stężenie azotu amonowego w rzece poniżej o ponad 60% w porównaniu do obecnych warunków letnich. Poprawa usuwania substancji biogenych na oczyszczalni nie

będzie wystarczająca dla uzyskania II klasy czystości w wodach odbiornika ze względu na dodatkowy dopływ azotu amonowego z dopływu bocznego. Dlatego też wszystkie główne dopływy azotu amonowego powinny być kontrolowane w zlewni aby możliwe było osiągnięcie założonej jakości wody przy warunkach niskiego przepływu wody w rzece. Wymagać to będzie poprawy skuteczności usuwania substancji biogenych na szeregu oczyszczalniach i kontroli zrzutów ze źródeł w górnym biegu rzeki.

W podsumowaniu można stwierdzić, że prognoza wynikająca z symulacji jakości wody wykazała, że proponowana rozbudowa oczyszczalni ścieków nie zagwarantuje II klasy czystości wody przy średnim niskim przepływie w rzece. Trzeci stopień oczyszczania (filtry piaskowe lub mikrofiltracja) będzie wymagany dla redukcji BZT<sub>5</sub> poniżej 10 mg/dm<sup>3</sup> celem uzyskania II klasy czystości wody w odbiorniku. Zrzuty z innych oczyszczalni i z dopływów również winny być kontrolowane dla doprowadzenia stężenia azotu amonowego w wodzie do wielkości odpowiadającej normom II klasy czystości.

**Masterplan odnowy rzeki Utraty.** W planie strategicznym (tzw. masterplanie) zaproponowano i oceniono rozwiązania które mogłyby być zastosowane dla poprawy jakości wód rzeki Utraty. Każde rozwiązanie oceniono pod względem: ochrony zdrowia ludzi i środowiska, efektywności krótko- i długoterminowej, skutków społecznych i ekonomicznych, zgodności z obecnym i projektowanym prawodawstwem, możliwości zastosowania i kosztów wdrożenia. Zrealizowany plan strategiczny odnowy rzeki Utraty został przyjęty i bardzo wysoko oceniony przez Komitet Doradczy powołany przez Wojewodów warszawskiego i skierniewickiego. Było to pierwsze w kraju tak nowoczesne i kompletne opracowanie w dziedzinie ochrony wód ujętej zlewniowo. Opracowana metodyka może znaleźć zastosowanie przy rozwiązywaniu problemów jakości wód rzek innych zlewni, szczególnie rzek zdegradowanych o dużej ilości toksycznych osadów dennych.

**Podsumowanie.** Systemy informacji geograficznej (GIS) stały się w ostatnich latach istotnym narzędziem w badaniach i studiach regionalnych. Powyższe systemy komputerowe są zdolne do gromadzenia i wykorzystania danych opisujących zależności przestrzenne. Znajdują one praktyczne zastosowanie między innymi w planowaniu przestrzennym i ochronie środowiska, w tym w ochronie wód przed zanieczyszczeniem. Opracowany system informatyczny umożliwia prace na różnych mapach komputerowych, nakładanie map i łącznie z baza różnorodnych danych. Przykładowo, nałożenie i analiza warstw pozwala między innymi na analizę potencjalnego wpływu składowisk odpadów na jakość zasobów wodnych powierzchniowych i podziemnych. Dużą zaletą systemu jest możliwość powiązania bazy danych z opracowanym modelem jakości wód rzeki.

W podsumowaniu można stwierdzić co następuje:

- Opracowano komputerowy system informatyczny dla określonej zlewni rzecznej dotyczący zintegrowanej gospodarki wodnej oraz ochrony środowiska.
- Przy opracowaniu komputerowego systemu informatycznego w formie map cyfrowych powiązanych ze sobą tematycznie wykorzystano nowoczesne narzędzia w postaci pakietu GIS ArcInfo oraz oprogramowania ArcView do wizualizacji danych przestrzennych.
- Opracowano model jakości wód rzeki pozwalający na symulacje obecnego stanu jakości wody oraz na prognozowanie skutków zastosowania różnych technologii oczyszczania ścieków.
- Opracowany system informatyczny (GIS) oraz symulacja komputerowa jakości wody zostały wdrożone w praktyce w Masterplanie Odnowy rzeki Utraty, z jednoczesną możliwością zastosowania ich dla innych zlewni rzek.

#### **8.4. Polityka ekologiczna w zakresie ochrony wód powierzchniowych w Polsce, Szwecji i Holandii – studium porównawcze**

Celem projektu, realizowanego w okresie 1989-1991, była próba prezentacji systemów ochrony wód powierzchniowych, funkcjonujących w trzech państwach: Polsce, Holandii i Szwecji. W powyższym projekcie, Polska reprezentowała państwo Europy Środkowo-Wschodniej, po zmianach ustroju politycznego i gospodarczego, charakteryzujące się relatywnie małymi zasobami i znacznym zanieczyszczeniem wód powierzchniowych. Holandia to państwo Unii Europejskiej, którego głównym problemem z zakresu ochrony wód jest przyjmowanie zanieczyszczeń z dużego i uprzemysłowionego obszaru Europy Zachodniej. Z kolei Szwecja jest państwem dysponującym relatywnie dużymi zasobami czystych wód powierzchniowych. Powyższe różnice wywarły istotny wpływ na cele i narzędzia realizacji polityki wodnej. W projekcie uczestniczyły: Uniwersytet Linköping, Uniwersytet Utrechtu oraz Zakład Gospodarki Wodnej IMGW.

Podstawę projektu stanowiły raporty krajowe przedstawiające następujące zagadnienia :

- główne źródła zanieczyszczenia wód powierzchniowych,
- związek istniejących źródeł zanieczyszczeń z występującymi problemami środowiskowymi,
- cele i priorytety systemu kontroli jakości wód powierzchniowych,
- mierniki ochrony środowiska w kontroli zanieczyszczeń.

Cześć pierwszą przygotowali W. Vermeulen, C. Dieperink i P. Glasbergen z Uniwersytetu w Utrechcie, przedstawiając doświadczenia holenderskie z dziedziny

ochrony wód przed zanieczyszczeniem. Część druga została przygotowana przez R. Miłaszewskiego z Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie, w której przedstawiono między innymi polskie zasady polityki ochrony wód i sposoby jej realizacji. Część trzecią, dotyczącą doświadczeń szwedzkich w tym zakresie przedstawiła M. Lówgren z Uniwersytetu Linköping.

Powyższe raporty stanowiły podstawę dla analizy porównawczej w zakresie problemów jakości wód powierzchniowych, tworzenia się podstaw prawnych, organizacyjnych i ekonomicznych polityki ochrony wód powierzchniowych. Zwrócono uwagę na występowanie internacjonalizacji polityki ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem, przed zanieczyszczeniami transgranicznymi i konieczność współpracy Polski i Szwecji, a także innych państw w ochronie wód Bałtyku. Wynikiem projektu był następujący raport w języku angielskim: *Environmental Policies in Poland, Sweden and the Netherlands – A Comparative Study of Surface Water Pollution Control* (Eds. M. Lówgren, R. Hjorth). Tema V, Report 19, Linköping University, Department of Water and Environmental Studies, Linköping (1994).



## **9. Działalność szkoleniowa i konferencyjna, wyróżnienia i wydawnictwa**

### **9.1. Szkolenia i kursy**

Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie zorganizował szkołę gospodarki wodnej oraz szereg kursów szkoleniowych. Jesienna Szkoła Gospodarki Wodnej IMGW pn. Systemowa Gospodarka Wodna została zorganizowana przez zakład w dniach 23-28 listopad 1987 roku w Białowieży. Wydano materiały: „Systemowa Gospodarka Wodna” (red. M.J. Gromiec), IMGW, Warszawa 1988. Równocześnie, Zakład Gospodarki Wodnej był organizatorem następujących kursów szkoleniowych:

- Polsko – Amerykański Kurs pn. „Modelowanie Jakości Wody Rzek”, we współpracy z Amerykańską Agencją Ochrony Środowiska (US EPA) – wydano materiały w języku angielskim pt. „ Modeling Course: Stream Water Quality and Uncertainly Model QUAL2EU” .
- Polsko Amerykański Kurs pn. „ Modelowanie Jakości Wody Zbiorników”, we współpracy z Amerykańską Agencją Ochrony Środowiska (US EPA) – wydano materiały w języku angielskim pt. „ Modling Course: Water Quality Impoudment” ,
- Polsko – Duński Kurs pn. „Zastosowanie Modelu MIKE 11”, we współpracy z Duńskim Instytutem Jakości Wody (VKI).
- Kurs Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej pn. „ Modele Jakości Wody dla Oceny Transgranicznych Zanieczyszczeń” w Warszawie w 1996 roku, wydano materiały kursu..

### **9.2. Konferencje i sympozja**

Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie był współorganizatorem dwóch następujących konferencji międzynarodowych:

- Konferencja Międzynarodowa pt. „Gospodarowanie zasobami wodnymi oraz ochrona wód przed zanieczyszczeniem: Rozwiązania w Europie Zachodniej ,, Warszawa, 30 listopad 1990. Organizator: Polski Komitet IAWPRC / Polski Sekretariat EWPCA we współpracy z Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW.
- Konferencja Międzynarodowa pt. „Gospodarowanie zasobami wodnymi oraz ochrona wód przed zanieczyszczeniem: Rozwiązania w Polsce i USA”, Warszawa, 23-25 wrzesień 1991. Organizatorzy: Zakład Gospodarki Wodnej IMGW oraz Instytut Badania Zasobów Środowiska Uniwersytetu Pensylwanii, USA.

- Równocześnie zakład brał udział w organizacji ogólnokrajowych sympozjów:
- Krajowe Sympozjum pt. „Metody badań i oceny jakości wód powierzchniowych”, Warszawa, 2-3 kwiecień 1985. Organizator: Polski Komitet IAWPRC we współpracy z Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW, Biurem Programu Rządowego PR-7 i Kołem SITWM IMGW.
  - Krajowe Sympozjum pt. „Estymacja parametrów modelowania matematycznego zagadnień ochrony wód”, Warszawa 1986. Organizator: Polski Oddział Międzynarodowego Stowarzyszenia Modelowania Ekologicznego (ISEM) we współpracy z Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW.
  - Krajowe Sympozjum pt. „Elementarne systemy sanitacyjne według badań Banku Światowego”, Warszawa, czerwiec 1985. Organizator: Polski Komitet IAWPRC we współpracy z Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW.
  - Krajowe Sympozjum pt. „Napowietrzanie ścieków”, Warszawa, 7 kwietnia 1986. Organizator: Polski Komitet IAWPRC we współpracy z Ośrodkiem Badawczo Rozwojowym Aparatury i Urządzeń Komunalnych „POWOGAZ” i Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW.
  - Krajowe Sympozjum pt. „Beztlenowe oczyszczanie ścieków”, Warszawa, 3 marca 1987. Organizator: Polski Komitet IAWPRC we współpracy z Biurem Projektów Gospodarki Wodno-Ściekowej „PROSAN” i Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW.
  - Krajowe Sympozjum pt. „Usuwanie metali ciężkich z wody i ścieków”, Warszawa, 25 października 1988. Organizator: Polski Komitet IAWPRC we współpracy z Zakładem Ochrony Środowiska Instytutu Mechaniki Precyzyjnej i Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW.
  - Krajowe Sympozjum II pt. „Metody badań i oceny jakości wód powierzchniowych”, Warszawa, 28-29 listopada 1989. Organizator: Polski Komitet IAWPRC we współpracy z Ministerstwem Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych oraz Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW, pod patronatem naukowym Sekcji Ochrony Wód Komitetu Gospodarki Wodnej Polskiej Akademii Nauk.
  - Krajowe Sympozjum pt. „Zastosowanie czystego tlenu w ochronie wód w Polsce”, Warszawa, 1990. Organizator: Polski Komitet IAWPRC we współpracy z Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW.
  - Krajowe Sympozjum pt. „Wysokoefektywne technologie uzdatniania wody i oczyszczania ścieków”, Warszawa, 1992. Organizator: Polski Komitet IAWPRC we współpracy z Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW – Głównym Wykonawcą Grupy Tematycznej CPBR 11.10.
  - Krajowe Sympozjum pt. „Ochrona zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem”, Kraków, 23-26 czerwca 1993, w ramach I Międzynarodowych Targów Sprzętu i Technologii Ochrony Środowiska Naturalnego ECOEXPO'93.

Organizator: Polski Komitet IAWQ we współpracy z Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW.

- Krajowe Sympozjum pt. „Proekologiczna gospodarka wodna w zakresie zaopatrzenia w wodę”, Warszawa, 1994. Organizator: Polski Komitet IAWQ we współpracy z Polskim Komitetem IWSA oraz Zakładem Gospodarki Wodnej IMGW.

### 9.3. Nagrody i wyróżnienia

Pracownicy naukowo-badawczy zakładu wykazali dużą aktywność naukową, szczególnie od roku 1990, otrzymując nagrody I stopnia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (Mosznice), a następnie Ministra Środowiska za prace:

- „Technologia beztlenowo-tlenowa oczyszczania ścieków” – Marek Gromiec z zespołem (1991),
- „System informatyczny obiektów oczyszczalni ścieków” – Marek Gromiec z zespołem (1992),
- „Kondycjonowanie osadów ściekowych za pomocą koagulantu chitozanowego” – Marek Gromiec z zespołem (1993),
- „Opracowanie i zastosowanie systemu informacji geograficznej i symulacji komputerowej jakości wody w Masterplanie rzeki Utrarty – Marek Gromiec z zespołem (199),
- „Podstawy naukowe Strategii Ochrony Krajowych Zasobów Wodnych przed Zanieczyszczeniem” – Marek Gromiec z zespołem (199),
- „Obliczanie przepływu nienaruszalnego. Poradnik” – zespół w składzie: Krzysztof Witowski, Andrzej Filipkowski, Marek Gromiec (2002),
- „Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych”. Informator – zespół w składzie: Marek Gromiec, Paweł Błaszczyk, Halina Kłoss-Trębaczkiwicz, Elżbieta Osuch-Pajdzińska, Ryszard Wenda, Lidia Gutowska-Siwiec, Krzysztof Witowski (2005).

Natomiast, w 2007 roku, Zakład Gospodarki Wodnej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej otrzymał prestiżową nagrodę postaci dyplomu i statuetki „Zielony Laur – 2007”, nadaną przez Kapitułę Polskiej Izby Gospodarcza „Ekorozwój”, za opracowanie systemu wczesnego ostrzegania przed awaryjnymi zanieczyszczeniami dla ujęć wody.

#### 9.4. Wydawnictwa zwarte

Wyniki badań, wykonanych w Zakładzie Gospodarki Wodnej IMGW, zostały przedstawione w wielu raportach i artykułach oraz opublikowane w formie książkowej:

- „Obliczanie przepływu nienaruszalnego-poradnik”. Aut.: Krzysztof Witowski, Andrzej Filipkowski, Marek J. Gromiec. Wydanie I. Wydawca IMGW- Zakład Gospodarki Wodnej, Warszawa 2001; Wydanie II rozszerzone. Seria: Monografie IMGW. Wydawca IMGW, 2008, s.123. ISBN 978-83-61102-05-2.
- „Polityka wodna Unii Europejskiej w Dyrektywie Ramowej 2000/60/UE i jej implikacje dla Polski. Aut.: Marek J. Gromiec. Wydanie III zmienione. Monografie, Seria: Wodociągi i Kanalizacja, Nr 2. Wydawca Zarząd Główny PZITS, Warszawa 2002, s.150. ISBN 83-87792-20-9.
- „Controlling non-point pollution in Polish catchments. Eds Marek J. Gromiec, Jorgen Krogsgaard Jensen. PNC IWA, vol. 19. DHI Water& Environment / IMWM, Copenhagen – Warsaw 2005. ISBN 83-902061-6-1.
- „Zmiany jakości wody wybranych zbiorników wodnych”. Red. Marek Gromiec, Jan Dojlido. Seria: Monografie IMGW. Wydawnictwa IMGW, Warszawa 2006, s. 136. ISBN 83 88897-76-4.
- „Trendy zmian jakości wód rzek i jezior”. Praca zbiorowa, red. Marek Gromiec. Wydawca IMGW, Warszawa 2005, s. 200. ISBN 83-88897-52-7.
- „Systemy podejmowania decyzji w gospodarce wodnej”. Praca zbiorowa, red. Marek Gromiec. Wydawca IMGW 2006, s. 311. ISBN 83-88897-59-4.
- „System informacyjny o zlewni rzeki Świder”. Praca zbiorowa pod red. Marka Gromca, Jana Dojlido, Jerzego Kloze. Seria: Monografie IMGW. Wydawnictwa IMGW, Warszawa 2006, s. 160. ISBN 83-88897-78-0.
- „Zastosowanie GIS w meteorologii i gospodarce wodnej”. Praca zbiorowa, red. Marek Gromiec. Seria: Monografie IMGW. Wydawnictwa IMGW, Warszawa 2006, s. 273. ISBN 83-88897-70-5.
- „Automatic water quality monitoring and warning system-Theory and practice. Eds Marek J. Gromiec, Jesper Duwe Nielsen. Published by IMWM – Department of Water Management, Warsaw-Aarhus 2006, p. 273. ISBN 83-88897-79-9.
- „Modelowanie matematyczne wód podziemnych – Przykłady zastosowań Praca zbiorowa, red. Marek Gromiec., Wydawcy: Europejskie Centrum Ekologiczne, Polski Komitet IWA, Warszawa 2007, s.422. ISBN 978-83-902061-8-9.
- „Ochrona ujęć wody przed zanieczyszczeniem – Poprawa jakości wody dla Warszawy. Seria Polskiego Komitetu IWA, tom 22. Wydawca MPWiK w m.st. Warszawie S.A. Warszawa 2007, s. 303. ISBN 978-83-902-061-72.

- „Rozwój systemu wodociągowo-kanalizacyjnego. 80 lat Wodociągów Radomskich (1927-2007). Aut.: Marek J. Gromiec, Marek Gózdź. Seria Polskiego Komitetu IWA, tom 25. Wydawca Wodociągi Miejskie w Radomiu. Radom 2008, s. 162. ISBN978-83-902061-9-6.
- „Zastosowanie nowych technologii w sektorze środowiska”. Red. Marek Gromiec, Norbert Słowik. Wydawca Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Warszawa 2006, s. 403. ISBN 83-915678-8-5.
- „Modelowanie matematyczne jakości powierzchniowych wód płynących-Przykłady zastosowań”. Praca zbiorowa pod kier. Marka J. Gromca. Seria: Monografie. Wydawnictwa IMGW, Warszawa 2008, s. 302. ISBN 978-83-88897-98-6.
- „Systemy informacyjne w zlewniowej gospodarce wodnej. Praca zbiorowa pod kier. Marka J. Gromca. Seria: Monografie. Wydawnictwa IMGW, Warszawa 2008, s. 496. ISBN 978-83-88897-97-9.
- „Zastosowanie modeli matematycznych i systemów informacyjnych w zlewniowej ochronie wód powierzchniowych przed zanieczyszczeniem. Aut.: Marek J. Gromiec. Seria: Monografie. Wydawca IMGW, Warszawa 2008, s. 136. ISBN 978-93-61102-11-3.
- „Modelowanie matematyczne zanieczyszczeń obszarowych pochodzenia rolniczego- wdrażanie dyrektywy azotanowej. Aut: Marek J. Gromiec. Monografie Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania, Oficyna Wydawnicza WSEiZ, Warszawa 2011, s. 222. ISBN 978-83-62057-92-4.

## 10. Podsumowanie

### 10.1. Zmiany zarządzania gospodarowaniem wodą w kraju

Zarządzanie zasobami wodnymi w Polsce, na przestrzeni ostatnich stu lat, doświadczyło rozliczne zmiany i reorganizacje, przyjmując różne nazwy i struktury organizacyjne. Po odzyskaniu niepodległości, całokształt spraw gospodarki wodnej powierzono Ministerstwu Robót Publicznych. W roku 1922, uchwalono pierwszy akt prawny regulujący sprawy gospodarki wodnej W RP ustawę wodną z dnia 19 września 1922 roku, której tekst jednolity, po szeregu uzupełnieniach, opublikowano w roku 1928 (Dz. U. RP z 1928, nr 62, poz.574).

W roku 1929, odbył się Pierwszy Polski Zjazd Hydrotechniczny. Warto też przypomnieć, że w 1933 roku, ukazał się bardzo dobry podręcznik pt. „Hydrologia”, autorstwa: prof. Mieczysława Rybczyńskiego, prof. dr Karola Pomianowskiego i doc. dr Kazimierza Wóycickiego – wydanie jubileuszowe z okazji XV-lecia Koła Inżynierii Wodnej Studentów Politechniki Warszawskiej (1916-1931), które wydało go wspólnie z Komisją Wydawniczą Towarzystwa Bratniej Pomocy Studenckiej Politechniki Warszawskiej. Podręcznik ten przeznaczony był do użytku inżynierów hydrotechników i został sfinansowany przez Ministerstwo Robót Publicznych i Państwowy Bank Rolny.

W 1932 roku, zniesiono Ministerstwo Robót Publicznych, a kompetencje administracji gospodarki wodnej zostały podzielone pomiędzy trzy ministerstwa. Ministerstwo Spraw Wewnętrznych zajmowało się wodociągami i kanalizacją, przy czym, już od roku 1930, istniała przy tym ministerstwie Międzyministerialna Komisja Ochrony Rzek przed Zanieczyszczeniem. Ministerstwo Rolnictwa i Dóbr Państwowych zajmowało się melioracjami i budową kanałów, zabudową potoków górskich i budową zbiorników. Ministerstwo Komunikacji przejęło sprawy związane z regulacją i utrzymaniem rzek dla celów żeglugi i spławu oraz nadzór nad ruchem na drogach wodnych. W roku 1935. założono czasopismo „Gospodarka Wodna”, liczące obecnie 90 lat. Sytuacja taka praktycznie utrzymywała się do wybuchu drugiej wojny światowej. Natomiast, podczas okupacji, w Generalnej Guberni, działały trzy Dyrekcje Gospodarki Wodnej: w Krakowie, Lwowie i Warszawie.

Po drugiej wojnie światowej, w roku 1945 powołano Ministerstwo Komunikacji z Departamentem Dróg Wodnych, a w 1948 roku powstała Dyrekcja Dróg Wodnych z Państwowymi Zarządami Wodnymi. W 1951 roku, powstało Ministerstwo Żeglugi i powołano Centralne Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Wodnego (CBSiPBW) „Hydroprojekt”. Od 1952 roku, działały Zarządy Okręgowe Dróg Wodnych, a od roku 1954 – Rejony Dróg Wodnych. W czerwcu 1954 roku,

zarządzeniem Prezesa Rady Ministrów, powołano Państwową Inspekcję Ochrony Wód, natomiast, w roku 1957, utworzono Ministerstwo Żeglugi i Gospodarki Wodnej.

W dniu 17 lutego 1960 roku uchwalono ustawę o zaopatrzeniu ludności w wodę (Dz. U. z 1.03. 1960, nr 11, poz.72; zmiana Dz. U. z 1962, nr 34, poz. 150), a w dniu 30 maja 1962 roku – nową ustawę Prawo wodne (Dz. U z 11.06.1962, nr 34 poz.158). W 1960 roku, powstał Centralny Urząd Gospodarki Wodnej (CUGW), powołano też Okręgowe Zarządy Wodne. W dniu 1 kwietnia 1960 roku powołano do życia, podległy temu urzędowi – Instytut Gospodarki Wodnej (IGW), który prowadził prace naukowo badawcze i usługowe w zakresie: zwiększenia dyspozycyjnych zasobów wodnych i polepszenia ich wykorzystania, oczyszczania ścieków i ochrony wód, budownictwa. Powierzono mu również opracowanie planu perspektywicznego gospodarki wodnej w oparciu o plany regionalne. W 1963 roku, powstał opracowany przez IGW „Ogólnopolski perspektywiczny plan rozwoju gospodarki wodnej na lata 1961-1980”. Warto dodać, że w roku 1965, ukazał się podręcznik prof. Juliana Lambora pt. „Podstawy i zasady gospodarki wodnej”, wydany przez Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.

W styczniu 1966 roku, została podpisana rządowa umowa z Funduszem Specjalnym ONZ na prace badawcze w dziedzinie ochrony wód przed zanieczyszczeniem. Rządowym organem do spraw realizacji badań był CUGW, instytucją wykonawczą prowadzącą badania- IGW, a organem wykonawczym z ramienia funduszu była Światowa Organizacja Zdrowia (WHO). Główny obszarem prowadzenia badań, w okresie 1966- 1970, było Zagłębie Śląsko- Dąbrowskie, a prace badawcze obejmowały trzy problemy. Pierwszym problemem, były techniczne i ekonomiczne zasady oczyszczania ścieków w oczyszczalniach grupowych oraz wykorzystanie zdolności samooczyszczania wód powierzchniowych. Drugi problem, dotyczył badań nad ustaleniem metod i środków ochrony wód przed skutkami zrzutów wód nadmiernie podgrzanych z elektrowni ciepłych oraz utylizacji tych wód. Trzeci, związany był z badaniami nad ochroną wód przed nadmiernym zasoleniem.

W 1972 roku, zlikwidowano CUGW, co spowodowało likwidację Centralnego Zarządu Dróg Śródlądowych i powołanie Okręgowych Dyrekcji Gospodarki Wodnej. Równocześnie, w 1972 roku, sprawy gospodarki wodnej podzielono na: Ministerstwo Rolnictwa; Ministerstwo Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska (powołane w roku 1972); Ministerstwo Komunikacji. Utworzony IMGW podporządkowano Departamentowi Nauki i Techniki Ministerstwu Rolnictwa, które przejęło sprawy związane z ilościową gospodarką wodną. Sprawy związane z żeglugą ż podporządkowano Ministerstwu Komunikacji.

W roku 1983, powołano Urząd Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, a po przyłączenia do niego Ministerstwa Leśnictwa oraz Centralnego Urzędu

Geologii, zmieniono nazwę na Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (MOŚZNiL), którym istniały: Departament Ochrony Wód i Departament Gospodarki Wodnej. W 1991 roku, utworzono siedem Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej (RZGW). W 1997 roku nastąpiła nowelizacja Prawa wodnego. W 1998 roku, w miejsce Departamentu Gospodarki Wodnej utworzono Departament Zasobów Wodnych, a w 1999 roku samo ministerstwo zmieniło nazwę na Ministerstwo Środowiska. Równocześnie wydano rozporządzenie o połączeniu RZGW z Okręgowymi Dyrekcjami Gospodarki Wodnej (ODGW). Połączone RZGW rozpoczęły działać z dniem 1 stycznia 2000 roku. W maju 2000 utworzono Biuro Gospodarki Wodnej.

Okres przedakcesyjny to trudny dla krajowej gospodarki wodnej proces transpozycji wielu dyrektyw wodnych do krajowego porządku prawnego, szczególnie z zakresu ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem. Dodatkowo, Wspólnota Europejska, której Polska stała się członkiem prawnym w dniu 1 maja 2004 roku, wprowadziła, od grudnia 2000 roku dyrektywę ramową (2000/60/UE, ustanawiającą ramy dla działalności Wspólnoty w dziedzinie gospodarki wodnej.

W dniu 7 czerwca 2001 roku uchwalono ustawę o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków). Po opublikowaniu tekstu jednolitego tej ustawy w dniu 12 czerwca 2006 roku (Dz. U. z 2006 nr 123, z póź. zm.), do 2010 roku pojawiło się dziewięć jej nowel. W dniu 18 lipca 2001 roku nastąpiło uchwalenie przez Sejm RP nowej ustawy Prawo wodne. W dniu 30 czerwca 2006 roku nastąpiła likwidacja Biura Gospodarki Wodnej w Ministerstwie Środowiska, a w dniu 1 lipca 2006 roku utworzono Urząd Prezesa Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej (KZGW).

Obecnie, obowiązuje nowa ustawa Prawo wodne z dnia 20 lipca 2017 roku (Dz. U. poz.1566), która w zakresie swojej regulacji wdrożyła osiem dyrektyw wodnych, w tym: wspomnianą dyrektywę 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 roku- (Dz. Urz. WE L 375 z 31,12.2000), jak też dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/56/WE z dnia 17 czerwca 2008 roku – ustanawiającą ramy działania Wspólnoty w dziedzinie polityki środowiska morskiego, zwaną dyrektywą ramową w sprawie strategii morskiej (Dz. Urz. UE L 164 z 25. 06. 2008).

Według nowej ustawy z 2017 roku, minister właściwy do spraw gospodarki wodnej stał się naczelnym organem administracji rządowej właściwym w sprawach gospodarowania wodami. a Państwowa Rada Gospodarki Wodnej (PRGW) stała się organem opiniodawczo-doradczym tego ministra. Obecnie, Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej (MGMiŻŚ) zajmuje się gospodarką morską i gospodarką wodną, żegluga śródlądową i rybołówstwem, a za gospodarkę wodną odpowiedzialny jest Departament Gospodarki Wodnej i Żeglugi Śródlądowej,



a gospodarka wodna została wyłączona z Ministerstwa Środowiska. Zarządzanie zasobami wodnymi realizowane jest z uwzględnieniem podziału terytorium RP na: obszary dorzeczy, regiony wodne i zlewnie. Ich granice ustaliło nowo powołane Państwowe Gospodarstwo Wodne (PGW) „Wody Polskie”, które wykonuje prawa właścicielskie dla wód publicznych stanowiących własność Skarbu Państwa, w stosunku do: śródlądowych wód płynących i wód podziemnych (z wyłączeniem śródlądowych wód wodnych o szczególnym znaczeniu transportowym).

Trudno jest przewidzieć jak będzie wyglądać zarządzanie zasobami wodnymi do końca tego stulecia. Wydaje się jednak, że wraz ze wzrostem globalnego znaczenia wody, jako nieodnawialnego i strategicznego zasobu, nieuchronne stanie się pełnego wprowadzenie zintegrowanego zarządzania wodą.

## **10.2. Zmiany w strukturze resortowych jednostek naukowych związanych z wodą**

Wprowadzane często zmiany w zarządzaniu zasobami wodnymi wpływały na resortowe jednostki naukowo-badawcze związane z gospodarką wodną oraz na ich finansowanie i stan. W integracji i utrzymaniu kadry instytutów resortowych, pomagały natomiast okresowo wprowadzone programy o charakterze badawczo – rozwojowym. Do jednostek resortowych należały :IGK i IOŚ, IGW, PIHM i IMGW, o różnym zakresie działalności w gospodarce wodnej. W pewnym stopniu, wprowadzane programy wspomagały praktyczne wykorzystanie potencjału uczelni wyższych związanych z wodą. Pierwszym dużym programem gospodarki wodnej był rozpoczęty w roku 1976 Program Rządowy (PR-7) pn. „Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych w Polsce”, którego prace zakończyły się w roku 1985. Następnym programem to Centralny Program Badawczo-Rozwojowy (CBBR 11.12) pt. „Gospodarka Wodna”, a jednym z kolejnych programów był duży Program Badawczy Zamawiany Ministra Środowiska (PBZ) w KBN pt. „Strategia ochrony zasobów przed zanieczyszczeniem z punktu widzenia ochrony zdrowia, przyrody i potrzeb gospodarczych”. Programy, realizowane przez IMGW, dotyczyły głównie zakładów naukowych, natomiast służby instytutu były prawie zawsze nie były dofinansowane, co powodowało nakładanie na zakłady badawcze coraz większych obciążeń finansowych. Należy w tym względzie docenić doniosłą rolę Narodowego Funduszu i Gospodarki Wodnej, który wspierał służby finansowo.

Z przedstawionego powyżej rysu historycznego zarządzania zasobami wodnymi, wskazującego na ciągłe zmiany administracji gospodarki wodnej, wynika całkowity brak stabilności, zarówno na szczeblu centralnym, jak i regionalnym. Mało czytelny był podział zadań i kompetencji między powoływanymi organami,

który cechował brak zrozumienia dla całokształtu potrzeb gospodarki wodnej. Regulowanie przez wiele ministrów różnych spraw korzystania z wód do różnych celów, niekorzystnie wpływało na gospodarkę wodną, przy ciągłym jej nie dofinansowaniu. Co istotne, działo się to w kraju o bardzo szczupłych i nadmiernie zanieczyszczonych zasobach wodnych, doświadczającym powodzi i susz. Nie szanowano zasad zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi, co nie sprzyjało rozwiązywaniu złożonych ilościowo – jakościowych problemów wodnych. Zasadnicze zmiany w gospodarowaniu wodą zaczęły następować dopiero po roku 2000 i wejściu w życie unijnej ramowej dyrektywy wodnej dotyczącej polityki wodnej w dorzeczeniach i zlewniach. Przystąpienie do Unii Europejskiej stworzyło bowiem warunki dla tego systemu zarządzania gospodarką wodną.

Warto w tym miejscu przypomnieć, że już w drugiej połowie XX wieku Ekonomiczna Komisja Gospodarcza ONZ skierowała do rządów państw następujące zalecenie:

*„Najlepszym sposobem uprawiania zarządzania zasobami wodnymi jest utworzenie organów regionalnych dla poszczególnych dorzeczy, dla części dorzeczy lub grup małych dorzeczy w dostosowaniu do warunków geograficznych i administracyjnych każdego państwa”.*

W wieku XXI, praktycznie od 2000 roku, w Unii Europejskiej w formie postanowień ramowej dyrektywy wodnej, następuje era tzw. Zintegrowanego Gospodarowania Zasobami Wodnymi – ZGZW (ang. Integrated Water Resources Management- IWRM). Według Globalnego Partnerstwa Wodnego (ang. Global Water Partnership, 2000) jest to *proces, który promuje skoordynowany rozwój i gospodarowanie wodą, ziemią i związanymi zasobami, aby maksymalizować wynikający dobrobyt ekonomiczny i społeczny w sposób sprawiedliwy, bez narażania trwałości życiowych ekosystemów.*

Proces ten otworzył nowe możliwości dla dalszego rozwoju nauki i praktycznego zastosowania nowych rozwiązań w gospodarowaniu wodą i ochronie stanu wód. Przy występującym kryzysie wodnym w XXI wieku, koncepcja ZGZW łączy cele ekologiczne z celami społecznymi i ekonomicznymi, uwzględniając problem zmian klimatycznych, który zwiększa ryzyko ekstremalnych zjawisk, w tym powodzi i suszy.

### **10.3. Działalność zakładu naukowego IMGW – Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie**

Ponad 100-letnia działalność Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej i blisko 50-letnia działalność naukowo-badawcza, przedstawiona w pewnym okresie czasu, jednego z jego zakładów naukowych, a mianowicie-Zakładu Gospodarki

Wodnej w Warszawie, odzwierciedla z jednej strony historię zarządzania gospodarowaniem krajowymi zasobami wodnymi, a z drugiej zmiany w strukturze resortowych jednostek naukowych związanych z wodą i możliwości realizacji prac naukowo-badawczych.

Przedstawiona działalność Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie IMGW przypadała na okres niezwykle ważnych zmian, które zaszły w tym czasie w Polsce, takich jak: transformacji gospodarki centralnego planowania na gospodarkę rynkową, okres przedakcesyjny, członkostwo w NATO i w Unii Europejskiej. W okresie tym, zaszły również zasadnicze zmiany w: gospodarowaniu wodą, zarządzaniu zasobami wodnymi, prawodawstwie wodnym, co wywarło zasadniczy wpływ na strukturę resortowych jednostek naukowych i ich działalność. Zmiany spowodowały między innymi konieczność zdobywania środków finansowych z zewnątrz, ale też pewien wzrost stopnia: samodzielności Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie w wyborze tematyki badawczo-naukowej, w tym wzrost w: finansowaniu zadań, zaangażowania pracowników w realizacji projektów indywidualnych i zbiorowych, a szczególnie zwiększenie współpracy międzynarodowej i krajowej w działalności komercyjnej.

W działalności międzynarodowej zakładu, należy podkreślić dłużej współpracę ze Stanami Zjednoczonymi Ameryki Północnej (USA), Danią, Szwecją, Finlandią, Norwegią, Wielką Brytanią i Japonią. Sprzyjały temu również zawarte umowy i porozumienia na szczeblu rządowym. Pod względem merytorycznym, najbardziej owocna merytorycznie dla pracowników zakładu była współpraca z Amerykańską Agencją Ochrony Środowiska (ang. US EPA) i amerykańskimi uczelniami wyższymi (Uniwersytet Teksasu w Austin, Uniwersytet Północnej Karoliny, Uniwersytet Stanu Iowa, Uniwersytetem Pensylwanii). Współpraca z US EPA, szczególnie z Laboratorium w Athens, Georgia i jego Centrum Modelowania, pozwoliła na transfer wiedzy z zakresu modelowania matematycznego, systemu informacji geograficznej (GIS) oraz na zakup niezbędnego sprzętu komputerowego, w tym stacji roboczej IBM RISK, oprogramowania oraz laboratorium ruchomego. Korzystna dla pracowników zakładu była również możliwość odbycia stażu w amerykańskim centrum modelowania. Powyższe niewątpliwie przyczyniło się do realizacji międzynarodowych projektów badawczo-wdrożeniowych o charakterze praktycznym, czego przykładem była komercyjna współpraca z firmami światowymi z Wielkiej Brytanii i Japonii, w wyniku wygrania konkursu międzynarodowego w Wiedniu. Bardzo dobrze przebiegała współpraca z państwami skandynawskimi, w tym z Danią, Finlandią, Szwecją i Norwegią.

Powyższa współpraca z zagranicą, spowodowała, że zakład nie tylko realizował wspólne projekty z instytucjami krajowymi, ale współpracował z renomowanymi instytucjami za granicą. Pracownicy zakładu realizowali projekty w ośrodkach

zagranicznych, takich jak: Międzynarodowy Instytut Stosowanej Analizy Systemów w Laxenburgu (Austria), Urząd Gospodarki Wodnej w Helsinkach (Finlandia), Uniwersytet w Hamburgu (FRN), Uniwersytet w Oulu (Finlandia), Uniwersytety w Goteborgu i Linkoping (Szwecja), Centrum Badań Uniwersytet Tohoku w Sendai (Japonia), Azjatycki Uniwersytet Technologii w Bangkoku (Tajlandia), Instytut Inżynieryjno – Budowlany w Kijowie (Ukraina).

W trakcie swojej działalności, zakład gościł luminarzy światowej nauki i praktyki w gospodarce wodnej takich jak: prof. James Barnard, prof. Davis Ford, prof. Ernest Gloyna, prof. Sven Jorgensen prof. W. Wesley Eckenfelder, prof. Richrad Engelbrecht, prof. Joseph Malina, prof. Junichiro Matsumoto, prof. Rosemarie Russo, prof. Robert Thurston i wielu innych, w tym dyrektorów US EPA, takich jak Robert Bunch, Frank Middleton i Walt Foster. Warto dodać, że zakład pełnił również rolę sekretariatu Polskich Komitetów dla działających obecnie w skali światowej i europejskiej: Międzynarodowego Stowarzyszenia Wody oraz Europejskiego Stowarzyszenia Wody.

W kraju, Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie przyczyniał się w swoich pracach badawczo-rozwojowych do budowania podstaw naukowych i rozwiązywania problemów zintegrowanej gospodarki wodnej w zlewniach, jak też opracował wiele systemowych rozwiązań dla potrzeb służb instytutu. W przedstawionym okresie, zakład wyspecjalizował się w: tworzeniu zintegrowanych systemów informacyjnych gospodarki wodnej opartych o systemy informacji geograficznej (GIS), w stosowaniu zintegrowanych modeli matematycznych z systemami informacji geograficznej, a nawet z technikami teledetekcyjnymi w zlewniowej ochronie wód przed zanieczyszczeniem. Świadczą o tym liczne przykłady praktycznych zastosowań dla wybranych rzek. Równocześnie, zakład wprowadzał nowoczesne narzędzia informatyczne oraz tworzył nowe rozwiązania techniczne i technologiczne. Świadectwem tego stanowią między innymi: automatyczny monitoring ilości i jakości wód płynących czy też techniki i technologie oczyszczania ścieków. W zakładzie stworzono również pierwszy skomputeryzowany rocznik hydrologiczny, komputerowy atlas potrzeb i niedoborów wodnych roślin, nową metodę obliczania przepływu nienaruszalnego, jak też zakład wniósł zasadniczy wkład w stworzenie mapy cyfrowej nowego podziału hydrograficznego kraju, systemu informacyjnego o komunalnych oczyszczalniach ścieków i rozwój ekonomiki ochrony wód. Wyniki programu badawczego (PBZ 28-02) dotyczącego strategii ochrony zasobów wodnych, zamówionego przez ministra środowiska w KBN, zostały wykorzystane w procesie negocjacji Polski z Unią Europejską w dziedzinie środowiska wodnego oraz stanowiły podstawę naukową dla opracowania Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK), którego realizacja w kraju, w postaci budowy oczyszczalni ścieków i systemów

kanalizacyjnych, poprawiła i nadal poprawia stan jakości wód. Zakład stanowił również kuźnię kadr dla wyższych uczelni, firm konsultingowych oraz administracji państwowej. między innymi cztery osoby objęły stanowiska dyrektorów departamentów ministerstwa ochrony środowiska.

Wyrażam szacunek i podziękowania dla wszystkich Koleżanek i Kolegów Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie IMGW za zaangażowanie i trud w realizacji wykonywanych projektów. Za wsparcie merytoryczne serdecznie dziękuję Lidii Gutowskiej-Siwiec, Andrzejowi i Alinie Filipkowskim, Markowi Ślesickiemu, Pawłowi Trandziukowi; nieodżałowanemu Krzysztofowi Witowskiemu – który zmarł zdecydowanie za wcześnie, jak też Rafałowi Miłaszewskiemu – w tym również za naszą przyjaźń trwającą od czasu studiów na Politechnice Warszawskiej. Bardzo dziękuję moim bliskim i długoletnim pracownikom: Urszuli Piotrowskiej – za profesjonalne prowadzenie sekretariatu i Piotrowi Zielińskiemu – za to, że pracuje ze mną do chwili obecnej. Szczególne podziękowanie kieruję do Lidii Gutowskiej-Siwiec- mojemu zastępcy, bez której tych sukcesów zakładu by nie było .

#### 10.4. Epilog

Zakłady badawcze Pionu Gospodarki i Inżynierii Wodnej IMGW w Warszawie, w tym: Zakład Geotechniki, Zakład Fizyki Wody, Zakład Chemii i Biologii Wody oraz Zakład Gospodarki Wodnej, związane z gospodarką wodną i ochroną wód, przestały praktycznie istnieć po 2008 roku. W roku 2009, pracownicy Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie zostali przeniesieni organizacyjnie do Krakowa, a część z nich zatrudniła się w innych instytucjach. Mimo to, że bardzo lubię Kraków, gdzie w 1967 roku odbyłem niezapomniany staż pracy po studiach, w ramach zatrudnienia w b. IGW, a miejscowość Gromiec (wraz z wodowskazem o tej nazwie na Wiśle), leżą blisko pięknego miasta Krakowa, to uważam, że likwidacja Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie nie była uzasadniona pod względem merytorycznym. Również zlikwidowanie w Warszawie pozostałych zakładów naukowych IMGW związanych z wodą, jak też zakładów naukowych instytutu zajmujących się ochroną wód w innych miastach, stanowiło krótkowzroczną i nie merytoryczną decyzję.

Podział kraju na zlewnie i na Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej jest ściśle związany ze specyfiką danej zlewni i występującymi na jej obszarze problemami wodnymi oraz koniecznością ich zbadania i zaproponowania efektywnego rozwiązania. Pragnę dodać, że również krakowski twórca, kompozytor i piosenkarz Andrzej Sikorowski z Grupy pod Budą wykonywał wielokrotnie przebój: „Nie przenoście nam stolicy do Krakowa”, chociaż oczywiście w innym kontekście.

Wszyscy wiemy, że zburzyć jest znacznie łatwiej niż zbudować, mimo to jestem przekonany, że wraz z rosnącymi problemami związanymi ze zmianami klimatycznymi i kryzysem wodnym oraz walką o czystość krajowych wód, Zakład Gospodarki Wodnej w Warszawie i inne zakłady naukowe związane z wodą, tak jak Feniks – pijący czystą wodę życia, jeszcze się odrodzą z popiołu.

## O Autorze



Profesor Marek Gromiec, dr hab. nauk technicznych, ur. 14 września 1943 roku w Warszawie. Absolwent Wydziału Inżynierii Sanitarnej i Wodnej Politechniki Warszawskiej oraz Wydziału Inżynierii Ochrony Środowiska Uniwersytetu Teksasu w Austin, USA. Użył dyplomu międzynarodowego kursu pt.: „Zintegrowane Zarządzanie Zasobami Wodnymi” w Departamencie Gospodarki Wodnej Stanów Zjednoczonych w Waszyngtonie, D.C. Ekspert ONZ, którego przedmiotem działalności jest gospodarka wodna, szczególnie ochrona wód przed zanieczyszczeniem, technologia wody i ścieków.

Pracował za granicą w: Centrum Badań Zasobów Wodnych – CRWR (USA), Międzynarodowym Instytucie Analiz Systemów Stosowanych - IIASA (Austria), Technicznym Centrum Badawczym – VTT (Finlandia), Azjatyckim Instytucie Technologii - AIT (Tajlandia). Jako ekspert ONZ realizował projekty techniczne z ramienia UN HABITAT oraz UNIDO, był konsultantem UN w Birnie, członkiem Komisji Hydrologicznej WMO, a jako ekspert brał udział w projektach międzynarodowych, w tym w projekcie CCMS NATO dotyczącym eutrofizacji wód na świecie, z ramienia US EPA. W 2010 roku, na zaproszenie Przewodniczącego 65-tej sesji Zgromadzenia Ogólnego ONZ, uczestniczył w Nowym Jorku jako przewodniczący delegacji RP, w interaktywnym dialogu Wysokiego Szczebla na temat problematyki wody na świecie, jak też w konferencji Wysokiego Szczebla w Duszanbe, Tadżykistan. W roku 2011, z ramienia EKG ONZ, był przewodniczącym Okrągłego Stołu Ministerialnej Konferencji pt. „Środowisko dla Europy” w Astanie, Kazachstan. Reprezentant Polski na Światowe Forum Wodne w Stambule (2009) i Marsylii (2012) Wykładał za granicą na wyższych uczelniach: Uniwersytecie Teksasu w Austin (jako profesor wizytujący), Uniwersytecie Oulu (Finlandia), Uniwersytecie Tohoku w Sendai, Uniwersytecie Kanazawa, Uniwersytecie Tokio, Uniwersytecie Kyoto (Japonia).

W kraju pracował w Instytucie Gospodarki Wodnej oraz w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), gdzie był głównym technologiem, kierownikiem Zakładu Gospodarki Wodnej w Warszawie i Pełnomocnikiem Dyrektora Naczelnego ds. Projektów Specjalnych. Kierował i koordynował prace w dużych projektach wdrożeniowych. Był między innymi kierownikiem Projektu Badawczego Zamawianego Ministra Środowiska pt. „Strategia ochrony zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem z punktu widzenia ochrony zdrowia i przyrody oraz potrzeb gospodarczych”, w którym opracowano strategię ochrony wód dla Polski. Wyniki tego projektu stanowiły podstawę opracowania Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych i były wykorzystane w procesie negocjacji Polski z Unia Europejską. W 2009 roku przeszedł na emeryturę nie przerywając pracy zawodowej.

Pełnił szereg funkcji: doradcy ministra środowiska, przewodniczącego Krajowej Rady Gospodarki Wodnej (przez dwie kadencje, 2002-2010), przewodniczącego Rady EkoFunduszu, sekretarza i członka Prezydium Państwowej Rady Ochrony Środowiska,

przewodniczącego Zespołu ds. Ochrony Środowiska Komitetu Badań Naukowych, zastępcy Przewodniczącego Międzyresortowego Zespołu do Spraw Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych, wiceprzewodniczącego Krajowej Komisji Ocen Oddziaływania na Środowisko, członka Rady Nadzorczej Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (2007-2012), przewodniczącego Rady Naukowo-Technicznej Warszawskiego Przedsiębiorstwa Robot Inżynieryjnych „Hydrocentrum”, członka Rady Nadzorczej Biura Projektów „Hydroprojekt”, prezesa zarządu przedsiębiorstwa Innowacyjnego „Envirotex”, prezesa Zarządu Stowarzyszenia Ekorozwój. Był przedstawicielem rządu RP w Międzynarodowej Radzie Europejskiego Regionalnego Centrum Ekohydrologii UNESCO, członkiem Komitetu Monitorującego Program Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW), członkiem Wspólnego Komitetu Polsko-Amerykańskiego Funduszu im. M. Curie-Skłodowskiej, członkiem Komisji Aprobata Technicznych IOŚ.

W okresie 2011-2015 był stałym ekspertem w Komisji Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa Sejmu RP oraz przewodniczącym Zespołu Ekspertów Komisji Środowiska Senatu RP. Został reprezentantem Polski w Międzynarodowej Komisji Jakości Wody Asocjacji Nauk Hydrologicznych, z ramienia PAN. Był wiceprzewodniczącym Komitetu do Spraw. Zagrożeń w Gospodarce Wodnej przy Prezydium Polskiej Akademii Nauk (PAN) oraz członkiem Komitetu Gospodarki Wodnej PAN i Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. Pełnił również funkcje: przewodniczącego Komisji Gospodarki Wodno-Ściekowej Krajowej Rady Gospodarki Wodnej oraz przewodniczącego Polskiego Komitetu Naukowo-Technicznego ds. Gospodarki Wodnej SITWM- NOT.

W kraju wykładał technologię wody na Uniwersytecie Gdańskim. a obecnie wykłada w Wyższej Szkole Ekologii i Zarządzania w Warszawie oraz na Politechnice Warszawskiej, gdzie od roku 2014 jest przewodniczącym Rady Doradczej Wydziału Instalacji, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska. Członek Rady Biznesu przy Wydziale Biologii i Nauk o Środowisku Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, w kadencji 2016-2020. Od 2016 roku jest ekspertem ds. Gospodarki Wodnej Komisji Senatu RP, a w roku 2020 został powołany na członka Państwowej Rady Gospodarki Wodnej. Jest członkiem Komitetu Monitorującego Program Operacyjny Wiedza – Edukacja - Rozwój, członkiem Rady Programowej Polskiej Izby Gospodarczej „Ekorozwój”, członkiem Zespołu Ekspertów przy MPWiK w Warszawie S.A.

Otrzymał nagrody krajowe: osiem nagród kolejnych Ministrów Środowiska (1991-2005), Złotą Odznakę za Zasługi dla ochrony środowiska i gospodarki wodnej (1998), Złotą Odznakę PZITS (2004), Odznakę Honorową za zasługi dla ochrony środowiska (2005), statuetkę Laur Wodny za wkład w rozwój gospodarki wodnej - nagroda Prezesa KZGW (2008), ,Odznakę Honorową „Zasłużony dla górnictwa RP” (2009), statuetkę „Niedźwiedzia”- nagrodę JM Rektora Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania w Warszawie za całokształt pracy naukowo-dydaktycznej i badania dotyczące gospodarki wodnej i ochrony wód Bałtyku (2010), Złoty Kordelas Leśnika Polskiego (2010), statuetkę „Kropla Wody” za promocję zlewniowej gospodarki wodnej (2011), , statuetkę Hydroprojektu (2011), statuetkę Aquarina Specjalna (2012) za wybitne osiągnięcia w dziedzinie ochrony środowiska, a zwłaszcza w zaopatrzeniu i technologii wody, statuetkę Polskiej Izby Gospodarczej



„Ekorozwój” (2017), statuetkę Klucz Sukcesu (2019) za szczególny wkład w rozwój branży wodociągowo-kanalizacyjnej.

Otrzymał też wyróżnienia: tytuł Honorowego Górala Łąckiego za usuwanie skutków powodzi (2002), tytuł Partner Ekologii w Kategorii Osobowość w Narodowym Konkursie Ekologicznym pod Honorowym Patronatem Prezydenta RP (2011), tytuł Partner Wydziału Biologii i Nauk o Środowisku Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego, jak też szereg medali, w tym: Medal Głównego Inspektora Ochrony Środowiska (2000), medal im. Prof. Gabriela Narutowicza IMGW (2002), Medal Międzynarodowych Sieci Organizacji Zlewniowych (2004), Medal Ligi Morskiej i Rzecznej (2008), Medal Instytutu Przemysłu Cukrowniczego (2008), Złoty Medal Izby Gospodarczej Wodociągi Polskie (2009), Medal im. Prof. Adama Loreta od Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych (2010), Medal 100-lecia Odnowienia Tradycji Politechniki Warszawskiej (2015), Medal Honorowy Państwowego Instytutu Geologicznego za wybitne zasługi dla PIG-PIB (2016), Medal Polskiej Izby Gospodarczej Ekorozwój (2017) oraz wiele medali od przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych. Został odznaczony: Srebrnym Krzyżem Zasługi (1999), Złotym Krzyżem Zasługi (2013), Medalem Senatu RP (2010), Medalem Komisji Edukacji Narodowej (2015). Laureat nagród międzynarodowych: Złoty Medal Międzynarodowego Sympozjum Wodnego w Cannes (2005), Szwedzka Nagroda Wodna Morza Bałtyckiego (2010), Nagroda Wodna Grand Prix Cannes (2010), Złota Nagroda Wodna Culligana (2010). W 2015 roku, jako absolwent Uniwersytetu Texasu w Austin, został wybrany w USA na członka Akademii Wybitnych Absolwentów Architektury, Budownictwa i Inżynierii Środowiska.

Autor i współautor około 300 publikacji naukowych i technicznych, w tym autor/współautor/edytor 30 książek i kilku patentów. Organizator 30 konferencji i sympozjów naukowo-technicznych.

Członek rad programowych czasopism naukowych i technicznych w kraju i zagranicą, członek wielu stowarzyszeń zawodowych, między innymi członek Amerykańskiej Federacji Wodnej, umieszczony w Who's Who in the Word (Marquis, USA).