

MAREK GROMIEC, ANDRZEJ SADURSKI, MACIEJ ZALEWSKI, PAWEŁ ROWIŃSKI

## Zagrożenia związane z jakością wody

### 1. Wybrane rodzaje zanieczyszczeń jako formy zagrożeń

#### 1.1. Związki organiczne

Do zanieczyszczeń chemicznych należą między innymi zanieczyszczenia organiczne stanowiące tysiące związków. Istotne znaczenie mają rozpuszczone substancje organiczne, takie jak białka, węglowodany, oleje i tłuszcze. W przypadku ścieków pochodzenia bytowo-gospodarczego substancje organiczne zwykle rozkładalne są biologicznie. Do oznaczenia tych związków organicznych stosuje się głównie wskaźniki, takie jak: biochemiczne zapotrzebowanie tlenu, chemiczne zapotrzebowanie tlenu i ogólny węgiel organiczny.

Biologicznie rozkładalne substancje organiczne, które wywierają niekorzystny wpływ na bilans tlenu wód, znalazły się jednak na ostatnim miejscu wskaźnikowej listy najważniejszych zanieczyszczeń w Załączniku VIII Ramowej Dyrektywy Wodnej – RWD (2000/60/WE). Można założyć, że takie umiejscowienie tej formy zanieczyszczeń spowodowane było faktem w znacznym stopniu rozwiązania problemu oczyszczania ścieków komunalnych w wielu starych państwach członkowskich Unii Europejskiej. Należy dodać, że substancje, które przyczyniają się do eutrofizacji, zostały umieszczone na miejscu przedostatnim, prawdopodobnie z tego samego powodu. Związki węgla, azotu i fosforu, zawarte w ściekach komunalnych, usuwane są w biologicznych oczyszczalniach, zrealizowanych zgodnie z dyrektywą dotyczącą oczyszczania ścieków miejskich, zwanej dyrektywą ściekową (91/271/EWG), co spowodowało znaczący postęp w ich usuwaniu ze ścieków.

Zupełnie inna sytuacja panuje w tym względzie w Polsce, gdzie realizacja postanowień dyrektywy ściekowej, na podstawie stosownego prawodawstwa krajowego, ujawniła, że potrzeby redukcji ładunku zanieczyszczeń organicznych rozkładalnych biologicznie wynoszą ponad 41 mln RLM (równoważna liczba mieszkańców). Wdrażanie Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK), przyjętego przez Radę Ministrów w 2003 roku, i związana z tym budowa, rozbudowa i modernizacja ponad tysiąca oczyszczalni ścieków i sieci kanalizacyjnych powoduje stopniową, ale

---

Prof. dr hab. inż. Marek Gromiec, Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania, Warszawa;  
prof. dr hab. Andrzej Sadurski, Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa;  
prof. dr. hab. Maciej Zalewski, Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Łódź;  
prof. dr hab. inż. Paweł Rowiński, Instytut Geofizyki PAN, Warszawa

znaczącą redukcję związków węgla, azotu i fosforu w aglomeracjach powyżej 2000 RLM. Powyższy program ma zostać realizowany do końca 2015 roku zgodnie z Traktatem Akcesyjnym, w którym stwierdzono, że unijne przepisy prawne w zakresie odprowadzania i oczyszczania ścieków komunalnych, określone w dyrektywie ściekowej, będą w Polsce w pełni obowiązywały od 31 grudnia 2015 roku.

Postęp technologiczny powoduje, że do wód wprowadzane są też niebezpieczne substancje organiczne pochodzenia przemysłowego, które stanowią istotną formę zagrożenia. Ważnym warunkiem osiągnięciem dobrego stanu wód, a szczególnie dobrego stanu ekologicznego, jest eliminacja czy ograniczenie zrzutów szeregu innych substancji organicznych, stanowiących istotne zagrożenie dla wód, z których znaczną część stanowią toksyczne substancje organiczne. Z punktu widzenia zagrożeń szczególnie istotne są organiczne zanieczyszczenia refrakcyjne, które nie ulegają rozkładowi biologicznemu przez mikroorganizmy, lub też rozkładane są w niewielkim stopniu, w związku z tym nie podlegają biologicznemu oczyszczaniu ścieków w oczyszczalniach komunalnych i przemysłowych. Stanowi to wyzwanie dla technologii uzdatniania wody i oczyszczania ścieków.

## 1.2. Związki azotu i fosforu

Azot i fosfor oraz ich związki odgrywają znaczną rolę w zanieczyszczeniu wód i zaliczane są do podstawowych substancji biogennych. Związki azotu wprowadzane są do wód zarówno ze źródłami punktowymi (w postaci ścieków), jak również ze spływami obszarowymi i opadami atmosferycznymi. Przemiany związków azotowych w środowisku wodnym są dość złożone.

Azot nieorganiczny występuje w dziewięciu formach, w tym najczęściej jako związki:  $\text{NH}_4^+$ , azotyny, azotany. Amoniak utleniany jest, w warunkach tlenowych, w obecności bakterii *Nitrosomonas* do azotynów, a następnie, w obecności bakterii *Nitrobacter* do azotanów, w procesie nityfikacji. Natomiast w warunkach beztlenowych następuje redukcja azotynów i azotanów, w obecności bakterii denityfikacyjnych, do tlenków azotu lub do wolnego azotu w procesie denityfikacji. W wodach naturalnych występuje naturalny obieg cykliczny: rośliny wodne czerpią azot w postaci azotanów i przetwarzają w swoich organizmach na substancje białkowe. Białko roślinne staje się pokarmem dla organizmów zwierzęcych, które nie mają zdolności bezpośredniego przyswajania nieorganicznych związków azotowych. W procesach biochemicznych organizmów zwierzęcych białko zostaje spalane, a azot wydzielony jest w postaci związków azotowych, które wracają do wód naturalnych. Azotany w glebie asymilowane są zarówno przez rośliny, jak i drobnoustroje. Część azotanów zostaje wypłukana z gleby i przedostaje się do wód, a część azotu przyswajalnego wraca do atmosfery w wyniku denityfikacji.

Związki azotowe, w ich różnych formach i w zależności od stężenia oraz warunków środowiskowych, stanowią zagrożenie, ponieważ mogą stymulować rozwój glonów, obni-

zać poziom tlenu rozpuszczonego, powodować toksyczne działania dla organizmów wodnych, wywierać wpływ na skuteczność dezynfekcji chlorem, ograniczać możliwość wtórnego wykorzystania wody i stanowić potencjalne zagrożenia zdrowotne. Azotany w dużych stężeniach w wodzie do picia są również niebezpieczne dla zdrowia ludzi, a szczególnie niemowląt.

Fosfor i jego związki, w różnych formach, przedostają się do wód powierzchniowych zarówno ze zlewni, jak i atmosfery oraz z wewnętrznych źródeł skumulowanych w postaci osadów dennych i organizmów. Źródła zewnętrzne to głównie ścieki miejskie i przemysłowe oraz spływy powierzchniowe. W ściekach oczyszczonych podstawową formę, łatwo przyswajalną, stanowią fosforany rozpuszczone, które pobierane są przez rośliny. Dlatego w śródlądowych ekosystemach wodnych często fosfor jest czynnikiem limitującym.

### 1.3. Substancje toksyczne

Substancje toksyczne stanowią szczególnie groźną grupę zanieczyszczeń wody związaną z zagrożeniami dla zdrowia i życia ludzkiego. RWD szczególny nacisk położyła na tego typu zagrożenia dla wód, wyróżniając substancje niebezpieczne i substancje priorytetowe. Substancje niebezpieczne zostały zdefiniowane jako substancje (lub grupy substancji), które są toksyczne, trwałe i zdolne do bioakumulacji, oraz inne substancje (lub grupy substancji), które wzrastają do poziomu budzącego niepokój. Substancje priorytetowe zostały również określone w RDW, a wśród nich występują priorytetowe substancje niebezpieczne.

Wskaźnikowa lista najważniejszych zanieczyszczeń, wśród której największą grupę stanowią substancje toksyczne, stanowi Załącznik VIII RDW. Obejmuje takie zanieczyszczenia, jak: związki organohalogenne, związki organofosforowe, związki cynoorganiczne, substancje o udowodnionych właściwościach rakotwórczych lub mutagennych, trwałe węglowodory, toksyczne substancje organiczne o właściwościach biokumulujących, cyjanki, metale i ich związki, arsenik i jego związki, biocydy i środki ochrony roślin, substancje w zawieszynie.

RDW jasno wskazała, że istotne są określone działania przeciwko zanieczyszczeniom stanowiącym zagrożenie dla środowiska wodnego lub poprzez środowisko wodne, szczególnie dla wód wykorzystywanych do poboru wody do picia. Zanieczyszczenia te winny być progresywnie redukowane, natomiast zrzuty emisje i straty priorytetowych substancji niebezpiecznych winny być zaprzestane lub stopniowo wyeliminowane. Ważnymi wskazówkami w tym względzie są: lista priorytetowych substancji, które stanowią znaczne ryzyko dla środowiska wodnego lub przez środowisko wodne, biorąc pod uwagę ich zagrożenie ekotoksyczne oraz zagrożenie toksyczne dla ludzi przez drogi ekspozycji wodnej, jak też zidentyfikowanie priorytetowych substancji niebezpiecznych.

Lista 33 substancji priorytetowych została ustalona na podstawie decyzji Nr 2455/2001/WE. W dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/105/WE ustalone zostały środowiskowe normy dla 33 substancji priorytetowych i 8 innych zanieczyszczeń, jak też podano wykaz substancji priorytetowych w dziedzinie polityki wodnej. Niewątpliwym jest, że lista substancji priorytetowych będzie się dalej rozszerzać wraz z dokładniejszym rozpoznaniem sytuacji w tym względzie w Unii Europejskiej.

#### 1.4. Mikroorganizmy chorobotwórcze

W wodzie występują wszystkie grupy organizmów chorobotwórczych, w tym między innymi: bakterie, wirusy, pierwotniaki, grzyby i helminty (robaki pasożytnicze). Szczególne zagrożenie stanowią patogenne bakterie i wirusy. Przykładami bakterii chorobotwórczych są drobnoustroje, takie jak: *Salmonella*, *Shigella*, *Typhus*, *Parathyphus*, *Cholera*, *Mycobacterium*, *Campylobacter*, *Yersina*. Zagrożenia zdrowotne dla ludzi mogą powodować wirusy, przykładowo: *Coxsackievirus*, *Enterowirus*, *Rotavirus*, *Adenovirus*, *Poliovirus*, *Hepatitis-A* i *E*. Istotnym jest, że w systemach zaopatrzenia ludności w wodę do celów bytowo-gospodarczych mikroorganizmy mogą występować również w postaci błon biologicznych w przewodach, co może jeszcze dalej potęgować stopień zagrożenia.

Woda skażona jest patogennymi bakteriami, wirusami i innymi patogennymi drobnoustrojami z różnych źródeł, takich jak: ścieki bytowo-gospodarcze, ścieki ze szpitali (szczególnie ze szpitali i oddziałów chorób zakaźnych), ścieki z ferm hodowlanych, odcieki ze składowisk odpadów, wody opadowe i roztopowe. Obecność tych chorobotwórczych drobnoustrojów w wodzie jest niebezpieczna, ponieważ stanowią poważne zagrożenie epidemiologiczne dla człowieka, wywołując takie choroby wywołane przez bakterie, jak: tyfus, czerwonka, cholera, dur brzuszny, gruźlica, zakażenia żołądkowo-jelitowe, schorzenia skóry czy też żółtaczkę zakaźną powodowaną przez wirusy.

W przypadku bakterii chorobotwórczych, rozprzestrzenianie tyfusu i paratyfusu (duru brzuszego) powodują *Salmonella typhi* i *Salmonella paratyphi*, czerwonkę wywołują pałeczki *Shigella flexneri*, chorobę cholery – *Vibrio Cholera*, zapalenie błony śluzowej żołądka – *Helicobacter pylori*, a ostrą biegunkę wywołuje patogenna *Escherichia coli* (pałeczka okrężnicy). Mikroorganizmy *Legionella* powodują niezwykle groźną chorobę – legionelozę, stanowiącą na świecie jedno z najistotniejszych zagrożeń infekcyjnych.

Przez wodę następuje również przenoszenie się wirusów pochodzenia ludzkiego i zwierzęcego, wywołujących poważne choroby, przykładowo: *Hepatitis-A* i *Hepatitis-E* odpowiedzialne są za wirusowe zapalenie wątroby, *Poliovirus* powoduje chorobę *Heinego-Medina*, *Rotavirus* i *Adenovirus* – zapalenie żołądka i jelita cienkiego.

Przykłady groźnych pierwotniaków występujących w wodzie stanowią *Cryptosporidium* i *Gardia*. Istnieje kilka tysięcy pierwotniaków, ale niewielka ilość stanowi poważne zagrożenie. *Cryptosporidium* wywołuje jedną z najbardziej rozpowszechnionych na świecie infekcji żołądkowo-jelitowych, którą można się zarazić przez spożycie wody. Najwięk-

szcze znaczenie posiada *Cryptosporidium parvum*, które jest szczególnie niebezpieczne dla małych dzieci, kobiet w ciąży oraz osób o obniżonej odporności. Natomiast zakażenia *Gardii lamblia* następuje przez cysty, które również przenoszone są przez wodę i stanowią zagrożenia dla zdrowia ludzi. Groźne są również *Entamoeba histolytica* powodująca czerwonkę amebową oraz ameby – szczególnie z gatunku *Acanthamoeba*. Pierwotniaki chorobotwórcze nie są limitowane w wodzie, a były już przecież powodem wielu epidemii w różnych państwach świata.

Powyższe mikroorganizmy odporne są na działanie tradycyjnych metod dezynfekcji opartych na chlorowaniu i wymagają dużego stężenia chloru i długiego czasu kontaktu, co może prowadzić do powstawania niebezpiecznych produktów ubocznych. Istotnym zagrożeniem jest również ciągle rosnąca lista organizmów chorobotwórczych o wysokiej patogenności, które występują w wodzie i nie poddają się inaktywacji lub zniszczeniu za pomocą konwencjonalnych sposobów dezynfekcji.

### 1.5. Nowe rodzaje zanieczyszczeń

Rozwój cywilizacyjny powoduje powstawanie nowych rodzajów zanieczyszczeń, które przedostają się do wód. Szczególnie narasta zagrożenie związane z przedostawaniem się substancji farmakologicznych do systemów kanalizacyjnych. Źródła farmaceutyków w ściekach to między innymi: przemysł farmaceutyczny, szpitale i zakłady stomatologiczne, zakłady weterynaryjne, jak też gospodarstwa domowe. W tych ostatnich do ścieków odprowadzane są stosunkowo często niespożyte i/lub przeterminowane środki lecznicze.

Wiele substancji leczniczych nie jest usuwane w istniejących oczyszczalniach ścieków i przedostaje się zarówno do wód podziemnych, jak i powierzchniowych. Między innymi do wód powierzchniowych przedostają się substancje z grupy niesteroidowych leków przeciwzapalnych oraz estrogeny (żeńskie hormony płciowe), które są składnikami środków antykoncepcyjnych. Stanowi to zagrożenie dla równowagi ekosystemów wodnych. W Polsce obecność środków farmakologicznych stwierdzono nie tylko w wodach dużych rzek, takich jak Wisła i Odra, rzek średnich, takich jak Warta, jak też rzek całkiem małych.

Powyższe może stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi. Przykładowo, ponieważ estrogeny kumulują się w organizmach wodnych, to przez spożywanie ryb mogą przedostawać się do organizmu ludzkiego. Nadmiar tych substancji prowadzi do uszkodzenia płodów i może przyczyniać się do wzrostu zachorowań na raka piersi i nowotworów jąder. Równie szkodliwa jest obecność substancji farmakologicznych w wodzie do picia, szczególnie dla dzieci. Zagrożenie stanowią środki stosowane w chemioterapii występujące w wodach naturalnych czy w wodzie do picia, ponieważ mają charakter mutagenny, teratogenny, embriotoksyczny i genotoksyczny.

Ważne zagrożenia powodują antybiotyki występujące w różnych rodzajach ścieków, które przedostają się do środowiska wodnego. Należą do nich antybiotyki stosowane

zarówno w leczeniu ludzi, jak i wykorzystywane w leczeniu zwierząt w gospodarstwach hodowlanych, przykładowo w fermach trzody chlewnej i stawach hodowli ryb, które powodują wiele groźnych skutków. Inne zagrożenie stanowią hormony, które powodują między innymi poważne dysfunkcje seksualne u zwierząt wodnych i ryb, zmierzające często w kierunku feminizacji. Zwiększa się też zagrożenie związane z chemioterapeutykami mającymi groźny wpływ na organizmy wodne, jak też ze środkami higienicznymi i mikroplastykami.

## 2. Wpływy antropogeniczne na jakość wód

Wpływ człowieka na jakość zasobów wodnych jest niezwykle złożony i wielostronny. Do istotnych oddziaływań na stan jakości wód należą głównie: gospodarka komunalna, rolnictwo, przemysł i komunikacja. Z uwagi na obecne i przyszłe zaopatrzenie ludności w wodę dla celów bytowo-gospodarczych ważny jest stan jakości wód, szczególnie wód podziemnych. Dlatego przedstawiono poniżej wpływy rolnictwa i zasadniczych gałęzi przemysłu – górnictwa na jakość wód.

### 2.1. Wpływ rolnictwa na jakość wód

Duży wpływ na stan chemiczny wód powierzchniowych i podziemnych wywiera rolnictwo i związane z nim systemy melioracyjne. Obowiązująca w Unii Europejskiej od 1991 roku dyrektywa azotanowa (91/676/EWG) obowiązuje państwa członkowskie do rozpoznawania zanieczyszczeń rolniczych na podstawie wskaźnika, jakim są związki azotu;  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  i  $\text{NO}_3$ . Do wód przenikają nawozy i środki ochrony roślin. Wyniki monitoringu wód podziemnych pozwoliły określić powierzchnię obszarów narażonych na zanieczyszczenie azotanami, która zajmują obecnie niewielki procent powierzchni kraju. Dla tych obszarów ważne są programy działań, które będą wdrażane w nowych planach wodno-gospodarczych. Poważnym problemem w zakresie zanieczyszczenia chemicznego wód podziemnych są stare, nieczynne po wybudowaniu wodociągów, studnie gospodarstw chłopskich, które w wielu przypadkach zostały zamienione na szamba. Są to punktowe ogniska zanieczyszczeń, które przenoszone są w pierwszym poziomie wodonośnym w strumieniu wód gruntowych na odległość kilkudziesięciu metrów i na tej drodze podlegają biodegradacji i rozcieńczeniu.

Dopływ funduszy do gospodarstw indywidualnych pozwala obecnie na stosowanie deszczowni w okresach suszy glebowej. Obserwuje się w ostatnich latach rosnącą liczbę deszczowni, do których woda doprowadzana jest z nierejestrowanych ujęć wód podziemnych. Obniżenie poziomu wód gruntowych w sąsiedztwie punktów poboru wpływa także na zmianę chemizmu wód, powodując ich pogorszenie.

W Lasach Państwowych prowadzi się obecnie szerokie działania na rzecz zwiększenia tzw. małej retencji. Dotychczas wybudowano ponad 1100 małych zbiorników wod-

nych i około 2000 drobnych budowli piętrzących. Nie zawsze jednak te działania były i są oparte na podejściu systemowym, nie w pełni zintegrowane z gospodarką zasobami wodnymi zlewni i zazwyczaj pozbawione ocen wpływu na zasoby wód podziemnych.

Do końca 2012 roku zaplanowano uruchomienie działań naprawczych niezbędnych do osiągnięcia celów środowiskowych, a zapisanych w planach gospodarowania wodami dla obszarów dorzeczy oraz w programie wodno-środowiskowym kraju. Problemem pozostają jednak znaczne środki finansowe konieczne na ich realizację.

## 2.2. Górnictwo węgla kamiennego

Eksploatacja pokładów węgla możliwa jest po wcześniejszym jego osuszeniu. W tym celu budowane i prowadzone są głębokie systemy odwodniające wyrobiska podziemne i powierzchniowe. Obniżenie zwierciadła wód podziemnych w obszarze leja depresji wytworzonego przez kopalnię może i w większości przypadków powoduje:

- osuszenie części poziomów wodonośnych w obrębie leja depresji; zmiany kierunków przepływu wód podziemnych; ograniczenie aż do zaniku dopływu podziemnego do rzek, jezior i cieków;
- infiltrację wód powierzchniowych z rzek, jezior i cieków do podłoża gruntowego;
- obniżenie poziomu wód w zbiornikach powierzchniowych, w rejonach, gdzie istnieje więź hydrauliczna z odwadnianymi poziomami wodonośnymi;
- zmiany chemizmu i własności fizycznych wód jezior i rzek, do których zrzucane są wody kopalniane;
- spadek wilgotności aż do przesuszenia gruntów organicznych w obrębie leja depresji, powodujący ich murszenie (mineralizację);
- degradację naturalnych siedlisk roślinnych i zmiany w składzie gatunkowym w rejonie leja depresji.

## 2.3. Górnictwo podziemne

Górnictwo podziemne wydobywa bardzo duże ilości wody podziemnej w celu odwodnienia złóż i umożliwienia podziemnej eksploatacji oraz utrzymania bezpieczeństwa wodnego kopalń. Odwodnieniem są objęte poziomy izolowane lub o bardzo ograniczonej więzi hydraulicznej ze strefą szybkiego krążenia wód podziemnych. We wszystkich kopalniach podziemnych wpływ odwodnienia ma prawie zawsze zasięg regionalny, lecz ma słabo czytelne (trudno mierzalne) oddziaływanie na degradację zasobów – obniżenie poziomu i pogorszenie chemizmu zwykłych wód podziemnych.

Bezpośrednimi skutkami robót górniczych w kopalniach podziemnych są deformacje górotworu w sąsiedztwie wyrobisk i związane z nimi deformacje powierzchni terenu – zapadliska i niecki osiadań, zwykle wypełnione wodą. Odwodnienia pokładów węgla bezpośrednio powodują obniżenie ciśnień piezometrycznych w warstwach wodonośnych, sięgając aż do wód gruntowych przy powierzchni terenu. Skutkiem jest obni-

żenie zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego i osuszenie terenu w obszarach leja depresji liczonego w dziesiątkach a nawet setkach kilometrów kwadratowych.

Eksploatacja złóż kopalni wpływa zatem negatywnie na zasoby wód podziemnych, także w aspekcie pogorszenia się ich chemizmu. Górnictwo podziemne ma wpływ na wody powierzchniowe poprzez zrzuty wód kopalnianych i zmianę naturalnego reżimu rzek oraz na chemizm wód powierzchniowych. W sąsiedztwie kopalń dochodzi do zwiększenia lub nawet odwrócenia gradientów hydraulicznych powodujących wzmożony dopływ do strefy podziemnej, a w konsekwencji zwiększenie ładunku zanieczyszczeń odprowadzanych do wód powierzchniowych. Bardzo wrażliwymi obszarami na drenaże górnictwa podziemnego są rejony szczelinowo-krasowe, jak w przypadku kopalni cynku i ołowiu koło Olkusza.

W latach 60-90. XX wieku w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) odwodnienia górnicze kopalń przekraczały 0,6 mld m<sup>3</sup>/rok. Obecnie szacowane są na ponad 450 m<sup>3</sup>/rok. Wody z kopalń węgla kamiennego mają mineralizację od kilku do 110 g/dm<sup>3</sup> i w większości są zrzucane do Odry i Wisły oraz ich dopływów. W Lubelskim Zagłębiu Węglowym (LZW) eksploatowana jest jedna kopalnia, do której dopływa 10-12 m<sup>3</sup>/min wody o mineralizacji 5-7 g/dm<sup>3</sup>. Wody kopalniane z kopalń węgla kamiennego mają wysoką mineralizację. Łączny ładunek soli w tych wodach szacowany jest na 10-15 tys. ton/dobę. Dolnośląskie Zagłębie Węglowe zostało wyłączone z eksploatacji na początku lat 90. XX wieku.

### 2.3.1. Górnictwo rud cynku i ołowiu

Wydobycie rud cynku i ołowiu w rejonie Olkusza prowadzone jest obecnie w tylko jednej kopalni. Złoża tych metali znajdują się w wodonośnym ośrodku szczelinowo-krasowym i dlatego osuszenie wyrobisk podziemnych wymaga pompowania dużych ilości wody, łącznie około 300 m<sup>3</sup>/min. Praca systemu odwadniającego zaznacza się na obszar powyżej 15 km<sup>2</sup> i powoduje degradację użytkowych poziomów wodonośnych. Wody kopalniane mają niską mineralizację, jednakże przeróbka rud i hutnictwo dostarczają związków cynku, cyny i żelaza, powodując znacząco wysokie ich stężenia. Do ścieków z procesów technologicznych trafiają również związki lignosulfonowe. Wody kopalniane i ścieki zrzucane są do Białej Przemszy.

### 2.3.2. Górnictwo rud miedzi

Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy (LGOM) obejmuje zarówno kopalnie (Polkowice, Sieroszowice, Rudna i Lubin) oraz zakłady wzbogacania rud i huty miedzi. Wydobycie rud schodzi na głębokość poniżej 1000 m i wymaga obniżenia ciśnień piezometrycznych w poziomach wód stagnujących o dużej mineralizacji. Średnia mineralizacja wód kopalnianych przekracza tu 100 g/dm<sup>3</sup>, z wyjątkiem Sieroszowic, gdzie jest wyraźnie niższa. Łączna objętość wód pochodzących z odwodnienia wyrobisk podziem-



nych przekracza 60 m<sup>3</sup>/min. Część wód jest wykorzystywana przez zakłady LGOM, natomiast do Odry trafia 40-50 m<sup>3</sup>/min. Są to wody zmineralizowane zawierające ładunek substancji rozpuszczonych ponad 2 mln ton w ciągu roku. Dodatkowym problemem jest składowanie osadów poprodukcyjnych w Gilowie i Żelaznym Moście, gdzie zdeponowano setki milionów ton osadów o toksycznych właściwościach.

### 2.3.3. Górnictwo złóż soli

Górnictwo powyższe prowadzone jest w pasie przedgórze Karpat na odcinku Wieliczka – Bochnia – Osiek oraz na Kujawach w miejscowościach Kłodawa, Solno i Wapno nie powoduje bezpośrednich zagrożeń wodnych. To dopływy wód do wyrobisk kopalń soli są dla nich najistotniejszym zagrożeniem, przekładem mogą być Wieliczka i Góra. Zagrożenia powoduje dopiero przemysł chemiczny, który wykorzystuje solanki, na przykład w Inowrocławiu i w Janikowie. Odpady poprodukcyjne składające się głównie z chlorku wapnia uwalniają ze składowisk duże ilości chlorków do wód gruntowych w ich podłożu. Problemem są także uwolnienia solanek z korodujących rurociągów, którymi solanki są dosyłane do zakładów chemicznych.

## 2.4 Górnictwo odkrywkowe

### 2.4.1 Kopalnie węgla brunatnego

Najbardziej znaczące oddziaływanie na wody podziemne ma odwodnienie okrywek węgla brunatnego. Negatywne oddziaływanie na zasoby wód, w tym na ich chemizm, powoduje odwodnienia największych odkrywek węgla brunatnego w rejonach: Bełchatowa, Konina, Turka i Turowszowa. Kopalnia w Bełchatowie prowadzi odwodnienie wyrobiska przez 250-300 studni w ilości około 500 m<sup>3</sup>/min. Jest to najgłębsza odkrywka w Polsce, przekraczająca 300 m. Obniżenie zwierciadła wód podziemnych (regionalny lej depresji) przekracza tu 600 km<sup>2</sup>. Ładunek soli w wodach kopalnianych, zrzucający do rowu zbiorczego i dalej do Widawki, wynosi ok. 9 Mg/dobę. Odkrywki kopalń w rejonie Konina i Turka wymagają odwodnień łącznie w ilości 200-300 m<sup>3</sup>/min. Powierzchnia lejów depresji sięga tu kilkunastu km<sup>2</sup>, a wytworzone obniżenie ciśnień piezometrycznych liczone jest w dziesiątkach metrów. Zrzucające do rzek wody kopalniane mają jednak niską mineralizację i mogą być częściowo wykorzystywane do zaopatrzenia w wodę. Uciążliwe dla środowiska wodnego są jedynie związki humusowe, powodujące pogorszenie barwy, mętności i zużywające na utlenienie tlen rozpuszczony w wodzie. Kopalnie siarki w Tarnobrzesckim Okręgu Siarkowym zostały wyłączone z eksploatacji, a część wyrobisk jest zrekultywowana. Ostatnia z pracujących kopalń – Jeziórko, została wyłączona w 2002 roku.

### 2.4.2. Górnictwo surowców skalnych

Do górnictwa odkrywkowego zaliczają się kopalnie surowców skalnych, np. kamienny wapień, dolomitów, kwarcytów, żwirów, piasków i innych kopalin. Są one

eksploatowane w licznych kamieniołomach na Lubelszczyźnie, w Górach Świętokrzyskich, w Sudetach i Karpatach, a także w rowie Krzeszowic k. Krakowa i w Bielawach na Kujawach.

Z uwagi na wodonośne ośrodki szczelinowe i szczelinowo-krasowe zasięg lejów depresji jest znaczny i dochodzi do kilku kilometrów, jednakże wymagane obniżenie ciśnień piezometrycznych sięga kilkudziesięciu metrów. Biorąc pod uwagę lokalizację kamieniołomów na wzniesieniach lub stokach wzgórz, odwodnienie skał nie schodzi w większości przypadków poniżej lokalnej bazy drenażu w dolinach sąsiadujących rzek. Największe z istniejących kamieniołomów wymagają odpompowania od kilku do 20-30 m<sup>3</sup>/min wód o niskiej mineralizacji. Problemem jest natomiast degradacja zasobów wód w poziomach czwartorzędowych i stropu mezozoiku w sąsiedztwie kamieniołomów, gdyż korzystają z nich ujęcia wód podziemnych wykorzystywane do zapatrzenia ludności w wodę.

Eksploatacja dużych komunalnych ujęć wód podziemnych wymaga wytworzenia rozległych, liczonych w kilometrach sześciennych powierzchni lejów depresji. Skoncentrowany pobór wód powoduje w ciągu wielu lat eksploatacji ujęć poważne zmiany chemizmu wód, polegające głównie na zwiększeniu ich mineralizacji i wzroście stężenia żelaza, azotanów, siarczanów i fosforanów w eksploatowanych wodach. Od kilku lat liczne wodociągi w kraju zwiększają pobór wód podziemnych w miejsce eksploatacji ujęć wód powierzchniowych z uwagi na koszty uzdatniania wody. Jest ona średnio trzy razy większa niż uzdatnianie wód powierzchniowych z rzek. Będzie to skutkowało degradacją zasobów wód podziemnych i osuszeniem dużych obszarów w sąsiedztwie istniejących ujęć komunalnych.

Poważnym problemem dla zasobów wód podziemnych są budowane obecnie na licznych osiedlach pompy ciepła. Ich budowa nie wymaga projektu, nadzoru geologicznego, i co najbardziej istotne, nie wymaga izolowania przewiercanych poziomów wodonośnych w profilu pionowym. Stąd zanieczyszczone lokalnie wody przypowierzchniowe (grunto-we) mogą zasilać głębokie warstwy wodonośne. Dotychczas problem ten, sygnalizowany w licznych publikacjach, nie został określony ilościowo.

### 3. Stan jakości wód

Zły stan jakości wód utrudnia, a czasem nawet uniemożliwia, wykorzystanie zasobów wodnych dla potrzeb ludności i gospodarki narodowej, wpływa na obniżenie jakości środowiska wodnego, wywołując zmiany w ekosystemach wodnych i od wody zależnych, powoduje konsekwencje gospodarcze i ekonomiczne oraz obniżenie jakości życia ludności, a w niektórych przypadkach wpływa na stan zdrowotny. Poniżej przedstawiono stan jakości wód podziemnych w Polsce na tle jakości wód powierzchniowych.

Ramowa Dyrektywa Wodna zawiera definicję dobrego stanu wód podziemnych, do którego spełnienia w jednolitych częściach wód podziemnych (JCWPd) zobowiązane jest

każde państwo członkowskie Unii Europejskiej. Na zaliczenie JCWPd do dobrego stanu składa się ocena jego chemizmu i ocena stopnia wykorzystania zasobów przez ujęcia komunalne i przemysłowe. Skład chemiczny części wód podziemnych o dobrym stanie charakteryzuje się tym, że stężenia substancji zanieczyszczających:

- nie wykazują efektów intruzji wód słonych lub innych wód zmineralizowanych;
- nie przekraczają norm jakości mających zastosowanie na mocy właściwego prawodawstwa wspólnotowego zgodnie z art. 17 Ramowej Dyrektywy Wodnej;
- nie wskazują na możliwość nieosiągnięcia przez wody powierzchniowe (rzeki, jeziora), będące w więzi hydraulicznej, celów środowiskowych, tj. obniżenia jakości chemicznej lub ekologicznej części wód powierzchniowych, co może spowodować szkody w ekosystemach lądowych, bezpośrednio zależnych od części wód podziemnych.

Procedura oceny stanu wód przyjęta przez Ramową Dyrektywę Wodną obliguje do cyklicznej aktualizacji informacji i działań co sześć lat, tj. cyklu planowania według planów gospodarowania wodami w regionach wodno-gospodarczych, stosownie do rozpoznanego stanu wód. Podstawą do planowania działań są wyniki monitoringu diagnostycznego i operacyjnego wód podziemnych, zebranych w czasie zdefiniowanym w tych planach i ich analiza. Ocena stanu wód podziemnych powinna być przeprowadzona w celu oceny efektywności programów działań podjętych w poprzednim okresie w celu ochrony, utrzymania dobrego stanu lub polepszenia słabego stanu wód. Merytoryczny zakres wymagań realizacyjnych związanych z wdrażaniem zintegrowanej polityki wodnej jest określony w Załączniku V Ramowej Dyrektywy Wodnej i w Załącznikach II-IV Dyrektywy Wód Podziemnych. Monitoring diagnostyczny jest konieczny do prowadzenia ocen stanu wód podziemnych i weryfikacji wpływu działań antropogenicznych. Zakres badań monitoringu diagnostycznego obejmuje wskaźniki ogólne, nieorganiczne i organiczne. Do pierwszych z nich należą: pH, TOC, PEW, temperatura i tlen rozpuszczony. Zakres wskaźników nieorganicznych zawiera: amoniak, antymon, arsen, azotany, azotyny, bar, beryl, bor, chlorki, chrom, cyjanki wolne, cyna, cynk, fluorki, fosforany, glin, kadm, kobalt, magnez, mangan, miedź, molibden, nikiel, ołów, potas, rtęć, selen, siarczany, sól, srebro, tal, tytan, uran, wanad, wapń, wodorowęglany, żelazo ogólne. Wskaźniki organiczne to głównie: AOX (adsorbowane związki chloroorganiczne), benzo(a)piren, benzen, BTX (lotne węglowodory aromatyczne), fenole, substancje ropopochodne, wybrane pestycydy oraz suma pestycydów, substancje powierzchniowo czynne anionowe, substancje powierzchniowo czynne kationowe i niejonowe. Częstotliwość badań wód podziemnych prowadzona jest raz na trzy lata dla pierwszego poziomu i raz na sześć lat w przypadku wód głębszych.

Wyniki monitoringu operacyjnego dostarczają danych koniecznych do zaklasyfikowania zagrożonych części wód o stanie słabym lub dobrym oraz do wykrycia znaczących trendów wzrostowych zanieczyszczeń. Celem tego monitoringu jest ustalenie stanu che-

micznego wszystkich JCWPd, ich subczęści lub grup JCWPd uznanych za zagrożone, ustalenia długoterminowych trendów wzrostu stężenia zanieczyszczeń pod wpływem działalności człowieka (antropogenicznej).

Zakres badań obejmuje następujące wskaźniki obligatoryjne: temperatura, PEW, odczyn pH, O<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, Na, K, Ca, Mg, Mn i Fe. Uwzględniane są także te wskaźniki, które w monitoringu diagnostycznym spowodowały zaklasyfikowanie JCWPd do stanu słabego, a także te wskaźniki, które są charakterystyczne dla oddziaływań antropogenicznych. Częstotliwość opróbowania i badań fizykochemicznych jest nie mniejsza jak raz na rok.

Monitoring badawczy jest podejmowany w przypadkach, kiedy na podstawie wyników monitoringu diagnostycznego zachodzi konieczność rozpoznania przyczyn, wielkości (ładunku) zanieczyszczeń i zasięgu zanieczyszczeń wprowadzonych do wód gruntowych. Może być również podejmowany w celu dokonania oceny JCWPd, określonych jako zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych, dla których nie został jeszcze ustalony monitoring operacyjny.

Badania jakości wód podziemnych w latach 2006-2009 wskazują, że około 60% pobranych próbek ze wszystkich JCWPd na obszarze kraju było dobrej i zadowalającej jakości, a około 40% stanowiły wody niezadowalającej i złej klasy.

Na tym tle znacznie gorzej przedstawia się stan jednolitych części wód powierzchniowych płynących (JCWPw). Według Inspekcji Ochrony Środowiska z 2009 roku, wśród jednolitych części wód objętych monitoringiem diagnostycznym w 2007 roku dobry stan stwierdzono tylko w 8, w 336 stwierdzono stan zły, a w pozostałych częściach wód nie określono stanu wód z powodu braku danych. Natomiast wśród jednolitych części wód objętych monitoringiem operacyjnym tylko w 5 stwierdzono stan dobry, w 271 stwierdzono stan zły, a w pozostałych częściach wód nie określono stanu wód z powodu braku danych, podobnie jak w monitoringu diagnostycznym. Podobnie źle przedstawiał się stan jednolitych części wód powierzchniowych płynących w roku następnym. Wśród jednolitych części wód objętych monitoringiem diagnostycznym w 2008 roku tylko w 17 stwierdzono stan dobry, w 219 stwierdzono stan zły, a w pozostałych częściach wód nie określono stanu wód ze względu na brak danych. Natomiast wśród jednolitych części wód objętych monitoringiem operacyjnym w 49 stwierdzono stan dobry, w 520 stwierdzono stan zły, a w pozostałych częściach wód nie określono stanu wód ze względu na brak danych. Należy dodać, że liczba jednolitych części wód powierzchniowych w roku 2007 objętych monitoringiem diagnostycznym wynosiła 510, a monitoringiem operacyjnym 937 jednolitych części wód. Natomiast liczba jednolitych części wód powierzchniowych w roku 2008 objętych monitoringiem diagnostycznym wynosiła 311, a monitoringiem operacyjnym 1253 jednolitych części wód.

Oznacza to, że według monitoringu diagnostycznego w latach 2007-2008 zły stan wykazało 66-70% jednolitych części wód powierzchniowych, a dobry tylko 1,5-5,5%.

Zwraca uwagę bardzo duży brak danych w monitoringu operacyjnym wynoszący 70% w 2007 roku i 55% w 2008 roku, co praktycznie rzecz biorąc, uniemożliwia dokładną ocenę stanu wód powierzchniowych płynących.

#### 4. Proponowane rozwiązania

##### 4.1. Zapobieganie zanieczyszczeniom

Ochrona wód przed zanieczyszczeniem winna być nie tylko związana z racjonalnym gospodarowaniem zasobami wodnymi oraz przywracaniem środowiska wodnego do wymaganego prawem stanu, ale również z zapobieganiem zanieczyszczeniom. Zapobieganie zanieczyszczeniom staje się coraz istotniejszym rodzajem środków ochronnych i winno stanowić istotną część strategii ochrony wód przed zanieczyszczeniem w myśl zasady „łatwiej zapobiegać, niż leczyć”. Ważna jest restrykcyjna kontrola zanieczyszczeń u źródła.

Zapobieganie zanieczyszczeniom jest ściśle związane z racjonalizacją gospodarki w zakładach przemysłowych. Istnieją w tym względzie szerokie możliwości ograniczenia zużycia wody i zmniejszenia ilości odprowadzanych ścieków. Przykładowo, bardzo duża część wody (70%) w Polsce, pobierana przez przemysł, zasila obiegi chłodnicze. Zrzućane w tym przypadku ścieki, zwane często umownie wodami czystymi, mają znacznie podwyższoną temperaturę powodującą często groźne termiczne zanieczyszczenie wód, szczególnie w zbiornikach wodnych. Równocześnie wody te są w większości stosunkowo łatwe do oczyszczania, wtórnego użycia lub do zamykania obiegów.

Kierunkiem priorytetowym jest, ogólnie rzecz biorąc, recyrkulacja wody w przemysłowych systemach wodnych związana z wielokrotnym użytkowaniem wody raz użytej do obiegu i zamykaniem obiegów. Niewątpliwie prowadzi nie tylko do ograniczenia zużycia wody i zmniejszenia zużycia wody na jednostkę produkcji, ale również do zmniejszenia ilości zrzucanych ścieków. Ważna jest również możliwość wtórnego zużycia wody do różnych celów.

Istnieją rozliczne możliwości racjonalizacji gospodarowania wodą w przemyśle. Przykładowo, takich jak: unowocześnianie technologii produkcji i wprowadzanie wodoszczędnych i energooszczędnych rozwiązań, zastępowanie wody świeżej przez oczyszczone ścieki, nawet spoza danego zakładu przemysłowego, jak też wiele innych. Często znaczące skutki przynosi stosunkowo prosta modernizacja urządzeń gospodarki wodno-ściekowej i sieci przesyłowych oraz zainstalowanie systemu urządzeń kontrolno-pomiarowych.

Zapobieganie zanieczyszczeniom ściśle łączy się z zagadnieniem czystszej produkcji, która wymaga zintegrowanych działań w odniesieniu do procesów i produktów zmierzających z jednej strony do zwiększenia efektywności produkcji, a z drugiej do redukcji ryzyka dla ludzi i środowiska wodnego. Zmierzają to między innymi do zapobiegania i ograniczania u źródła powstawania ścieków i odpadów stałych, jak też do oszczędności

zużycia wody, energii i innych zasobów naturalnych w procesach produkcyjnych. Szczególną rolę winna odgrywać eliminacja toksycznych materiałów i surowców z procesów produkcyjnych, jako ważny etap zapobiegania przed ich dalszym przedostawaniem się do zasobów wodnych. Istotną rolę odgrywa w tym względzie rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Nr 1907/2006/WE w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosownych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH). Ma zapewnić ochronę życia ludzkiego przed zagrożeniami przez zapewnienie zarządzania ryzykiem związanym ze stosowanymi substancjami chemicznymi, a szczególnie zachęcić do zastępowania substancji niebezpiecznych, mających właściwości rakotwórcze i mutagenne oraz działającymi szkodliwie na rozrodczość, innymi substancjami.

#### 4.2. Nowoczesne technologie uzdatniania wody

Technologia uzdatniania wody stanowi jeden z głównych czynników kształtujących rozwój cywilizacyjny. Efektywność i niezawodność stacji uzdatniania wody uznawana jest tak za podstawę poziomu życia, jak i zdrowia ludności danego państwa.

Woda do picia musi nie tylko być pozbawiona szkodliwych substancji, ale też posiadać skład korzystny dla zdrowia. Dlatego wymagania w stosunku do jakości wody do picia ciągle rosną. Rozwój systemów centralnego zaopatrzenia w uzdatnioną wodę na świecie następuje niezwykle dynamicznie, co między innymi związane jest z szybko postępującą urbanizacją i powstawaniem rozwiniętych aglomeracji miejsko-przemysłowych. Rośnie również zapotrzebowanie na wodę ultraczystą, niezbędną dla wielu nowoczesnych przemysłów, w tym między innymi przemysłu elektronicznego i farmaceutycznego.

Powyższe powoduje, że rozwiązania techniczne i technologie uzdatniania wody rozwijają się na świecie bardzo dynamicznie. Istnieje szereg nowoczesnych rozwiązań technicznych, począwszy od ujęć wód powierzchniowych i podziemnych. Przykładami są samoczyszczące sita ssawne stosowane do wód powierzchniowych czy też nowe rozwiązania filtrów do studni głębinowych przeznaczone do ujęć wód podziemnych. W technologii uzdatniania wody znaczny postęp nastąpił w urządzeniach opartych m.in. na takich procesach, jak: filtracja, koagulacja, demineralizacja, sorpcja i dezynfekcja promieniami ultrafioletowymi, którą z uwagi dla eliminację potencjalnych zagrożeń dla zdrowia i życia ludzi przedstawiono szczegółowo.

Technologie i urządzenia do dezynfekcji wody i ścieków za pomocą promieni ultrafioletowych (UV) rozwijają się na świecie niezwykle dynamicznie. Związane jest to między innymi z zabezpieczeniem jakości wody do picia oraz jakości zasobów wodnych szczególnie pod względem bakteriologicznym. Zaletami tych technologii, w stosunku do metod tradycyjnych, jest fakt, że zostały oparte na procesie fizycznym, który nie zmienia smaku i zapachu wody i nie tworzy szkodliwych produktów ubocznych dezynfekcji. Dodatkowo eliminuje się potrzebę transportu, przechowywania i wykorzystywania potencjalnie groźnych chemikaliów. W przypadku niektórych groźnych mikroorga-

nizmów, takich jak *Cryptosporidium* czy *Gardia*, promieniowanie UV jest znacznie skuteczniejszym sposobem dezynfekcji niż metody chemiczne.

Urządzenia te do niedawna kojarzone były z małymi i średnimi wodociągami, jednak postęp w dziedzinie lamp UV spowodował, że obecnie są również stosowane na szeroką skalę także w dużych wodociągach. Rozwój technologii UV związany jest przede wszystkim z wprowadzaniem coraz dłużej pracujących i efektywniejszych promienników, co umożliwia konstruowanie bardziej kompaktowych i energooszczędnych systemów.

Sprawia to, że liczba zainstalowanych reaktorów UV na świecie i w Polsce systematycznie wzrasta. W Polsce istnieją już pierwsze instalacje do dezynfekcji wody do picia promieniami UV. Przykładami są instalacje wykonane przykładowo w Gdyni na Stacji Uzdatniania Wody (SUW) Reda, gdzie zainstalowany jest największy w Polsce reaktor UV o wydajności do 48 tys. m<sup>3</sup>/d, w Kaliszu na SUW Winiary (8 tys. m<sup>3</sup>/d) oraz na Ujęciu Lis (16 tys. m<sup>3</sup>/d), jak też na SUW w Łowiczu, gdzie w 2010 roku zainstalowano dwa reaktory UV o łącznej wydajności do 14,4 tys. m<sup>3</sup>/d. Na świecie istnieją znacznie większe instalacje UV, na przykład SUW w Saint Petersburgu o łącznej wydajności 1584 tys. m<sup>3</sup>/d oraz SUW w Moskwie, gdzie pracuje instalacja z lampami niskociśnieniowymi o łącznej wydajności 1045 tys. m<sup>3</sup>/d. Największą instalacją UV jest SUW w Nowym Jorku o wydajności 8400 tys. m<sup>3</sup>/d. Należy podkreślić, że istniejące systemy dezynfekcji wody charakteryzują się bezpieczeństwem i skutecznością, szybkim działaniem oraz brakiem ubocznych produktów dezynfekcji. Potwierdzona jest również skuteczność działania urządzeń UV na organizmy odporne na działanie chloru.

W stosunku do innych technologii uzdatniania wody należy podkreślić szczególnie postęp, który następuje w odsalaniu wód zasolonych. Obecnie istnieje na świecie 14 tys. zakładów odsalania w 150 państwach, zainstalowana pojemność odsalania to 52 mln m<sup>3</sup>/d, a zakontraktowana – 63 mln m<sup>3</sup>/d. Aktualnie 62% odsalania dotyczy wody morskiej, 19% – odsalania wód zasolonych, 8% – odsalania wód zasolonych, a 5% – odsalania ścieków. Koszty odsalania ciągle spadają i obecnie wynoszą średnio od 0,7 do 1,1 USD/m<sup>3</sup>, jednakże innowacje spowodowały, że przykładowo w Singapurze koszty te wynoszą tylko 0,48 USD/m<sup>3</sup>. W Polsce ciągle istnieje nierozwiązany problem wód zasolonych zrzucanych z kopalni węgla kamiennego do wód Wisły i Odry.

Przykładami światowych najnowszych obecnie innowacyjnych technologii uzdatniania wody są niewątpliwie: nanotechnologie oraz technologie membranowe wspomagane przez aquapryony. Niezbędne są nowe technologie dla ochrony wód przy poszukiwaniu i wydobyciu gazu łupkowego.

### **4.3. Nowoczesne rozwiązania w oczyszczaniu ścieków i przeróbce osadów ściekowych**

Technologie oczyszczania ścieków stają się w zasadzie technologiami oczyszczania wody i ścieków uważanych za wody zużyte. Następuje dynamiczny rozwój technologii,

rozwiązań technicznych i urządzeń w tym zakresie. Technologie oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych winny bowiem nadać za powstawaniem coraz to nowych zanieczyszczeń oraz za przyjętymi nowymi strategiami ochrony zasobów wodnych. Konieczność nowych strategii ochrony wód przed zanieczyszczeniami wynika zarówno ze wspólnotowej polityki wodnej, wyrażonej w RDW, jak też z zaostrzającego się prawodawstwa unijnego związanego z ochroną wód słodkich i morskich.

Obecnie nowoczesne rozwiązania w oczyszczaniu ścieków komunalnych oparte są głównie na technologiach usuwania substancji biogennej (azotu i fosforu) w reaktorach zawieszoną biomasą. W tym względzie istnieje wiele zintegrowanych biologicznie systemów redukcji związków organicznych i biogennej, opartych na metodzie osadu czynnego. Pojawiają się w tym względzie nowe rozwiązania procesowe, czego przykładem może być proces Anammox polegający na utlenieniu azotu amonowego do azotu gazowego w warunkach beztlenowych, gdzie akceptorem elektronów są azotyny. Wśród zintegrowanych systemów biologicznych, wykorzystujących różne konfiguracje reaktorów z zawieszoną biomasą do usuwania związków węgla, azotu i fosforu, można wymienić przykładowo takie systemy, jak: Banderpho, A2O, UTC, UCTM, SBR.

Stosunkowo często stosowane są reaktory o działaniu sekwencyjnym (SBR), w których następuje kolejna sekwencja różnych warunków. Ostatnio na reaktorach sekwencyjnych została oparta nowa technologia Nereda, w której zamiast tradycyjnych kłaczek osadu czynnego zastosowano tlenowe bakteryjne granule, posiadające między innymi wspaniałe właściwości sedymentacyjne. Pozwala to nie tylko na efektywną redukcję związków węgla, azotu i fosforu, ale również na mniejszą powierzchnię reaktorów, mniejsze zużycie energii elektrycznej, co powoduje niższe nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne niż w reaktorach tradycyjnych. Technologia Nereda może być zastosowana zarówno do oczyszczania ścieków komunalnych, jak i ścieków przemysłowych, a pierwsza oczyszczalnia komunalna w skali technicznej, dla ścieków miejsko-przemysłowych, została oddana do użytku w 2012 roku w Holandii.

Innymi przykładami zintegrowanych systemów biologicznych są systemy do usuwania związków węgla i azotu (oparte przykładowo na technologiach Biodenitro, Carousel, Orbal) czy też systemy do usuwania związków węgla i fosforu (przykładowo takie jak Phoredox, Phostrip, A/O). Ponieważ samo biologiczne usuwanie fosforu, w reaktorach z osadem czynnym, nie gwarantuje wysokiego stopnia redukcji, to często stosuje się strącanie fosforu za pomocą soli metali. Strącanie chemiczne związków fosforu może być wprowadzone w różnych miejscach biologicznego oczyszczania, w postaci strącania bezpośredniego, symultanicznego i końcowego. Powyższe sposoby umożliwiają stosowanie zintegrowanych systemów biologiczno-chemicznych.

Następuje również znaczny rozwój reaktorów z błoną biologiczną do oczyszczania ścieków, które przeżywają na świecie swój renesans i występują w różnych układach



technologicznych. Pierwsza grupa to reaktory tlenowe z błoną biologiczną, przykładowo, takie jak: złoża biologiczne aktywowane, złoża biologiczne z wtórnym procesem kontaktowym (system TF/SC), złoża nitryfikacyjne z kontrolowaną błoną czy złoża denitryfikacyjne. Druga grupa to reaktory beztlenowe z błoną biologiczną, takie jak: reaktory z ruchomym lub rozszerzającym się wypełnieniem, reaktory z recyrkulowanym wypełnieniem i reaktory fluidalne. Powstają również różnego rodzaju reaktory hybrydowe wykorzystujące zarówno zalety błon biologicznych, jak i biomasy zawieszanej. Przykładem jest reaktor UASB, który w pewnym stopniu można uznać za urządzenie hybrydowe pomiędzy reaktorem z osadem utrzymywanym w zawieszeniu a reaktorem z błoną biologiczną. Rola systemów hybrydowych w technologii oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych stale rośnie.

Następuje istotny rozwój technik i technologii membranowych, w tym mikrofiltracji, ultrafiltracji, nanofiltracji, odwróconej osmozy i elektrodializy. Związane jest to między innymi z rosnącą rolą odnowy wody ze ścieków oraz usuwaniem nowych groźnych dla zdrowia ludzkiego zanieczyszczeń, przykładowo leków występujących w ściekach.

Na świecie rośnie również rola dezynfekcji biologicznie oczyszczonych ścieków, co przejawia się stale wzrastającą liczbą oczyszczalni z zainstalowanymi urządzeniami do dezynfekcji promieniami UV. Powyższe rozwiązanie stanowi ważne zabezpieczenie zasobów wodnych przed zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi. Ma to szczególne znaczenie w przypadku wód powierzchniowych i podziemnych ujmowanych do zaopatrzenia ludności w wodę. Dlatego dezynfekcja oczyszczonych ścieków jest szczególnie istotna w zlewniach zbiorników wodnych wykorzystywanych do celów zaopatrzenia w wodę i do rekreacji. W przypadku wykorzystywania zbiorników wodnych do rekreacji możliwa jest dezynfekcja promieniami UV tylko w okresie umożliwiającym korzystanie z wód do tych celów. Dezynfekcja końcowa ścieków stanowi wówczas barierę, która eliminuje aktywne mikroorganizmy chorobotwórcze. Równocześnie dezynfekcja ścieków promieniami UV umożliwia znaczne poszerzenie możliwości wtórnego wykorzystania oczyszczonych ścieków co pozwala na powiększenie dyspozycyjnych zasobów wodnych. W Polsce brak jest jednak stosownych przepisów dotyczących dezynfekcji ścieków i należy to uzupełnić w naszym prawodawstwie wodnym. Obecnie, decyzja o zainstalowaniu tego typu urządzeń zależy wyłącznie od wiedzy i dalekowzroczności kadry kierowniczej przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych.

Ciągle zwiększająca się ilość komunalnych osadów ściekowych w Polsce związana z realizacją Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych, jak również zakaz ich składowania w niedługim okresie czasu (od 1 stycznia 2016 roku), sprawia, że przeróbka osadów stała się ważnym zagadnieniem ekologicznym, technicznym i ekonomicznym. Niewłaściwe zagospodarowanie dużych ilości komunalnych osadów ściekowych niewątpliwie może stać się problemem dla zdrowia ludzi i zwierząt, w związku

z zagrożeniami chorobotwórczymi i możliwościami skażenia gleb metalami ciężkimi i substancjami toksycznymi. Dlatego konieczne jest opracowanie Krajowego Programu Zagospodarowania Komunalnych Osadów Ściekowych, będącego uzupełnieniem Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych. Program osadowy, dla obniżenia kosztów jego realizacji, winien uwzględnić możliwość budowy regionalnych centrów unieszkodliwiania osadów dla kilku aglomeracji, tam gdzie będzie to uzasadnione ekonomicznie i innymi względami.

Podstawowe kierunki przeróbki osadów ściekowych, głównie dla małych i średnich miast, to ich zagęszczanie i odwadnianie, a następnie termiczne przekształcanie za pomocą procesów suszenia i spalania. Te ostatnie rozwiązania technologiczne opracowano w większości za granicą. Przykładem nowoczesnego systemu do efektywnego odwadniania osadów jest technologia wykorzystująca proces elektroosmozy, a do suszenia osadów wykorzystująca suszarnie taśmowe w technologii DBS. Wysuszone osady mogą być współspalane w cementowniach. Pojawiły się również rozwiązania techniczne dla samodzielnego spalania wysuszonych osadów ściekowych, co powoduje konieczność unieszkodliwiania pozostałości po ich spalaniu. Istnieje potrzeba zastosowania w Polsce sprawdzonych technologii w powyższym zakresie.

Do Polski napływa szereg różnych zagranicznych urządzeń i rozwiązań technologicznych z zakresu oczyszczania ścieków, a szczególnie unieszkodliwiania osadów ściekowych, które powinny być przebadane przed ich wprowadzeniem w życie w warunkach krajowych. Rozpowszechnianie tych nowych rozwiązań powinno być też wynikiem sformalizowanego transferu urządzeń i technologii. Należy również stworzyć warunki dla rozwoju krajowego przemysłu urządzeń i technologii ochrony środowiska wodnego. Konieczne są bowiem dalsze innowacje techniczno-technologiczne związane z ochroną wód przed zanieczyszczeniem, szczególnie w zakresie: oczyszczania ścieków i odnowy wód ze ścieków, przeróbki osadów ściekowych.

#### **4.4. Ekohydrologia i rewitalizacja zbiorników wodnych**

Biotechnologie ekohydrologiczne mogą być zastosowane dla poprawy jakości wody w obszarach rolniczych. Intensyfikacja rolnictwa przyczynia się do zmian w cyklach krążenia pierwiastków biogennych, powodując wzrost ich stężeń w wodach powierzchniowych i podpowierzchniowych, generując zanieczyszczenia obszarowe, a tym samym przyczyniając się do eutrofizacji wód. Zanieczyszczenia obszarowe stanowią istotny wkład ładunków azotu i fosforu odpływających z terenu Polski do Morza Bałtyckiego.

Dla uzyskania dobrego stanu wód, wymaganego przez Ramową Dyrektywę Wodną, konieczne jest opracowanie innowacyjnych i systemowych rozwiązań integrujących działania w krajobrazie zlewni i ekosystemach wodnych w celu redukcji zanieczyszczeń obszarowych. Jedną z metod jest wykorzystanie buforowych stref roślinności ekotonowej (przybrzeżnej), którego naukowe podstawy sformułowano w ramach programu

UNESCO MAB. Potencjały stref ekotonowych, jako narzędzia dla ochrony środowiska wodnego przed zanieczyszczeniami obszarowymi, mogą być znacząco zwiększone przez zastosowanie biotechnologii ekohydrologicznych.

Strefa buforowa (ekoton) między polami uprawnymi a ekosystemami wodnymi w postaci stałej roślinności (przykładowo ziołorośli, traw, krzewów bądź zadrzewień) ogranicza przemieszczanie się składników nawozowych w środowisku poprzez redukcję ich stężenia w wodach gruntowych oraz w spływie powierzchniowym ograniczając wtórne zanieczyszczenie środowiska wodnego. Wśród istotnych procesów, do których dochodzi w strefach buforowych, należy wymienić takie procesy, jak: asymilację związków nieorganicznych, w tym azotu i fosforu, przez rośliny oraz ich transformację w biomasę; procesy biogeochemiczne zachodzące dzięki aktywności drobnoustrojów, takie jak denitryfikacja przyczyniająca się do usuwania azotu czy też mineralizacja przyspieszająca obieg pierwiastków w przyrodzie, przez co zwiększa się produktywność i bioróżnorodność ekosystemu; procesy wiązania (sorpcji) przez glebę rozpuszczalnych form fosforu; procesy sedymentacji cząstek gleby przenoszonych w postaci spływu powierzchniowego, co ogranicza erozję gleby oraz transport form nierozpuszczalnych fosforu.

Analiza i kwantyfikacja powyższych procesów stanowi punkt wyjścia dla opracowania metod zwiększenia efektywności stref ekotonowych. Przykładowo w ramach projektu „Life + Ekorob – Ekotony dla redukcji zanieczyszczeń obszarowych” opracowano i wdrożono wysokoefektywne rejony przejściowe, w których tradycyjne roślinne strefy buforowe wzmocniono poprzez utworzenie dodatkowych, innowacyjnych elementów, takich jak ściany denitryfikacyjne czy bariery biogeochemiczne.

Wysoko efektywne strefy ekotonowe, będące przykładem zastosowania biotechnologii ekohydrologicznych, zostały wykonane w zlewni bezpośredniej Zbiornika Sulejowskiego, na terenach charakteryzujących się różnym składem chemicznym i nasileniem zanieczyszczeń obszarowych. W rejonach o stwierdzonym wysokim stężeniu związków fosforu w wodach podziemnych, oprócz nasadzeń wyselekcjonowanych gatunków roślin, skonstruowano barierę biogeochemiczną, która redukuje dostępność tego pierwiastka poprzez jego absorpcję. Wstępne wyniki oceny efektywności bariery biogeochemicznej wskazują na redukcję stężenia fosforanów w wodach podziemnych po przejściu przez barierę na poziomie 58%, zaś w wypadku fosforu rozpuszczonego na poziomie 37%. W obszarach, gdzie występują wysokie stężenia azotanów w wodach podziemnych, wzmocnienie roślinnej strefy ekotonowej wykonano poprzez instalację ścian denitryfikacyjnej. Analizując różnicę między stężeniami wejściowymi a stężeniami odnotowanymi w ścianie stwierdzono redukcję stężenia azotanów na poziomie około 91%.

Wyniki ze skonstruowanych wysokoefektywnych stref ekotonowych wskazują na ich wysoki potencjał jako elementów innowacyjnych systemowych rozwiązań ekohydrologicznych dla zarządzania zlewnią w celu trwałego ograniczania zanieczyszczeń obszarowych oraz użytkowania zasobów zgodnie z unijnymi dyrektywami wodnymi.

#### 4.5. Nietechniczne metody ochrony jakości wody

Modelowanie jakości wody odgrywa ważną rolę w ochronie jakości wody. W realizacji celów nałożonych przez Ramową Dyrektywę Wodną, jak też polskie prawodawstwo istotne są między innymi: monitoring jakości wody, kontrola zrzucanych zanieczyszczeń, jak również opracowanie sposobów postępowania w razie ewentualnego skażenia wody, do którego może dojść w przypadku różnego rodzaju katastrof i awarii. Zarówno w przypadku ciągłego, jak i gwałtownego zrzutu zanieczyszczeń istotna jest informacja o stężeniu szkodliwych substancji oraz o dynamice rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w danej zlewni, aby we właściwym czasie można było podjąć odpowiednie kroki w celu zminimalizowania skażenia. Sposób i szybkość rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń są również istotne w przypadku zrzutów zanieczyszczeń komunalnych i przemysłowych do rzek i muszą być uwzględniane w ocenach oddziaływania na środowisko.

Powyższych informacji mogą dostarczyć jedynie wyniki obliczeń z zastosowaniem nowoczesnych modeli matematycznych. Badania nad konstrukcją i doskonaleniem modeli matematycznych są prowadzone w Polsce w wielu ośrodkach, ale ich praktyczne zastosowanie jest jeszcze niedostateczne. Poza zastosowaniami o charakterze *stricte* badawczym, w Polsce praktycznie nie stosuje się modeli alarmistycznych, choć jest to praktyka coraz powszechniej przyjmowana przez zarządy europejskich zlewni rzecznych, np. przez Międzynarodową Komisję Ochrony Renu. Modele takie służą przewidywaniu sytuacji, które zdarzają się praktycznie wszędzie. Przykładem katastrofy, której skutki można było przewidzieć, a w konsekwencji ograniczyć, była największa katastrofa ekologiczna w historii Węgier w roku 2010, kiedy z fabryki aluminium pod miastem Veszprem wydostało się około 600-700 tys. m<sup>3</sup> toksycznej substancji zawierającej ług i metale ciężkie. Warto pamiętać, że na terenie Polski znajduje się największy w Europie zbiornik odpadów poflotacyjnych (Żelazny Most) należący do KGHM Polska Miedź SA i podobny wypadek miałby nieporównanie większe konsekwencje. Brak możliwości przewidywania skutków katastrofy w takim przypadku należy oceniać negatywnie.

Modelowanie procesów przenoszenia zanieczyszczeń w środowisku wodnym jest zagadnieniem złożonym i stanowi kombinację wiedzy z obszarów mechaniki płynów i chemii. Podstawową miarą zawartości substancji rozpuszczonej w wodzie jest stężenie. Proces przenoszenia dowolnego czynnika rozpuszczonego w wodzie jest efektem działania dwóch podstawowych mechanizmów: adwekcji, czyli mechanizmu związanego ze średnim ruchem wody, oraz dyfuzji, która jest samoistnym procesem przenoszenia czynnika w kierunku zmniejszającej się jego koncentracji. Dyfuzja w przeciwieństwie do adwekcji jest procesem nieodwracalnym. Dokładne określenie wartości stężenia w danym punkcie przestrzeni i w danym czasie nie jest możliwe, dlatego w praktyce poszukujemy uśrednionych wartości stężeń. Analizowane substancje mogą dodatkowo podlegać przemianom biologicznym lub chemicznym, mamy wtedy do czynienia z sub-

stancjami aktywnymi (przykładowo związki azotu i fosforu). Istotne są również substancje biernie, które takim przemianom nie ulegają (substancje radioaktywne). Sposób modelowania procesów transportowych w dość zasadniczy sposób zależy od tego, czy dana substancja jest roztworem czy zawiesiną, związkiem organicznym czy też nieorganicznym. W praktycznych sytuacjach równania przenoszenia masy są również uśredniane przestrzennie w zależności od dostępnych danych pomiarowych, możliwości obliczeniowych oraz informacji, które chcemy uzyskać w wyniku obliczeń. Rozwiązanie równań przenoszenia zanieczyszczeń wymaga szczegółowych informacji na temat współczynników występujących w równaniu (np. współczynników dyspersji), geometrii cieku wodnego oraz pola prędkości, które można uzyskać albo z bezpośrednich pomiarów, albo na podstawie modeli hydrodynamicznych.

Nieco inne podejście stosowane jest w modelowaniu transportu zanieczyszczeń przenoszonych przez wody gruntowe. Na proces modelowania mają wtedy szczególny wpływ charakterystyki gruntu, współczynniki przepuszczalności, prędkość filtracji. Inna jest też dynamika zjawiska. Do dyspozycji jest zazwyczaj jeszcze mniejsza ilość danych pomiarowych niż w przypadku wód powierzchniowych, ale trudności pomiarowe zwiększają praktyczne znaczenie takich modeli. Analiza penetracji zanieczyszczeń do wód gruntowych przy użyciu modeli matematycznych jest często jedyną metodą pozwalającą na analizę zagrożeń. Rozwiązanie odpowiednich równań pozwala na analizę różnych scenariuszy umożliwiających ocenę zagrożeń wynikających ze szczelinowania hydraulicznego podczas wydobywania gazu z łupków skalnych. Badania eksperymentalne w takim przypadku byłyby stanowczo zbyt kosztownym przedsięwzięciem.

Siłą rzeczy stosowane modele jakości wody są wypadkową zrozumienia opisywanych zjawisk, zastosowanych uproszczeń, dostępnych danych i możliwości obliczeniowych. Są więc obarczone niepewnością, której szacowanie winno być integralną częścią procesu modelowania. Informacja o niepewności wyników modeli jakości wody oraz przeszkolenie użytkowników tych modeli w tym zakresie jest czynnikiem kluczowym w procesach podejmowania decyzji.

Analiza poszczególnych substancji z osobna jest zagadnieniem niezwykle złożonym, zatem często poszukuje się prostszych sposobów oceny stanu ekologicznego wód. Warunkiem utrzymania przy życiu organizmów aerobowych oraz przebieg wielu procesów prowadzących do spadku stężeń różnego typu zanieczyszczeń rozkładalnych jest zawartość w wodzie rozpuszczonego tlenu. Zatem modele bilansu tlenowego, a w konsekwencji określenie metabolizmu strumienia (bilans między ilością tlenu pobranego i uwolnionego z organizmów zamieszkujących ekosystem rzeczny, definiowany przez produkcję pierwotną netto), czy też zdolności do samooczyszczania strumienia, stanowią niezwykle ważną informację do oceny stanu wód na danym obszarze. Metabolizm ekosystemu jest bowiem kształtowany m.in. przez dopływ substancji pokarmowych,

zrzuty ścieków pochodzenia organicznego, przezroczystość wody, przepływ oraz temperaturę wody. Wskazuje się przy tym na użyteczność modeli pozwalających na ocenę metabolizmu strumienia rzecznoego.

Modele matematyczne, we współdziałaniu z systemami informacji geograficznej (ang. GIS – *Geographic Information Systems*), mogą i powinny stanowić istotne elementy nowoczesnych systemów wspomagania decyzji zarówno w sytuacjach kryzysowych, jak i podczas planowania kolejnych inwestycji; również w ocenach oddziaływania na środowisko. Modele matematyczne są niezbędnym narzędziem we wszystkich działaniach redukujących skutki złego stanu wód powierzchniowych i gruntowych. Stanowią one również doskonałe narzędzie realizacji prawnych zobowiązań Polski. Przykładowo, dyrektywa 2008/105/WE Parlamentu Europejskiego i Rady przewiduje możliwość wprowadzenia tzw. strefy mieszania, czyli przejściowego obszaru przekroczenia, znajdującego się w sąsiedztwie punktów zrzutu zanieczyszczeń. Taką strefę mieszania można wyznaczyć jedynie przy użyciu nowoczesnych technik obliczeniowych.

#### **4.6. Możliwość osiągnięcia dobrego stanu wód powierzchniowych i podziemnych**

Celem podstawowym prawodawstwa wspólnotowego jest osiągnięcie dobrego stanu dla wszystkich rodzajów wód w państwach członkowskich Unii Europejskiej. Celami środowiskowymi RDW jest bowiem osiągnięcie: dobrego stanu ekologicznego i dobrego stanu chemicznego dla wód powierzchniowych; dobrego potencjału ekologicznego i dobrego stanu chemicznego dla stojących odbiorników; dobrego stanu wód podziemnych (tj. dobrego stanu chemicznego i dobrego stanu ilościowego); dobrego potencjału ekologicznego i dobrego stanu chemicznego wód powierzchniowych w odbiornikach znacznie zmienionych.

Polska ustaliła termin osiągnięcia dobrego stanu wód do końca 2015 roku. Związane to było z wymogiem czasowym RDW, w której przyjęto za termin osiągnięcia dobrego stanu wód Wspólnoty okres 15-letni od daty wejścia w życie tej dyrektywy. Polska wpiisała do Prawa wodnego precyzyjnie powyższy termin, przyjmując datę 22 grudnia 2015 roku, i na tym precyzja wykonania postanowień RDW się skończyła.

W czerwcu 2008 roku Komisja Europejska wskazała na bardzo wiele uchybień we wprowadzaniu RDW do Prawa wodnego i wezwała Polskę do ich usunięcia. W czerwcu 2010 roku Komisja Europejska skierowała do Polski tzw. uzasadnioną opinię wskazującą na wiele poważnych niedociągnięć, jak też skierowała w grudniu 2012 roku prośbę o konkretne decyzje, aby uzdrowić zaistniałą sytuację. Wyjaśnienia przedstawicieli Polski złożone w Brukseli nie znalazły uznania Komisji Europejskiej, która już w dniu 21 lutego 2013 roku skierowała skargę do Trybunału Sprawiedliwości Unii Europejskiej.

Zarzuty formalne mogą dotyczyć spraw nie tylko związanych z niewłaściwą transpozycją RDW do krajowego Prawa wodnego, ale również związanych z niewłaściwą realizacją postanowień implementacyjnych. Komisja Europejska wielokrotnie podnosiła

sprawę nieprzebrzegania przez Polskę postanowień związanych z polityką jakości wód. Plany i programy dotyczące korzystania z wód, w tym między innymi związane z ochroną przeciwpowodziową, nie zostały właściwie skoordynowane z planami gospodarowania wodami w dorzeczach, a tym samym nie uwzględniają postanowień RDW.

Równocześnie plany gospodarowania wodami dorzeczy nie spełniają koniecznych wymagań formalnych i merytorycznych. Niezwykle istotną sprawą jest w tym przypadku niedostosowanie monitoringu jakości wód do wymagań wspólnotowych, szczególnie w zakresie monitoringu biologicznego wód, pozwalającego na prawidłową ocenę ich stanu ekologicznego. RDW zmierza w kierunku stworzenia jednolitego i spójnego systemu stanu wód we Wspólnocie, co wymaga niewątpliwie znacznych zmian w dotychczasowym monitoringu jakości wód w Polsce.

Monitoring stanu jakości wód i monitoring zrzutów zanieczyszczeń są niezwykle istotne dla opracowania planów gospodarowania wodami dorzeczy i ich ochrony przed zanieczyszczeniami przez ustanowienie programów działań, a następnie sprawdzania ich skuteczności. Brak jest monitoringu istotnych źródeł zanieczyszczeń, szczególnie zrzutów ścieków komunalnych i przemysłowych. Istotnym jest też brak nowoczesnego systemu informacyjnego o gospodarowaniu wodami (katastru wodnego), wymaganego przez Prawo wodne.

Plany gospodarowania wodami dorzeczy winny być wsparte szczegółową analizą wpływów działalności antropogenicznej na stan wód oraz analizą ekonomiczną wykorzystania wód i ich ochrony. Wymaga to poważnej analizy wpływu społeczno-gospodarczego na stan wód, a szczególnie dokładnego oszacowania wielkości zanieczyszczeń punktowych i zanieczyszczeń obszarowych. Należy podkreślić, że szczególne znaczenie w zanieczyszczeniu wód odgrywają zanieczyszczenia obszarowe pochodzenia rolniczego, jak i zanieczyszczenia obszarowe, które przedostają się do wód wraz ze spływami powierzchniowymi, spowodowanymi przez zdarzenia meteorologiczne. Dlatego zagrożenia spowodowane zanieczyszczeniami obszarowymi są bardzo trudne do dokładnego monitorowania i oszacowania wpływu na jakość wód oraz ich kontrolowania. Zanieczyszczenia obszarowe, podobnie jak zanieczyszczenia punktowe, zawierają substancje biogenne i toksyczne. Brak jest strategii dla redukcji substancji priorytetowych i niebezpiecznych.

Dlatego należy zweryfikować naszą politykę wodną opartą na bezkrytycznym założeniu, że Polska osiągnie dobry stan wód do końca 2015 roku. Wydaje się, że w przypadku Polski może to nastąpić najwcześniej do końca 2027 roku.

### **Hazards related to water quality**

This paper has presented the main hazards related to water quality, in a form of selected types of pollutants, such as: organic compounds, nitrogen and phosphorus compounds, toxic substances, pathogenic organisms and a new types of pollutants. Their antropogenic effects on

the quality of receiving waters has been described, including the effects from agriculture and mining industries. The status of the quality of water bodies in Poland, for both surface and ground waters, has been given. The following proposed solutions are described: pollution prevention, modern technologies for water treatment, wastewater treatment and wastewater sludge processing, ecohydrology and revitalization of impoundments, as well as non technical methods of water pollution control. A possibility of obtaining a good status of surface and ground water bodies in Poland until the end of 2015 has been considered.

**Key words:** hazards, water quality, pollution sources, proposed solutions