

MARCIN CARUK*, ELŻBIETA DRUŻYŃSKA, ADAM JARZĄBEK**

WYBRANE ASPEKTY JAKOŚCI WÓD BIAŁEJ PRZEMSZY

SOME WATER QUALITY ASPECTS OF THE BIAŁA PRZEMSZA RIVER

Streszczenie

W artykule zaprezentowano zintegrowane podejście mające na celu łagodzenie presji na środowisko wodne w zlewniach obciążonych działaniem przemysłu. Jest to podejście integrujące trzy narzędzia: ilościowo-jakościowy model służący bilansowaniu zasobów wodnych, monitoring wód oraz wykorzystanie dokumentów BREF/BAT charakteryzujących najlepsze dostępne techniki w różnych sektorach przemysłu. Jest to ponadto podejście wspomagające identyfikację oddziaływań sektora przemysłowego na stan zasobów wodnych oraz formułowanie zaleceń w zakresie zmniejszenia tych oddziaływań. Wszystkie przedstawione wyniki są rezultatem prac realizowanych w Instytucie Inżynierii i Gospodarki Wodnej PK w ramach projektu zintegrowanego AquaStress.

Słowa kluczowe: presja na środowisko wodne, model bilansowy, AquaStress

Abstract

The paper presents the integrated approach to mitigation of water stress in river catchments affected by industrial users. The following tools are part of this methodology: a water quantity and quality model to balance water use in relation to water resources, monitoring of water bodies and finally the use of guidance documents to assess the state of industrial water. This methodology assists in identification of water quantity and quality impacts on water resources, their verification and formulation of recommendations for water stress mitigation. All the presented results are outcomes work performed by the Institute of Water Engineering and Water Management of PK within the integrated project AquaStress.

Keywords: water stress, balance modeling, AquaStress

* Mgr inż. Marcin Caruk, Zakład Ochrony Wód, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach.

** Dr inż. Elżbieta Drużyńska, dr inż. Adam Jarząbek, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

W 2005 roku rozpoczęła się realizacja projektu AquaStress „Łagodzenie presji na środowisko wodne poprzez nowe zintegrowane podejście do zarządzania oraz poprzez instrumenty techniczne, ekonomiczne i instytucjonalne”. Projekt jest składową 6. Programu Ramowego – Priorytet 1.1.6.3 – „Globalne zmiany i ekosystemy”. AquaStress jest projektem zintegrowanym (IP) i jest zorientowany na dostarczenie interdyscyplinarnej metodyki umożliwiającej uczestnikom procesu decyzyjnego różnego szczebla skuteczne łagodzenie presji na środowisko wodne [1].

Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej Politechniki Krakowskiej jest jednym z 35 partnerów AquaStress i jego zadaniem jest koordynacja prac wykonywanych w zlewni Przemyszy, która została wybrana jako jeden z 8 obszarów pilotowych projektu. W trakcie realizacji projektu zawężono ostatecznie pole zainteresowań do zlewni Białej Przemyszy, stwierdzając, że występują tam wszystkie elementy presji, do jakich zdecydowano się odnieść w polskim studium przypadku. Do realizacji celów projektu określono cztery zadania, wszystkie zmierzające w jednym wspólnym kierunku, jakim jest adaptacja systemu gospodarowania zasobami wodnymi do potrzeb przemysłowej transformacji w regionie. Jednym z tych zadań jest tworzenie warunków do poprawy stanu czystości wód zagrożonych działalnością przemysłową.

Przedstawione w artykule wyniki są rezultatem prac prowadzonych w interdyscyplinarnym zespole ekspertów Politechniki Krakowskiej oraz RWTH Aachen University.

Do 2015 roku powinien zostać osiągnięty dobry stan wód w rozumieniu Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW). Wykonane dotychczas analizy związane z wdrażaniem RDW wykazały, że występuje, między innymi, wysokie ryzyko niezrealizowania celów środowiskowych spowodowanych działalnością sektora przemysłu w zlewni Białej Przemyszy, mimo obserwowanej w ostatnim czasie poprawy stanu i potencjału ekologicznego wód powierzchniowych. Tylko w wypadku górnego fragmentu zlewni ryzyko uznane zostało jako średnie, przy czym dominujący udział ma w tej części sektor komunalny. Narzędziem realizacji celów środowiskowych w sektorze komunalnym jest przede wszystkim Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK). KPOŚK jest dokumentem rządowym określającym plan działań w zakresie budowy infrastruktury kanalizacyjnej i oczyszczalni ścieków. Działania te mają przyczynić się do ograniczenia presji na zasoby wodne ze strony sektora komunalnego.

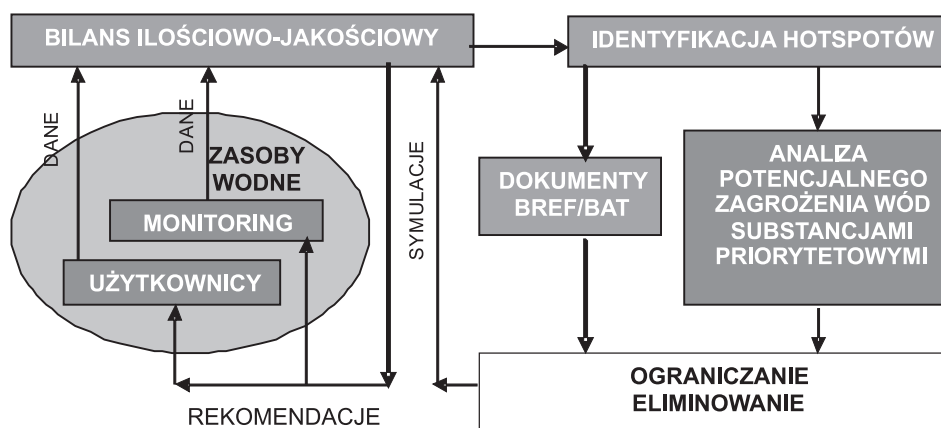
W projekcie AquaStress skoncentrowano się na zagadnieniu ograniczania presji na zasoby wodne wynikające z działalności przemysłu w skali zlewni rzecznej w relacji do jej zasobów wodnych. Działalność przemysłowa odgrywa ważną rolę w gospodarce regionu. Gwarantuje jej zrównoważony rozwój oraz zapewnia miejsca pracy, przez co zapobiega konfliktom społecznym. Niestety, nadal wywiera znaczący wpływ na zasoby wodne i obszary z nimi związane w zlewni. Jakkolwiek w ostatnich latach dokonał się znaczący postęp w zakresie ochrony jakości wód w obszarze testowym, nadal istnieje spora rozbieżność między lokalną rzeczywistością a standardami europejskimi. Dla zmniejszenia tego dystansu zaproponowano w projekcie podejście integrujące trzy narzędzia: ilościowo-jakościowy model służący bilansowaniu zasobów wodnych, monitoring wód oraz wykorzystanie dokumentów BREF/BAT charakteryzujących najlepsze dostępne techniki w różnych sektorach przemysłu w związku z wdrażaniem zintegrowanego systemu zapobiegania zanieczyszczeniom z sektora przemysłu. System złożony z wymienionych narzędzi ma na

celu ilościową i jakościową identyfikację oddziaływań na zasoby wodne, ich weryfikację oraz formułowanie zaleceń na podstawie dokumentów referencyjnych zmierzających do ograniczania presji na zasoby wodne.

Zaproponowany system [2] składa się z następujących etapów:

- opracowania bilansowego modelu ilościowo-jakościowego (model taki jest użytecznym narzędziem pozwalającym na ocenę aktualnego stanu ilościowego i jakościowego zasobów wodnych cieków, identyfikację uciążliwych użytkowników oraz na prowadzenie analiz symulacyjnych ewentualnego wdrożenia działań naprawczych),
- identyfikacji użytkowników odpowiedzialnych za złą kondycję cieków („hot spots”), analizy wewnętrznej gospodarki wodno-ściekowej tych użytkowników oraz jej porównania ze standardami BREF i BAT,
- analizy zagrożenia substancjami priorytetowymi,
- opracowania listy działań naprawczych i rekomendacji w zakresie stosowania BAT oraz prowadzenia monitoringu.

Koncepcję systemu łagodzenia presji na zasoby wód powierzchniowych ze strony sektora przemysłowego pokazano na rys. 1. Podejście to zastosowano w realizacji zadania mającego na celu tworzenie warunków do poprawy stanu czystości wód zagrożonych działalnością przemysłową w zlewni Białej Przemszy.



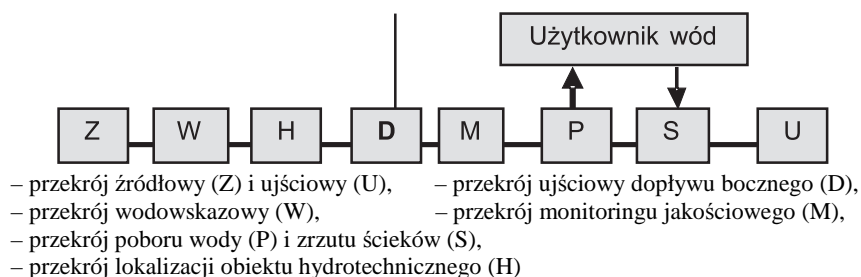
Rys. 1. Schemat zintegrowanego podejścia do identyfikacji i łagodzenia presji na zasoby wód powierzchniowych ze strony sektora przemysłowego

Fig. 1. Integrated approach to identification and mitigation of water stress generated by industrial sector

2. Model ilościowo-jakościowy

2.1. Struktura modelu

Model ten [3, 2] bazuje na hierarchicznym opisie struktury sieci hydrograficznej i zdefiniowanych na niej przekrojach bilansowych, których rodzaje przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Rodzaje przekrojów bilansowych w modelu bilansowym
 Fig. 2. Balance cross-sections in the balance model

Na rysunku 3 przedstawiono przyjętą dla modelu sieć hydrograficzną Białej Przemszy oraz zidentyfikowane punkty poborów wody i zrzutów ścieków.

Model ten [4] zrealizowano dwuetapowo przez określenie:

- bilansu ilościowego uwzględniającego rozkład poborów wody i zrzutów ścieków na sieci hydrograficznej,
- bilansu ładunków zanieczyszczeń wprowadzonych do wód w poszczególnych punktach bilansowych odniesionych do przebiegu sieci hydrograficznej.

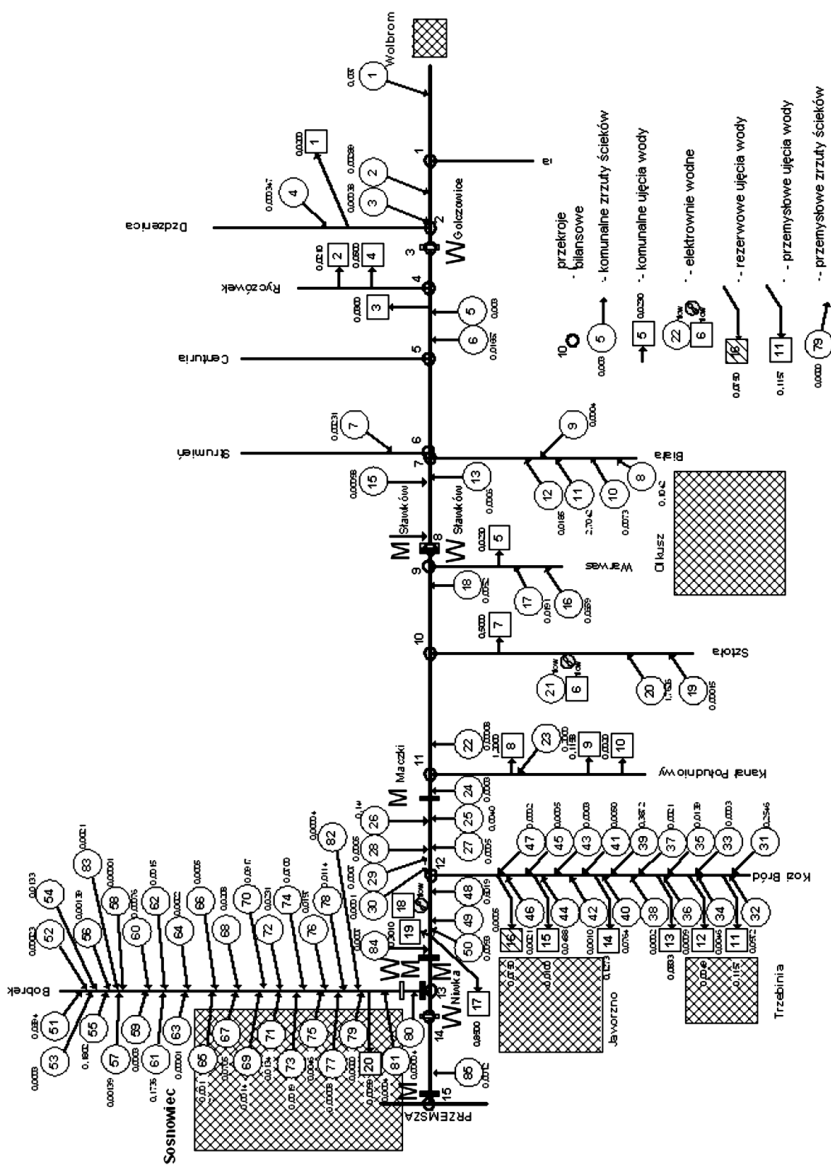
2.2. Dane do modelu

2.2.1. Pobory wody

Zidentyfikowano pobory wód zarówno dla potrzeb przemysłu, jak i sektora komunalnego. Zasoby wodne w środkowej i górnej części zlewni wykorzystywane są głównie przez sektor komunalny, w dolnej części zlewni dominują pobory wód dla potrzeb sektora przemysłowego. Kluczowe ujęcia wody dla przemysłu związane są z jej wykorzystaniem do celów chłodniczych. Funkcjonują tutaj duże elektrownie w Jaworznie oraz Trzebini. Znaczącymi przemysłowymi użytkownikami wody są także PCC Rail Szczakowa SA oraz Huta Metali nieżelaznych „Szopienice”. Źródła wody dla wymienionych użytkowników to dolny odcinek Białej Przemszy oraz zasoby zlewni Koziego Brodu. Udział sektora przemysłowego w poborze wód z zasobów zlewni Białej Przemszy wynosi ok. 44%. W górnej części zlewni zidentyfikowano również pobory wody dla potrzeb stawów rybnych.

2.2.2. Ścieki odprowadzane do wód

Górna część zlewni jest w niewielkim stopniu obciążona ściekami. Ale począwszy od rejonu olkuskiego, aż po ujścia Białej Przemszy, ilości ścieków wprowadzane do wód są znaczące. Kluczowe znaczenie mają wody pochodzące z odwadniania kopalń oraz ścieki z przeróbki rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim oraz wody z odwodnienia piaskowni PCC Rail Szczakowa SA. Wody i ścieki odprowadzane są przez system kanałów (Kanał Dąbrówka, Kanał Zachodni – Warwas, Kanał Południowy, Kanał Centralny) do Białej Przemszy lub jej dopływu Sztoly. Istotne zrzuty ścieków występują w zlewniach Bobrka oraz Koziego Brodu i w ujściowym odcinku Białej Przemszy. Właśnie ze względu na ilości wprowadzanych ścieków Bobrek oraz Kozi Bród uznane zostały za silnie zmienione części wód w znaczeniu Ramowej Dyrektywy Wodnej. W ujęciu ilościowym ścieki z przemysłu



Rys. 3. Sieć hydrograficzna i przekroje bilansowe
 Fig. 3. Hydrographic network and balance cross-sections

stanowiły ok. 93% całkowitej ilości ścieków odprowadzanych do wód w zlewni Białej Przemszy.

2.2.3. Przepływy charakterystyczne

Do bilansu przyjęto przepływy średnie w przekrojach wodowskazowych na Białej Przemszy oraz na rzece Bobrek z lat 1996–2005 określone przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Na ich podstawie oraz biorąc pod uwagę użytkowanie zasobów wodnych, obliczono przepływy naturalne w przekrojach bilansowych na całej długości Białej Przemszy. Dla odcinka źródłowego przepływy naturalne obliczono, opierając się na odpływie jednostkowym obliczonym na podstawie przepływu średniego właściwego dla wodowskazu Golczowice. W środkowym odcinku Białej Przemszy przepływy rzeczywiste i naturalne określone były na drodze interpolacji pomiędzy przekrojami wodowskazowymi w Golczowicach i Sławkowie. Podobnie określone były przepływy rzeczywiste i naturalne w dolnym odcinku Białej Przemszy pomiędzy wodowskazami w Sławkowie i Niwce. Dla odcinka ujściowego Białej Przemszy średni, naturalny przepływ z wielolecia obliczono, bazując na odpływie jednostkowym, określonym dla dolnego odcinka rzeki.

Tabela 1

Przepływy charakterystyczne przyjęte do modelu bilansowego

Wodowskaz	Nazwa rzeki	Powierzchnia zlewni [km ²]	SSQ [m ³ /s]
Golczowice	Biała Przemsza	216,9	0,97
Sławków	Biała Przemsza	425,7	3,90
Niwka	Biała Przemsza	865,2	8,40
Niwka	Bobrek	96,5	1,15

2.2.4. Charakterystyki jakościowe wód powierzchniowych

Dla potrzeb bilansu wykorzystano średnie wartości stężeń wybranych wskaźników zanieczyszczeń z monitoringu jakości wód w zlewni zrealizowanego w 2005 r. Dane te są publikowane przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Katowicach oraz w Krakowie. W sumie w zlewni badania prowadzono w 11 przekrojach monitoringu, a do modelu wykorzystano średnie stężenia wskaźników: BZT₅, zawiesiny ogólnej, azotanów, azotynów, amoniaku, siarczanów, chlorków, odczynu pH.

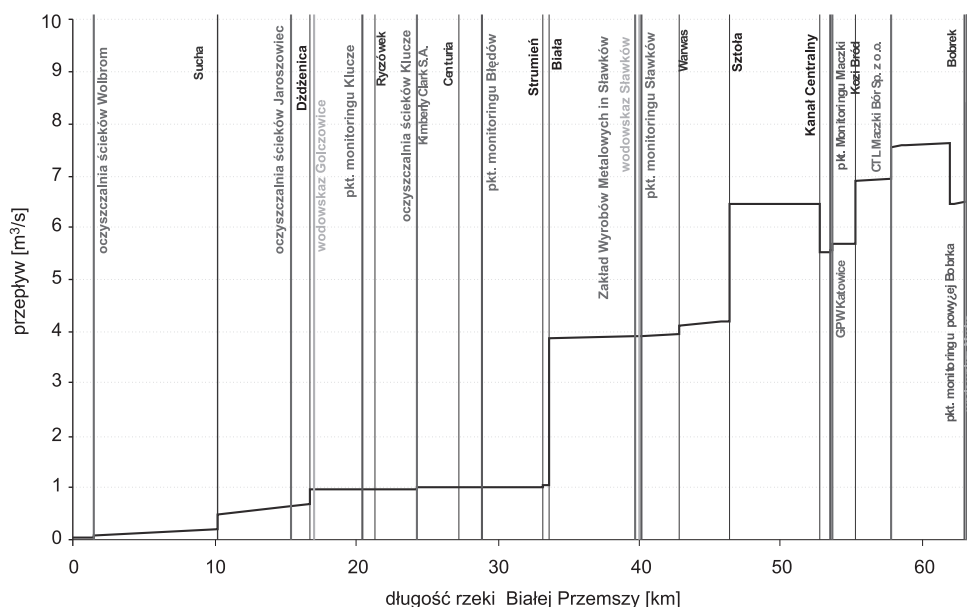
2.3. Wyniki modelu

2.3.1. Ocena wpływu użytkowania przemysłowego na ilość zasobów wodnych

Wyniki bilansu ilościowego przedstawiono na rys. 4. Obliczenia wykazały znaczącą zmienność zasobów wodnych wzdłuż Białej Przemszy wynikającą głównie z wpływu odwodnienia eksploatowanych wyrobisk górniczych przez kopalnię rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim oraz odkrywek piasku przez PCC Rail Szczakowa SA. Drenaż spowodował obniżenie się zwierciadła wód podziemnych i ucieczkę wody z rzek. Efekt ten widoczny jest w bilansie jako spadek przyrostu przepływów pomiędzy Golczowicami a Sławkowem. Natomiast odprowadzanie tych wód przez Białą oraz Sztołę oznacza znaczący wzrost przepływów w przekrojach dopływów tych rzek do Białej Przemszy.

Szczególne zaburzenia przepływów dotyczą rzeki Sztoły. W górnym i środkowym biegu Sztoła objęta jest drenującym wpływem odkrywek, gdzie eksploatowany jest piasek przez PCC Rail Szczakowa SA, a w przeszłości także drenażem nieczynnych obecnie kopalń „Olkusz” oraz „Bolesław”. Jak wspomniano, Sztoła jest także odbiornikiem wód z odwodnienia kopalń rud cynku i ołowiu. Od miejsca zrzutu tych wód Kanałem Południowym i Babą Sztoła staje się rzeką zasobną w wodę i co więcej – postrzegana jest wśród wędkarzy jako cenne łowisko pstrągów. W przeszłości wody Sztoły przed ujściem do Białej Przemszy (miejscowość Ryszka) były ujmowane dla zaopatrzenia części aglomeracji śląskiej.

Odprowadzane ścieki wyraźnie oddziałują na wzrost zasobów wodnych Koziego Brodu, a przede wszystkim Bobrka. Poza Zakładami Górniczo-Hutniczymi „Bolesław” największy wpływ na zasoby wód powierzchniowych spowodowany był odprowadzaniem ścieków przez: Elektrownię „Siersza” w Trzebini, KWK „Siersza” (obecnie kopalnia zlikwidowana), CTL Maczki – Bór Sp. z o.o. w Sosnowcu (dawna Kopalnia Piasku), Mittal Steel Poland SA – Dąbrowa Górnicza, Koksownię „Przyjaźń” Sp. z o.o. w Dąbrowie Górniczej, KWK „Kazimierz – Juliusz” Sp. z o.o. w Sosnowcu, Spółkę Restrukturyzacji Kopalń SA Katowice, Centralny Zakład Odwadniania Kopalń – Czeladź (odwodnienie zlikwidowanej kopalni Porąbka – Klimontów w Sosnowcu). Poniżej zilustrowano na profilu wyniki obliczeń bilansowych charakteryzujące aktualne użytkowanie wód w zlewni Białej Przemszy w odniesieniu do przepływów średnich.



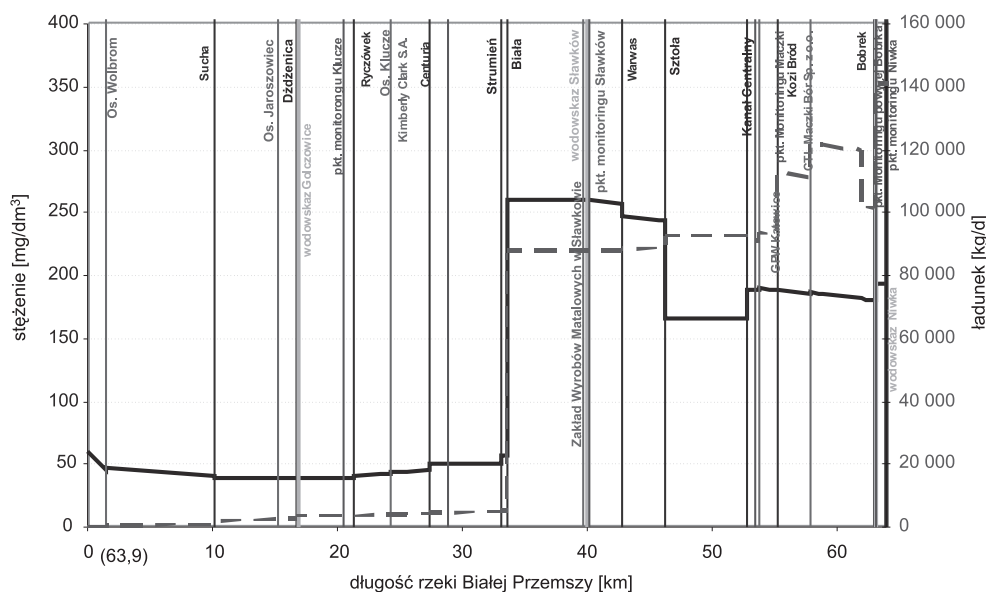
Rys. 4. Wynik modelu – ilościowa ocena zasobów wodnych Białej Przemszy w odniesieniu do przepływu średniego SSQ (1996–2005)

Fig. 4. Results of the model – quantitative assessment of the Biała Przemsza water resources in relation to average flow capacities SSQ (1996–2005)

2.3.2. Ocena wpływu użytkownika przemysłowego na jakość zasobów wodnych

Wyniki modelu pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- **Wielkości BZT₅ w Białej Przemszy** od źródeł do ujścia Bobrka były niewielkie – 0,5–3,15 mg/dm³. Natomiast stwierdzono wysokie zanieczyszczenie rzeki Bobrek (stężenie 64,25 mg/dm³), skutkujące wzrostem zanieczyszczenia Białej Przemszy poniżej ujścia Bobrka do 6,40 mg O₂/dm³. Na stan czystości wód Bobrka ze względu na zanieczyszczenia organiczne ma wpływ głównie sektor komunalny – zanieczyszczenia z Sosnowca (RPWiK Sosnowiec), w mniejszym stopniu przemysł.
- **Związki azotu – azotany, azotyny, amoniak:** stężenia związków azotu w wodach Białej Przemszy były relatywnie niskie na całej jej długości, począwszy od źródeł do ujścia Bobrka. W związku z wysoką zawartością azotynów i amoniaku w wodach Bobrka wzrastało ich stężenie także w wodach odcinka ujściowego Białej Przemszy.
- **Chlorki** – średnie stężenie chlorków w wodach Białej Przemszy, od źródeł do ujścia Bobrka, było stabilne i wynosiło ok. 20 mg/dm³. Znaczący wzrost zawartości chlorków w wodach odcinka ujściowego spowodowany był dopływem wód Bobrka (przyczyną są tutaj ścieki odprowadzane z KWK „Kazimierz – Juliusz”, a także ścieki z Koksowni „Przyjaźń”, w mniejszym stopniu ścieki komunalne).



Rys. 5. Wynik modelu – stężenia oraz ładunki siarczanów w Białej Przemszy w odniesieniu do przepływu średniego SSQ (1996–2005)

Fig. 5. Results of the model – sulphates concentration and loads in the Biała Przemsza water resources in relation to average flow capacities SSQ (1996–2005)

- **Siarczany** – stężenia siarczanów w wodach Białej Przemszy do ujścia Białej utrzymywały się na poziomie ok. 50 mg/dm³. Gwałtowny ich wzrost następował poniżej ujścia Białej i był to wynik oddziaływania Zakładów Górniczo-Hutniczych „Bolesław” w Bukownie, skąd odprowadzane były wody pochodzące z odwodnienia kopalń oraz

ścieki technologiczne. Również wysokie stężenia siarczanów występowały w wodach Bobrka, co było wynikiem m.in. wprowadzania wód ze zlikwidowanej kopalni w Sosnowcu. W tym wypadku ujawniały się również skutki stopniowego zatapiania likwidowanej kopalni i odbudowy zwierciadła wód podziemnych w górotworze zawierającym utlenione minerały siarczkowe z żelazem (AMD – *Acid Mine Drainage*).

- **Stężenia zawiesiny ogólnej** w wodach Białej Przemszy od źródeł do ujścia Białej nie przekraczały 14 mg/dm^3 . Wzrost stężeń zawiesiny ogólnej od 25 mg/dm^3 w wodach Białej Przemszy spowodowany był dopływem rzeki Białej. Poniżej jej ujścia stężenie zawiesiny stopniowo zmniejszało się. Rzeka Biała jest nadal odbiornikiem ścieków (w tym wód z odwodnienia wyrobisk) z Zakładów Górniczo-Hutniczych „Bolesław”. W wodach dowolnego odcinka stężenie zawiesin ponownie wzrastało ze względu na dopływ zanieczyszczonych wód Koziego Brodu oraz Bobrka. Znaczący wpływ na poziom stężeń zawiesiny ogólnej miały także ścieki odprowadzane z GPW Katowice.

Tabela 2

Zbiorcza ocena wpływu przemysłowych użytkowników na zasoby wodne

Nazwa użytkownika wód	Rzeka/ciek objęte bezpośrednią presją	Ocena wpływu na zasoby wodne ze względu na:		
		pobór wody	ilość ścieków	zanieczyszczenia
Elektrownia „Siersza” w Trzebini	Kozi Bród	Znacząca	Znacząca	Średnia
PCC Rail Szczakowa SA – Jaworzno (dawniej kopalnia piasku Szczakowa)	Kozi Bród	Znacząca	Znacząca	Niska
Południowy Koncern Energetyczny SA Jaworzno – Elektrownia „Jaworzno I i II”	Biała Przemsza	Znacząca	Brak wpływu	Brak wpływu
Huta Metali Nieżelaznych „Szopienice” – Katowice	Biała Przemsza	Znacząca	Brak wpływu	Brak wpływu
Zakłady Górniczo-Hutnicze „Bolesław” SA – Bukowno	Biała/Warwas/Sztoła	Brak wpływu	Duża	Duża
KWK „Siersza” – Trzebinia zlikwidowana	Jaworznik	Brak wpływu	Znacząca	Średnia
CTL Maczki – Bór Sp. z o.o. – Sosnowiec (Dawna Kopalnia Piasku „Maczki – Bór”)	Biała Przemsza	Brak wpływu	Znacząca	Niska
Koksownia „Przyjaźń” Sp. z o.o. – Dąbrowa Górnicza	Bobrek	Brak wpływu	Znacząca	Istotna
Mittal Steel Poland SA (dawniej Huta Katowice)	Bobrek	Brak wpływu	Znacząca	Istotna
S-ka Restrukturyzacji Kopalń SA K-Ce-Centralny Zakład Odwadniania Kopalń – Czeladź	Rów Mortimerowski	Brak wpływu	Średnia	Niska

Na rysunku 5 zilustrowano rezultat bilansu na przykładzie zmian stężeń i ładunków siarczanów. W tabeli 2 zestawiono zbiorczą ilościową i jakościową ocenę zasobów wodnych Białej Przemszy.

3. Badania terenowe jakości wód pod kątem obecności substancji priorytetowych

3.1. Badania wód

Wyniki modelu i dane zebrane dla potrzeb jego wykonania stały się cenną wskazówką do określenia potencjalnych emisji do wód substancji priorytetowych z sektora przemysłowego [5]. W zależności od branży przemysłowej stan ten w ocenie ekspertów RWTH Aachen University jest następujący:

- przemysł metalowy, w tym galwanizernie, walcownie: potencjalna emisja wielu metali ciężkich, w tym kadmu, ołowiu, niklu, rtęci, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych,
- przemysł metali nieżelaznych: potencjalna emisja niklu, ołowiu, kadmu, rtęci, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych,
- produkcja stali: potencjalna emisja kadmu, ołowiu, rtęci, niklu, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, benzenu,
- koksownie: potencjalna emisja benzenu, naftalenu, antracenu, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych,
- garbarnie: potencjalna emisja związków chromu (z ołowiem, kadmem, niklem), benzenu, rtęci, lindanu, naftalenu, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych.

Rzeczywisty poziom emisji uzależniony jest od procesów i zastosowanych technologii produkcji, stąd przedstawione powyżej informacje dotyczą ogólnie sektorów przemysłowych, a nie konkretnych zakładów wskazanych w zlewni Białej Przemszy.

Zdecydowano się przeprowadzić kontrolne badania wód powierzchniowych w zlewni, biorąc pod uwagę spodziewane zanieczyszczenie niektórymi substancjami spośród substancji priorytetowych (kadm, nikiel, ołów, rtęć, WWA), a ponadto wykonano oznaczenia: odczynu pH, ChZT_{Cr} , przewodności właściwej, chlorków, siarczanów, żelaza ogólnego i fenoli lotnych. Ze względu na ciągłą pracę kluczowych zakładów przemysłowych odprowadzających ścieki do wód powierzchniowych w zlewni Białej Przemszy pobór prób przeprowadzono w dniach wolnych od pracy (3 listopada 2007 r. oraz 11 listopada 2007 r.). Punkty pomiarowo-kontrolne wybrano, opierając się na dotychczasowych pracach studialnych, analizie presji oraz bilansie korzystania z wód w zlewni Białej Przemszy ze szczególnym uwzględnieniem działalności przemysłu. Do badań kontrolnych pobrano także dwie próby osadów rzecznych z rzeki Bobrek, która doprowadza znaczne ilości ścieków przemysłowych do Białej Przemszy. Wykaz przekrojów objętych badaniami zestawiono w tab. 3.

Badanie analityczne wykonało akredytowane Laboratorium Analiz Wód i Ścieków Zakładu Monitoringu Środowiska Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach (PCA Certyfikat Akredytacji nr AB 145). W tabeli 4 zestawiono wyniki tych analiz.

W wyniku wykonanych analiz stwierdzono, że w przekroju pomiarowym Golczowice woda Białej Przemszy nie zawierała podwyższonych stężeń badanych zanieczyszczeń, co było skutkiem braku oddziaływań sektora przemysłowego w górnej części zlewni. Poniżej ujścia ciekłu Warwas w wodach Białej Przemszy wystąpił wzrost zawartości siarczanów

oraz metali ciężkich (ołowiu, kadmu), których wysokie stężenia stwierdzono także poniżej ujścia Sztoły. W przyujściowym odcinku Białej Przemszy stężenia wskaźników zanieczyszczeń były na ogół niższe, szczególnie w wypadku siarczanów. Wyniki analiz wskazują na niekorzystne oddziaływanie ścieków odprowadzanych z Zakładów Górniczo-Hutniczych „Bolesław”. W pierwszej serii pomiarowej zanotowano wzrost stężeń rtęci w wodach Białej Przemszy pomiędzy ujściem Sztoły a ujściem Koziego Brodu.

Tabela 3

Wykaz badanych punktów w zlewni Białej Przemszy

Nazwa punktu pomiarowego	Nr punktu
Biała Przemsza w Golczowicach (warunki naturalne)	1
Biała Przemsza poniżej cieku Warwas (zrzut ścieków z ZGH „Bolesław”, w tym wód z odwodnienia)	2
Biała Przemsza poniżej ujścia Sztoły (zrzut wód z odwodnienia ZGH „Bolesław”)	3
Biała Przemsza poniżej ujścia Koziego Brodu	4
Kozi Bród powyżej ujścia do Białej Przemszy (ścieki z zakładów w Jaworznie)	5
Bobrek poniżej ujścia Rakówki, w drugiej serii Bobrek poniżej zrzutu ścieków z Koksowni „Przyjaźń”	6 (6')
Bobrek przed ujściem do Białej Przemszy	7
Biała Przemsza w Sosnowcu-Niwce powyżej ujścia Bobrka	8

W pierwszej serii badania wykazały występowanie wysokich stężeń: ChZT_{Cr} , wskaźników zasolenia (przewodność właściwa, chlorki, siarczany) oraz fenoli lotnych w wodach Koziego Brodu. W drugiej serii stwierdzono jedynie podwyższone nieznacznie stężenia ChZT_{Cr} w wodach Bobrka i Koziego Brodu. Wyniki te świadczą o tym, że powyżej punktów poboru prób nastąpiły zrzuty znaczących ładunków ścieków przemysłowych, najprawdopodobniej w wyniku sytuacji awaryjnej.

Pierwsza seria pomiarowa dokumentuje powyższe stężenia wskaźników zasolenia (przewodność właściwa, chlorki, siarczany) w wodach Bobrka poniżej ujścia Rakówki, a więc wpływ ścieków odprowadzanych z Huty Katowice i Koksowni „Przyjaźń”. Podczas drugiej serii badań wodę pobrano bezpośrednio poniżej zrzutu ścieków z Koksowni „Przyjaźń”. Wyniki analiz wykazały wówczas wysokie stężenia ChZT_{Cr} , wskaźników zasolenia, fenoli oraz metali ciężkich: niklu i rtęci. W wodach odcinka przyujściowego Bobrka stwierdzono podwyższoną zawartość ChZT_{Cr} oraz zasolenia w próbkach z pierwszej i drugiej serii pomiarowej. Podwyższoną zawartość rtęci stwierdzono tylko w pierwszej serii pomiarowej. Zmiany zanieczyszczenia wód Bobrka, podobnie jak Koziego Brodu, świadczą o możliwości występowania zrzutów ścieków w sytuacjach awaryjnych.

Pomimo rozbudowy urządzeń i systemów oczyszczania ścieków przemysłowych stwierdzony poziom zanieczyszczeń jest wysoki, szczególnie w zakresie wybranych substancji priorytetowych. Wykonane badania potwierdzają hipotezę zakładającą, że o zanieczyszczeniu wód powierzchniowych w zlewni Białej Przemszy decydować mogą wskaźniki związane z oddziaływaniem przemysłu: ChZT_{Cr} , przewodność właściwa, chlorki, siarczany, fenole lotne oraz metale ciężkie (kadm, nikiel, ołów, rtęć). Należy podkreślić, że próbki wody nie były filtrowane, co oznacza, iż stężenia metali w formie rozpuszczonej mogą być niższe niż w przedstawionych wynikach badań, które uwzględniają formę rozpuszczoną, koloidalną i w postaci zawiesiny mineralnej. Potwierdza to również porównanie

Wyniki badań analitycznych wód powierzchniowych w zlewni Białej Przemyskiej

Nazwa wskaźnika	Jednostka	Punkt pomiarowy (badania z dnia 3 listopada 2007 r.)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Odczyn pH		7,50	7,65	7,25	7,75	6,8	7,55	7,45	7,8	7,8
ChZT _{Cr}	mgO ₂ /l	<10	<10	13,1	<10	57,9	<10	15,9	<10	<10
Przewodność właściwa	µS/cm	447	835	798	752	3470	2820	2460	757	904
Chlorki	mg/l	19,52	21,09	23,9	22,48	763,7	674,7	535,4	29,57	71,83
Siarczany	mg/l	37,1	26,2	241	223	637	261	275	225	227
Kadm	mg/l	<0,002	<0,002	0,0033	0,0034	<0,002	<0,002	<0,002	0,003	0,0022
Nikiel	mg/l	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,012	<0,01	<0,01
Ołów	mg/l	<0,01	0,29	0,23	0,19	<0,01	<0,02	<0,02	0,2	0,16
Rtęć	mg/l	<0,002	<0,003	<0,005	<0,002	<0,002	<0,005	0,009	0,0053	<0,005
Żelazo	mg/l	0,16	1,11	0,75	0,64	9,55	1,23	0,73	0,64	0,66
WWA	mg/l	0,007	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	0,008	0,01	0,006	<0,005
Fenole lotne	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,044	<0,002	<0,005	<0,002	<0,002
		Punkt pomiarowy (badania z dnia 11 listopada 2007 r.)								
Nazwa wskaźnika	Jednostka	1	2	3	4	5	6'	7	8	9
Odczyn pH		7,85	7,85	7,95	7,9	7,85	8,1	7,8	7,9	7,9
ChZT _{Cr}	mgO ₂ /l	17,9	12,3	<10	10,7	27,9	107	61,7	16,8	16,6
Przewodność właściwa	µS/cm	460	757	711	2800	589	8320	2350	658	1010
Chlorki	mg/l	21,3	22,2	21,9	20,89	45,49	2103	524,7	22,04	125,3
Siarczany	mg/l	43,0	217	190	172	143	1090	205	167	174
Kadm	mg/l	<0,002	0,0025	0,0025	0,0025	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,0023
Nikiel	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,079	<0,02	<0,01	<0,01
Ołów	mg/l	<0,01	0,33	0,25	0,25	<0,01	<0,01	<0,02	0,23	0,23
Rtęć	mg/l	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,03	<0,003	<0,003	<0,003
Żelazo	mg/l	0,18	0,98	0,75	0,66	0,86	2,00	0,97	0,69	1,43
WWA	mg/l	0,009	<0,005	0,005	<0,005	0,015	0,024	0,01	0,005	<0,005
Fenole lotne	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,04	<0,005	<0,005	<0,005
		– wartość wskaźnika nie spełnia wymagań dla wody dobrej jakości (II klasa jakości wód) Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004								

uzyskanych wielkości stężeń z wynikami monitoringu WIOŚ z ostatnich lat w zakresie wartości maksymalnych i średnich.

3.2. Badania osadów rzecznych

Badania osadów dennych są ważnym elementem nie tylko identyfikacji problemów gospodarki wodnej, ale także programowania działań zmierzających do poprawy jakości zasobów wodnych. Osady dennie są bowiem miejscem kumulacji różnego rodzaju zanieczyszczeń, które mogły dostać się do rzek nawet kilkanaście lat wcześniej. Sytuacje takie obserwuje się np. w osadach dennych rzek rejonów rolniczych, gdzie podwyższona zawartość Hg, Cu i As jest rezultatem stosowanych dawniej środków ochrony roślin. Osady dennie rzek regionu śląskiego charakteryzuje wysoki stopień koncentracji metali ciężkich. Zanieczyszczenia skumulowane w osadach dennych mogą okresowo być wprowadzane w toń wodną i stają się wówczas źródłem wtórnego zanieczyszczenia wód. Wzburzenie i gwałtowne wprowadzanie osadów dennych zawierających znaczną ilość materii organicznej może doprowadzić do powstania deficytu tlenu. W ramach projektu pobrano osady dennie w rzece Bobrek. Pierwszy punkt pomiarowy to Bobrek przed ujściem do Białej Przemszy (osady organiczne, muły czarno-brunatne z częściami roślin), drugi punkt pomiarowy to Bobrek poniżej ujścia Rakówki (dno piaszczyste). Wyniki analiz zestawiono w tab. 5.

Tabela 5

Wyniki badań osadów rzecznych w wytypowanych punktach kontrolnych

Nazwa wskaźnika	Jednostka	Punkt pomiarowy	
		1	2
Wilgotność analityczna	[% wag.]	2,69	0,71
Arsen	[mg/kg] (ppm)	8	6
Kadm	[mg/kg] (ppm)	13	<1
Chrom	[mg/kg] (ppm)	40	18
Miedź	[mg/kg] (ppm)	54	22
Nikiel	[mg/kg] (ppm)	41	13
Ołów	[mg/kg] (ppm)	165	133
Cynk	[mg/kg] (ppm)	1348	584
Rtęć	[mg/kg] (ppm)	0,24	0,03
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne:	[mg/kg]		
benzo(a)antracen		0,63	0,16
benzo(b)fluoranten		1,32	0,47
benzo(k)fluoranten		0,41	0,13
benzo(a)piren		1,26	0,41
dibenzo(a,h)perylene		0,05	<0,01
benzo(g,h,i)perylene		0,55	0,35
indeno(1,2,3-cd)piren		<0,01	<0,01

Na podstawie przeprowadzonego badania stwierdzono, że kadm, cynk oraz benzo(a)piren w punkcie pomiarowym Bobrek przed ujściem do Białej Przemszy (zgodnie z załącznikiem do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony)

przekraczają dopuszczalne stężenia. Wyniki badań świadczą o obecności substancji priorytetowych w osadach rzecznych dolnego odcinka rzeki Bobrek.

4. Podsumowanie. Rekomendacje w zakresie łagodzenia presji ze strony użytkowników przemysłowych

Rekomendacje dotyczące ograniczania emisji zanieczyszczeń sformułowano na podstawie wyników modelu bilansowego oraz wyników dwóch serii badań wody. W zakresie ograniczania presji na obszarze testowym proponuje się:

W zakresie modelu bilansu ilościowo-jakościowego:

- upowszechnienie modeli bilansowych przez ich wdrażanie w jednostkach odpowiedzialnych za gospodarkę wodną, w szczególności w Regionalnym Zarządzie Gospodarki Wodnej, opcjonalnie w Wojewódzkich Inspektoratach Ochrony Środowiska w Katowicach i w Krakowie, a także wśród jednostek naukowo-badawczych zajmujących się zagadnieniami gospodarki wodnej,
- oszacowanie i jawne uwzględnienie w modelu udziału poszczególnych źródeł zanieczyszczeń obszarowych (głównie: z gleb w wyniku depozycji atmosferycznej, składowisk odpadów oraz z terenów miejskich – pierwsza fala zanieczyszczeń),
- zebranie i standaryzowanie danych o wynikach monitoringu ścieków wprowadzanych do wód (ilość, jakość) dla uszczegóławiania obliczeń opartych na modelu.

W zakresie monitoringu wód:

- zwiększenie częstotliwości oznaczeń niektórych spośród substancji priorytetowych w ramach monitoringu prowadzonego przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska na obszarze zlewni (metale ciężkie, WWA, fenole) w dostosowaniu do źródeł emisji tych substancji wynikających z charakteru samej branży przemysłowej,
- pomiary przepływów w rzekach równoległe z poborem prób wody,
- opracowanie projektu, analiza kosztów i wdrożenie ciągłego monitoringu wód pod względem ilości i jakości w trzech kluczowych punktach na obszarze zlewni. Proponowane punkty: poniżej ujścia cieku Warwas, poniżej ujścia Rakówki na Bobrku, na Kozim Brodzie przed jego ujściem do Białej Przemszy. Wystąpi wówczas korelacja wyników monitoringu z danymi o korzystaniu z wód.

W zakresie wykorzystywania dokumentów BREF/BAT:

- przegląd i analiza dokumentacji (pozwoleń wodnoprawnych, oceny oddziaływania na środowisko), na podstawie których wydano decyzje o emisji zanieczyszczeń do środowiska, i na tej bazie stworzenie listy zanieczyszczeń priorytetowych potencjalnie występujących w tych zakładach,
- opracowanie mapy potencjalnego ryzyka zanieczyszczenia substancjami priorytetowymi w systemie informacji przestrzennej (podstawowe elementy mapy: sieć hydrograficzna, precyzyjna lokalizacja wszystkich punktów zrzutu ścieków z informacją o użytkowniku wylotu ścieków, potencjalnie emitowane substancje priorytetowe),
- zbadanie i ocena możliwości poprawy lub sukcesywnego wdrażania w poszczególnych zakładach przemysłowych odpowiednich technik oczyszczania ścieków z substancji priorytetowych przez odniesienie do następujących zaleceń wynikających z BREF/BAT dla:

- sektora przemysłu żelaza i stali w zakresie oczyszczania ścieków z metali ciężkich (jak Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) przez ich strącanie, neutralizację ścieków i filtrację na złożu piaskowym,
- ścieków koksowniczych: oczyszczanie biologiczne w celu podniesienia skuteczności usuwania amoniaku, wstępne podczyszczanie w celu usunięcia substancji smolistych,
- ścieków z procesów wielkopieczowych: oczyszczanie przez koagulację i sedymentację zawiesin, separacja osadów w hydrocyklonach i odzysk frakcji,
- ścieków z przemysłu metali nieżelaznych mogących zawierać metale ciężkie, podwyższoną kwasowość oraz ciała stałe: strącanie chemiczne jonów metali (z korektą pH i dozowaniem reagentów), separacja form nierozpuszczalnych i ciał stałych przez sedymentację w basenach sedymentacyjnych, lagunach lub w specjalnych zbiornikach z możliwością wspomaganie przez flotację (np. zastosowanie technologii DAF Dissolved Air Flotation polegającej na uwalnianiu bardzo drobnych bąbelków powietrza o wielkości od 40 do 70 mikronów). Ostatnim etapem oczyszczania ścieków powinna być filtracja. Alternatywna technologia usuwania ze ścieków metali takich, jak miedź, chrom, magnez, cadmium to elektroliza,
- usuwania zanieczyszczeń organicznych przez zastosowanie technologii pogłębio- nego utleniania – utlenianie chemiczne AOP (*Advanced Oxidation Processes*).

W zakresie innych działań:

- lokalnie na terenie zlewni istotne jest podjęcie działań zmierzających do przetestowania i wdrożenia rozwiązań mających na celu ograniczenie skutków zatapiania kopalń i odprowadzania wód o podwyższonych stężeniach siarczanów oraz żelaza. Działania uwarunkowane są wiarygodnymi prognozami odnośnie do ilości i składu wypompowywanych wód odprowadzanych do odbiorników,
- rzeczywiste wdrożenie stosownych zaleceń w zakresie zmniejszenia presji na środowisko wodne wymaga, oczywiście, dalszych badań, opracowania studiów wykonalności, budowy instalacji pilotowych. Warunkiem skuteczności takich działań będzie współpraca z zainteresowanymi zakładami przemysłowymi.

Literatura

- [1] Drużyńska E., *Projekt zintegrowany AquaStress*, Gospodarka Wodna 2/2008, 64-68.
- [2] Jarząbek A., Drużyńska E., *Balancing Model of Pollution Loads As a Tool Supporting Preparation of Programs for Improvement of Surface Water Quality. The Biała Przemsza Case Study*, prezentacja posterowa w ramach IWA World Water Congress and Exhibition, Wiedeń, 7–12 września 2008.
- [3] Jarząbek A., *Water balance of the Biała Przemsza river with a focus on abstractions and discharges of industrial waters – water quality data of the Biała Przemsza river based on the latest monitoring data*, Internal report within Aquastress Project, 2007.
- [4] Jarząbek A., Banaszak K., *Wpływ przemysłu na ilość i jakość zasobów wód powierzchniowych w zlewni Białej Przemszy*, Przemysł Chemiczny 87(5), 2008, 467-469.
- [5] Korczak K. i in., *Badanie substancji priorytetowych zawartych w wodach powierzchniowych oraz badania osadów rzecznych na obszarze zlewni Białej Przemszy wraz z opracowaniem zaleceń dotyczących monitoringu tych substancji w aspekcie wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej*, Raport wewnętrzny w ramach projektu Aquastress, GIG, Katowice 2007.