

PRACE NAUKOWE GIG

GÓRNICTWO I ŚRODOWISKO MINING & ENVIRONMENT

RESEARCH
REPORTS

Quarterly

KWARTALNIK

1



GŁÓWNY INSTYTUT GÓRNICTWA
CENTRAL MINING INSTITUTE

KATOWICE 2006

Rada Programowa: *prof. dr hab. inż. Jakub Siemek (przewodniczący), prof. dr hab. inż. Tadeusz Chmielniak, prof. dr hab. inż. Bernard Drzęźła, prof. dr hab. inż. Józef Dubiński, prof. dr hab. inż. Korneliusz Miksch, prof. dr hab. inż. Joanna Pinińska, prof. dr hab. inż. Janusz Roszkowski, prof. dr hab. inż. Antoni Tajduś, prof. dr hab. inż. Janusz W. Wandrasz, prof. dr hab. inż. Piotr Wolański*

Komitet Kwalifikacyjno-Opiniodawczy: *prof. dr hab. inż. Antoni Kidybiński (przewodniczący), doc. dr hab. inż. Krystyna Czaplicka, doc. dr hab. inż. Józef Kabiesz, prof. dr hab. inż. Władysław Konopko, prof. dr hab. inż. Jerzy Kwiatek, prof. dr hab. Kazimierz Lebecki, prof. dr hab. inż. Adam Lipowczan, doc. dr hab. inż. Krzysztof Stańczyk, doc. dr hab. inż. Marian Turek, doc. dr hab. inż. Jan Wachowicz*

Redaktor Naczelny

prof. dr hab. inż. Adam Lipowczan

Redakcja wydawnicza i korekta

Ewa Gliwa

Małgorzata Kuśmirek-Zegadło

Barbara Jarosz

Skład i łamanie

Krzysztof Gralikowski

ISSN 1643-7608

Nakład 100 egz.

Adres Redakcji:

Zespół Wydawnictw i Usług Poligraficznych
Głównego Instytutu Górnictwa, 40-166 Katowice, Pl. Gwarków 1
tel. 32-259-24-03, 32-259-24-04
fax 32-259-27-74
e-mail: cintexmk@gig.katowice.pl

Spis treści

ADAM SMOLIŃSKI

Gospodarka zasolonymi wodami kopalnianymi	5
The economy of saline mine waters	

PIOTR KRAWCZYK

Ocena ekonomicznych instrumentów ochrony środowiska stosowanych w gospodarce ściekowej na terenie Polski na przykładzie projektu współfinansowanego z Funduszu Spójności	17
Economical tools of environmental protection assessment for needs of waste disposal management in Poland on an example of project co-financed by Cohesion Fund	

MAŁGORZATA JAROŃ-KOCOT

Możliwość ograniczania arsenu i chromu w wodach z odpadów przemysłu chemicznego	31
Possibility of arsenic and chromium levels reduction in waters from chemical industry wastes	

IRENA PLUTA, PIOTR HULISZ

Ocena jakości i zmienności zasolenia gleb w otoczeniu zbiornika wód kopalnianych „Bojszowy”	41
Assessment of quality and variations in salinity of soils in the neighbourhood of mine water reservoir “Bojszowy”	

LESZEK TRZĄSKI, MARCIN CARUK, PAWEŁ OLSZEWSKI, DARIUSZ ZDEBIK

Propozycja formularza wizualnej oceny zasobów przyrodniczo-kulturowych na terenach pogórnich i poprzemysłowych	47
Proposition of the form for visual assessment of natural-cultural resources on the postmining and postindustrial grounds	

LESZEK TRZĄSKI, KRZYSZTOF KORCZAK, JAN BONDARUK, PAWEŁ ŁABAJ

Użytkowe funkcje zasobów wodnych oraz uszczelnienie zlewni – kryteria nowego podejścia do gospodarowania ciekami miejskimi	63
Utility functions of water resources and tightening of drainage area – criteria of new approach to municipal wastes management	

MARIUSZ CWIĘCZEK

Audyt energetyczny wybranego obszaru miasta – metoda bilansowania potrzeb cieplnych oraz wyznaczania efektów energetycznych i ekologicznych wynikających z termomodernizacji	73
Energy auditing for chosen area of town – method of balancing of heat demand and determination of energy and ecological effects resulting from thermomodernisation	

RYSZARD LACH, PAWEŁ ŁABAJ, JAN BONDARUK, ANTONI MAGDZIORZ

Monitoring wód kopalnianych odprowadzanych do rzek	97
Monitoring of mine waters drained to rivers	

Adam Smoliński

GOSPODARKA ZASOLONIMI WODAMI KOPALNIANYMI

Streszczenie

Eksploracja pokładów węgla kamiennego wiąże się z wytłaczaniem na powierzchnię wód kopalnianych, których ilość i skład są uzależnione od specyfiki danego basenu węglowego. Rodzaj podłoża oraz głębokość eksploatacji wpływają na stopień mineralizacji tych wód i zawartość pierwiastków promieniotwórczych uranu i radu. Głównymi zlewiskami wód kopalnianych w Polsce są rzeki Wisła i Odra. Zasolone wody kopalniane stanowią zagrożenie dla środowiska naturalnego i życia człowieka oraz wpływają ujemnie na wyniki jego działalności gospodarczej. W związku z powyższym, priorytetem polskiej polityki ekologicznej jest rozwiązanie problemu zanieczyszczenia wód, zwłaszcza problemu wód kopalnianych, co jest zgodne z kierunkiem polityki ekologicznej Unii Europejskiej. Podstawą prawną działań Unii Europejskiej w dziedzinie polityki wodnej jest Dyrektywa 2000/60/EC, określająca zakres ochrony wód gruntowych, śródlądowych i przybrzeżnych. Aktywność Unii Europejskiej w zakresie ochrony wód koncentruje się na ochronie i redukcji zanieczyszczeń, promowaniu zrównoważonego gospodarowania zasobami wodnymi, ochronie środowisk wodnych i poprawie stanu ekosystemów wodnych. W celu minimalizacji negatywnego wpływu wód kopalnianych na środowisko i gospodarkę są zarówno stosowane działania techniczno-organizacyjne, ograniczające wielkość zrzutu wód zasolonych po ich wypompowaniu na powierzchnię, jak i rozwiązania technologiczne oczyszczania tych wód. Nadal jednak są prowadzone prace nad nowymi, bardziej efektywnymi metodami rozwiązywania problemu wód zasolonych.

The economy of saline mine waters

Abstract

Hard coal mining is inseparably combined with the production of mine water. Being the second biggest European producer of hard coal, Poland is constantly faced with the challenge of mine water disposal and treatment. The amount and chemical composition of coal mine waters largely depend on the local coal basin conditions. The types of foundation and extraction depths have a considerable impact on the level of water's mineralization and radioactive contamination caused by such elements as uranium and radium. Saline waters are considered to have a devastating effect on human health and the environment, and are to the detriment of the economy. The main receiving bodies of mine waters in Poland are the Vistula and Odra rivers, so one of Polish environmental policy priorities is mitigation of water pollution, including mine water management. This, in turn, complies with The European Union's Environmental Research Policy, in particular with The Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the European Council, which constitutes the legal framework for the Community actions in the field of water treatment policy. This document emphasizes the need for protection of ground waters, surface and coastal waters by the prevention and reduction of water pollution, the promotion of sustainable water use, the protection of an aquatic environment and the improvement of an aquatic ecosystems status. In Poland, in order to mitigate the harmful impact of mine waters on the natural environment and economy, various organizational and technical methods reducing the amount of mine water discharged to the natural surface water reservoirs, as well as mature treatment technologies have been applied. There are also continuous R&D activities carried out which aim at the development of new, more effective solutions as far as mine water treatment is concerned.

WPROWADZENIE

Rozwój cywilizacyjny wpłynął na drastyczny wzrost ilości odpadów i zanieczyszczeń środowiska naturalnego. Trzy podstawowe elementy środowiska naturalnego takie, jak woda, powietrze i gleba są ściśle ze sobą powiązane i zaburzenie równowagi w jednym z nich pociąga lawinowo jej zachwianie w pozostałych dwóch (Dojlido 1987). Woda jest podstawowym czynnikiem niezbędnym do istnienia życia biologicznego na naszej planecie. Początkowo sądzono, że jej zasoby są niewyczerpalne. Jednak w miarę postępu cywilizacyjnego, coraz większym problemem stają się wody zużywane do celów komunalnych i przemysłowych. Przez wiele lat ścieki w większości były odprowadzane bezpośrednio do zbiorników wód powierzchniowych, w przekonaniu, że przyroda sama, w procesie samooczyszczania, poradzi sobie z tymi niepożądanymi produktami ubocznymi działalności człowieka. Szybko jednak okazało się, że ilości produkowanych ścieków znacznie przekraczają zdolności przyrody do samoregeneracji, a zbiorniki wód powierzchniowych stają się coraz bardziej zanieczyszczone. Z ogromną ilością ścieków, powstających w wyniku działalności człowieka wiąże się więc również problem zmniejszania zapasów wody na kuli ziemskiej. Stwarza to pilną potrzebę ochrony źródeł wody przed zanieczyszczeniami oraz podjęcia efektywnych działań w celu utylizacji substancji szkodliwych, zawartych w ściekach.

1. WODY KOPALNIANE – CHARAKTERYSTYKA

Źródła wód kopalnianych

Procesom eksploatacji pokładów węgla kamiennego towarzyszy wytłaczanie na powierzchnię olbrzymich ilości wód kopalnianych, w efekcie występowania zjawisk przyrodniczych, takich jak pozioma i pionowa strefowość hydrogeochemiczna w obrębie danego basenu węglowego. Wody powierzchniowe Polski przyjmują około 3,5 mln m³/d zrzutowych wód kopalnianych (Gospodarka wodami... 1997). Problem zanieczyszczenia wód powierzchniowych zasolonymi wodami kopalnianymi jest więc problemem poważnym. Gospodarka zasolonymi wodami kopalnianymi jest bardzo zróżnicowana, w zależności od wielkości, lokalizacji oraz stanu technicznego kopalni. Decyduje to o ilości i jakości wód kopalnianych, jakie są odprowadzane z wyrobisk górniczych do odbiorników powierzchniowych oraz o ilości i jakości ścieków technologiczno-bytowych. Zasolenie wód dołowych jest uzależnione również od głębokości prowadzonej eksploatacji. Wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji obserwuje się wzrost mineralizacji wód oraz zmniejszenie ilości wód kopalnianych (Lebecka 1996).

Wytłaczane na powierzchnię wody kopalniane stanowią mieszaninę wód z podszadki płynnej, wód z rurociągów przeciwpożarowych, z przodków i dopływów naturalnych. Wielkość dopływów naturalnych wód do wyrobisk kopalnianych maleje wraz z głębokością eksploatacji, jednak towarzyszy temu znaczny wzrost ich mineralizacji.

W Polsce głównymi zlewiskami wód dołowych są rzeki Wisła i Odra. Raport Departamentu Ochrony Środowiska i Budownictwa Najwyższej Izby Kontroli z października 1999 roku (Nr ewid. 209/1999/P1998/088/DOC) wykazał, że w latach 1995–1998 obciążenie wód górnej zlewni Wisły i Odry ładunkiem soli (Cl^- i SO_4^{2-}), zrzuconych z wodami dołowymi, wynosił 7000 t/d. W przeliczeniu na zrzut roczny stanowiło to około 2555 tys. ton, czyli 27% całkowitego ładunku soli odprowadzanego do Morza Bałtyckiego za pośrednictwem tych rzek.

Rodzaje słonych wód kopalnianych

W związku z problemem, jaki stwarzają zasolone wody kopalniane, konieczne było rozpoczęcie badań od określenia pochodzenia i wieku tych wód oraz pochodzenia zawartych w nich związków chemicznych (Pałys 1966; Pluta, Wątor, Zuber 1996; Zuber, Pluta 1989; Kharaka, Carothers 1986). Do określenia genezy wód zasolonych wykorzystuje się metody izotopowe takie, jak metoda trytowa, metoda izotopów trwałych, pomiar stężenia radiowęglu ^{14}C , który jest zawarty w rozpuszczonych węglanach (głównie w HCO_3). Metody te zapewniają dużą dokładność oznaczeń. Wyjątek stanowią wody znajdujące się w pogrzebanych basenach sedymentacyjnych, gdyż przez lata podlegały one oddziaływaniu wysokiej temperatury oraz wymianie izotopowej tlenu i wodoru z wodą związaną w minerałach ilastych kopalnianych (Kharaka, Carothers 1986), wskutek czego oznaczanie ich pochodzenia wymienionymi metodami może prowadzić do fałszywych wniosków. Przykładowo, zastosowanie metod izotopowych do prześledzenia genezy wód zasolonych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym pozwoliło na wyróżnienie następujących ich typów:

- solanek sedymentacyjnych miocenu,
- solanek paleoinfiltracyjnych występujących w głębszych partiach karbonu i starszych utworach całego obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego,
- solanek, które powstały w trzeciorzędzie po ostatniej transgresji morskiej w wyniku infiltracji wód opadowych,
- wód holocenów, interglacialnych i glacialnych (powstałych w czwartorzędzie),
- solanek siarczanowych powstałych w wyniku infiltracji przedtortońskiej,
- solanek powstałych w wyniku infiltracji przedtortońskiej, niezawierających siarczanów,
- wód, które zostały zidentyfikowane jako mieszanina wyżej wymienionych rodzajów wód.

Radoczynność wód kopalnianych

Określenie typów wód kopalnianych pozwala również na przewidzenie występowania w tych wodach pierwiastków promieniotwórczych uranu i radu. Obserwuje się prawidłowość występowania dużych ilości radu i baru, i znikomych ilości uranu w wodach ubogich w siarczany oraz dużych ilości radu w wodach zawierających duże stężenia siarczanów. W solankach paleoinfiltracyjnych (będących jednymi z najstarszych solanek) nie stwierdza się obecności uranu, przy stosunkowo dużych stężeniach radu, podczas gdy w wodach czwartorzędowych, przy umiarkowanym stężeniu uranu,

ilości radu są praktycznie zerowe. Występowanie naturalnych izotopów promieniotwórczych w wodach dołowych stanowi problem, którego nie sposób pominąć omawiając gospodarkę zasolonymi wodami kopalnianymi (Lebecka 1996; Chałupnik, Molenda 2002). Dotyczy to głównie podwyższonego stężenia izotopów Ra^{226} z rodziny uranowej (często dwa razy większe od przeciętnie występującego w przyrodzie), jak i izotopów Ra^{228} i Ra^{224} z rodziny torowej. Zdarza się, że w wodach kopalnianych, zawierających izotopy radu występuje również bar w stężeniach dochodzących nawet do $1,5 \text{ kg/m}^3$. Takie wody nazywa się wodami radowymi typu A. Wody zawierające rad i duże ilości jonów SO_4^{2-} , a niezawierające jonów baru, są nazywane wodami radowymi typu B. Bar zawarty w wodach typu A wpływa na zachowanie się radu, tj. ulega on wytrącaniu wraz z barem w postaci siarczanów po zmieszaniu tej wody z wodami siarczanowymi. Strącony osad zawiera do 400 kBq/kg radu (dla porównania zawartość radu w glebie wynosi 25 Bq/kg). Osady te stanowią poważny problem – powstają nie tylko pod ziemią, ale również mogą wytrącać się na powierzchni, w osadnikach czy rurociągach. Transport rurociągami wody zawierającej duże stężenia tych składników powoduje skażenie promieniotwórcze środowiska naturalnego i jest niebezpieczne dla zdrowia i życia mieszkańców skażonych terenów. Strącanie się tych osadów pod ziemią również powoduje skażenie środowiska. Istnieje więc konieczność opracowania odpowiednich metod chroniących środowisko naturalne przed szkodliwym działaniem pierwiastków promieniotwórczych zawartych w wodach kopalnianych.

Polskie kopalnie charakteryzują się dopływem silnie zmineralizowanych wód o zawartości soli przewyższającej 200 kg/m^3 i dużych stężeniach izotopów radu sięgających nawet 400 kBq/m^3 . Codziennie do wyrobisk kopalnianych dopływa 725 MBq izotopu radu Ra^{226} oraz 700 MBq radu Ra^{228} , z czego zaledwie około 40% radu, obecnego w wodach, pozostaje w wyrobiskach kopalnianych, a około 60% trafia na powierzchnię, powodując skażenie powierzchniowych cieków wodnych. Dokładne badania zawartości radu w wodach dołowych mogą potwierdzić zależność między wielkością zasolenia a stężeniem radu – zjawisko to nazywa się anomalią radiohydrogeologiczną.

Oddziaływanie wód słonych na środowisko i człowieka

Wśród negatywnych wpływów wód słonych na środowisko wymienić należy przede wszystkim niszczenie mikroorganizmów powodujących samooczyszczanie się wód, a co za tym idzie wzrost zanieczyszczenia wód masą organiczną, zmiany we florze i faunie ekosystemów wodnych, łącznie z wyginięciem gatunków, a w skrajnych przypadkach całkowity zanik życia biologicznego w środowiskach wodnych.

Przekroczenie dopuszczalnych stężeń siarczanów w wodzie ma bardzo negatywny wpływ na zdrowie człowieka. Występowanie w wodzie pitnej stężeń siarczanów rzędu 1000 mg/dm^3 (głównie siarczanów magnezu i sodu) powoduje zmianę smaku wody (na gorzki) i niekorzystne oddziaływanie na przewód pokarmowy człowieka.

Rozpatrując aspekty ekonomiczne nie sposób nie zauważyć strat, jakie ponosi gospodarka na skutek nadmiernego zasolenia rzek, mimo że w Polsce brak jest

szczegółowych danych na ten temat. Szacuje się jednak, że nadmierne zasolenie samej tylko Wisły powoduje straty od 100–250 mln dolarów rocznie (Chaber, Krogulski 1997; Program zagospodarowania... 1992). Przypuszcza się, że w przypadku Odry kwoty te będą bardzo zbliżone. Dla porównania, dokładne badania przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych dla rzeki Kolorado, której zasolenie wynosi $0,5 \text{ g/dm}^3$, wykazały, że straty w działalności gospodarczej sięgają rocznie 310 mln dolarów. Tak duże straty ekonomiczne, jak i często nieodwracalna degradacja środowiska, zmuszają do podjęcia walki ze wzrastającym każdego dnia zasoleniem rzek.

2. NORMY PRAWNE REGULUJĄCE GOSPODARKĘ ZASOLONYM WODAMI KOPALNIANYMI W EUROPIE I POLSCE

W 1992 roku został wydany, przez XI Dyrektoriat Generalny Komisji Europejskiej, zbiór przepisów prawa „European Community Environment Legislation” dotyczący ochrony środowiska, obejmujący stan prawny na dzień 1 września 1991 roku (Prawo ochrony środowiska... 1996). Głównym priorytetem polityki ekologicznej Unii Europejskiej jest kontrola poziomów zanieczyszczeń, zwłaszcza zanieczyszczeń wód o charakterze regionalnym i międzynarodowym oraz działania na rzecz poprawy jakości wód, a szczególnie międzynarodowych dróg wodnych (Prawo ochrony środowiska... 1996). Zadania badawcze zostały sformułowane w ramach VI Programu Ramowego Badań i Rozwoju Technicznego w Priorytecie 6 – Zrównoważony rozwój, zmiany globalne i ekosystemy, który wyraźnie wskazuje między innymi na konieczność właściwego zarządzania zasobami wodnymi.

Radykalna poprawa jakości wód, w krótkim okresie, nie jest możliwa, jednak konsekwentne działania zmierzające do ograniczenia emisji zanieczyszczeń odprowadzanych do wód (tj. restrykcyjne prawo, kary pieniężne, opłaty za gospodarcze wykorzystanie wód itp.) doprowadziły w ciągu ostatnich dwudziestu lat do znacznego postępu. Wszystko, co zostało zrobione w kwestii ochrony wód było możliwe dzięki ciągłemu gromadzeniu i uaktualnianiu stanu naszej wiedzy dotyczącej wód (monitoring zanieczyszczeń wód powierzchniowych, jak i podziemnych), znacznym nakładom finansowym oraz wprowadzeniu uregulowań prawnych – dyrektyw, zapewniających stosowanie, przez państwa członkowskie UE, zunifikowanych standardów jakości.

W wydanej 23 października 2000 roku Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady Europy (Nr 2000/60/WE) w sprawie ustanowienia zakresu działalności Wspólnoty w dziedzinie polityki wodnej, zostały przede wszystkim określone wspólne zasady koordynacji wysiłków podejmowanych przez państwa członkowskie UE w celu poprawy ochrony wód Wspólnoty w aspekcie ilościowym i jakościowym, promocji zrównoważonego użytkowania wód, ochrony ekosystemów wodnych oraz bezpośrednio od nich zależnych ekosystemów lądowych i terenów podmokłych.

Zgodnie z polityką ekologiczną Unii Europejskiej został przyjęty zrównoważony rozwój, pod którym to pojęciem rozumie się integrację celów ekologicznych z reformami makroekonomicznymi oraz rozwiązywanie problemów krytycznych, takich jak na przykład: zanieczyszczenie wód. U jej podstaw leży ustanowienie

wspólnych, dla wszystkich państw członkowskich UE, dopuszczalnych norm emisji oraz określenie standardów jakości wód. Problem przyjęcia systemu standardów emisji czy jakości, jako podstawy strategii kontroli zanieczyszczeń, podejmowany między innymi podczas debaty nad Dyrektywą 76/464/EWG, dotyczy możliwości odprowadzania zanieczyszczeń w ilościach zależnych od lokalnych warunków geograficznych, tzn. od zdolności środowiska do samooczyszczania się. Ostatecznie wypracowano kompromis polegający na ustanowieniu w prawie wspólnotowym obu podejść dotyczących kontroli jakości środowiska.

Zasady określone w wymienionej dyrektywie oraz w tzw. dyrektywach „córkach” do prawa polskiego są transponowane przede wszystkim przez ustawę Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 roku (Dz. U. Nr 239, poz. 2019) oraz wydane do niej akty wykonawcze, a także przez rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 20 lipca 2002 roku dotyczące sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych (Dz. U. Nr 129, poz. 1108), dla którego podstawą prawną jest Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 roku o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz. U. Nr 72, poz. 747).

Polityka ekologiczna Unii Europejskiej koncentruje się na problemie zanieczyszczenia wód w zakresie regionalnym i lokalnym, w szczególności w krajach Europy Wschodniej i Środkowej, gdzie zagrożenie i stopień degradacji środowiska są największe. Badania prowadzone przez Unię Europejską już w 1994 roku w krajach Europy Wschodniej wskazały, że blisko 37% ścieków odprowadzanych do kanalizacji miejskiej nie podlega żadnym procesom oczyszczania, a około 50% długości kontrolowanych odcinków rzek stanowią cieki nadmiernie zanieczyszczone. Biorąc pod uwagę kryteria biologiczne czystości wód okazało się, że aż 91% badanych odcinków rzek znajduje się poza trzecią klasą czystości. Wyniki te są zatrważające, zwłaszcza biorąc pod uwagę drastyczne pogorszenie jakości wód w stosunku do stanu z 1991 roku. W przypadku Polski raport ten wskazywał na poważne zanieczyszczenia wód Wisły i Odry, do których są odprowadzane wody kopalniane, powodujące ponadnormatywne zasolenie tych rzek.

Polską gospodarkę wodną regulują w szczególności następujące akty prawne:

- Ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 roku (Dz. U. Nr 62, poz. 627 z późniejszymi zmianami). Zgodnie z tą ustawą, ochrona wód polega na racjonalnym gospodarowaniu ich zasobami, prewencji i przeciwdziałaniu naruszeniom równowagi przyrodniczej i wywoływaniu w wodach zmian powodujących ich nieprzydatność dla ludzi, a także dla świata roślinnego i zwierzęcego. Akt ten stanowi ponadto o obowiązku opracowywania przez każdą jednostkę, która podejmuje działalność inwestycyjną lub eksploatacyjną, programu przedsięwzięć zapewniających równowagę przyrodniczą. Każda inwestycja, która może wpływać na stan jakościowy bądź ilościowy wód wymaga przygotowania specjalistycznych ekspertyz.
- Ustawa Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 roku (Dz. U. Nr 239, poz. 2019). Akt ten reguluje zarówno gospodarkę wodami powierzchniowymi, jak i wodami podziemnymi. W celu ochrony wód podziemnych i przeciwdziałaniu szkodliwym wpływom na obszarach zasilania wód podziemnych został między innymi ustanowiony zakaz wprowadzania do nich ścieków. Na podstawie tej ustawy jest

wprowadzane pozwolenie wodnoprawne oraz ustanawiana strefa ochronna ujęć wody. W pozwoleniu wodnoprawnym jest określany zakres korzystania z wód i urządzeń wodnych (do celów przemysłowych): pozwolenie na wprowadzanie ścieków do wód i do ziemi oraz pobór wód podziemnych, a także są ustalone warunki, na przykład odprowadzania ścieków indywidualnie dla każdego zakładu. Wydanie takich pozwoleń z reguły jest poprzedzone wykonaniem specjalistycznej ekspertyzy w celu zbadania stopnia ewentualnego zanieczyszczenia środowiska oraz wystąpienia zagrożeń dla zdrowia człowieka. Pod pojęciem strefy ochronnej ujęcia wody rozumie się obszar, który jest poddany nakazom, zakazom i ograniczeniom w zakresie użytkowania gruntów i korzystania z wody.

3. METODY ZAPOBIEGANIA ZANIECZYSZCZENIOM ŚRODOWISKA SŁONYMI WODAMI KOPALNIANYMI

Działania techniczno-organizacyjne realizowane przez kopalnie w celu rozwiązywania problemu wód słonych

Zagrożenia środowiska wynikające z faktu odprowadzania wód kopalnianych do wód powierzchniowych szybko stały się bardzo poważnym problemem we wszystkich krajach, w których jest rozwinięty przemysł górniczy. Podejmowane są różne próby ograniczania ilości wód słonych odprowadzanych z kopalń. Polegają one między innymi na likwidacji lub zmniejszaniu wypływu tych wód na powierzchnię, racjonalnym ich zagospodarowywaniu oraz ich utylizacji (tabl. 1). Bazując na tych założeniach opracowano trzy zasadnicze, doskonale uzupełniające się, grupy metody radzenia sobie z problemem wód słonych: (Chaber, Krogulski 1996, 1997, 1998; Pluta, Wątor, Zuber 1996; Turek 1999) metody górniczo-geologiczne ograniczania dopływu wód zasolonych do wyrobisk kopalnianych, metody ograniczania zrzutu wód zasolonych po ich wypompowaniu na powierzchnię oraz metody zagospodarowywania wód słonych.

Tablica 1. Potencjalne możliwości zagospodarowywania wód kopalnianych (Chaber, Krogulski 1998)

Sposoby zagospodarowywania wód	Ilość wód		Ładunek Cl^- i SO_4^{2-}	
	m^3/d	%	t/d	%
Cele bytowe i technologiczne	559000	61,9	396	5,7
Metody geologiczno-górnice. Zatlaczanie i recyrkulacja	204000	22,6	2276	32,7
Metoda hydrotechniczna	1500	0,2	100	1,4
Utylizacja	138000	15,3	4190	60,2

Wśród metod górniczo-geologicznych, stosowanych w celu ograniczania dopływu wód zasolonych do wyrobisk kopalnianych, wyróżnia się (Chaber, Krogulski 1996, 1997, 1998):

- wybór do eksploatacji pokładów charakteryzujących się dopływem wód dołowych o możliwie najmniejszym ładunku soli,

- magazynowanie wód słonych w zrobach poeksploatacyjnych,
- zatłaczanie wód słonych do nieczynnych wyrobisk górniczych,
- ograniczanie dopływu wód dołowych do wyrobisk kopalnianych,
- zatłaczanie wód słonych do górotworu otworami zlokalizowanymi w wyrobiskach górniczych.

Zgodnie z pierwszą metodą poszukuje się do eksploatacji i wybiera te ściany w kopalniach, które odznaczają się dopływem wód o możliwie najmniejszym ładunku soli. Na podstawie badań pochodzenia wód kopalnianych i zawartości w nich ładunku soli stwierdzono, że bazuje ona na zalecaniu wydobywania z poziomów płytszych. Do magazynowania wód słonych, a także ich zatłaczania mogą być wykorzystane nieczynne wyrobiska górnicze. Najkosztowniejszą z wymienionych metod jest jednak ograniczanie dopływu wód dołowych do wyrobisk kopalnianych, polegające na zastosowaniu specjalnych uszczelnień zrobów i wyrobisk kopalnianych. Ostatnią z metod górniczo-geologicznych jest zatłaczanie wód słonych do górotworu. W tym celu w wyrobiskach górniczych wierci się otwory chłonne, do których są zatłaczane słone wody kopalniane bezpośrednio z wyrobiska.

Wśród metod ograniczania zrzutu zasolonych wód kopalnianych, po ich wypompowaniu na powierzchnię, wyróżnia się metody (Chaber, Krogulski 1996, 1997, 1998):

- recyrkulacji wód zasolonych,
- zatłaczania płytkiego lub głębokiego,
- hydrotechniczną, retencji i zrzutu wód do powierzchniowych cieków wodnych.

Pierwsza z nich polega na wykonywaniu otworów tłocznych do drenowanych przez kopalnie wodonośnych utworów karbońskich, a następnie wprowadzaniu do nich pod ciśnieniem słonej wody odprowadzanej z kopalni, bez konieczności odprowadzania jej do zbiorników zewnętrznych (Rogoż 1994).

Metody zatłaczania płytkiego i głębokiego polegają na zatłaczaniu wód słonych odpowiednio do utworów karbonu i do utworów dolnego karbonu i dewonu. Różnice między nimi polegają nie tylko na głębokościach odwiertów, ale przede wszystkim na uwarunkowaniach geologicznych.

Ostatnia ze wspomnianych metod, tj. metoda hydrotechniczna, polega na dozowanym odprowadzaniu wód słonych do cieków powierzchniowych, z uwzględnieniem różnic w chłonności rzeki uzależnionym od wartości przepływów średnioniskich i średniorocznych. Metoda ta wiąże się z dużymi nakładami inwestycyjnymi oraz wieloma uzgodnieniami formalnoprawnymi. Wymierną korzyścią dla kopalni, stosującej tę metodę, jest prawie ośmiokrotne zmniejszenie opłat za zrzut tych wód, w porównaniu z opłatami, jakie ponosiłaby kopalnia w przypadku bezpośredniego odprowadzania wody słonej do cieków powierzchniowych.

Kopalniane wody słone mogą być zagospodarowywane w różny sposób (Chaber, Krogulski 1998):

- przez lokowanie ich na dole kopalni w mieszaninach z pyłami dymnicowymi i odpadami poflotacyjnymi,

- przez wykorzystywanie ich do poprawy efektywności wydzielania części mineralnych z węgla w procesie jego płukania,
- do zraszania ładunków kruszyw i węgla,
- jako cieczy chłodzące w procesie schładzania,
- do produkcji wodorotlenku sodu, chloru gazowego itp.,
- w procesach elektrolizy.

Szczególnie interesujące jest deponowanie wód zasolonych (lokowanie ich na dole kopalni z pyłami dymnicowymi i odpadami poflotacyjnymi), pozwalające na jednoczesne rozwiązanie problemu większości odpadów drobnofrakcyjnych oraz na znaczne ograniczenie zużycia piasku podsadzkowego, gdyż wytworzona w ten sposób podsadzka samozestalająca się zmniejsza lub wręcz eliminuje potrzebę odprowadzania wody podsadzkowej oraz umożliwia zmianę kolejności wybierania warstw przy eksploatacji.

Nowoczesne metody rozwiązywania problemu zasolonych wód kopalnianych

Opracowano kilka nowych metod rozwiązywania problemu zasolonych wód kopalnianych. Jedną z nich jest metoda otrzymywania zasadowego węglanu magnezowego z zasolonych wód kopalnianych, o czystości pozwalającej na stosowanie go w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym.

Wśród innych metod na szczególną uwagę zasługują metody polegające na usuwaniu z wód kopalnianych zanieczyszczeń olejowych i koloidalnych, między innymi metoda z zastosowaniem do odolejania węgla aktywnego. Podstawą dobrego oczyszczenia wód kopalnianych z zanieczyszczeń olejowych jest ustabilizowanie procesów odwadniania w chodnikach wodnych oraz zrzutu tych wód do osadników. Poważne utrudnienia w procesie odsalania powoduje występowanie zanieczyszczeń w postaci rozpuszczonych substancji organicznych (Girczys, Caban-Pabian 2000). W celu uzdatnienia wody, która zawiera zanieczyszczenia pochodzenia organicznego wykorzystuje się węgiel aktywny.

Metody oczyszczania wód kopalnianych zawierających rad

Zróznicowanie pod względem chemicznym wód kopalnianych zawierających rad, wymaga stosowania różnych metod oczyszczania wód radowych typu A i wód radowych typu B (Lebecka 1996; Chałupnik, Molenda 2002). Wody po oczyszczeniu nie mogą zawierać łącznie więcej niż $0,7 \text{ kBq/m}^3$ izotopów Ra^{226} i Ra^{228} , a powstający podczas oczyszczania odpad promieniotwórczy nie może stanowić zagrożenia dla środowiska naturalnego i powinien pozostać jak najbliżej źródła, z którego pochodzi, co w przypadku kopalni oznacza, że powinien pozostać pod ziemią. Technologia wykorzystywana w procesie oczyszczania wód z radu musi być nie tylko tania i efektywna, ale także bezpieczna zarówno dla środowiska naturalnego, jak i dla ludzi wykorzystujących ją. Wody radowe typu A, zawierające jony baru, są stosunkowo łatwiejsze do oczyszczania, polegającego na mieszaniu ich z wodami naturalnymi, zawierającymi jony siarczanowe. W ten sposób w wyrobiskach podziemnych strąca się siarczany baru i radu. Obecnie często stosuje się bardzo podobną metodę oczyszczania wód radowych typu A na drodze dawkowania substancji wchodzących w reakcje chemiczne lub fizykochemiczne z radem znajdującym się w wodzie.

Oczyszczanie wód radowych typu B, polegające na dozowaniu do nich specjalnych substancji (sorbentów) jest metodą stosunkowo kosztowną. Podstawowym sorbentem jest sorbent Ra2 sporządzony z chlorku baru (łatwo rozpuszczalnym w wodzie, ułatwiającym współstrącanie się radu). Jako alternatywny sorbent wybrano baryt (Ra1). Technologia oczyszczania wód radowych typu B została opracowana w Biurze Studiów i Projektów Górniczych w Krakowie przy współpracy z Laboratorium Radiometrii Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach i pracownikami obsługującymi stanowisko oczyszczania wód kopalnianych z radu kopalni „Piast” w Bieruniu. W technologii tej przyjęto, że w pierwszym etapie będą oczyszczane z radu wody z poziomu 650 m kopalni, a w drugim z poziomu 500 m. Ma to w konsekwencji zapewnić bardzo efektywne oczyszczanie wód wynoszące nawet 90–95%. Technologia taka jest stosowana od maja 1999 roku w kopalni „Piast” w Bieruniu. Od momentu jej wprowadzenia ładunek radu odprowadzanego do rzeki Gostynki zmniejszył się w przypadku Ra²²⁶ o ponad 40 MBq/dobę, a w przypadku Ra²²⁸ o 65 MBq/dobę. Obecnie trwają prace nad zastosowaniem omówionej technologii w kopalni „Ziemowit”.

PODSUMOWANIE

Każdego dnia do Wisły i Odry dopływają ogromne ilości zasolonych wód kopalnianych. Wody te stanowią poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego i zdrowia człowieka, a straty gospodarcze wynikające z nadmiernego zasolenia rzek wodami kopalnianymi są liczone w milionach dolarów. Gospodarka zasolonymi wodami kopalnianymi jest problemem bardzo złożonym, zależnym od wielkości, lokalizacji i stanu technicznego kopalń. Ilość wytlaczanych wód kopalnianych zależy od specyfiki danego basenu węglowego. Głębokość eksploatacji oraz rodzaj podłoża mają wpływ na stopień mineralizacji wód, jak i na zawartość w nich pierwiastków promieniotwórczych (radu i uranu). Rozwiązywanie problemu zanieczyszczenia wód, w tym ich zasolenia, stanowi jeden z głównych priorytetów polityki ekologicznej w Polsce, zgodnie z wymaganiami stawianymi przez Komisję Europejską, przykładającą dużą wagę do kontroli poziomu zanieczyszczeń środowiska, zwłaszcza zanieczyszczeń wód o charakterze regionalnym i międzynarodowym. Wśród działań podejmowanych przez kopalnie w celu minimalizacji negatywnego wpływu zasolonych wód kopalnianych na środowisko i gospodarkę wyróżnić należy zarówno działania techniczno-organizacyjne (ograniczające wielkość zrzutu wód zasolonych po ich wypompowaniu na powierzchnię), jak i rozwiązania technologiczne oczyszczania tych wód. Nieustannie trwają prace nad udoskonalaniem istniejących oraz opracowywaniem nowych metod rozwiązywania problemu zasolonych wód kopalnianych.

Literatura

1. Chaber M., Krogulski K. (1996): *Problematyka wód słonych w kopalniach węgla kamiennego w latach 1990–2000*. Biuletyn PARG S.A. nr 8.
2. Chaber M., Krogulski K. (1997): *Program zagospodarowania wód słonych z kopalń węgla kamiennego*. Biuletyn PARG S.A. nr 1.

3. Chaber M., Krogulski K. (1998): *Problematyka wód słonych w górnictwie węgla kamiennego*. Wiadomości Górnicze nr 7-8.
4. Chałupnik S., Molenda E. (2002): *Oczyszczanie wód kopalnianych z radu*. Aura nr 4.
5. Dojlido J. (1987): *Chemia wody*. Warszawa, Arkady.
6. Girczys J., Caban-Pabian B. (2000): *Zastosowanie węgla aktywnego do odolejania zasolonych wód kopalnianych*. Wiadomości Górnicze nr 12.
7. *Gospodarka wodami kopalnianymi w górnictwie* (1997): Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 2.
8. Kharaka Y.K., Carothers W.W. (1986): *Oxygen and hydrogen isotope geochemistry of deep basin brines*. Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, Amsterdam.
9. Lebecka J. (1996): *Oczyszczanie wód kopalnianych z radu*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 5.
10. Pałys J. (1966): *O genezie solanek w górnym karbonie na Górnym Śląsku*. Rocznik PTG 36.
11. Pluta I., Wątor L., Zuber A. (1996): *Pochodzenie solanek kopalni Silesia w świetle badań izotopowych i hydrochemicznych. Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski*. Wrocław, Dolnośląskie Wydaw. Edukacyjne.
12. *Prawo ochrony środowiska Wspólnoty Europejskiej* (1996): T. 7: Woda. Warszawa, MOŚNiL.
13. *Program zagospodarowania słonych wód dołowych z kopalń „Czeczott”, „Piast” i „Ziemowit”* (1992): Kraków, Ekosol Sp. z o.o.
14. Rogoż M. (1994): *Słone wody kopalniane w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym i możliwość ich wtłaczania do górotworu*. Wiadomości Górnicze nr 9.
15. Turek M. (1999): *Efektywność utylizacji solanek kopalnianych*. Wiadomości Górnicze nr 12.
16. Zuber A., Pluta I. (1989): *Wskaźniki izotopowe i chemiczne genezy solanek karbonu GZW. Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski*. Prace Naukowe Instytutu Geotechnologii Politechniki Wrocławskiej.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Marek Rogoż, prof. GIG

Piotr Krawczyk

**OCENA EKONOMICZNYCH INSTRUMENTÓW OCHRONY
ŚRODOWISKA STOSOWANYCH W GOSPODARCE ŚCIEKOWEJ
NA TERENIE POLSKI NA PRZYKŁADZIE PROJEKTU
WSPÓLFINANSOWANEGO Z FUNDUSZU SPÓJNOŚCI**

Streszczenie

Dokonano próby oceny wysokości opłat i kar w gospodarce ściekowej na terenie Polski. Porównano potencjalne opłaty i kary za odprowadzanie ścieków do środowiska ze szkodami powodowanymi w środowisku przez zanieczyszczenia zawarte w tych ściekach. Do wyceny skutków oddziaływania zanieczyszczeń zawartych w ściekach na środowisko przyrodnicze posłużono się wybraną metodą szacowania strat. Obliczenia wykonano dla wdrażanego w Gminie Zawiercie projektu pt. „Budowa kanalizacji sanitarnej dociągającej oczyszczalnię ścieków w Zawierciu”. Poprzedzono je przedstawieniem problemu ograniczoności zasobów środowiska przyrodniczego oraz ogólną charakterystyką ekonomicznych instrumentów stosowanych w polityce ekologicznej Polski.

Analizując instrumenty ochrony środowiska w ujęciu teorii ekonomii i w polityce gospodarczej państwa przedstawiono problem ograniczoności i wyboru występujący w gospodarowaniu zasobami środowiska przyrodniczego. Wynika z niego konieczność optymalnego gospodarowania tymi zasobami, czyli dążenie do ekonomicznej optymalizacji kosztów ochrony środowiska. Niedoskonałość rynku ochrony środowiska powoduje jednak nieoptymalną alokację zasobów i walorów środowiska przyrodniczego. Zapobiec temu można przez wliczanie kosztów ochrony środowiska do kosztów produkcji dóbr i usług. Optymalizacji tej alokacji służy stosowanie następujących zasad: „zanieczyszczający płaci”, „zanieczyszczający płaci”, „użytkownik płaci”, „ofiara płaci”, a także zasada przezorności oraz zasada pomocniczości. Są one wykorzystywane w kształtowaniu polityki ochrony środowiska i polityki gospodarczej państwa.

Ustalono, że jednym z podstawowych instrumentów ekonomicznych stosowanych w gospodarce ściekowej na terenie Polski są administracyjne opłaty za wprowadzanie ścieków do wód i do ziemi oraz kary pieniężne za przekraczanie norm emisji. Zgodnie z zasadami: „zanieczyszczający płaci” oraz „zanieczyszczający płaci” opłaty i kary są nakładane systemowo na podmioty korzystające ze środowiska, w przybliżeniu proporcjonalnie do skali jego wykorzystania. Aby system ten był ekonomicznie optymalny, opłaty i kary powinny odzwierciedlać wartość szkód, przed którymi mają chronić. Nie mogą one być za duże, gdyż ochrona środowiska za wszelką cenę wiąże się z obniżeniem poziomu dobrobytu materialnego ludzi. Zbyt małe natomiast, nie przyniosą oczekiwanego efektu, gdyż dla podmiotów korzystających ze środowiska bardziej opłacalne będzie jego dalsze zanieczyszczanie niż ponoszenie kosztów inwestycji proekologicznych.

W części obliczeniowej dokonano oceny ekonomicznej zasadności podejmowanych działań ochronnych w gospodarce ściekowej, tj. oceny, czy koszty ochrony środowiska nie przewyższają wartości szkód, przed którymi mają chronić. Ocenę przeprowadzono na podstawie porównania wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska i kar za zanieczyszczanie środowiska z oszacowaną wartością strat w środowisku naturalnym. Przeanalizowano dwa warianty:

- wariant I – straty środowiskowe powodowane tylko przez ścieki oczyszczone odprowadzane do wód powierzchniowych z istniejącej oczyszczalni ścieków w Zawierciu,
- wariant II – całkowite straty środowiskowe na analizowanym terenie powodowane zarówno przez ścieki oczyszczone z oczyszczalni, jak również przez ścieki nieoczyszczone z terenów nieskanalizowanych, wprowadzane bezpośrednio do wód i do ziemi.

Przyjęto założenie, że wartość strat w środowisku dla wariantu I powinna być odzwierciedlona w opłatach środowiskowych ponoszonych za korzystanie z wód, natomiast dla wariantu II do opłat środowiskowych (w tym podwyższonych), doliczono kary za przekroczenie dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń.

W przypadku wariantu I oszacowana wartość strat środowiskowych wielokrotnie przekroczyła opłaty, które ponosi eksploatacja oczyszczalni ścieków z tytułu odprowadzania ścieków oczyszczonych do wód powierzchniowych. Na podstawie szczegółowej analizy metody zastosowanej do oszacowania strat środowiskowych stwierdzono, że w analizowanym przypadku wysoki poziom strat środowiskowych wynika najprawdopodobniej z charakterystyki hydrologicznej odbiornika ścieków rzeki Warty. Przepływy w rzece są niewielkie w stosunku do ilości odprowadzanych do niej ścieków oczyszczonych, czego konsekwencją są wysokie nakłady na oczyszczanie ścieków do poziomu przywracającego wodom zdolność do samooczyszczania. W wynikającej z przepisów prawa metodyce naliczania opłat za wprowadzanie do wód substancji ze ściekami nie uwzględniono natomiast cech hydrologicznych odbiornika.

W przypadku wariantu II wystąpiła sytuacja odwrotna: oszacowana wartość strat środowiskowych była znacznie mniejsza niż naliczone potencjalne opłaty i kary za odprowadzanie ścieków. Uznano jednak, że duże opłaty podwyższone i kary mają pełnić funkcję odstraszającą – ich wysokość powinna bowiem mobilizować zanieczyszczającego do natychmiastowego podjęcia działań usuwających przyczynę przekroczenia dopuszczalnych norm emisji zanieczyszczeń. Ustalono, że również w przypadku kar w systemie ich naliczania nie uwzględnia się rzeczywistych strat w środowisku, związanych z lokalnymi uwarunkowaniami występującymi w miejscu wprowadzania zanieczyszczeń.

W podsumowaniu stwierdzono, że system opłat i kar, nie może być nadmiernie skomplikowany. Uwzględnianie lokalnych uwarunkowań w tym systemie utrudniłoby jego funkcjonowanie i egzekwowanie, a w skali całego kraju nie przyniosłoby najprawdopodobniej dodatkowych korzyści.

Economical tools of environmental protection assessment for needs of waste disposal management in Poland on an example of project co-financed by Cohesion Fund

Abstract

A trial was undertaken of assessment of fees and fines height in waste management in Poland. The potentially fees and fines for sewerage to environment were compared with damages for environment caused by pollutants contained in these wastes. For fixing of the pollutants contained in the wastes environmental impact price a selected method of loss assessment was used. Computations were conducted for project "Building of sanitation sewage system burdening sewage-treatment plant in Zawiercie" implemented in Commune Zawiercie. They were proceeded with a presentation of problem of limited natural environmental resources and general characterization of economical tools used in ecology politics of Poland.

While analyzing instruments of environmental protection in frames of theoretical economy and economical State politics the problem of limited natural resources and choices taking place in environmental management was presented. It results in necessity of optimal management with these resources, i.e. tendency to economical optimization of environmental protection. However, a lack of perfect market for environmental protection causes non-optimal allocation of resources and values of natural environment. It is possible to prevent this by including the environmental protection costs into costs of goods and services. Using of the following rules serves to the optimization of this allocation: "polluting part pays", "polluting parts pay", "user pays", "victim pays", and also providence rule and helpfulness rule. They are in use at shaping environmental protection politics and in the economic State politics.

It was set that one of the basic economical tools used in waste management in Poland are the administrative fees for sewerage to waters and ground as well as financial fines for limits of emission contravening. According to the rules "polluting part pays" and "polluting parts pay", the fees and fines are inflicted in this system onto subjects using environment approximately in proportion to the scale of its exploitation. To make the system economically optimal, the fees and fines should reflect values of damages they have to protect us against. They can not be too large, because the environmental protection for any cost leads to lowering of the level of people material welfare. Otherwise, if too low,

they will not give an expected effect, as for the subjects using environment its further contamination occurs more profitable than rising costs of pro-ecological investments.

In the calculation part, an assessment of economical justness of undertaken protective measures in waste management was provided, i.e. it was assessed if the environmental protection costs do not overflow the value of damages they are targeted to prevent.

Two variants were considered:

- variant I – the environmental damages caused solely by purified wastes drained to surface waters from existing sewage treatment plant in Zawiercie,
- variant II – total environmental damages on the considered terrain caused both by purified wastes from sewage treatment plant, as well as by not purified ones from terrain without sewer system, drained directly to the waters and to the ground.

An assumption was made, that the value of environmental damages for variant I have to be mirrored in environmental fees carried on for using waters, whereas for the variant II, the fines for exceeding admissible concentrations of pollutants were add to the environmental fees (including enlarged ones).

In the case of variant I, the assessed value of environmental damages many times surpassed fees which were carried on by exploiter of treatment plant for draining purified wastes to the surface waters. On the basis of detailed analysis of the method used for assessment of environmental damages, it was concluded that in the analyzed case the high level of environmental damages is most likely a result of hydro-biological characteristics of the receiver of wastes, which is the Warta River. The flows in the River are small in comparison with the volume of purified wastes drained to it, what results in high outlays for waste treatment recovering to the waters the ability of self-purification. However, within the resulting from regulations methodic of determining the fees for substances draining with wastes to waters, the hydro-biological features of receiver were not included.

In the case of variant II, the otherwise situation took the place: the assessed value of environmental damages was much lower than potentially determined fees and fines for draining of wastes. However, it was decided that the enlarged fees and fines have to play a deterring function, because the high level of them should to mobilize contaminating party immediately to undertaking measures removing the causes of exceeding admissible standards of pollutants' emissions. Likewise, in the case of fines in the system of their determination, the true damages for environment which are connected with local conditions occurring at the place of draining of wastes are not taking into account.

In the summary, it was stated that the system of fees and fines must not be too much complicated. Including local conditions to such a system might complicate its functioning and execution, and in the scale of whole country it most likely would not bring additional benefits.

WPROWADZENIE

Podstawowymi instrumentami ekonomicznymi stosowanymi w gospodarce ściekowej na terenie Polski są administracyjne opłaty za wprowadzanie ścieków do wód i do ziemi oraz kary pieniężne za przekraczanie norm emisji. Zgodnie z zasadami: „zanieczyszczający płaci” oraz „zanieczyszczający płaci” opłaty i kary są nakładane na korzystających ze środowiska, w miarę proporcjonalnie do skali jego wykorzystania. W przypadku zanieczyszczeń występują bowiem sprawcy oraz poszkodowani. Emitujący zanieczyszczenia czerpią korzyści ekonomiczne, obciążając innych użytkowników środowiska częścią swojej działalności. Uwzględnianie kosztów ochrony środowiska w rachunku ekonomicznym bezpośrednich sprawców ma przeciwdziałać temu zjawisku. Aby system taki był ekonomicznie optymalny, opłaty i kary powinny odzwierciedlać wartość szkód, przed którymi mają chronić. Nie mogą być za wysokie, gdyż ochrona środowiska za wszelką cenę wiąże się z obniżeniem poziomu dobrobytu materialnego ludzi. Zbyt małe opłaty i kary natomiast, nie przyniosą oczekiwanego efektu, gdyż dla korzystających ze środowiska bardziej

opłacalne będzie jego dalsze zanieczyszczanie niż ponoszenie kosztów inwestycji proekologicznych.

W niniejszym artykule, na przykładzie wdrażanego projektu, porównano potencjalne opłaty i kary za odprowadzanie ścieków do środowiska ze szkodami spowodowanymi w środowisku przez zanieczyszczenia zawarte w tych ściekach. Do wyceny skutków oddziaływania zanieczyszczeń zawartych w ściekach na środowisko przyrodnicze zastosowano wybraną metodę szacowania strat.

1. OGRANICZONOŚĆ ZASOBÓW ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO

W gospodarowaniu zasobami środowiska przyrodniczego, tak jak w każdej dziedzinie działalności gospodarczej, występuje problem ograniczoności i wyboru. Ograniczoność dotyczy (Fiedor 2002):

- zasobów podstawowych surowców,
- podstawowych komponentów środowiska decydujących o jego jakości,
- użytków pozaekonomicznych środowiska.

Dlatego też szczególnie ważne jest optymalne gospodarowanie tymi zasobami. Przeznaczenie części zasobów ekonomicznych na cele ekologiczne wiąże się bowiem z obniżeniem poziomu dobrobytu materialnego. Ochrona środowiska za wszelką cenę nie jest więc celowa z uwagi na dobrobyt społeczeństwa i należy dążyć do jej ekonomicznej optymalizacji (Piontek 1995).

Zagadnieniem ściśle związanym z optymalizacją alokacji zasobów i walorów środowiska przyrodniczego jest pojęcie tzw. kosztów zewnętrznych określanych w literaturze również jako koszty społeczne lub uboczne skutki rozwoju techniki (Górka 2001), a także jako niekorzyści zewnętrzne (Fiedor 2002) będące rodzajem efektów zewnętrznych. Występowanie efektów zewnętrznych wynika z braku rynku (lub niedoskonałości rynku istniejącego), na którym zachodziłaby wymiana dóbr i usług wywierających wpływ na dobrobyt gospodarstw domowych oraz przedsiębiorstw. Warunkiem wystąpienia kosztu zewnętrznego jest więc utrata określonego dobrobytu danej jednostki z powodu działalności innej jednostki oraz brak rekompensaty tej utraty równej wysokości szkód (Górka 2001).

W odniesieniu do ochrony środowiska występuje niedoskonałość rynku wiążąca się między innymi z następującymi specyficznymi zjawiskami (Fiedor 2002):

- rozbieżnością między popytem na czyste środowisko a potrzebą czystego środowiska,
- niezdolnością rynku do określania społecznie pożądanej skali gospodarowania jego zasobami,
- niezdolnością rynkowego mechanizmu gospodarowania do generowania trwałego rozwoju, zachowania kapitału naturalnego i zapewnienia dostępu do zasobów środowiska przez przyszłe pokolenia.

Występowanie efektów zewnętrznych, wynikające z niedoskonałości rynku, powoduje więc nieoptymalną alokację zasobów i walorów środowiska przyrodniczego, czemu można zapobiec przez internalizację kosztów zewnętrznych, czyli wliczanie

kosztów ochrony środowiska do kosztów produkcji dóbr i usług (Górka 2001). Internalizacja kosztów zewnętrznych, tj. ich uwzględnianie w rachunku ekonomicznym bezpośrednich sprawców zanieczyszczeń, ma przeciwdziałać temu zjawisku. Powinna prowadzić do ekonomicznej zasadności podejmowanych działań ochronnych, tj. do stanu, w którym koszty ochrony nie przewyższają wartości szkód, przed którymi mają chronić (Piontek 1995).

Do najbardziej znanych zasad zalecanych w polityce ochrony środowiska i stosowanych w polityce gospodarczej państwa, a mających doprowadzić do optymalizacji alokacji zasobów i walorów środowiska przyrodniczego zalicza się zasady (Żylicz 1996): „zanieczyszczający płaci”, „zanieczyszczający płacą”, „użytkownik płaci”, „ofiara płaci” oraz zasadę przezorności i „zasadę pomocniczości.

2. EKONOMICZNE INSTRUMENTY STOSOWANE W POLITYCE EKOLOGICZNEJ POLSKI

Brak jakiejkolwiek formy przymusu w sferze bytowej lub działalności gospodarczej związanej z emisją zanieczyszczeń i odpadów powoduje, że zdolność środowiska do asymilacji lub rozkładu zanieczyszczeń jest wykorzystywana nadmiernie. Prowadzi to często do nieodwracalnego naruszenia stanu środowiska, a nawet katastrof ekologicznych. W gospodarce występują wtedy tzw. efekty zewnętrzne, polegające na przerzucaniu negatywnych skutków środowiskowych przez jedne podmioty gospodarcze na inne. Oznacza to przenoszenie kosztów produkcji jednych dóbr na dobra inne, co zniekształca relacje rynkowe, prowadzi do nadmiernego lub niedostatecznego wykorzystywania określonych zasobów i obniża poziom dobrobytu. Mechanizmy rynkowe nie będą więc działały poprawnie, jeżeli jednym z czynników produkcji nie staną się dobra środowiskowe. Państwo powinno interweniować, domagając się określenia kosztów korzystania z tych zasobów i odzwierciedlenia ich w cenie towarów i usług (Piontek 1996).

Tak więc wśród ogółu środków ochrony środowiska, oprócz działań technicznych, organizacyjnych i prawnych, szczególne miejsce zajmują instrumenty ekonomiczne. Stanowią one pośrednie narzędzie oddziaływania na podmioty gospodarcze, przez wpływanie na ich wyniki finansowe (Górka 2001).

Do podstawowych metod określanych jako ekonomiczno-rynkowe, czyli do pośredniej regulacji stanu środowiska, w teorii środowiska zalicza się (Fiedor 2002):

- podatki i/lub opłaty od emisji określonych zanieczyszczeń,
- subsydia publiczne dla podmiotów gospodarczych przeznaczone do sfinansowania instalacji urządzeń ochrony środowiska lub innych związanych z ochroną środowiska,
- prawa do emisji zanieczyszczeń.

Obowiązujące w Polsce instrumenty ekonomiczne można pogrupować w następujący sposób (Górka 2001):

- opłaty za korzystanie ze środowiska,
- subwencje w formie dotacji, pożyczek i kredytów preferencyjnych oraz ulg podatkowych, związane z realizacją przedsięwzięć o charakterze proekologicznym,

- bodźce finansowe w formie kar pieniężnych za przekraczanie norm emisji i nieprzestrzeganie przepisów ekologicznych, wspierające egzekucję prawa,
- systemy depozytowe i kaucje,
- tworzenie rynku:
 - pozwolenia zbywalne (handel uprawnieniami do emisji zanieczyszczeń),
 - interwencje w mechanizmy rynkowe,
 - określanie odpowiedzialności finansowej i tworzenie rynku ubezpieczeń od ryzyka ekologicznego,
- regulacje bezpośrednie, których podstawę stanowią przede wszystkim systemy norm prawnych oraz zasady planistyczne i postępowania administracyjnego, dotyczące korzystania ze środowiska naturalnego, w tym zakazy i nakazy z reguły powszechnie obowiązujące.

W gospodarce ściekowej do podstawowych instrumentów ekonomicznych można zaliczyć opłaty za wprowadzanie ścieków do wód i do ziemi oraz kary pieniężne za przekraczanie norm emisji. Istotnym elementem większości inwestycji realizowanych w gospodarce ściekowej na terenie Polski są również subwencje i preferencyjne kredyty. Ponadto, ustawa Prawo wodne zawiera wiele regulacji administracyjnych oraz ograniczeń, które można zaliczyć do regulacji bezpośrednich. Przykładem może być konieczność uzyskiwania pozwoleń wodnoprawnych na odprowadzanie ścieków do wód i do ziemi. Na etapie ich wydawania określa się bowiem każdorazowo wymagania co do jakości ścieków oczyszczonych. W uzasadnionych przypadkach nakłada się również konieczność zabezpieczenia roszczeń z tytułu wystąpienia negatywnych skutków w środowisku, a co za tym idzie, oddziałują one ekonomicznie na podmiot ubiegający się o jego wydanie (czyli korzystający ze środowiska).

Opłaty za gospodarcze korzystanie ze środowiska i wprowadzanie w nim zmian, jako podstawowy instrument ochrony środowiska w odniesieniu do gospodarki, powinny pełnić następujące funkcje (Piontek 1996):

- przenośnika zewnętrznych kosztów działalności gospodarczej do rachunku ekonomicznego przedsiębiorstwa – **funkcja bodźcząca**,
- akumulacji środków finansowych na przedsięwzięcia ochronne – **funkcja redystrybucyjna**,
- funkcję ochrony szczególnie ważnych dla społeczeństwa lub deficytowych elementów i walorów środowiska – **funkcja prewencyjna**.

Właściwe funkcjonowanie opłat zależy od ich zakresu, wysokości stawek jednostkowych i kryteriów ich ewentualnego zróżnicowania. Przy niskich opłatach przedsiębiorstwo nie będzie zainteresowane prowadzeniem działalności ochronnej. Równocześnie zbyt wysokie opłaty, wyższe od środowiskowych kosztów zewnętrznych, spowodują nieuzasadnione obciążenie przedsiębiorstwa kosztami, co może w warunkach gospodarki rynkowej zmniejszyć jego konkurencyjność, zwłaszcza międzynarodową (Piontek 1996).

W komunalnej gospodarce ściekowej wysokie opłaty za gospodarcze korzystanie ze środowiska odpowiadają wysokości stawek za odprowadzanie ścieków. Ich zbyt duża wysokość prowadzi do nadmiernego obciążenia budżetów gospodarstw domowych.

Jednym z efektów tego jest obserwowany w wielu miastach spadek ściągalności tych należności oraz coraz powszechniejsze kradzieże wody, co w konsekwencji pogarsza sytuację finansową przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych.

3. SYSTEM OPŁAT I KAR W GOSPODARCE ŚCIEKOWEJ NA TERENIE POLSKI

Podstawowym instrumentem ekonomicznym ujętym w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 roku Prawo ochrony środowiska (Dz. U. nr 2001/62/627 z późniejszymi zmianami), a służącym w gospodarce ściekowej do egzekwowania wymagań z zakresu ochrony wód i ziemi, jest system opłat za korzystanie ze środowiska oraz kar za przekraczanie określonych w decyzjach administracyjnych poziomów i standardów.

W przypadku opłat za korzystanie ze środowiska, w ustawie Prawo ochrony środowiska są określone jedynie górne jednostkowe stawki opłat za 1 kg substancji wprowadzanych ze ściekami do wód lub do ziemi. Stawki opłat podlegają corocznie podwyższeniu w stopniu odpowiadającym średniorocznemu wskaźnikowi cen towarów i usług konsumpcyjnych ogółem, przyjętemu w ustawie budżetowej za rok poprzedni. W ustawie określono również wysokość opłat podwyższonych, które są naliczane w przypadku braku wymaganego pozwolenia (w gospodarce ściekowej może to być pozwolenie wodnoprawne lub zintegrowane). Jednostkowe stawki opłat określa natomiast Rada Ministrów w drodze rozporządzeń. Według stanu prawnego na styczeń 2006 roku stawki opłat reguluje Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 grudnia 2005 roku w sprawie opłat za korzystanie ze środowiska (Dz. U. 2005/260/2176).

Pieniężne kary administracyjne reguluje dział III Prawa ochrony środowiska. W gospodarce ściekowej kary administracyjne są naliczane za przekroczenie, określonych w pozwoleniu wodnoprawnym lub zintegrowanym, ilości, stanu lub składu ścieków wprowadzanych do wód lub do ziemi. W ustawie określono jedynie górne jednostkowe stawki kar za 1 kg substancji wprowadzanych ze ściekami do wód lub do ziemi. Jednostkowe stawki kar, podobnie jak i opłat, określa natomiast w drodze rozporządzeń Rada Ministrów. Według stanu prawnego na styczeń 2005 roku wysokość jednostkowych stawek kar za przekroczenie dopuszczalnych ilości substancji w ściekach oraz sposób ustalania kary, gdy przekroczenie dotyczy więcej niż jednej substancji, reguluje Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 grudnia 2005 roku w sprawie wysokości jednostkowych stawek kar za przekroczenie warunków wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi (Dz. U. 2005/260/2177).

4. WYCENA SZKÓD EKOLOGICZNYCH

Niekiedy koszty i korzyści zewnętrzne, które są łatwe do zidentyfikowania, okazują się trudne do wycenienia. Określona działalność, czy też projekt, mogą spowodować pewne szkody ekologiczne, których efekty objawią się w połączeniu z innymi czynnikami dopiero po dłuższym czasie. Zjawiska takie trudno jest

skwantyfikować i wycenić. Wiele dużych projektów, zwłaszcza o charakterze infrastrukturalnym, może przynosić korzyści także jednostkom, które nie korzystają w bezpośredni sposób z dochodu społecznego wytworzonego w wyniku realizacji projektu.

W gospodarce ściekowej przy wycenie skutków oddziaływania zanieczyszczeń na środowisko przyrodnicze można się posłużyć, między innymi następującymi metodami szacowania strat (Mokrzycki 1992):

- metodą zaproponowaną przez zespół H.W. Bałandynowicza,
- metodą zaproponowaną przez A. Symonowicza,
- metodą zaproponowaną przez K. Wanielistę.

Stwierdzono, że specyfice analizowanego projektu najbardziej odpowiada metoda H.W. Bałandynowicza. Ponadto, metoda ta bazuje na założeniach, które można stosunkowo łatwo wyrazić w formie udokumentowanych wartości liczbowych. Przykładowo w metodzie K. Wanielisty jest konieczne określenie granicznej zawartości zanieczyszczeń, której przekroczenie powoduje zanik ryb łososiowatych, co w praktyce jest bardzo trudne.

4.1. Charakterystyka metody zaproponowanej przez H.W. Bałandynowicza

W metodzie tej przyjęto, że bezpośrednia wartość ekonomiczna strat jest równa nakładom na oczyszczanie ścieków, przywracające wodom zdolność do samooczyszczania. Analizę szkodliwości ładunków ścieków wykonuje się dla każdej substancji zanieczyszczającej. Podstawą oceny jest określenie stopnia przekroczenia chłonności odbiornika. Wyznacza się go z zależności (Mokrzycki 1992)

$$W_i = K_i (0,25P_i)^{-1}$$

gdzie:

- W_i – stopień przekroczenia chłonności odbiornika dla i -tej substancji,
- K_i – ładunek i -tej substancji wydalony ze ściekami przy określonej technologii,
- P_i – chłonność odbiornika na i -tą substancję, obliczona następująco

$$P_i = QD_i$$

gdzie:

- Q – przepływ wody w odbiorniku dla stanów normalnych, m^3/s ;
- D_i – dopuszczalna wartość stężenia i -tej substancji dla wód I klasy czystości, g/m^3 .

W metodzie tej jako granicę zrzutu ładunków przyjęto 25% chłonności odbiornika. Założono także, że 50% chłonności na daną substancję wynika z procesów naturalnych zachodzących w odbiorniku, dalsze zaś 25% z innych zakładów zrzucających ścieki do danego akwenu. W razie stwierdzenia przekroczenia chłonności odbiornika ($W > 1$) jest konieczna ocena stopnia oczyszczania ścieków z poszczególnych substancji

$$Q_i = 100\% - 1(W_i 100\%)^{-1}$$

gdzie:

Q_i – konieczny stopień oczyszczania z danej substancji,

W_i – stopień przekroczenia chłonności odbiornika dla i -tej substancji.

Zgodnie z założeniem, że bezpośrednia wartość ekonomiczna strat jest równa nakładom poniesionym na oczyszczanie ścieków, w następnej kolejności należy wyznaczyć koszty oczyszczania. Znajomość całkowitego kosztu oczyszczania pozwala na wyznaczenie bezpośredniej wartości strat środowiskowych powodowanych przez pojedynczą substancję:

$$B_i = \frac{K}{K_i}$$

gdzie:

B_i – bezpośrednia wartość ekonomiczna strat środowiskowych z tytułu zrzutu i -tej stacji do odbiornika, zł/kg;

K – koszt całkowity oczyszczania, tys. zł/rok;

K_i – ładunek i -tej substancji, Mg/rok.

Jeżeli proces oczyszczania obejmuje eliminację kilku szkodliwych substancji, to bezpośrednią wartość ekonomiczną strat środowiskowych oblicza się ze wzoru

$$Bu_i = u_i B_i$$

gdzie:

Bu_i – bezpośrednia wartość strat środowiskowych i -tej substancji,

u_i – udział i -tej toksyny w stopniu przekroczenia chłonności odbiornika ($u_i = w_i / \Sigma W$ – stopień przekroczenia chłonności odbiornika dla i -tej substancji, ΣW – stopień przekroczenia chłonności odbiornika dla wszystkich substancji).

4.2. Ogólna charakterystyka analizowanego projektu

Obliczenia wykonano dla wdrażanego aktualnie w Gminie Zawiercie projektu pt. „Budowa kanalizacji sanitarnej dociążającej oczyszczalnię ścieków w Zawierciu”. Projekt ten uzyskał dofinansowanie z Funduszu Spójności, co świadczy o jego dużym uzasadnieniu społecznym i środowiskowym. W ramach tego projektu gmina realizuje przedsięwzięcia związane z porządkowaniem gospodarki ściekowej na swoim terenie. Projekt obejmuje rozbudowę istniejącego systemu kanalizacji sanitarnej rozdzielczej na terenie gminy oraz modernizację części osadowej komunalnej oczyszczalni ścieków w Zawierciu. Kanalizacja o łącznej długości około 88 km będzie budowana na terenach nieobjętych dotychczas zorganizowanym systemem odprowadzania ścieków. Ścieki z tych terenów są aktualnie gromadzone w, z reguły nieszczelnych, zbiornikach bezodpływowych (szambach) i okresowo wywożone na oczyszczalnię. Znaczna część z nich trafia jednak bez oczyszczenia do wód powierzchniowych i do ziemi, powodując degradację środowiska naturalnego. Docelowo projekt obejmie swym zasięgiem teren zamieszkały przez około 14,8 tys. mieszkańców Zawiercia.

4.3. Oszacowanie wartości strat w środowisku naturalnym

Do wyceny skutków oddziaływania zanieczyszczeń na środowisko przyrodnicze ścieków zastosowano metodę H.W. Bałandynowicza. Analizę szkodliwości ładunków ścieków wykonano w odniesieniu do najważniejszych wskaźników zanieczyszczeń, tj. pięciodniowego biologicznego zapotrzebowania na tlen – BZT₅, chemicznego zapotrzebowania na tlen – ChZT, zawiesiny, azotu ogólnego i fosforu ogólnego. Koszty oczyszczania ścieków oraz stężenia zanieczyszczeń w ściekach surowych, dopływających do oczyszczalni oraz w ściekach oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika przyjęto na podstawie danych eksploatacyjnych udostępnionych przez Rejonowe Przedsiębiorstwo Wody i Kanalizacji Sp. z o.o. w Zawierciu. W celu obliczenia ładunków zanieczyszczeń odprowadzanych bezpośrednio do wód i do ziemi z terenów nieskanalizowanych, objętych projektem, posłużono się jednostkowymi ładunkami wytwarzanymi przez 1 RLM (Równoważna Liczba Mieszkańców) według wytycznych (Wytyczna ATV-DVWK – A131P 2002), a nie aktualnym składem ścieków surowych, ze względu na znaczny udział w nich wód deszczowych i infiltracyjnych. Obliczenia wykonano dla dwóch wariantów:

- wariant I – straty środowiskowe powodowane tylko przez ścieki oczyszczone, odprowadzane do wód powierzchniowych z istniejącej oczyszczalni ścieków w Zawierciu; uwzględniono całkowity ładunek wybranych zanieczyszczeń jako sumę ich ładunków ze ścieków oczyszczanych aktualnie w oczyszczalni w Zawierciu,
- wariant II – całkowite straty środowiskowe na analizowanym terenie, powodowane zarówno przez ścieki oczyszczone w oczyszczalni, jak również przez ścieki nieoczyszczone z terenów nieskanalizowanych, wprowadzane bezpośrednio do wód i do ziemi; uwzględniono całkowity ładunek wybranych zanieczyszczeń jako sumę ich ładunków ze ścieków oczyszczanych aktualnie w oczyszczalni i nieoczyszczonych pochodzących od mieszkańców objętych projektem.

Wyniki obliczeń zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Straty w środowisku naturalnym powodowane przez ścieki na analizowanym terenie

Wskaźnik	Ładunek zanieczyszczeń odprowadzany do odbiornika, kg/doba	Chłonność całkowita odbiornika P_c , kg/d	Stopień przekroczenia chłonności odbiornika W_i	Konieczny stopień oczyszczenia Q_i	Udział zanieczyszczenia w stopniu przekroczenia chłonności odbiornika u_i	Koszt całkowity oczyszczania, zł/rok	Bezpośrednia wartość strat środowiskowych B_i , zł/kg	Bezpośrednia wartość strat środowiskowych toksyny B_{ti} , zł/kg	Bezpośrednia wartość strat środowiskowych toksyny B_{ti} , zł/rok
Wariant I – ścieki oczyszczone									
BZT ₅	34	104	130%	23%	9%	7 908 911	6,96	0,63	1 775
ChZT-Cr	367	518	283%	65%	26%	7 908 911	4,28	1,10	95 081
Zawiesina	186	778	96%	0%	0%	7 908 911	11,21	0,00	0
Azot ogólny	215	130	663%	85%	34%	7 908 911	50,32	16,92	1 125 739
Fosfor ogólny	13	10	499%	80%	32%	7 908 911	250,10	79,20	298 893
ŁĄCZNIE straty środowiskowe, zł/rok									1 521 488
Wariant II – ścieki oczyszczone i nieoczyszczone									
BZT ₅	1 016	104	3918%	97%	21%	7 908 911	6,96	1,47	530 368
ChZT-Cr	2 331	518	1799%	94%	20%	7 908 911	4,28	0,87	702 462
Zawiesina	1 250	778	643%	84%	18%	7 908 911	11,21	2,05	789 290
Azot ogólny	395	130	1218%	92%	20%	7 908 911	50,32	10,00	1 321 945
Fosfor ogólny	42	10	1635%	94%	20%	7 908 911	250,10	50,82	738 220
ŁĄCZNIE straty środowiskowe, zł/rok									4 082 285

Źródło: obliczenia własne.

5. OBLICZANIE POTENCJALNYCH OPŁAT ZA KORZYSTANIE ZE ŚRODOWISKA ORAZ KAR ZA PRZEKROCZENIE WARUNKÓW WPROWADZANIA ŚCIEKÓW DO WÓD I DO ZIEMI

Potencjalne opłaty i kary obliczono na podstawie obowiązujących przepisów, wymienionych w rozdziale 3. Obliczeń dokonano dla dwóch analogicznych wariantów, tj.:

- wariant I – opłaty za korzystanie ze środowiska związane z odprowadzaniem ścieków oczyszczonych do wód powierzchniowych z istniejącej oczyszczalni ścieków w Zawierciu,
- wariant II – opłaty za korzystanie ze środowiska związane z odprowadzaniem ścieków oczyszczonych do wód powierzchniowych z istniejącej oczyszczalni ścieków w Zawierciu oraz opłaty podwyższone i kary za odprowadzanie bez pozwolenia wodnoprawnego bezpośrednio do wód i do ziemi ścieków nieoczyszczonych z terenów nieskanalizowanych.

Założono, że ścieki oczyszczone powinny spełniać w przypadku każdego wariantu warunki określone dla istniejącej oczyszczalni ścieków w Zawierciu, tj. dla obiektów obsługujących RLM od 15 000 do 99 999. Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Opłaty i kary za odprowadzanie ścieków oczyszczonych i nieoczyszczonych do wód i do ziemi z analizowanego terenu

Pozycja	Wskaźnik zanieczyszczeń stanowiący podstawę do naliczania opłat/kar	Ładunek zanieczyszczeń odprowadzany do odbiornika ze ściekami oczyszczonymi, kg/rok	Opłata/kara jednostkowa zł/kg	Współczynnik różnicujący/podwyższający	Opłata/kara roczna, zł
Wariant I – opłaty od ścieków oczyszczonych					
Opłaty	ChZT-Cr	134 044	1,34	0,5	89 809
Wariant II – opłaty od ścieków oczyszczonych oraz opłaty podwyższone i kary od ścieków nieoczyszczonych					
Opłaty	ChZT-Cr	134 044	1,34	0,5	89 809
Opłaty podwyższone	ChZT-Cr	74 664	1,34	5	500 248
Kary	ChZT-Cr	642 110	12,38	-	7 949 321
Łącznie – Wariant II					8 539 378

Źródło: obliczenia własne.

6. ANALIZA WYNIKÓW OBLICZEŃ

Biorąc pod uwagę konieczność internalizacji kosztów zewnętrznych, dokonano oceny ekonomicznej zasadności podejmowanych działań ochronnych w gospodarce ściekowej, tj. oceny, czy koszty ochrony środowiska nie przewyższają wartości szkód, przed którymi mają chronić. Ocenę przeprowadzono na podstawie porównania wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska i kar za zanieczyszczanie środowiska z oszacowaną wartością strat w środowisku naturalnym.

Przyjęto założenie, że wartość strat w środowisku dla wariantu I (eksploatacja oczyszczalni ścieków) powinna znaleźć odzwierciedlenie w opłatach środowiskowych ponoszonych za korzystanie z wód. Dla wariantu II (eksploatacja oczyszczalni

ścieków oraz nieuporządkowane odprowadzanie nieczyszczonych ścieków do wód i do ziemi z nieskanalizowanych terenów objętych analizowanym projektem) do opłat środowiskowych doliczono kary za przekroczenie dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń. Sumę tych opłat i kar zestawiono z wartością strat środowiskowych oszacowaną analogiczną metodą, jak w wariancie I.

W przypadku wariantu I oszacowana wartość strat środowiskowych wielokrotnie przekraczała opłaty, które ponosił eksploatacator oczyszczalni ścieków z tytułu odprowadzania ścieków oczyszczonych do wód powierzchniowych. Świadczyć by to mogło o dość małych opłatach środowiskowych w gospodarce ściekowej na terenie Polski. Szczegółowa analiza metody H.W. Bałandynowicza, zastosowanej do oszacowania strat środowiskowych, pozwala jednak stwierdzić, że w tym przypadku duże straty środowiskowe wynikały najprawdopodobniej z charakterystyki hydrologicznej odbiornika ścieków. Jest to górny bieg Warty, gdzie przepływy są niewielkie w stosunku do ilości odprowadzanych do niej ścieków oczyszczonych. Ilości tych ścieków stanowią bowiem prawie 25% wartości średniego przepływu w rzece. Przy większych przepływach w odbiorniku, oszacowane tą metodą straty środowiskowe byłyby znacznie mniejsze. W wynikającej z przepisów prawa metodzie naliczania opłat za wprowadzanie ze ściekami substancji do wód nie uwzględnia się cech hydrologicznych odbiornika.

W przypadku wariantu II ma się do czynienia z sytuacją odwrotną: oszacowana wartość strat środowiskowych jest o ponad 50% mniejsza niż naliczone potencjalne opłaty i kary za odprowadzanie ścieków. Biorąc pod uwagę opisaną wcześniej specyfikę odbiornika ścieków, różnica ta mogłaby być w innych przypadkach jeszcze większa. Należy więc uznać, że znaczne opłaty podwyższone i kary mają pełnić nie tylko funkcję internalizacji kosztów zewnętrznych, ale również funkcję odstraszającą dla potencjalnych „trucicieli”. Opłaty podwyższone i kary powinny być bowiem na tyle dolegliwe, żeby ich naliczanie zmobilizowało zanieczyszczającego do natychmiastowego podjęcia działań likwidujących przyczynę niedotrzymywania standardów ochrony środowiska.

PODSUMOWANIE

Opłaty za gospodarcze korzystanie ze środowiska i wprowadzanie w nim zmian oraz kary za przekraczanie norm emisji, stanowią podstawowy instrument ochrony środowiska. Brak jakiegokolwiek formy przymusu w sferze bytowej lub działalności gospodarczej związanej z emisją zanieczyszczeń i odpadów powoduje bowiem, że zdolność środowiska do asymilacji lub rozkładu zanieczyszczeń jest wykorzystywana nadmiernie. Właściwe funkcjonowanie opłat zależy od ich zakresu, wysokości stawek jednostkowych i kryteriów ich ewentualnego zróżnicowania. Przy małych opłatach przedsiębiorstwo nie będzie zainteresowane prowadzeniem działalności ochronnej. Równocześnie zbyt duże opłaty, powyżej środowiskowych kosztów zewnętrznych, będą prowadzić do nieuzasadnionego obciążenia przedsiębiorstwa kosztami, co może w warunkach gospodarki rynkowej zmniejszyć jego konkurencyjność.

Do najbardziej znanych zasad zalecanych w polityce ochrony środowiska, prowadzących do optymalizacji alokacji zasobów i walorów środowiska przyrodniczego zalicza się: „zanieczyszczający płaci”, „zanieczyszczający płacą”, „użytkownik płaci”, „ofiara płaci”, zasada przezorności oraz zasada pomocniczości. Zasady te są również stosowane w gospodarce ściekowej na terenie Polski.

Podstawowym instrumentem ekonomicznym ujętym w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 roku Prawo ochrony środowiska (Dz. U. nr 2001/62/627 z późniejszymi zmianami), a służącym w gospodarce ściekowej egzekwowaniu wymagań z zakresu ochrony wód i ziemi, jest system opłat za korzystanie ze środowiska oraz kar za przekraczanie, określonych w decyzjach administracyjnych, dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń. Przeprowadzono próbę oceny tego systemu w zakresie gospodarki ściekowej na terenie Polski, w kontekście szkód spowodowanych w środowisku przez zanieczyszczenia zawarte w odprowadzanych do środowiska ściekach. Na przykładzie wybranego projektu porównano ich poziom ze stratami w środowisku naturalnym, które wynikają z oddziaływania zanieczyszczeń zawartych w ściekach na środowisko przyrodnicze. Porównanie to pozwoliło na ustalenie, czy system ten jest ekonomicznie optymalny, tj. czy opłaty i kary odzwierciedlają wartości szkód, przed którymi powinny chronić.

WNIOSKI

Obliczenia wykonane w celu oceny opłat środowiskowych dały wyniki, w których oszacowana wartość strat środowiskowych wielokrotnie przekroczyła te opłaty. Sytuację tę wyjaśnia najprawdopodobniej specyfika zastosowanej metody wyceny szkód oraz lokalne uwarunkowania związane z charakterystyką hydrologiczną odbiornika ścieków. W ustalonej w przepisach prawa metodzie naliczania opłat nie uwzględnia się bowiem rzeczywistego wpływu odprowadzanych ścieków na środowisko, występującego w miejscu ich wprowadzania.

Rozbieżność między wysokością opłat i kar administracyjnych a oszacowanymi szkodami w środowisku wystąpiła również w przypadku uwzględnienia ścieków nieczyszczonych, a co za tym idzie uwzględnienia w obliczeniach opłat podwyższonych i kar. W takim przypadku potencjalne opłaty i kary przewyższyły jednak wartość oszacowanych strat w środowisku. Wyjaśniono to koniecznością pełnienia przez system opłat podwyższonych i kar funkcji odstraszającej dla tych, którzy nie spełniają prawnych norm emisji. Opłaty podwyższone i kary powinny bowiem mobilizować zanieczyszczającego do natychmiastowego podejmowania działań likwidujących przyczynę przekraczania dopuszczalnych norm emisji zanieczyszczeń. Również w przypadku kar w systemie ich naliczania nie uwzględnia się rzeczywistych strat w środowisku, związanych z lokalnymi uwarunkowaniami występującymi w miejscu wprowadzenia zanieczyszczeń.

Przepisy prawa, w tym system opłat i kar, nie mogą być nadmiernie skomplikowane. Uwzględnianie lokalnych uwarunkowań w tym systemie utrudniłoby jego funkcjonowanie i egzekwowanie, a w skali całego kraju nie przyniosłoby najprawdopodobniej dodatkowych korzyści.

Literatura

1. Fiedor B. (2002): *Podstawy ekonomii środowiska i zasobów naturalnych*. Warszawa, Wydaw. C.H. Beck.
2. Górka K. (2001): *Ekonomiczne aspekty ochrony środowiska*. W: Ochrona środowiska. Problemy społeczne, ekonomiczne i prawne. Warszawa, Polskie Wydaw. Ekonomiczne.
3. Mokrzycki E. i inni (1992): *Skutki oddziaływania zanieczyszczeń na środowisko przyrodnicze i metody szacowania strat*. Studia i Rozprawy 20. Kraków, Wydaw. CPPGSMiE PAN.
4. Piontek F. (1995): *Metody ustalania szkód i kosztów powodowanych degradacją zasobów wodnych i składowaniem odpadów*. Białystok, Wydaw. Ekonomia i Środowisko.
5. Piontek F. (1996): *Sozioekonomiczny rachunek efektywności działalności gospodarczej w warunkach gospodarki rynkowej i samorządności terytorialnej*. Białystok, Wydaw. Ekonomia i Środowisko.
6. Shechter M. (1996): *Wycena środowiska*. W: Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych. Warszawa, Wydaw. Krupiński i S-ka.
7. Wytyczna ATV-DVWK – A131P (2002): *Wymiarowanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym*. Warszawa, Wydaw. Seidel Przywecki.
8. Żylicz T. (1996): *Cele, zasady i ograniczenia polityki ochrony środowiska*. W: Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych. Warszawa, Wydaw. Krupiński i S-ka.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Krystyna Czaplicka

Małgorzata Jaroń-Kocot

MOŻLIWOŚĆ OGRANICZANIA ARSENU I CHROMU W WODACH Z ODPADÓW PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO

Streszczenie

Na podstawie wyników analiz odcinków wodnych omówiono wpływ odpadów arsenowych i błota pochromowego, a głównie wypłukujących się z nich jonów arsenu i chromu sześciowartościowego, na środowisko wodne. Odcieki uzyskano w wyniku namaczania zestalonych mieszanin w wodzie kopalnianej, które składały się z odpadów przemysłu chemicznego w odpowiednich proporcjach wagowych, a także odpadów po flotacyjnych, produktów odsiarczania z kotła fluidalnego oraz wapna pokarbidowego.

Badania wykazały, że ilości jonów arsenu i chromu (VI) przedostających się do wody można ograniczyć przez zestalenie odpadów przemysłu chemicznego z wapnem pokarbidowym i produktami odsiarczania z kotłów fluidalnych. Jony arsenu uwalniały się w ograniczonym zakresie z mieszaniny zawierającej wapno pokarbidowe, w ilości trzykrotnie większej od masy odpadów arsenowych i produkty odsiarczania o takiej samej masie jak odpady zawierające arsen. Z błota pochromowego najmniej chromu rozpuszczało się w wodzie, gdy mieszaniny zawierały wapno pokarbidowe. Najlepsza mieszanina zawierała czterokrotnie więcej wapna pokarbidowego niż masy błota pochromowego.

Possibility of arsenic and chromium levels reduction in waters from chemical industry wastes

Abstract

On the basis of analyses of water sections an influence on aquatic environment was discussed of arsenic wastes and post-chromium mud, and mostly rinsing out of them arsenic ions and hexavalent chromium. Refluxes were obtained as a result of solidified mixtures vat rinsing with mine water. The solid mixtures were composed of chemical industry wastes in proper weight ratios, and also of flotation tailings, products of desulfurization from fluid kettle and carbide residue.

Tests showed that amount of arsenic and chromium (VI) ions passing to the water could be reduced by solidification of chemical industry wastes using carbide residue and products of desulfurization from fluid kettles. Arsenic ions were released in limited amount from a mixture containing carbide residue in an amount three times higher than the mass of arsenic wastes, and products of desulfurization of the same mass as the wastes containing arsenic. The least amount of chromium from the post-chromium mud dissolved in the water when mixtures contained carbide residue. The best mixture contained four times more carbide residue than mass of post-chromium mud.

WPROWADZENIE

Proces ograniczania ilości jonów metali ciężkich, uwalnianych do wód, może polegać na fizycznym ich oddziaływaniu lub wynikać z wiązania chemicznego w efekcie procesów sorpcji fizycznej lub chemisorpcji. Usuwanie metali ciężkich z wód następuje wskutek: wiązania obojętnego (fizycznego), wytrącania, adsorpcji, współwytrącania, tworzenia się powłok ochronnych i flokulacji.

Zależy to w bardzo znacznym stopniu od odczynu ośrodka, gdyż jony wodorowe konkurują z kationami metali, oddziałując na powierzchnię cząstek fazy stałej (Helios-Rybicka 1991).

W artykule przedstawiono wyniki badań nad ograniczaniem ilości jonów arsenu i chromu sześciowartościowego, uwalniających się do wód z odpadów przemysłu chemicznego. Przeanalizowano możliwości ograniczenia zanieczyszczeń wód tymi jonami:

- dzięki sorpcyjnym właściwościom odpadów poflotacyjnych, a głównie zawartych w nich węgla i kaolinitu,
- w wyniku związania jonów arsenu w związki trudno rozpuszczalne, tj. arseniany jedno-, dwu- i trójmetaliczne, przez metale ciężkie zawarte w popiołach z kotłów fluidalnych i wolny CaO obecny w wapnie pokarbidowym.

Wykorzystano także procesy polegające na redukcji chromu sześciowartościowego do chromu trójwartościowego, a następnie strąceniu chromu trójwartościowego jako wodorotlenku, przy użyciu wapna pokarbidowego (Jaroń-Kocot, Sablik 2003).

1. METODYKA BADAŃ

W celu określenia wpływu odpadów wytypowanych do badań na środowisko wodne, przeanalizowano skład chemiczny odpadów, a także ich wyciągów wodnych. Skład chemiczny odpadów określono metodą spektrometrii fluorescencji rentgenowskiej PB-05.

Podstawę do sporządzania wyciągów wodnych stanowiła procedura służąca do ustalania stawki opłat za składowane odpady, ujęta w Dz. U. Nr 120, poz. 1284 z 29.12.2000 roku. Stosowano odważane w odpowiednich ilościach odpady w stanie powietrznosuchym i wodę destylowaną. Analizy chemiczne wyciągów wodnych wykonywano metodami standardowymi oraz techniką spektrometrii plazmowej.

Analizę mineralogiczną odpadów poflotacyjnych przeprowadzono przy użyciu dyfraktometru rentgenowskiego firmy Philips PW 3710.

Do badań czasu wiązania się mieszanin odpadowych służył aparat Vicata. Trwałość zestalonych mieszanin określono metodą rozmakalności, polegającą na obserwacji zmian kształtu zestalonej próbki pod wpływem wody.

2. CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANYCH ODPADÓW

Analizie poddano dwa rodzaje odpadów z przemysłu chemicznego, tj. odpady zawierające związki arsenu i błoto pochromowe zawierające związki chromu, głównie chromu sześciowartościowego. Do ograniczenia szkodliwego oddziaływania odpadów chemicznych na środowisko wodne, zastosowano odpady poflotacyjne, produkty odsiarczania z kotła fluidalnego i wapno pokarbidowe. Produkty odsiarczania z kotła fluidalnego i wapno pokarbidowe pełniły dodatkowo rolę medium zestalającego odpady chemiczne.

Właściwości fizykochemiczne badanych odpadów były następujące:

- Odpady zawierające związki arsenu, w postaci gęstej, śliskiej ciemnozielonej masy, charakteryzowały się zawartością wilgoci całkowitej 27,8%. Zawartość arsenu w odpadach wynosiła 62 mg/kg. Siarka całkowita stanowiła 6,03% wagowych odpadów. W wyciągu wodnym nie stwierdzono obecności siarczków, a zawartość siarczanów była mała i wynosiła 148,0 mg/dm³. Zawartość jonów arsenu była natomiast bardzo duża – 2050 mg/dm³. Odczyn wyciągu wodnego był silnie kwaśny, pH = 1,25.
- Błoto pochromowe charakteryzowało się zawartością wilgoci całkowitej około 18%. Było ono sypkie i suche, drobnoziarniste, koloru żółto-brązowego. Zawartość chromu w odpadach wynosiła 3,5%, a siarki całkowitej 0,42%. W wyciągu wodnym stwierdzono jony chromu sześciowartościowego w ilości 340,0 mg/dm³. Odczyn wyciągu wodnego był zasadowy, pH = 9,50.
- Odpady poflotacyjne miały postać wodnych zawiesin o zawartościach części stałych 190 g/dm³ (odpady I) i 450 g/dm³ (odpady II). Charakteryzowały się 91,7% zawartością ziarn poniżej 0,063 mm, przy czym 83,3% ziaren miało wielkości poniżej 0,025 mm. Mniejsze ziarna zwiększają powierzchnię właściwą odpadów i polepszają ich właściwości sorpcyjne. Gęstość rzeczywista odpadów poflotacyjnych wynosiła 1,93%, a straty prażenia 36,74%. Podstawowe składniki tych odpadów to krzemionka SiO₂ = 45,87% i tlenek glinu Al₂O₃ = 21,68%. Z badań składu mineralogicznego odpadów poflotacyjnych wynikało, że zawierały one minerały ilaste, tj. kaolinit, chloryt i illit (28%), kwarc (22%), halit (18%). Pozostałe składniki to dolomit (10%), piryt (~6%), człon szeregu izomorficznego FeCO₃-MgCO₃ (~5%) i skalenie (~4%).
- Produkty odsiarczania z kotła fluidalnego EC Tychy zawierały związki wapnia w ilości 15,69%, w tym tlenku wapnia 8,20% oraz pierwiastki śladowe takie, jak: nikiel, ołów, miedź, kadm, cynk i inne. Gęstość rzeczywista tych popiołów wynosiła 2,57 g/cm³. Wyciąg wodny z odpadów był silnie zasadowy, pH = 12,9 i zawierał głównie jony wodorotlenowe (629 mg/dm³), jony wapniowe (1422 mg/dm³) i siarczanowe (1210 mg/dm³).
- Wapno pokarbidowe zastosowane do sporządzania mieszanin miało postać wodnej zawiesiny o zawartości części stałych 370 g/dm³. Zawierało ono 89,8% ziarn o wielkości nieprzekraczającej 0,063 mm. Zawartość związków wapnia jako CaO wynosiła 65,69%, w tym tlenek wapnia CaO = 5,87%. Gęstość rzeczywista wapna wynosiła 2,12 g/cm³. Wyciąg wodny z wapna pokarbidowego był silnie zasadowy, pH = 13,1 i zawierał głównie jony wodorotlenowe (629 mg/dm³) i jony wapniowe (719,4 mg/dm³).
- Woda z kopalnianego zbiornika powierzchniowego była słabo zmineralizowana o zawartości jonów chlorkowych w ilości 592,1 mg/dm³ i o odczynie obojętnym, pH = 7,65.

3. WYNIKI BADAŃ

Badania ilości jonów arsenu i chromu sześciowartościowego uwalniających się z odpadów przemysłu chemicznego wykonano w wodach z mieszanin zawierających odpady arsenowe i błoto pochromowe z dodatkami odpadów poflotacyjnych, produktów odsiarczania z kotłów fluidalnych i wapna pokarbidowego w różnych proporcjach wagowych. Dodatek wody kopalnianej, potrzebny do wymieszania wszystkich składników, był uzależniony od ilości wody zawartej w odpadach poflotacyjnych i wapnie pokarbidowym. Każdą z mieszanin pozostawiano na 24 godziny. Po tym czasie próbki zalewano powoli wodą kopalnianą. W odciekach analizowano jony arsenu lub chromu, siarczany i mierzono pH.

Skład mieszanin i zawartości jonów metali oraz pH w odciekach wodnych przedstawiono w tablicach 1 i 2. Wyniki procesu zestalania się mieszanin odpadowych przedstawiono w tablicach 3 i 4. Mierzono czasy wiązania się próbek mieszanin oraz ich trwałość po zestaleniu. Po 24 godzinach namakania próbek w wodzie kopalnianej oznaczano zawartość jonów arsenu i chromu sześciowartościowego, przy czym w kolumnie 8 przedstawiono dane oznaczone, a w kolumnie 9 dane przeliczone w odniesieniu do masy i do zawartości jonów arsenu i chromu (VI) przedstawionych w kolumnie 3 tablicy 1 i 2.

Tablica 1. Zawartość jonów arsenu oraz pH w odcieku wodnym z mieszanin zawierających odpady arsenowe

Lp.	Skład mieszaniny	Stężenia		
		arsen mg/dm ³	siarczany mg/dm ³	pH
1	2	3	4	5
1.	Odpady arsenowe	2050,0	148,0	1,25
2.	Odpady arsenowe: odpady poflotacyjne II 1 : 1	650,0	969,0	1,33
3.	Odpady arsenowe: odpady poflotacyjne I: popioły 1 : 1 : 1	1600,0	1500,0	3,55
4.	Odpady arsenowe: odpady poflotacyjne II: wapno pokarbidowe 1 : 1 : 1	1220,0	354,0	5,1
5.	Odpady arsenowe: wapno pokarbidowe: popioły: woda 1 : 1 : 1 : 1	395,0	1090,0	7,65
6.	Odpady arsenowe: wapno pokarbidowe: popioły: woda 1 : 1 : 2 : 2	1630,0	1330,0	11,7
7.	Odpady arsenowe: wapno pokarbidowe: popioły: woda 1 : 2 : 1 : 1	350,0	2210,0	12,9
8.	Odpady arsenowe: wapno pokarbidowe: popioły: woda 1 : 2 : 1 : 0,5	34,5	444,0	12,2
9.	Odpady arsenowe: wapno pokarbidowe: popioły: woda 1 : 2 : 2 : 2	33,0	1630,0	12,6
10.	Odpady arsenowe: wapno pokarbidowe: popioły 1 : 3 : 1	0,96	763,0	8,9
11.	Odpady arsenowe: wapno pokarbidowe: popioły 1 : 4 : 1	4,9	296,0	12,05
12.	Odpady arsenowe: wapno pokarbidowe: popioły 1 : 4 : 2	3,6	1800,0	11,95

Tablica 2. Zawartość jonów chromu sześciowartościowego oraz pH w odcieku wodnym z mieszanin zawierających błoto pochromowe

Lp.	Skład mieszaniny	Stężenia		
		chrom (VI) mg/dm ³	siarczany mg/dm ³	pH
1	2	3	4	5
1.	Błoto pochromowe	340,0	93,0	9,50
2.	Błoto pochromowe: odpady poflotacyjne I 1 : 1	1970,0	547,0	10,4
3.	Błoto pochromowe: odpady poflotacyjne II 1 : 1	844,0	777,0	9,65
4.	Błoto pochromowe: odpady poflotacyjne I: popioły: woda 1 : 1 : 1 : 0,5	810,0	2450,0	13,1
5.	Błoto pochromowe: popioły: woda 1 : 1 : 1	982,0	2160,0	13,1
6.	Błoto pochromowe: wapno pokarbidowe 1 : 1	355,0	131,0	13,1
7.	Błoto pochromowe: wapno pokarbidowe 1 : 2	130,0	72,4	13,2
8.	Błoto pochromowe: wapno pokarbidowe 1 : 3	196,0	127,0	12,4
9.	Błoto pochromowe: wapno pokarbidowe 1 : 4	110,0	145,0	12,35
10.	Błoto pochromowe: wapno pokarbidowe: popioły 1 : 3 : 1	583,0	2250,0	11,5
11.	Błoto pochromowe: wapno pokarbidowe: popioły 1 : 4 : 2	264,0	1550,0	12,7

Tablica 3. Warunki zestalania się mieszanin i zawartość arsenu w odciekach wodnych

Lp.	Skład mieszaniny	Czas wiązania doba		Rozmakalność			Stężenia	
		początek	koniec	po 4 h	po 24 h	po 30 dobach	arsen ¹⁾ mg/dm ³	arsen ²⁾ mg/dm ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Wyniki testu wymywalności	–	–	–	–	–	–	–
2.	Odpady arsenowe: odpady poflotacyjne II 1 : 1	–	–	rozpad	–	–	90,0	34,8
3.	Odpady arsenowe: odpady poflotacyjne I: popioły 1 : 1 : 1	18h	1	bez zmian	bez zmian	bez zmian	243,0	56,3
4.	Odpady arsenowe: odpady poflotacyjne II: wapno 1 : 1 : 1	20		bez zmian	bez zmian	bez zmian	141,0	56,9
5.	Odpady arsenowe: wapno: popioły: woda 1 : 1 : 1 : 1	1	3	bez zmian	bez zmian	bez zmian	11,0	14,8
6.	Odpady arsenowe: wapno: popioły: woda 1 : 1 : 2 : 2	3	6	rozpad	–	–	5,15	37,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7.	Odpady arsenowe: wapno: popioły: woda 1 : 2 : 1 : 1	6	9	bez zmian	bez zmian	bez zmian	7,2	12,9
8.	Odpady arsenowe: wapno: popioły: woda 1 : 2 : 1 : 0,5	4	7	bez zmian	bez zmian	bez zmian	5,2	1,3
9.	Odpady arsenowe: wapno: popioły: woda 1 : 2 : 2 : 2	5	11	bez zmian	bez zmian	bez zmian	7,1	0,94
10.	Odpady arsenowe: wapno: popioły 1 : 3 : 1	4	5	bez zmian	bez zmian	bez zmian	0,9	0,04
11.	Odpady arsenowe: wapno: popioły 1 : 4 : 1	2	5	bez zmian	bez zmian	bez zmian	0,91	0,16
12.	Odpady arsenowe: wapno: popioły 1 : 4 : 2	1	4	bez zmian	bez zmian	bez zmian	1,05	0,095

¹⁾ Stężenie jonu zostało oznaczone.

²⁾ Stężenie jonu zostało przeliczone w stosunku do masy odpadu z kolumny 3 tablicy 1.

Tablica 4. Warunki zestawiania się mieszanin i analiza chromu w odciekach wodnych

Lp.	Rodzaj mieszaniny i jej skład	Czas wiązania doba		Rozmakalność			Stężenia	
		początek	koniec	po 4 h	po 24 h	po 30 dobach	chrom ^{+6 1)} mg/dm ³	chrom ^{+6 2)} mg/dm ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Wyniki testu wymywalności	–	–	–	–	–	–	–
2.	Biłoto pochromowe: odpady poflotacyjne I 1 : 1	–	–	bez zmian	bez zmian	bez zmian	86,5	145,5
3.	Biłoto pochromowe: odpady poflotacyjne II 1 : 1	–	–	rozpad	-	-	70,9	69,82
4.	Biłoto pochromowe: odpady poflotacyjne I: popioły: woda 1 : 1 : 1 : 0,5	3	5	bez zmian	bez zmian	bez zmian	30,3	33,4
5.	Biłoto pochromowe: popioły: woda 1 : 1 : 1	3	5	bez zmian	bez zmian	bez zmian	59,5	60,6
6.	Biłoto pochromowe: wapno pokarbidowe 1 : 1	5	7	bez zmian	bez zmian	bez zmian	42,4	31,6
7.	Biłoto pochromowe: wapno pokarbidowe 1 : 2	16	23	bez zmian	bez zmian	bez zmian	18,5	10,0
8.	Biłoto pochromowe: wapno pokarbidowe 1 : 3	6	13	bez zmian	bez zmian	bez zmian	1,65	8,82
9.	Biłoto pochromowe: wapno pokarbidowe 1 : 4	8	13	bez zmian	bez zmian	bez zmian	3,76	6,92
10.	Biłoto pochromowe: wapno pokarbidowe: popioły 1 : 3 : 1	3	5	bez zmian	bez zmian	bez zmian	3,5	20,64
11.	Biłoto pochromowe: wapno pokarbidowe: popioły 1 : 4 : 2	3	5	bez zmian	bez zmian	bez zmian	2,16	6,14

¹⁾ Stężenie jonu zostało oznaczone.

²⁾ Stężenie jonu zostało przeliczone w stosunku do masy odpadu z kolumny 3 tablicy 2.

4. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Wyciąg wodny z mieszanin zawierających odpady arsenowe zawierał największą ilość jonów arsenu 2050 mg/dm^3 i charakteryzował się silnie kwaśnym odczynem wynoszącym pH 1,25 (tabl. 1). Równie silnie kwaśny odczyn (pH = 1,33) lecz znacznie mniejsza zawartość jonów arsenu, była w odcieku wodnym (próbka nr 2) z mieszaniny odpadów arsenowych z odpadami poflotacyjnymi. Efekt ten był najprawdopodobniej wynikiem sorpcji jonów arsenu na odpadach poflotacyjnych. Nie był to jednak proces trwały, gdyż po 30 dniach w odcieku wodnym stwierdzono znacznie więcej jonów arsenowych ($90,0 \text{ mg/dm}^3$, tabl. 3, kolumna 8) w odniesieniu do takiej samej masy odpadów arsenowych niż w odcieku wodnym analizowanym po 24 godzinach od chwili sporządzenia mieszaniny ($34,8 \text{ mg/dm}^3$, tabl. 3 kolumna 9).

Wody z mieszanin składających się z odpadów poflotacyjnych oraz z różnych zawartości wapna pokarbidowego lub produktów odsiarczania (próbki 3 i 4) zawierały znaczne ilości jonów, mimo, że część z nich została zaadsorbowana na odpadach poflotacyjnych i także związana z metalami zawartymi w produktach odsiarczania i wapnie. Przy kwaśnym odczynie (pH = 3,55 i pH = 5,1), w odcieku wodnym rozpuszczają się siarczki żelaza, cynku lub kompleksy związków siarki zawartych w produktach odsiarczania, co może powodować rozpuszczanie się odpadu arsenowego (siarczek arsenu) (Jaroń-Kocot 2003). W powtórzonym wyciągu wodnym stwierdzono znacznie więcej jonów arsenu – odpowiednio 243 mg/dm^3 i 141 mg/dm^3 (tabl. 3, kolumna 8) aniżeli w odcieku wodnym 3 i 4 w przeliczeniu do takiej samej masy odpadów arsenowych ($56,3 \text{ mg/dm}^3$ i $56,9 \text{ mg/dm}^3$, tabl. 3, kolumna 9).

W wodach pochodzących z mieszanin zawierających odpady arsenowe, wapno pokarbidowe, produkty odsiarczania i wodę kopalnianą (próbki 5 i 7) stwierdzono mniejsze stężenia jonów arsenu. Również zmniejszyła się ilość arsenu uwolniona w sporządzonym ponownie wyciągu wodnym (tabl. 3, kolumna 8). Większa zawartość wody w mieszaninie pogarszała trwałość wiązania się jonów arsenu z metalami zawartymi w popiołach lotnych i wapnie pokarbidowym (próbka 6).

Dodawanie do odpadów arsenowych jeszcze większych ilości wapna pokarbidowego i produktów odsiarczania powodowało zmniejszanie się ilości jonów arsenu rozpuszczających się w wodzie (próbki 8, 9, 10 i 11). Z zestalonych mieszanin (próbek 8, 9, 10 i 11) do wód uwalniały się również niewielkie ilości jonów arsenu.

Najmniej jonów arsenu uwalniało się z odpadów arsenowych do wód z mieszaniny wapna pokarbidowego i produktów odsiarczania w stosunku wagowym 1:3:1, a ilość uwolnionych z niej jonów arsenu wynosiła $0,96 \text{ mg/dm}^3$, przy pH = 8,9. Była to mieszanina, która podczas mieszania zachowywała dobrą płynność i miała krótki czas zestalania – 4 doby.

Mając na uwadze powyższe wyniki badań można przypuszczać, że w środowisku zasadowym, w obecności wapna pokarbidowego i produktów odsiarczania, rozpuszczalność jonów arsenu w wodach jest ograniczona, gdyż najprawdopodobniej jony te ulegają sorpcji na tych odpadach.

Podobnie zachowały się jony chromu sześciowartościowego. Najmniejsze zawartości chromu sześciowartościowego stwierdzono w odciekach wodnych otrzymanych z mieszanin błota pochromowego z wapnem pokarbidowym. Prawdopo-

dobnie w wyniku obecności zanieczyszczeń towarzyszących wapnu pokarbidowemu (węglík wapnia, siarczki amonu), chrom sześciowartościowy został zredukowany do chromu trójwartościowego, a następnie strącony jako wodorotlenek $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Z mieszaniny błota pochromowego z wapnem pokarbidowym w stosunku wagowym 1:3 uwalniała się najmniejsza ilość jonów Cr^{+6} (110 mg/dm^3). Mieszanina ta wykazywała również dobre właściwości wiążące. W powtórzonym wyciągu wodnym, uwolniło się do wody znacznie mniej jonów chromu sześciowartościowego – $3,76 \text{ mg/dm}^3$ (tabl. 4, kolumna 8) niż przed jej zestaleniem, w stosunku do ich ilości stwierdzonej w odcieku wodnym 9 w przeliczeniu do takiej samej masy błota pochromowego – $6,92 \text{ mg/dm}^3$ (tabl. 4, kolumna 9).

Mniejsze ilości chromu sześciowartościowego uwalniały się również z mieszaniny zawierającej błoto pochromowe, wapno pokarbidowe i produkty odsiarczania w proporcjach wagowych 1:4:2. Zwiększanie ilości produktów odsiarczania powodowało jednak utratę płynności próbek.

W wyciągu wodnym po 30 dniach od czasu zestalenia się próbek uwalniały się do wody jony Cr^{+6} w ilościach różnych w stosunku do próbek wyjściowych w przeliczeniu na taką samą masę odpadów. Do wód o pH na poziomie 12–13 uwalniały się większe ilości jonów, natomiast, gdy pH obniżało się do około ~10, jony chromu (VI) rozpuściły się w ilościach o połowę mniejszych.

PODSUMOWANIE

Badania wód z odpadów arsenowych i błota pochromowego, a także z ich mieszanin z odpadami poflotacyjnymi, produktami odsiarczania z kotła fluidalnego i wapnem pokarbidowym, w odpowiednio dobranych proporcjach wagowych, wykazały, że ilości uwalniających się do wody jonów arsenu i chromu (VI) można ograniczyć przez zestalenie odpadów przemysłu chemicznego z wapnem pokarbidowym i produktami odsiarczania z kotłów fluidalnych. Ilości tych jonów zależnie od składu mieszanin były różne. Najmniejsza ilość jonów arsenu przedstawiała się do wód z odpadów arsenowych zmieszanych z wapnem pokarbidowym w ilości trzykrotnie większej od masy odpadów arsenowych i produktami odsiarczania z kotła fluidalnego o takiej samej masie jak odpady zawierające arsen. W przypadku błota pochromowego najkorzystniejsze wyniki uzyskano z mieszaniny zawierającej w swym składzie czterokrotnie więcej wapna pokarbidowego niż masa błota.

Mimo trwałego zestalenia się mieszanin odpadów uwalniały się z nich do wody jony arsenu i chromu sześciowartościowego. W niektórych przypadkach były to ilości wielokrotnie mniejsze, a w niektórych porównywalne z tymi, które otrzymano przed zestaleniem się mieszanin. Jednak występują i dlatego też odpady przemysłu chemicznego nie mogą być składowane na powierzchni, powinny być przechowywane w mogilnikach.

Literatura

1. Grabas K., Steininger M. (2005): *Usuwanie metali ciężkich ze ścieków przemysłowych z wykorzystaniem modyfikowanych adsorbentów mineralno-węglowych „Hydrosorb”*. Przemysł Chemiczny nr 84/3.

2. Helios-Rybicka E., Koziół J. (1991): *Rola mineralów ilastych w wiązaniu metali ciężkich w środowisku wodnym*. Zeszyty Naukowe AGH, Sozologia i Sozotechnika z. 31.
3. Jaroń-Kocot M. (2002): *Charakterystyka i minimalizacja skażeń powietrza i wody w procesie podziemnego lokowania drobnoziarnistych odpadów powęglowych i energetycznych*. Praca doktorska. Katowice, GIG.
4. Jaroń-Kocot M., Sablik J. (2003): *Minimalizacja skażeń wód dołowych związkami chromu w procesie podziemnego lokowania popiołów lotnych*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie nr 10.
5. Pajdowski L. (1981): *Chemia ogólna*. Warszawa, PWN.
6. Trzebiatowski W. (1953): *Chemia nieorganiczna*. Warszawa, PWN.

Recenzent: dr inż. Irena Pluta

*Irena Pluta, Piotr Hulisz**

OCENA JAKOŚCI I ZMIENNOŚCI ZASOLENIA GLEB W OTOCZENIU ZBIORNIKA WÓD KOPALNIA NYCH „BOJSZOWY”

Streszczenie

Do zbiornika wód kopalnianych „Bojszowy” odprowadzano solanki z kopalń „Piaś” i „Czeczott”. Pomimo jego wyłączenia z eksploatacji w dalszym ciągu obserwuje się zasolenie gleb w jego otoczeniu. Zasięg oddziaływania zbiornika ogranicza się przede wszystkim do terenów przyległych po stronie południowej. W glebach stwierdzono wyższe zawartości niektórych składników śladowych: As, Ba, Co, Cr, Pb od dopuszczalnych, określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku. Badania wykazały, że źródłem szkodliwych metali w glebach nie mogły być solanki kopalniane.

Assessment of quality and variations in salinity of soils in the neighbourhood of mine water reservoir “Bojszowy”

Abstract

The brine from “Piaś” and “Czeczott” mines had been drained to the mine water reservoir “Bojszowy”. Despite of its exclusion from exploitation, the soil salinity is still observing in its surroundings. The range of impact of this reservoir is limited mostly to the nearby grounds on its south side. In the soils greater levels of some traceable components than permissible, defined in Ministry of the Environment Decree of 9th September 2002, were detected: As, Ba, Co, Cr, Pb. Test showed that the source of the harmful metals in soils could not be mine brine.

WPROWADZENIE

Do kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego dopływają wody o zróżnicowanym składzie chemicznym, od wód słodkich po solanki. Te ostatnie, od momentu ich stwierdzenia w wyrobiskach górniczych stanowią dodatkowy, uciążliwy produkt powstający podczas wydobywania węgla. Chociaż opracowano wiele metod ograniczania zasolenia wód kopalnianych, do dnia dzisiejszego nie udało się w pełni rozwiązać problemu. Przeważająca ilość solanek kopalnianych jest odprowadzana do wód powierzchniowych Górnego Śląska. Generalnie, przed ich dopływem do rzek, są gromadzone w zbiornikach (osadnikach) powierzchniowych. Taka sytuacja miała miejsce w przypadku solanek pochodzących z kopalń „Piaś” i „Czeczott”, które przed ich wprowadzaniem do rzeki Gostynia, a następnie Wisły, były gromadzone w powstałym w 1980 roku zbiorniku wód kopalnianych „Bojszowy”. Od początku jego użytkowania pojawiały się problemy związane z nieodpowiednią szczelnością obwałowań, które spowodowały duże zasolenie wód oraz gleb w otoczeniu osadnika (Olszta 1998). W związku z tym został on wyłączony z eksploatacji. Po zaprzestaniu

* Zakład Gleboznawstwa, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń.

odprowadzania solanek do zbiornika „Bojszowy” w 2002 roku przeprowadzono badania stanu zasolenia wód gruntowych i gleb na terenach przyległych (Hulisz, Pluta 2004).

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki kolejnych badań zmienności zasolenia gleb, wykonanych w 2005 roku oraz określono ich jakość na podstawie analiz zawartości składników śladowych. Stanowią one kolejne uszczegółowienie oceny wpływu odprowadzania zasolonych wód kopalnianych na środowisko naturalne Górnego Śląska.

1. MIEJSCE BADAŃ

Zbiornik wód kopalnianych „Bojszowy” jest położony między miejscowościami Bojszowy i Jedlina, w dolinie Gostyni. Zajmuje powierzchnię 16 ha. Sąsiaduje on z terenami zdewastowanych i odwodnionych stawów rybnych oraz z rzeką Gostynią (fot. 1). Teren przy zbiorniku jest płaski, podmokły, pokryty roślinnością szuwarową z pojedynczymi krzewami i drzewami, obecnie stanowiący nieużytek. Na obszarze dawnych stawów rybnych aluwia rzeczne zostały przykryte osadami organicznymi i mineralno-organicznymi. Występują tam gleby torfowe, torfowo-mułowe, mułowe oraz mady.



Fot. 1. Zbiornik „Bojszowy” od strony południowej

Fot. 1. “Bojszowy” reservoir from the south side

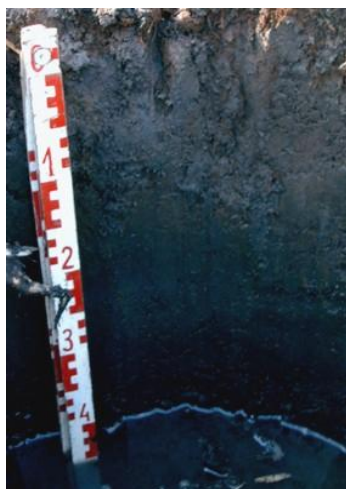
2. METODYKA BADAŃ

W listopadzie 2002 roku wykonano dwie odkrywki glebowe. Reprezentowały one główne typy gleb występujące na badanym obszarze: glebę mułową (fot. 2) oraz madę rzeczna (fot. 3). Cechą charakterystyczną pierwszej z nich było znaczne wzbogacenie

części mineralnej w najdrobniejsze frakcje (iły). Druga z gleb była wytworzona z piasków luźnych.

Próbki glebowe pobrano z poziomów genetycznych. Przeprowadzono badania składu chemicznego, składników podstawowych: Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, S, P i Cl oraz zawartości składników śladowych (mikroskładników): As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, Zn. Oznaczenia wykonano metodą spektrometrii rentgenowskiej z dyspersją długości fali (XRF). Źródłem wzbudzenia była anoda Cr-Au o mocy 3 kV.

W sierpniu 2005 roku wykonano pomiary terenowe przewodności elektrycznej gleb w warstwie 0–25 cm metodą amperometryczną. Stanowiły one podstawę do opracowania mapy zasolenia gleb w rejonie oddziaływania zbiornika.



Fot. 2. Profil 1
Fot. 2. Profile 1



Fot. 3. Profil 2
Fot. 3. Profile 2

3. JAKOŚĆ GLEB NA TERENACH PRZYLEGLÝCH DO ZBIORNIKA „BOJSZOWY”

Podstawowy skład chemiczny badanych gleb (zawartość Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, S, P, Cl w przeliczeniu na tlenki) przedstawiono w tabelicy 1, natomiast zawartość składników śladowych w tabelicy 2. Stężenie chlorków w profilu 1, w zakresie od 0,51 do 0,83%, wskazywało, że są to gleby zasolone. W profilu 2 było ono natomiast bardzo niskie (od 0,01 do 0,02%).

W glebach stwierdzono wyższe zawartości niektórych składników śladowych: As, Ba, Co, Cr, Pb od dopuszczalnych, określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, poz. 1359) (tabl. 2). Generalnie szkodliwe metale występowały w obydwu glebach, ale ich maksymalne stężenia odnotowano głównie w glebie niezasolonej (profil 2). Fakt ten wyklucza możliwość pochodzenia składni-

ków śladowych z wód kopalnianych. Tak więc solanki, które były źródłem zasolenia gleb, nie spowodowały ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi.

Tablica 1. Podstawowy skład chemiczny gleb w otoczeniu zbiornika „Bojszowy”

Składnik (tlenek)	Profil 1		Profil 2		
	próbka 0–15 cm	próbka 15–45 cm	próbka 0–5 cm	próbka 5–15 cm	próbka 15–35 cm
	% wag.				
SiO ₂	44,76	54,48	31,93	70,52	72,79
Al ₂ O ₃	10,47	16,24	6,82	10,25	7,89
Fe ₂ O ₃	12,98	9,26	25,98	5,28	4,70
CaO	0,76	0,37	0,55	0,29	0,31
MgO	0,61	1,02	0,39	0,67	0,50
Na ₂ O	0,66	0,91	0,18	0,37	0,36
K ₂ O	1,08	1,34	0,84	1,22	1,22
SO ₃	1,46	0,32	1,17	0,16	0,15
P ₂ O ₅	0,51	0,83	0,88	0,27	0,32
Cl	0,64	0,74	0,02	0,02	0,01

Tablica 2. Zawartość składników śladowych w glebach w otoczeniu zbiornika „Bojszowy” oraz ich wartości dopuszczalne, określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Dz. U. Nr 165, poz.1359)

Składnik śladowy	Profil 1		Profil 2			Wartości dopuszczalne
	próbka 0–15 cm	próbka 15–45 cm	próbka 0–5 cm	próbka 5–15 cm	próbka 15–35 cm	
	% wag.					
As	38	20	43	46	47	20
Ba	435	416	303	410	440	200
Cd	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	4
Co	16	11	56	70	76	20
Cr	88	65	173	174	196	150
Cu	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	150
Ni	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	100
Pb	98	63	142	175	150	100
Sr	142	171	106	141	136	–
Zn	199	202	248	281	190	300

W wodach dopływających do kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego występują szkodliwe składniki śladowe takie, jak: chrom, nikiel, kadm, ołów i miedź, ale ich zawartości nie są znaczące – nie przekraczają maksymalnych dopuszczalnych określonych dla wód kopalnianych, traktowanych jako ścieki odprowadzane z kopalń do wód powierzchniowych lub do ziemi (Pluta 2005). Składniki te występują natomiast w znaczących ilościach w powietrzu. Badania składu opadów w rejonie Bojszowów (2000 r.) wykazały wysokie nagromadzenie Cu, Pb i Zn (tabl. 3). Mając na uwadze wielokrotnie niższe zawartości Cd, Co i Cr w opadach, a jednocześnie zbliżone zawartości Cr i Pb w glebach, należy uznać, że mało prawdopodobne jest ich wspólne źródło. Można więc przypuszczać, że zawartość pierwiastków śladowych w glebach jest najprawdopodobniej charakterystyczna dla gleb występujących w tym rejonie Górnego Śląska. Nie można jednak wykluczyć pochodzenia niektórych

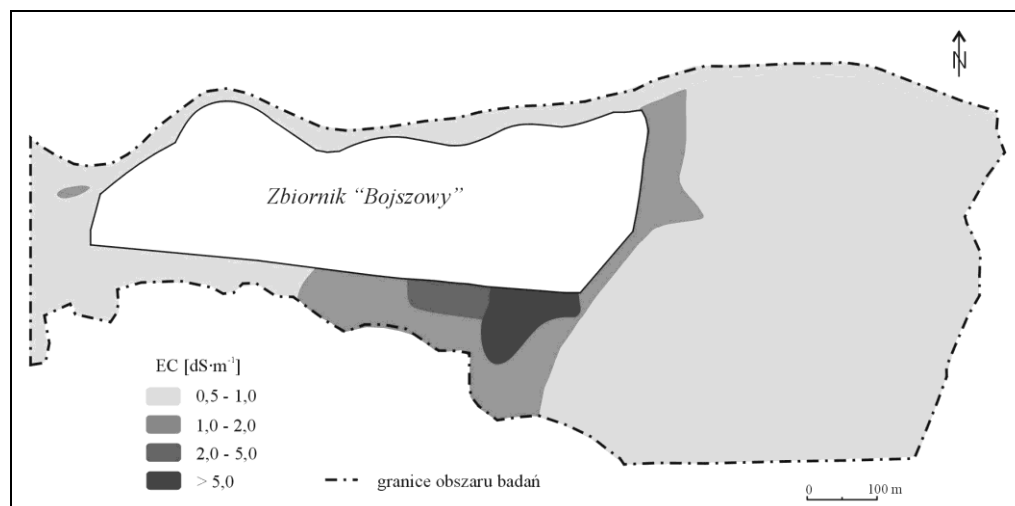
składników, na przykład baru, z emisji zanieczyszczeń występujących w powietrzu, gdyż jego zawartość w popiołach z węgla kamiennego może sięgać nawet do 3% (Polański 1988).

Tablica 3. Zawartość pierwiastków śladowych w opadzie na terenie gminy Bojszowy w 2000 roku (Program Ochrony Środowiska dla gminy Bojszowy, 2003)

Składnik	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Zawartość, mg·m ⁻² ·rok	0,47	0,42	0,9	6	13	2,6	15	84

5. ZMIENNOŚĆ ZASOLENIA GLEB W OTOCZENIU ZBIORNIKA

Na obszarze o powierzchni około 4,6 ha wykonano pomiary przewodności elektrycznej gleb (EC). Wyróżniono cztery strefy o różnym stopniu zasolenia (rys. 1). Stwierdzono, że stopień zasolenia gleb obniżał się w miarę oddalania się od zbiornika. Gleby o największym zasoleniu, o wartościach EC od 2,0 do 10,6 dS·m⁻¹, występowały na południu. Fakt ten został odnotowany także we wcześniejszych badaniach przeprowadzonych w 1998 (Olszta 1998) oraz w 2002 roku (Hulisz, Pluta 2004). Świadczy to o stosunkowo trwałym stanie zasolenia gleb. Takiej sytuacji sprzyja najprawdopodobniej znaczne zasolenie osadów nieszczelnego dna zbiornika. Ich przewodność elektryczna w warstwie 0–25 cm wynosiła od 3,25 do 11,3 dS·m⁻¹. Prawdopodobnie sól z osadów zbiornika przedostaje się do wód glebowych, szczególnie po intensywnych opadach deszczu lub w czasie wiosennych roztopów. Zasolenie gleb po stronie północnej i zachodniej można uznać za minimalne.



Rys. 1. Mapa przewodności elektrycznej gleb w warstwie 0–25 cm

Fig. 1. Map of electrical conductivity of soils in 0–25 cm layer

PODSUMOWANIE

W badanych glebach stwierdzono wyższe zawartości niektórych składników śladowych, jak: As, Ba, Co, Cr, Pb od obowiązujących, podanych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, poz. 1359). Zwiększone ilości tych szkodliwych metali są nagromadzone we wszystkich glebach. Fakt ten wyklucza możliwość ich pochodzenia z solanek kopalnianych. Najprawdopodobniej zawartość składników śladowych jest charakterystyczna dla gleb występujących w rejonie osadnika. Nie można wykluczyć pochodzenia niektórych z nich, zwłaszcza baru, z emisji zanieczyszczeń występujących w powietrzu.

Badania zmienności zasolenia gleb otaczających wyłączony z eksploatacji zbiornik „Bojszowy”, wykonane w 2005 roku umożliwiły wyróżnienie czterech stref o różnym stopniu zasolenia. Stwierdzono, że stopień zasolenia obniża się w miarę oddalania się od zbiornika. Największe zasolenie gleb utrzymuje się na niewielkim obszarze, w strefie na południe od zbiornika.

Literatura

1. Hulisz P., Pluta I. (2004): *Zasolenie wód gruntowych i gleby w strefie oddziaływania zbiornika wód kopalnianych „Bojszowy”*. Wiadomości Górnicze nr 2, s. 74–76.
2. Olszta W. (1998): *Ocena możliwości zagospodarowania obszaru osadnika wód dołowych „Bojszowy”*. Lublin (manuskrypt).
3. Pluta I. (2005): *Wody kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – geneza, zanieczyszczenia i metody oczyszczania*. Prace Naukowe GIG nr 865.
4. Polański A. (1988): *Podstawy geochemii*. Warszawa, Wydaw. Geologiczne.
5. Program Ochrony Środowiska dla Gminy Bojszowy (2003): Bielsko-Biała, Beskidzki Fundusz Ekorozwoju S.A. (manuskrypt).
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, poz. 1359).

Recenzent: doc. dr hab. inż. Krzysztof Stańczyk

Leszek Trząski, Marcin Caruk, Paweł Olszewski, Dariusz Zdebik

PROPOZYCJA FORMULARZA WIZUALNEJ OCENY ZASOBÓW PRZYRODNICZO-KULTUROWYCH NA TERENACH POGÓRNICZYCH I POPRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono propozycję ujednoliconego formularza wizualnej oceny wartości przyrodniczo-kulturowych na terenach pogórnich i przemysłowych. Przedstawiono także wnioski z analizy piśmiennictwa z której wynika, że prawie każdy rodzaj obiektu pogórnego lub przemysłowego, spośród występujących na Górnym Śląsku, może stanowić wartości godne zaadaptowania w nowym zagospodarowaniu. Proponowany formularz powstał w odpowiedzi na oczywisty rozdzźwięk między znacznymi możliwościami i potrzebami adaptacji takich wartości, a także brakiem formuły oceny i opisu takich obiektów. Proponowany formularz może być istotny we wspomaganie decyzji o zagospodarowaniu takich terenów, na przykład przez odnotowanie występowania trwałych zbiorowisk roślinnych, stanowisk chronionych gatunków roślin i zwierząt, walorów krajobrazowych, obiektów stanowiących dziedzictwo kultury materialnej itd. Także wyniki opracowań specjalistycznych, na przykład florystycznych lub faunistycznych na terenach pogórnich i przemysłowych mogą łatwiej zostać przełożone na praktykę, jeśli zostaną poprzedzone wypełnieniem formularza.

Proposition of the form for visual assessment of natural-cultural resources on the postmining and postindustrial grounds

Abstract

In the paper a proposition of standardised form for visual assessment of natural-cultural resources value on the postmining and postindustrial grounds was presented. The conclusions were also presented from the analysis of literary output, from which results that almost every type of postmining or postindustrial objects of these occurring in Upper Silesia may comprise values worthy of adapting to new management. The proposed form arose in response to clear dissonance between significant possibilities and demands for adaptation of such values, and also a lack of estimation and description formula for such objects. The proposed form may be significant as decision taking assistance tool for management of such terrains, for example through noting down an occurring of permanent plant populations, stands of protected plants and animals, landscape values, objects constituting material culture heritage etc. Also the results of specialised developments, for example floristic or faunistic on the postmining and postindustrial grounds, may be easier transformed to practice if they are proceeded with filling the form.

WPROWADZENIE

Zagospodarowywanie nieużytków przemysłowych, zwłaszcza pogórnich, zwłaszcza pogórnich to niezwykle aktualny problem w restrukturyzowanym regionie przemysłowym, jakim jest Górny Śląsk. Niezależnie od celu zagospodarowania danego obiektu zawsze można wskazać przynajmniej dwa aspekty działań:

- eliminację zagrożeń środowiskowych,
- przywracanie walorów użytkowych i estetycznych przestrzeni.

Nieużytki pogórnice i przemysłowe są bardzo zróżnicowane pod względem formy ukształtowania (np. zwały, wyrobiska), składu chemicznego gruntu, warunków gruntowo-wodnych oraz interakcji z otoczeniem. To powoduje, że rekultywacja wielu z nich jest bardzo trudna i kosztowna, a prawdopodobieństwo nieosiągnięcia zamierzonego efektu – duże.

Wiele antropogenicznych form ukształtowania terenu, a także wiele rodzajów urządzeń technicznych ma oczywiste walory jako dziedzictwo kulturowe narażone na zaprzepaszczenie. Procesy spontanicznej sukcesji przyrodniczej sprawiają, że z upływem lat tworzą się na takich obiektach trwałe zbiorowiska organizmów dostosowane do miejscowych warunków, nierzadko mające dużą wartość estetyczną, krajobrazową lub naukową, a przy tym nadające się do zaadaptowania w nowym zagospodarowaniu. W takich przypadkach wydatki na prace rekultywacyjne powinny być ograniczane, a nierzadko okazują się zbędne.

Walory przyrodniczo-kulturowe (bo należy je zawsze oceniać łącznie), mogące występować na terenach pogórnich i przemysłowych, nie doczekały się metod oceny i procedur należytego dokumentowania. Jeśli dany obiekt zostaje doceniony i objęty ochroną, to z inicjatywy środowisk niezwiązanych z samorządami ani z przemysłem. Bardzo często wartości te są jednak zaprzepaszczone i paradoksalnie, dzieje się tak nieraz w wyniku prac rekultywacyjnych.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono próbę uporządkowania, mniej lub bardziej oczywistych, kryteriów oceny różnego rodzaju terenów pogórnich i przemysłowych pod kątem ewentualnej adaptacji walorów przyrodniczo-kulturowych. Zawiera ono propozycję protokołu „szybką” analizy wizualnej nadającego się do zastosowania dla terenów pogórnich i przemysłowych, jakie spotyka się na Górnym Śląsku.

1. WNIOSKI PRAKTYCZNE Z ANALIZY PUBLIKACJI POŚWIĘCONYCH WARTOŚCIOM PRZYRODNICZYM NA TERENACH POGÓRNICZYCH I PRZEMYSŁOWYCH

W potocznym przekonaniu tereny pogórnice i przemysłowe to synonim terenów zdegradowanych, jednak rzeczywistość jest znacznie bardziej złożona. Z obszernego piśmiennictwa przyrodniczego [1–32], jak i poświęconego zasadom rekultywacji [33–35] wynika, że każda decyzja o ponownym zagospodarowaniu takich terenów może być obciążona ryzykiem zaprzepaszczenia wartości przyrodniczo-kulturowych, jakie kształtowały się często niezależnie od intencji wcześniejszego użytkownika terenu. Kształtujące się spontanicznie zbiorowiska organizmów bywają zaskakująco dobrze zaadaptowane do specyficznych warunków i mają większe cechy trwałości od świadomie wprowadzanych przez prace rekultywacyjne [36–39]. Coraz częściej zwraca się uwagę na fakt, że poszczególne rodzaje obiektów pogórnich lub przemysłowych nadają się do ponownego zagospodarowania z zaadaptowaniem istniejących wartości oraz na potrzebę ujmowania tych zasobów w kategoriach planowania rozwoju społecznego i zagospodarowania przestrzennego [40–45].

W żadnej z przytoczonych prac nie podjęto problemu braku procedur pozwalających na szybką, wstępną ocenę terenów pogórnich/poprzemysłowych pod kątem walorów zasługujących na zaadaptowanie. Skutkuje to sytuacją, w której o podjęciu właściwej decyzji może przesądzić dopiero fakt, że dany obiekt był już przedmiotem specjalistycznych badań. Z uwagi na to, że poza wąską grupą specjalistów mało kto zdaje sobie sprawę, jakiego rodzaju wartości mogą istnieć na poprzemysłowych i pogórnich terenach zdegradowanych, poniżej przytoczono wnioski praktyczne, jakie można było wyciągnąć po przestudiowaniu pozycji literaturowych [1–32, 40–45]. Wnioski te należy mieć na uwadze, przystępując do obserwacji terenowych zgodnych z zaproponowanym formularzem.

1. Większość rodzajów nieużytków pogórnich/poprzemysłowych może być miejscem występowania cennych dóbr przyrodniczo-kulturowych, na przykład:

Wyroby piasku

- wyrobisko piasku podsadzkowego „Szczakowa” – zbiorowisko roślin wodnych, bagiennych i lądowych,
- kanał Prochownia i otoczenie – stanowiska roślin bardzo rzadkich w Polsce, między innymi storczyków i kosaćca syberyjskiego, rzadkie gatunki ptaków wodnych i płazów,
- Piaskownia w Łaziskach – zbocze doliny potoku Brada: profil geologiczny trzecio- i czwartorzędu (ścieżka dydaktyczna).

Kamieniołomy

Bytom – kamieniołom dolomitowy „Blachówka” – stanowisko dokumentacyjne i użytek ekologiczny; ochrona profilu geologicznego, a także ochrona nietoperzy, ptaków, zbiorowisk roślinnych i stanowisk roślin chronionych (np. dziewięsiś bezłodygowy).

Wydobycie odkrywkowe kruszców

Zawiercie – zabagniony obszar po dawnej eksploatacji rudy żelaza oraz warpie – obecnie jest to projektowany rezerwat przyrody „Poręba Stawki”. Przedmiot ochrony: zbiorowiska roślinne, stanowiska bardzo rzadkich gatunków mchów stanowiących w Polsce relikty polodowcowe.

Hałdy pocynkowe

- „Bolesław” – nieleśne zbiorowiska roślinności galmanowej na starych hałdach pocynkowych; ochrona użytków ekologicznych *Armeria maritima*, i „Pleszczotka górską”, ochrona gatunkowa roślin.
- Tarnowskie Góry – hałda przy dawnej kopalni „Fryderyk” – zbiorowiska roślinności wapieniolubnej, murawy, roślinność łąkowa, zarośla drzew i krzewów.

Kompleks: stare nasypy, hałdy, stawy

Bytom – „Żabie Doły”. Stare nasypy kolejowe, stawy utworzone na potrzeby górnictwa rud cynku i ołowiu, hałdy kamienia dołowego. Zbiorowiska roślin wodnych, bardzo rzadkie w Polsce gatunki ptaków wodnych i błotnych, ale także zbiorowiska lądowe (roślinność łąkowa) i rzadkie gatunki ptaków lądowych. Walory widokowe nasypów, ślady działalności przemysłowej o walorach kulturowych.

Zbiorniki zapadliskowe:

- Jaworzno – Dobra-Wilkoszyn – ochrona jako zespół przyrodniczo-krajobrazowy: chronione i rzadkie gatunki płazów, gadów, ptaków wodnych, ryb (słonecznica), bogata roślinność wodna i mokradłowa,
- Tychy-Czułów: rzadkie gatunki ślimaków wodnych, chronione rośliny wodne.

Zalewisko, nadbrzeżne skarpy z kamienia dolowego

Gierałtówice – zalewisko nad Kłodnicą, na przedłużeniu ulicy Brzozowej; roślinność wodna, liczne gatunki ptaków wodnych, w tym rzadkich, gatunki płazów i gadów; zagajniki spontanicznie ukształtowane na nadbrzeżnych skarpach z kamienia dolowego (dane niepublikowane).

Zwał nadpoziomowy kopalniany

Jaworzno – Dąbrowa Narodowa – „Szczotki” – las brzozowo-sosnowy, runo boru sosnowego, spontanicznie ukształtowane na hałdach.

Zwałowisko hutniczo-kopalniane

Świętochłowice-Chropaczów – roślinność łąkowa i mokradłowa, m.in. obfite stanowisko storczyków.

Hałdy pohutnicze

Jaworzno – Sodowa Góra – hałda huty szkła – złożone zbiorowiska roślinne z licznymi gatunkami storczyków.

2. Do kategorii obiektów mogących wnieść potencjalne wartości w kontekście adaptacji, nie należą – jako niosące zagrożenia dla środowiska:
 - zwały płonące,
 - zwały bierne termicznie,
 - zwałowiska żużli elektrownianych,
 - zwałowiska lotnych pyłów elektrownianych,
 - suche składowiska popiołów paleniskowych,
 - stare, scementowane zwały pohutnicze cynku i ołowiu.
3. Miejscami występowania potencjalnych wartości są, z definicji, następujące rodzaje nieczynnych obiektów:
 - kamieniołom, zwłaszcza wapienia lub dolomitu oraz warpie – zarówno ze zbiornikiem wodnym, jak i bez,
 - torfianka – zarówno wypełniona wodą, jak i wilgotna lub zarastająca lasem,
 - wyrobisko piaskowe średnio wilgotne lub mokre,
 - zalewisko/zapadlisko pogórnictwa stale wypełnione czystą wodą.
4. Na danym obiekcie/terenie może występować kilka rodzajów wartości przyrodniczych, nawet jeśli obiekt ten ma jednolitą genezę (np. jest tylko zwałem nadpoziomowym kamienia dolowego i nie towarzyszą mu zbiorniki zapadliskowe).

5. W zależności od rodzaju obiektu, można mu „z definicji” przypisać możliwość występowania pewnych wartości, jak i wstępnie wykluczyć możliwość występowania innych (zgodnie z poniższym zestawieniem).

Uproszczona macierz wartości przyrodniczych mogących występować na obiektach pogórnich/ przemysłowych (na podstawie analizy literatury)

Wyszczególnienie	Odkrywa geologiczna	Wodne zbiorowiska organizmów	Roślinność mokradłowa	Ukształtowane ładowe zbiorowiska roślin	Cenna pozostałość ekosystemu naturalnego lub półnaturalnego w sąsiedztwie lub na obiekcie	Gatunki zwierząt z załącznika dyrektywy siedliskowej/ dyrektywy ptasiej	Gatunki roślin chronione lub z załącznika dyrektywy siedliskowej	Zabytki kultury materialnej	Cenne pozostałości zieleni urządzonej	Punkt widokowy
Zwał pogórnicy nadpoziomowy	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+
Zwał pogórnicy płaski	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-
Nasyp lub obwałowanie z płoniej skały węglowej	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+
Halda pocynkowa	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+
Zwałowisko po hutnicze	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+
Załadowany osadnik wód dołowych lub popłuczkowych	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-
Wyrobitisko piasku podsadzowego	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
Kamieniołom wapienia lub dolomitu	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Wyrobitisko górnictwa kruszcowego	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Wyrobitisko poźwirowe	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-
Teren potorfowy	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
Zawodnione zalewiska lub zapadliska pogórnice	-	+	+	-	+	+	+	-	+	-
Teren po zabudowie, w tym przemysłowej	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+

2. PROPONOWANY FORMULARZ OCENY OBIEKTÓW

Formularz opracowano w taki sposób, aby:

- możliwe było wprowadzanie danych nawet przez osobę niedysponującą specjalistyczną wiedzą przyrodniczą czy kulturoznawczą,
- możliwe było wprowadzenie, jako kryterium oceny, danych o obiekcie pochodzących z wszelkiego rodzaju opracowań przyrodniczych, technicznych lub wynikających z decyzji urzędowych,
- łatwe było przenoszenie informacji do różnego rodzaju baz danych.

Formularz obejmuje różnego rodzaju informacje, które należy zgromadzić przystępując do oceny danego obiektu. Należą do nich informacje typowe dla map zasadniczych, jak również specjalistyczne, związane z szeroko rozumianą tematyką środowiskową, opracowania kartograficzne: mapa hydrograficzna, hydrogeologiczna, sozologiczna, geologiczno-gospodarcza, topograficzna, akustyczna, mapy górnicze, mapy planów zagospodarowania przestrzennego, zdjęcia lotnicze, zdjęcia satelitarne itd. Wszystkie te rodzaje dokumentów muszą zostać uwzględnione w procesie podejmowania decyzji o sposobie zagospodarowania terenu pogórnicego/poprzemysłowego, jednak nie wszystkie są konieczne na etapie wstępnej, wizualnej analizy obiektu.

Uwagi o korzystaniu z formularza

1. Zakłada się, że dany obiekt jest już (lub może zostać) wystarczająco udokumentowany technicznie, rozpoznany przez badania terenowe, laboratoryjne, obserwacje przyrodnicze, kulturoznawcze itd. oraz że obowiązujący plan zagospodarowania przestrzennego nie wyklucza zaadaptowania tego obiektu.
2. Formularz należy wypełniać tylko dla tych kategorii obiektów, dla których obecny stan wiedzy dopuszcza możliwość istnienia trwałych walorów przyrodniczych z równoczesnym niewystępowaniem istotnego ryzyka środowiskowego.
3. Niniejszy artykuł nie jest praktycznym poradnikiem inwentaryzacji terenów pogórnich i przemysłowych. Takie prace zawsze wymagać będą udziału specjalistów z różnych branż, od botaniki przez architekturę krajobrazu, kulturoznawstwo po konserwację zabytków.
4. Zadaniem osoby wypełniającej formularz nie jest zastępowanie specjalistów z dyscyplin szczegółowych, lecz przede wszystkim zebranie istniejących informacji. Dzięki wypełnieniu formularza powinien być natomiast znany zakres ewentualnych badań specjalistycznych niezbędnych dla podjęcia optymalnej decyzji o zagospodarowaniu obiektu.
5. Uwzględniane są istniejące zasoby bez względu na to, czy teren był już kiedyś obiektem prac rekultywacyjnych, czy nie (choć fakt ten jest odnotowywany w formularzu).
6. Formularz nie musi zostać całkowicie wypełniony. W zdecydowanej większości przypadków nie będzie to nawet możliwe. Nie należy do tego nawet dążyć. Wystarczy, że wskazana zostanie nazwa, lokalizacja, natura obiektu oraz przynajmniej jedna wartość przyrodnicza lub kulturowa.
7. Proponowany formularz ma być jedynie narzędziem pomocniczym w złożonym procesie podejmowania decyzji o zagospodarowaniu terenów pogórnich i przemysłowych. Ze stwierdzenia występowania nawet istotnych walorów nie wynika próba przesądzenia o najlepszym sposobie docelowego zagospodarowania obiektu.
8. Ostatecznym, pożądanym wynikiem biologicznego zagospodarowania obiektu lądowego nie zawsze jest zadrzewienie typu leśnego bądź parkowego. W wielu przypadkach najbardziej akceptowalne, w kontekście całokształtu zagospodarowania, może być powstanie zbiorowisk roślinnych o charakterze murawowym, łąkowym lub mokradłowym, a w niektórych przypadkach – nawet powstrzymanie sukcesji przyrodniczej na fragmencie danego obiektu.

Formularz oceny obiektu

Nazwa obiektu	
Nazwa właściciela/podmiotu władającego	
Nazwisko oceniającego	
Data wizji terenowej	
Położenie administracyjne	
Opis lokalizacji + orientacyjna mapka	

1. Kategoria obiektu^{1,2} (jeśli tak, należy zaznaczyć pole)

zwał kopalniany nadpoziomowy	
zwał kopalniany płaski lub pośredni	
nasyp lub obwałowanie z kamienia kopalnianego	
hałda kopalniana rud cynku	
zwał poflotacyjny cynku i ołowiu	
zwałowisko pohnutnicze żelaza	
inne zwały przemysłowe (po produkcji szkła sodowego, poflotacyjne cynku i ołowiu, niektórych żużli kwaśnych, mokre zwały popiołów elektrownianych)	
załadowany osadnik wód dołowych	
wyrobisko piasku podsadzowego	
kamieniołomy wapienia lub dolomitu oraz warpie	
wyrobisko górnictwa kruszcowego	
wyrobisko poźwirowe	
torfianka	
zawodnione zalewisko lub zapadlisko pogórnice	
teren zabudowy przemysłowej	

2. Podstawowe dane, w tym morfologia i historia:**A. kształt³** (jeśli tak, należy zaznaczyć pole)

kopulasty	
stożkowy	
grzbietowy	
płaski	
liniowy – nasyp lub wał	
wypełnienie obniżenia terenu	
odsłonięte naturalne zbocze	
zagłębienie terenu stale wypełnione wodą (w całości lub fragmenty)	
zagłębienie terenu wilgotne (np. z mokradłami, źródłiskiem)	
zagłębienie terenu suche	

B. rodzaje powierzchni (należy wpisać udział %)

ogólny udział powierzchni lądowej %	
ogólny udział powierzchni wodnej %	
ogólny udział powierzchni mokradłowej % ⁴	

C. dane szczegółowe

Powierzchnia obiektu (ha)	
Wysokość formy wypukłej (liczba, m)	
Głębokość formy wklęsłej (liczba, m)	
Czy obiekt był poddany rekultywacji technicznej (podstawowej) – jeśli tak, opis	
Czy obiekt był poddany próbom rekultywacji biologicznej – jeśli tak, opis	
Czy obiekt był poddany próbom zagospodarowania – jeśli tak, opis	
Kiedy obiekt powstał/powstawał (rok, lata)	
Kiedy obiekt został wyłączony z użytkowania (rok)	

¹ Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy, wartości przyrodniczo-kulturowe godne zaadaptowania mogą istnieć na obiektach należących do wymienionych kategorii (tylko spośród występujących na Górnym Śląsku).

² Teren może mieć genezę mieszaną (np. zapadlisko obwałowane kamieniem, zwał płaski lub pośredni zajmujący część powierzchniowego wyrobiska itd.), zatem możliwa jest przynależność do kilku kategorii równocześnie.

³ Uwaga: z uwagi na możliwą mieszaną genezę obiektu może wystąpić jeden lub więcej atrybutów kształtu.

⁴ Powierzchnia lądowa + powierzchnia mokradłowa + powierzchnia wodna = 100%.

3. Źródła danych o obiekcie i jego sąsiedztwie (nazwy dokumentacji zgodne z formułą notki bibliograficznej):

źródła danych urzędowych (jeśli tak – lista źródeł)	
źródła danych o właściwościach fizycznych i chemicznych obiektu (jeśli tak – lista źródeł)	
źródła informacji przyrodniczej o obiekcie lub jego otoczeniu (jeśli tak – lista źródeł)	

4. Dopuszczalne formy zagospodarowania przestrzennego obiektu w świetle zapisów planów zagospodarowania przestrzennego (wymienione przeznaczenie i formy zagospodarowania)

--

5. Określenie potrzeby prac adaptacyjnych ze względu na wymogi bezpieczeństwa publicznego i środowiskowego, bez względu na rodzaj przyszłego zagospodarowania⁵: (jeśli tak, należy zaznaczyć pole)

zabezpieczenie przed osunięciami	
zabezpieczenie przed erozją wodną	
zabezpieczenie przed pyleniem	
zabezpieczenie przed odciekami do wód podziemnych	
zabezpieczenie przed odciekami do wód powierzchniowych	
usunięcie dzikiego składowiska odpadów	
uregulowanie stosunków wodnych	
inne prace adaptacyjne (rodzaje niezbędnych prac)	

6. Opis wartości kulturowych⁶ (jeśli tak, należy zaznaczyć pole)

zachowane obiekty kubaturowe o walorach zabytkowych	
morfologia obiektu lub ekspozycja o walorach widokowych	
wieża	
schody	
urządzenie hydrotechniczne (np. grobla)	
droga	
zabytkowe założenie przestrzenne terenu przemysłowego	
zabytkowa aleja drzew	
pozostałość kolejki przemysłowej (np. nasyp)	
kamień górniczy	
biedaszyb	
sztolnia	
inne (określić, jakie)	

7. Opis wartości przyrodniczych – przyroda ożywiona⁷

A. 0 – nie, 1 – do 5% powierzchni obiektu, 2 – do 20% powierzchni obiektu, 3 – do 40% powierzchni obiektu, 4 – do 60% powierzchni obiektu, 5 – powyżej 60% powierzchni obiektu)

rodzaj roślinności (należy zaznaczyć odpowiednie pole)	0	1	2	3	4	5
udział terenu łądowego o wielopiętrowym układzie roślinności – obecne: drzewa, krzewy i runo ⁸						
udział zadarnionej powierzchni łądowej, poza pełnym układem wielopiętrowym ⁹						

⁵ Na podstawie dostępnej dokumentacji.

⁶ W przypadku występowania obiektów o domniemanej wartości zaleca się weryfikację przez specjalistów.

⁷ Uwaga jak w poprzednim przypisie.

⁸ Należy uznać, że w świetle dotychczasowej wiedzy wielopiętrowa struktura roślinności ukształtowana spontanicznie na terenie pogórnym/poprzemysłowym nie ma już cech zbiorowiska inicjalnego, lecz daje gwarancję utrzymania się stabilnej okrywy roślinnej stopniowo przekształcającej się w zbiorowisko leśne.

⁹ Zadrzewienie obiektu łądowego nie musi być ostatecznym celem prac reukultywacyjnych lub uzupełniających adaptację obiektu; w wielu przypadkach, np. na zwałach pohutniczych, zadarnienie może mieć cechy trwałej okrywy roślinnej, niezmieniającej się zasadniczo przez wiele dziesięcioleci.

udział muraw w powierzchni lądowej ¹⁰						
udział zadrzewienia w powierzchni lądowej, poza pełnym układem wielopiętrowym ¹¹						
udział zakrzewienia powierzchni lądowej, poza pełnym układem wielopiętrowym ¹²						
pokrycie powierzchni mokradłowej (zabagnionej) roślinnością						

B. występowanie zbiorowisk roślin wodnych (należy zaznaczyć pole)

tak	nie
-----	-----

C. występowanie roślinności nadwodnej (należy zaznaczyć pole)

nie występuje	niewielkie	średnie	obfite
---------------	------------	---------	--------

D. Flora i fauna (jeśli tak, należy podać nazwy gatunkowe)

występowanie ryb	
występowanie wodnych mięczaków	
występowanie wodnych owadów lub ich larw	
gniazdowanie ptaków chronionych	
zimowanie lub gniazdowanie nietoperzy	
występowanie gadów	
występowanie płazów	
występowanie ssaków chronionych	
występowanie ryb chronionych	
występowanie ptaków chronionych, poza gniazdującymi	
występowanie chronionych lub rzadkich gatunków bezkręgowców	
występowanie gatunków roślin chronionych	

E. Łączny udział powierzchni, na której występują rośliny chronione (należy zaznaczyć pole)

żaden	
pojedyncze egzemplarze	
rozproszone, ale liczne	
zwarty teren, na którym występują rośliny chronione zajmuje ponad 1% powierzchni obiektu	

F. Występowanie gatunków grzybów i porostów chronionych (należy zaznaczyć pole; jeśli tak, należy podać nazwy gatunkowe)

nie	tak	
-----	-----	--

G. Występowanie pozostałości zieleni urządzonej lub ekosystemów naturalnych/pólnaturalnych (jeśli tak, należy opisać)

pozostałości zieleni urządzonej (drzewa, krzewy) w granicach obiektu (forma, nazwy gatunkowe, powierzchnia lub liczba)	
pozostałości zieleni urządzonej (park, ogródki działkowe, aleja, szpaler) w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu (forma, nazwy gatunkowe, powierzchnia lub liczba)	

¹⁰ Murawy mogą być pożądanym docelowym obrazem roślinności, np. na niektórych warpiach oraz na zwałach górnictwa rudnego cynku i ołowiu.

¹¹ Występowanie drzew bez ukształtowanej piętrowej struktury roślinności (brak runa) prawie zawsze świadczy o inicjalnym stadium sukcesji roślinności. Ocena przydatności takiego zadrzewienia do adaptacji musi być przeprowadzona przez specjalistę-dendrologa (potrafiącego m.in. ocenić stan zdrowotny drzew).

¹² Uwaga jak w poprzednim przypisie.

pozostałości ekosystemów naturalnych lub półnaturalnych w granicach obiektu (np. łąka, starorzecze, las o charakterze zgodnym z siedliskiem, murawa, czyżnia, naturalne koryto rzeczne),	
pozostałości ekosystemów naturalnych lub półnaturalnych w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu (np. łąka, starorzecze, las o charakterze zgodnym z siedliskiem, murawa, czyżnia, naturalne koryto rzeczne, staw)	

8. Wartościowe obiekty przyrody nieożywionej (jeśli tak, należy zaznaczyć pole)

forma skalna	
źródło lub wysięk (wody słodkiej lub zmineralizowanej)	
odkrywa geologiczna (profil)	

9. Opis aktualnych wpływów zewnętrznych**A.** (jeśli tak, należy zaznaczyć pole)

czy obiekt jest zanieczyszczany ściekami/wodami?	
czy obiekt jest miejscem nielegalnego składowania odpadów?	
czy obiekt jest miejscem „dzikiej” eksploatacji surowców mineralnych lub materiałów składowanych?	

B. (jeśli tak, w miarę możliwości opisać)

czy obiekt jest miejscem niezorganizowanej rekreacji? (jeśli tak, podać formy)	
zagrożenia istniejących zasobów kulturowych (jeśli tak, wymienić obiekty zagrożone i określić rodzaj zagrożenia)	
zauważalna dominacja szaty roślinnej przenikającej z terenu przyległego (jeśli tak, podać % powierzchni obiektu zdominowanej przez taką roślinność)	
inne wpływy (jeśli tak – podać, jakie)	

10. Wartości przyrodnicze zasługujące na zaadaptowanie w docelowych założeniach(łączna lista wartości dla wszystkich sugerowanych form zagospodarowania¹³)

jeśli tak, należy zaznaczyć pole):

murawy	
zadarnienia	
zakrzewienia	
zadrzewienia	
roślinność mokradłowa	
roślinność nadwodna	
zbiornik wodny jako siedlisko ryb, bezkręgowców, płazów	
miejsce gniazdowania ptaków chronionych	
miejsce zimowania lub gniazdowania nietoperzy	
siedliska chronionych gatunków zwierząt	
stanowiska roślin chronionych	
stanowiska grzybów i porostów chronionych	
pozostałości zieleni urządzonej w granicach obiektu	
pozostałości zieleni urządzonej w sąsiedztwie obiektu	
pozostałości ekosystemów naturalnych lub półnaturalnych w granicach obiektu	
pozostałości ekosystemów naturalnych lub półnaturalnych w sąsiedztwie obiektu	
forma skalna	
źródło lub wysięk (wody słodkiej lub zmineralizowanej)	
odkrywa geologiczna (profil)	

¹³ Poszczególne sugerowane formy nie wyłączają się.

11. Wartości kulturowe zasługujące na zaadaptowanie w docelowych założeniach (łączna lista wartości dla wszystkich sugerowanych form zagospodarowania¹⁴ ; jeśli tak, należy zaznaczyć pole):

zachowane obiekty kubaturowe o walorach zabytkowych	
morfologia obiektu lub ekspozycja o walorach widokowych	
wieża	
schody	
urządzenie hydrotechniczne	
droga	
zabytkowe założenie przestrzenne terenu przemysłowego	
zabytkowa aleja drzew	
pozostałość kolejki przemysłowej	
kamień górniczy	
biedaszyb	
sztolnia	
inne (określić, jakie)	

12. Sugerowana forma ochrony obiektu lub jego fragmentu (jeśli tak, należy zaznaczyć pole):

użytek ekologiczny	
zespół przyrodniczo krajobrazowy	
stanowisko dokumentacyjne	
pomnik przyrody	
ochrona na mocy miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego	

13. Sugerowane docelowe sposoby zagospodarowania obiektu¹⁵ (jeśli tak, należy zaznaczyć pole):

las	
zieleń parkowa	
tereny wypoczynkowe z grupami drzew	
szlaki piesze	
tory rowerowe	
ścieżki rowerowe	
place zabaw	
punkty widokowe	
estrada letnia	
boiska	
alejki spacerowe	
ścieżki zdrowia	
stoki narciarskie	
stoki saneczkowe	
szklarnie	
uprawy rolne	
łąki	
systemy mokradłowe	
zbiorniki wody czystej o cechach naturalnych	
baseny wodne z plażami	
baseny wodne z torami wodnymi	
ogrody	

¹⁴ Uwaga jak w poprzednim przypisie.

¹⁵ Nie dotyczy formalnej klasyfikacji geodezyjnej gruntów i budynków, określonej w Rozporządzeniu Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 29 marca 2001, Dz. U. nr 38 poz. 454, lecz form zagospodarowania terenów pogórnictwa i poprzemysłowych, zgodnych z nazewnictwem używanym w opracowaniach monograficznych, poświęconych tematyce rekultywacji i zagospodarowaniu, np. Dwucet i inni 1992.

ścieżki edukacyjno-przyrodnicze	
obiekty usługowe z zielenią urządzoną	
tereny komercyjne	
tereny zabudowy usługowej	
tereny zabudowy mieszkaniowej	
tereny zabudowy przemysłowej	
obiekty transportowe	

PODSUMOWANIE

Ponowne zagospodarowanie terenów pogórnich i poprzemysłowych powinno być poprzedzone rozpoznaniem mogących występować na nich dóbr przyrodniczo-kulturowych pod kątem ich ewentualnej adaptacji. Elementem takiego rozpoznania powinna być, oprócz badań specjalistycznych, wizualna ocena obiektu połączona z analizą istniejącej dokumentacji. W ocenie obiektów poprzemysłowych i pogórnich, mających nieraz skomplikowaną genezę i skomplikowaną naturę, łatwo przeoczyć aspekty o znaczeniu podstawowym dla wyboru właściwej opcji zagospodarowania. Aby zminimalizować ryzyko popełniania takich błędów powinno się dysponować prostym, ujednoliconym formularzem opisu. W tym właśnie tkwi istota niniejszego artykułu.

Niniejsza propozycja jest próbą złagodzenia dysonansu, jaki istnieje między pożądanym dorobkiem badań przyrodniczych prowadzonych na terenach pogórnich/poprzemysłowych i codzienną praktyką rekultywacji takich terenów, odbywającą się niejednokrotnie z zaprzeczaniem istniejących dóbr.

WNIOSKI

1. Zaproponowany formularz to wstępna wersja wymagająca sprawdzenia na możliwie dużej liczbie obiektów, przy czym doskonalenie formularza powinno być dokonywane w miarę inwentaryzowania zasobów, najlepiej w ramach przedsięwzięcia o zasięgu obejmującym region górnośląski.
2. Formularz może być przydatny dla podmiotów władających terenami pogórnymi/poprzemysłowymi zarówno przedsiębiorców, jak samorządów. Powinien być także wypełniany przez autorów inwentaryzacji wykonywanych w ramach prac naukowych przez instytucje akademickie.
3. Należy rozwijać kryteria oceny terenów pogórnich i poprzemysłowych pod kątem adaptacji w krajobrazie miasta. Warto równocześnie rozważyć uzupełnienie formularza o grupę szczegółowych kryteriów dla danego rodzaju obiektu.

Literatura

1. Cabała S., Sypień B. (1987): *Rozwój szaty roślinnej na wybranych zwałowiskach kopalń węgla kamiennego GOP*. Archiwum Ochrony Środowiska nr 3–4, s. 169–184.
2. Deryło A., Kostecki M., Kowalczyk D., Szilman P. (2002): *Planktonowa fauna skorupiakowa wybranych zbiorników zapadliskowych województwa śląskiego*. Archiwum Ochrony Środowiska Vol. 28 nr 3.

3. Guzik J. (2003): *Halda Huty im. T. Sendzimira w Krakowie – miejscem występowania interesujących obcych gatunków roślin*. Archiwum Ochrony Środowiska Vol. 29 nr 2.
4. Holak E. (1999): *Flora roślin naczyniowych wybranych zapadliskowych zbiorników wodnych Wyżyny Śląskiej*. Katowice, Uniwersytet Śląski (Praca doktorska).
5. Janas L., Jędrzejczyk M., Rostański A., Sokół S. (2000): *Fiołek westfalski i fiołek cynkowy na haldzie w Wełnowcu*. Przyroda Górnego Śląska nr 19.
6. Jędrzejczyk M., Bzdęga K., Rostański A. (2003): *Obecny stan zasobów introdukowanych fiołków galmanowych Viola guestphalica Nauenb. i Viola calaminaria (Ging) Lej. na zwałowisku w Katowicach – Wełnowcu*. Archiwum Ochrony Środowiska Vol. 29 nr 2.
7. Jędrzejczyk M., Rostański A. (2001): *Halda pocynkowa – siedlisko introdukowanych taksonów Viola guestphalica Nauenb. i Viola calaminaria (Ging.) Lej. Natura Silesiae Superioris, Supplement, s. 45–54*.
8. Kompała A., Błońska A., Woźniak G. (2004): *Vegetation of the „Żabie Doły” Area (Bytom) Covering the Wastelands of Zinc-Lead Industry*. Archiwum Ochrony Środowiska Vol. 30 nr 3.
9. Krodkiewska M. (1997): *Zgrupowanie pijawek (Hirudinea) zbiorników antropogenicznych rejonów wielkoprzemysłowych*. Katowice, Uniwersytet Śląski (Praca doktorska).
10. Lamparska-Wieland M., Waga J.M. (2003): *Znaczenie hald poeksploatacyjnych w krajobrazie Górnego Śląska*. Archiwum Ochrony Środowiska Vol. 29 nr 2.
11. Mańczyk R., Rostański A. (2003): *Flora naczyniowa wybranych zwałów pocynkowych miasta Ruda Śląska (Górny Śląsk)*. Archiwum Ochrony Środowiska Vol. 29 nr 2.
12. Niesler A., Bielańska-Grajner I. (2002): *Wrotki (Rotifera) planktonowe w zapadlisku na rzece Łękawce (Bojszowy-Jedlina)*. Archiwum Ochrony Środowiska Vol. 28 nr 4.
13. Olszewski P. (2003): *Flora synantropijna terenów poeksploatacyjnych Kopalni Węgla Kamiennego „Saturn” w Czeladzi (Zagłębie Dąbrowskie)*. Archiwum Ochrony Środowiska Vol. 29 nr 1.
14. Rostański A. (1991): *Spontaniczna sukcesja roślinności na wybranych zwałach przemysłowych w województwie katowickim*. Katowice–Sosnowiec, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk o Ziemi, U.Śl. z. 3, s. 35–38.
15. Rostański K., Tokarska-Guzik B., Kania E. (1994): *Flora naczyniowa obrzeży wybranych zalewisk pogórnich na terenie Bytomia, Jaworzna i Knuruwa*. Acta Biologica Silesiana, t. 25, s. 7–18.
16. Rostański A. (1997): *Flora spontaniczna hald Górnego Śląska*. Archiwum Ochrony Środowiska, Vol. 23, s. 159–165.
17. Rostański A. (2000): *Trawy spontaniczne zasiedlające nieużytki przemysłowe w aglomeracji katowickiej*. Łąkarstwo w Polsce, 3, s. 141–150.
18. Rostański A. (2000): *Podsumowanie badań flory terenów przemysłowych na Górnym Śląsku (1989–1999)*. Acta Biologica Silesiana t. 35 (tom jubileuszowy), s. 131–155.
19. Rostański A., Pasierbiński A. (2001): *Zróżnicowanie flory naczyniowej zwałowisk pogórnich zlokalizowanych na terenach leśnych aglomeracji katowickiej*. Natura Silesiae Superioris, s. 19–31.
20. Rostański A., Woźniak G. (2001): *The development of vegetation on industrial wastelands In Upper Silesia (Poland) and the Ruhr Region (Germany)*. W: Mechanisms of Anthropogenic Changes of the Plant Cover, Dept. of Plant Taxonomy. Jackowiak B. & Żukowski W. (Eds.) Poznań, U.A.M., s. 259–269.
21. Rostański A., Trueman I.C. (2001): *A comparison of the spontaneous floras of coal mine heaps in two European industrial regions – Upper Silesia (Southern Poland) and the Black Country (UK)*. W: „GREEN 3 – The exploitation of natural resources and the consequences. Sarsby R.W. & Meggyess T. (Eds.) London, Thomas Telford, s. 561–566.

22. Rostański A., Zhukov V. (2001): *Comparison of the flora of mining spoil heaps of Upper silesia (Poland) and Donetsk Coal District (Ukraine)*. *Natura Silesiae Superioris*, Supplement, s. 66–77.
23. Rostański A., Michalska M. (2003): *Obfite stanowisko kruszczyka błotnego (Epipactis palustris (L.) Cranz) na zwalówisku hutniczo-kopalnianym w Świętochłowicach-Chropaczowie*. *Archiwum Ochrony Środowiska* Vol. 29 nr 2.
24. Skubała P. (2003): *Oribatid Fauna (Acari: Oribatida) of Abandoned Galena-calamine Wastelands*. *Archiwum Ochrony Środowiska* Vol. 29 nr 2.
25. Suder A., Cabała S. (2004): *Vegetation of Trzebinia Town in Conditions of Strong Human Impact. I. Vascular Flora*. *Archiwum Ochrony Środowiska* Vol. 30 nr 3.
26. Suder A., Cabała S. (2004): *Vegetation of Trzebinia Town in Conditions of Strong Human Impact. II. Aquatic and mire communities*. *Archiwum Ochrony Środowiska* Vol. 30 nr 3.
27. Szwedo J.M. (1997): *Zgrupowanie piewików (Homoptera, Auchenorrhyncha) fitocenoz w wyrobiskach po eksploatacji piasku w rejonie Jaworzna-Szczakowej i Bukowna*. Katowice, Uniwersytet Śląski (Praca doktorska).
28. Tokarska-Guzik B., Rostański A. (1998): *Flora naczyniowa miasta Czeladź*. *Acta Biologica Silesiana* t. 33 s. 12–58.
29. Woryna G., Rostański A. (2003): *Flora naczyniowa wybranych zwalów pogórnich miasta Ruda Śląska (Górny Śląsk)*. *Archiwum Ochrony Środowiska* Vol. 29 nr 2.
30. Woźniak G. (2001): *Flora roślin naczyniowych osadników ziemnych wód kopalnianych – nieużytków poeksploatacyjnych na Górnym Śląsku*. Katowice, Uniwersytet Śląski, Katedra Geobotaniki i Ochrony Przyrody, s. 7–46.
31. Zając M. (1994): *Ocena fitosocjologiczna zasobów flory leczniczej w szacie roślinnej Sosnowca (okolice peryferyjne)*. Praca magisterska wykonana w Katedrze i Zakładzie Botaniki Farmaceutycznej i Zielarstwa Śl. A. M. w Katowicach pod kier. prof. dr hab. n. biol. Krzysztofa Jędrzejko, Sosnowiec (mszp.).
32. Dwucet K., Krajewski W., Wach J. (1992): *Rekultywacja i rewaloryzacja środowiska przyrodniczego*. Katowice, Uniwersytet Śląski.
33. Tokarska-Guzik B. (2000): *Przyrodnicze zagospodarowanie nieużytków miejsko-przemysłowych na przykładzie centrów górniczych Europy*. Inżynieria Ekologiczna. Ochrona i rekultywacja gruntów. Materiały konferencyjne PTIE, Baranów Sandomierski, s. 72–80.
34. Woźniak G., Kompała A. (2000): *Rola procesów naturalnych w rekultywacji nieużytków przemysłowych*. Inżynieria Ekologiczna. Ochrona i rekultywacja gruntów. Materiały konferencyjne PTIE, Baranów Sandomierski 2000, s. 87–92.
35. Ferdyn M., Strzyszczyński Z. (2002): *Zawartość metali ciężkich w wierzchniej warstwie gruntu i roślinności składowiska żużla hutniczego ZGH „Orzeł Biały” w Piekarach Śląskich*. *Archiwum Ochrony Środowiska* Vol. 28 nr 3.
36. Franiel I. (2003): *Wstępne badania nad jakością pyłku, nasion i przeżywalnością siewek brzozy brodawkowatej (Betula pendula Roth.) pochodzących z drzew rosnących na zwalówisku pocynkowym*. *Archiwum Ochrony Środowiska* Vol. 29 nr 2.
37. Patrzalek A. (2003): *Udział traw w rozwoju zbiorowisk roślinnych w siedliskach trudnych*. *Archiwum Ochrony Środowiska* Vol. 29 nr 2.
38. Patrzalek A., Rostański A. (1992): *Procesy glebotwórcze i zmiany roślinności na skarpie rekultywowanego biologicznie zwalowiska odpadów po kopalnictwie węgla kamiennego*. *Archiwum Ochrony Środowiska*, nr 3–4, s. 157–168.
39. Cohn E., Trueman I.C., Tokarska-Guzik B., Woźniak G., Smith J., Rostański A., Kędziorski A. (eds.) (2001): *Sustainable development of urban and post-industrial areas. Student manual*. Katowice, Wydaw. Uniw. Śląskiego.

40. Rostański A. (2003): *Halda poprzemysłowa – obiekt obserwacji procesów biologicznych*. Archiwum Ochrony Środowiska Vol. 29 nr 2.
41. Rostański A. (2000): *Rekultywacja i zagospodarowanie nieużytków poprzemysłowych – rozwiązania alternatywne*. Inżynieria Ekologiczna. Ochrona i rekultywacja gruntów. Materiały konferencyjne PTIE, Baranów Sandomierski 2000, s. 72–80, s. 81–86.
42. Tokarska-Guzik B., Rostański A. (1996): *Rola zatopisk (zalewisk) pogórnich w renaturalizacji przemysłowego krajobrazu Górnego Śląska*. Przegląd Przyrodniczy 7(3–4), s. 267–272.
43. Tokarska-Guzik B., Herczak A., Gorczyca J., Rostański A. (1996): *Czeladź – powrót do natury*. Przewodnik przyrodniczy. „Biblioteka Echa Czeladzi”.
44. Trueman I.C., Cohn E.W.J., Tokarska-Guzik B., Rostański A., Woźniak G. (2001): *Calcarous waste slurry as wildlife habitat in England and Poland*. W: „GREEN 3 – The exploitation of natural resources and the consequences. Sarsby R.W. & Meggyess T. Eds. London, Thomas Telford, s. 527–534.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Barbara Białecka

Leszek Trzaski, Krzysztof Korczak, Jan Bondaruk, Paweł Łabaj

UŻYTKOWE FUNKCJE ZASOBÓW WODNYCH ORAZ USZCZELNIENIE ZLEWNI – KRYTERIA NOWEGO PODEJŚCIA DO GOSPODAROWANIA CIEKAMI MIEJSKIMI

Streszczenie

Polska jest zobowiązana do wdrożenia postanowień Ramowej Dyrektywy Wodnej UE (RDW), co oznacza, że do 2015 roku wszystkie wody, w tym niewielkie ciekі miejskie, powinny osiągnąć dobry stan (lub potencjał) ekologiczny. Wynika stąd konieczność nowego podejścia do gospodarowania tymi ciekami w skali lokalnej. Dotychczasowe funkcje – jako odbiorników nadmiaru wód z obszaru zlewni i odbiorników zanieczyszczeń – nie odpowiadają ani zapisom zawartym w RDW ani aspiracjom lokalnych społeczności. Nowe zadania sprowadzają się do możliwie najpełniejszego odtworzenia walorów użytkowych wody zarówno w sensie ekologicznym, jak i społecznym. Jednym z decydujących czynników limitujących zakres działań naprawczych jest udział powierzchni uszczelnionych w zlewni.

Utility functions of water resources and tightening of drainage area – criteria of new approach to municipal wastes management

Abstract

Poland is obliged to implementation of decisions of EU Water Framework Directive (WFD), and this means that up to 2015 all waters including small municipal water-courses should achieve good ecological condition (or ecopotential). This results in necessity of new approach to the management of these courses in a local scale. Functions fulfilled hitherto as the recipients of excess water from the drainage area and as recipients of wastes do not correspond to records included into WFD nor aspirations of local communities. New tasks resolve themselves into possibly most full restoring of useful values of water, both in ecological and social aspects. One of deciding factors limiting the range of recovery measures is the rate of tightened areas to a drainage area.

WPROWADZENIE

W Polsce w ostatnich latach w znacznym stopniu wzrosły oczekiwania lokalnych społeczności względem jakości miejskiej przestrzeni (Ankieta... 2005). Coraz częściej zauważanym elementem tej przestrzeni jest lokalny ciek zarówno jako źródło problemów, jak i potencjalna lub rzeczywista wartość. Jest to ilustracją ogólnej prawidłowości, w myśl której pozytywne zmiany gospodarcze i cywilizacyjne pociągają za sobą nie tylko wzrost możliwości technicznych, wzrost aspiracji lokalnych społeczności do „odbudowy” miejskich cieków. Problematyka przywracania dobrego stanu ekologicznego miejskich cieków, jako wód silnie zmienionych lub sztucznych, oraz odzyskiwania walorów użytkowych zasobów wodnych cieków i jego zlewni zyskuje na aktualności w kontekście Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW) (Directive... 2000), w której zawarte postanowienia powinny być wdrożone do 2015 roku.

Wdrażanie Ramowej Dyrektywy Wodnej wymaga nowego podejścia do gospodarowania wodami powierzchniowymi na terenach o silnej urbanizacji. Problem ten jest szczególnie widoczny na Górnym Śląsku, ponieważ z racji położenia na głównym wododziale Polski dominują tu ciekі niewielkie, a zatem szczególnie podatne na degradujący wpływ ze strony zagospodarowania zlewni.

1. USZCZELNIENIE ZLEWNI JAKO CZYNNIK OGRANICZAJĄCY MOŻLIWOŚĆ POPRAWY POTENCJAŁU EKOLOGICZNEGO CIEKÓW MIEJSKICH W ROZUMIENIU ZGODNYM Z RAMOWĄ DYREKTYWĄ WODNĄ

W polskiej literaturze brak jest informacji dotyczących prób usystematyzowania wpływów zlewni na stan miejskiego potoku. Analizy takie były prowadzone w państwach rozwiniętych już od początku lat siedemdziesiątych ubiegłego stulecia. W tablicy 1 zestawiono kryteria oceny stanu rzek według RDW z aprobowaną przez Environmental Protection Agency (USA) ogólną oceną czynników degradujących niewielkie ciekі (Stream Corridor... 2001). Analizując poszczególne rodzaje wpływów należy pamiętać o generalnej zasadzie: im mniejszy potok, tym większy wpływ zlewni (Brown 2000).

Tablica 1. Negatywny wpływ niektórych sposobów użytkowania zlewni na ekologiczny stan ekosystemu rzeczne­go (Directive... 2000; Stream Corridor... 2001)

Kryterium oceny stanu rzeki według załącznika V do RDW		Ścieki odprowadza- ne systemem kanalizacyjnym	Zabudowa zlewni	Intensywne rolnictwo
Elementy biologiczne	skład i liczebność flory wodnej	●	●	●
	skład i liczebność bezkręgowców bentosowych	●	●	●
	skład, liczebność i struktura wiekowa ichtiofauny	●	●	●
Elementy hydromorfolo- giczne wspierające elementy biologiczne	ilość i dynamika przepływu wód	○	●	●
	połączenie z częściami wód podziemnych	○	●	○
	ciągłość rzeki	○	●	○
	zmienność głębokości i szerokości rzeki	○	●	●
	struktura i skład podłoża rzeki	○	●	●
	struktura strefy nadbrzeżnej	○	●	●
Ogólne elementy chemiczne i fizyczno- chemiczne wspierające elementy biologiczne	warunki termiczne	○	●	●
	warunki natlenienia	●	●	●
	zasolenie	●	●	●
	stan zakwaszenia	●	○	●
Zanieczyszczenia specyficzne	substancje biogenne	●	●	●
	zanieczyszczenia syntetyczne	●	●	●
	zanieczyszczenia niesyntetyczne	●	●	●

Objaśnienie: ● – wpływ bezpośredni, ○ – wpływ pośredni.

Z tablicy wynika, że znaczna zabudowa zlewni determinuje jakość wszystkich elementów środowiska składających się na opis stanu ekosystemu rzecznego, zgodnie z RDW. Wpływ ten jest co najmniej porównywalny z oddziaływaniem ścieków odprowadzanych systemami kanalizacyjnymi. Dla jakości chemicznej i dla potencjału ekologicznego, pod warunkiem uporządkowania systemu kanalizacji sanitarnej i ogólnospławnej, decydujące znaczenia mają:

- sposób urządzenia koryta i strefy nadbrzeżnej (elementy hydromorfologiczne),
- sposób gospodarowania odpływem wód opadowych/roztopowych ze zlewni (element bezpośrednio kształtujący jakość chemiczną, ale także związany z rozwiązaniami hydromorfologicznymi).

Spełnieniu wymagań zawartych w Ramowej Dyrektywie Wodnej będą zatem sprzyjać rozwiązania zapewniające (Stream Corridor... 2001; Brown 2000):

- możliwie dużą różnorodność morfologii dna koryta,
- możliwie dużą różnorodność szerokości i głębokości,
- zróżnicowanie szybkości przepływu na różnych odcinkach,
- przyspieszanie procesów samooczyszczania,
- łagodzenie amplitudy przepływów w korycie przez zwiększanie przepływów minimalnych i zmniejszanie przepływów maksymalnych,
- zachowanie możliwie największej ciągłości otwartej przestrzeni w strefie przykorytowej,
- zachowanie maksymalnej łączności z wodami gruntowymi.

W praktyce oznacza to, że w celu realizacji zadań wynikających z RDW i jej załączników, w odniesieniu do wód silnie zmienionych lub sztucznych, jakimi są potoki miejskie, jest wskazane wszędzie tam, gdzie tylko jest to możliwe, urządzenie koryta w postaci bardziej zróżnicowanej od monotonnej struktury dokowej lub tarasowej. Oznacza to także potrzebę urządzenia nadbrzeżnych terenów z dużym udziałem zieleni urządzonej i, w miarę możliwości, także stref mokradłowych.

Pozostaje jednak pytanie, na ile sam fakt odcięcia dopływu nieoczyszczonych ścieków bytowych, przemysłowych i deszczowych może przyczynić się do „naprawy” miejskiego cieków, a na ile możliwości działań naprawczych są ograniczane przez zagospodarowanie terenów przyległych. Do odpowiedzi na o pytanie może przyczynić się analiza udziału powierzchni uszczelnionych w lokalnej zlewni (Impacts of... 2003; Methods to... 2005).

2. OCENA MOŻLIWEGO ZAKRESU EKOLOGICZNEJ ODBUDOWY CIEKU W ZALEŻNOŚCI OD USZCZELNIENIA POWIERZCHNI ZLEWNI

Problematyka wpływu uszczelnienia zlewni na stan niewielkich cieków nie doczekała się w Polsce należytego zainteresowania. Jest to tym bardziej zadziwiające, że w USA, Australii i Europie Zachodniej są wdrażane dobre praktyki, wynikające z dorobku kilkudziesięciu lat badań podstawowych. Dorobek ten pozwolił na syntetyczne powiązanie udziału powierzchni uszczelnionych w lokalnej zlewni

z naruszeniem reżimu hydrologicznego, a w konsekwencji – na wskazanie zależności między stopniem zurbanizowania zlewni i osiągalnym stanem ekologicznym cieku. Co więcej, zależności te zostały ujęte w formularzach diagnostycznych, ujmujących aspekty jakościowe i ilościowe.

Podstawowym kryterium klasyfikacji potoków miejskich w USA jest ICM (Impervious Cover Model) (Methods to... 2005), ponieważ dla małych cieków właśnie ten czynnik decyduje o stopniu zmian naturalnego reżimu hydrologicznego. Zgodnie z tym modelem, Environmental Protection Agency propaguje następującą klasyfikację potoków miejskich:

- potoki wrażliwe (*sensitive streams*) – uszczelnienie poniżej 10%,
- potoki naruszone (*impacted streams*) – uszczelnienie między 10–25%,
- potoki wymagające aranżacji (*non-supporting streams*) – uszczelnienie między 25–60%,
- potoki funkcjonujące jako odwodnienie miasta (*urban drainage streams*) – uszczelnienie powyżej 60%.

Nie można zakładać istnienia jednoznacznych wartości granicznych, a wartości liczbowe mają charakter orientacyjny. Tym niemniej, zależności zawarte w tablicy 2 (Urban Stormwater... 1999) nie są dziś w literaturze kwestionowane.

Tablica 2. Przybliżony zakres możliwości ekologicznej odbudowy potoku w zależności od stopnia uszczelnienia zlewni

Cele działań naprawczych	Udział powierzchni uszczelnionych w zlewni (podzlewni)			
	Potok o znacznych możliwościach renaturyzacji	Potok do częściowej odbudowy ekologicznej	Potoki nadające się do „zaaranżowania” – podniesienie estetyki, eliminacja uciążliwości	
	od 10 do 25%	od 25 do 40%	od 40 do 60%	od 60 do 100%
Uporządkowanie korytarza potoku	●	●	⊙	⊙
Naturalizacja korytarza potoku	●	●	⊙	○
Ochrona infrastruktury	●	●	⊙	○
Zabezpieczenie brzegów przed erozją	●	●	⊙	○
Odbudowa sieci dorzecza	●	●	⊙	○
Zwiększenie możliwości przemieszczania się ryb	●	⊙	○	☒
Stworzenie/wzbogacanie siedlisk dla ryb	●	⊙	○	☒
Osiągnięcie naturalnego charakteru koryta	⊙	⊙	○	☒
Odtworzenie złożoności ekosystemu wodnego	⊙	○	○	☒
● – cel możliwy do osiągnięcia w skali całej zlewni (podzlewni), ⊙ – cel może być osiągnięty, lecz nie w całej zlewni (podzlewni), ○ – cel można osiągnąć tylko w izolowanych fragmentach zlewni (podzlewni), ☒ – cel jest nieosiągalny.				

Należy pamiętać, że tablica dotyczy udziału powierzchni uszczelnionych, a nie na przykład udziału terenów zabudowanych. Przykładowo, bezpośrednia zlewnia Rawy w Katowicach na odcinku poniżej oczyszczalni Klimzowiec aż po ujście do Brynicy, prawie w całości objęta zabudową, według obliczeń wykonanych w Zakładzie Ochrony Wód Głównego Instytutu Górnictwa (GIG, dane niepublikowane), jest

uszczelniona w około 42%, przy czym część górna tego odcinka – od oczyszczalni do ulicy Sokolskiej – w znacznie mniejszym stopniu niż w 40%. Jeśli uwzględnimy fakt zakończenia eksploatacji pod korytem Rawy oraz fakt postępującego uspokojenia górotworu w obszarze obejmującym koryto Rawy i tereny przyległe (Wach 2005), można odnieść stopień uszczelnienia zlewni do możliwego zakresu prac zmierzających do podniesienia ekologicznej i estetycznej jakości ciek. Okazuje się, że nawet w przypadku tak drastycznie przekształconego ciek, nie ma zasadniczych przeciwwskazań dotyczących wykonania prac w korycie i strefie przykorytowej, poprawiających potencjał ekologiczny wód płynących. W przypadku Rawy prowadzić to powinno do praktycznych wniosków na temat sposobu planowanej regulacji odcinka od oczyszczalni Klimzowiec po śródmieście Katowic (Debata „Rawa...” 2005).

Z powyższego zestawienia wynika też, że nawet dla cieków tak skrajnie przekształconych, jak Bytomka, Bolina, Kłodnica w jej górnym biegu, i wiele innych, można zaprogramować pewne działania skierowane na poprawę potencjału ekologicznego. Rzecz jasna, jednym z warunków jest brak zagrożeń powodziowych związanych z deformacjami górniczymi.

3. PROPOZYCJA KRYTERIÓW OCENY ZASOBÓW WODNYCH W KONTEKŚCIE WALORÓW UŻYTKOWYCH

Formułowanie szczegółowych celów gospodarowania zasobami wodnymi musi być odniesione do aktualnych i potencjalnych form korzystania z tych zasobów. Od kilku lat są one w Unii Europejskiej definiowane jako użytkowa wartość wody (*water use value*), mieszcząca w sobie kilka kryteriów użyteczności zarówno w sensie ekologicznym, jak społecznym (Messner 2005; Walmsley 2002).

Jak wykazano wyżej, o stanie małych cieków miejskich decyduje sposób i intensywność zagospodarowania przyległych terenów. Równocześnie, występowanie pogórnich deformacji terenu powoduje, że zasoby wodne, o istotnych walorach, mogą istnieć na obszarze zlewni nawet w przypadku drastycznej degradacji samego ciek. Typowym tego przykładem jest występowanie na Górnym Śląsku zbiorników bezodpływowych, wypełnionych czystą wodą, położonych w sąsiedztwie silnie zanieczyszczonego ciek zamienionego w otwarty kanał ściekowy. W celu zrozumienia funkcji zasobów wód powierzchniowych, na terenach silnie zurbanizowanych a zarazem zdeformowanych przez górnictwo, niezbędne wydają się zatem analizy prowadzone w dwóch zakresach: ciek wraz z jego doliną oraz obszaru miasta jako lokalnej zlewni.

W tablicach 3 i 4 zestawiono potencjalne wartości użytkowe wód z funkcjami faktycznie spełnianymi, na przykładzie rzeki Rawy i jej zlewni. Funkcje oceniono na podstawie analizy licznych materiałów niepublikowanych, w tym opracowanych w Głównym Instytucie Górnictwa (Korczak, Trzaski i inni 2005; Holek, Zuber 2003; Informacja o rzece... 2003; Sołtysik, Dobrowolski 2003; Program ochrony... 2004).

Tablica 3. Wartość użytkowa wody – aspekt ekologiczny i społeczny

Rawa na odcinku od oczyszczalni Klimzowiec do ujścia – w granicach koryta + strefa przykorytowa – pas łącznej szerokości 30 m.

Potencjalna funkcja [10]	Obecne wykorzystanie	Uwagi	Możliwość zwiększenia wykorzystania bez konieczności zwiększania zasobów wód i poprawy ich jakości [12–17]
Wykorzystanie wody do produkcji żywności lub celów pitnych	–	zła jakość wody	nie
Funkcja krajobrazowa	+	odcinki Rawy jako „zielony korytarz” na terenach zurbanizowanych, między oczyszczalnią Klimzowiec i ulicą Bocheńskiego oraz między oczyszczalnią przy ul. Bohaterów Westerplatte i ujściem do Brynicy	możliwość urządzenia „zielonego korytarza” na odcinku śródmiejskim, pod warunkiem uwzględnienia w projekcie regulacji koryta
Funkcja transportowa	–	rzeka nie jest splawna	nie
Dostarczanie energii	–	zła jakość wody	nie
Odbieranie zanieczyszczeń	+++	Rawa jest odbiornikiem ścieków: - wystarczająco oczyszczonych (oczyszczalnia Klimzowiec), - niewystarczająco oczyszczonych (oczyszczalnia Gigablok), - nieoczyszczonych (wyloty kanalizacji ogólnospławnej, wyloty nielegalne), a także wód deszczowych zarówno podczyszczonych, jak i niepodczyszczonych oraz miernie zasolonych wód dołowych	nie
Oczyszczanie	–	zła jakość wody	nie
Chłodzenie	–	zła jakość wody	nie
Wykorzystanie do nawadniania lub w gospodarce komunalnej	–	rzeka funkcjonuje tylko jako część systemu odwadniania	nie
Rekreacja związana z kontaktem z wodą	–	zła jakość wody	nie
Ocena zbiorcza: funkcja potoku w kształtowaniu społeczeństwa zrównoważonego rozwoju	+	wykorzystanie niektórych odcinków – „zielone korytarze” – jako szlaków pieszych i rowerowych; poza tym sąsiedztwo Rawy można traktować jako rodzaj terenu porzuconego	zwiększenie ciągłości „zielonego korytarza” wzdłuż rzeki

Objaśnienia:

- zasoby niewykorzystywane,
- + niewielkie korzystanie z zasobów,
- ++ umiarkowane korzystanie z zasobów,
- +++ znaczne korzystanie z zasobów.

Tablica 4. Wartość użytkowa wody w skali lokalnej zlewni – aspekt ekologiczny i społeczny

Rawa – zlewnia na odcinku od oczyszczalni Klimzowiec do ujścia.

Potencjalna funkcja [10]	Obecne wykorzystanie	Uwagi	Możliwość zwiększenia wykorzystania bez konieczności zwiększania zasobów wód i poprawy ich jakości [12–17]
Wykorzystanie wody do produkcji żywności lub jako wody pitnej	–	rekreacja wędkarska związana z pozyskiwaniem ryb do celów konsumpcyjnych: - podzlewnia Potoku Leśnego – stawy w Dolinie 3 Stawów - podzlewnia bezpośrednia – staw „Maroko” i stawy „Szwajcarii Szopienickiej” - dobra jakość wody z wyjątkiem stawu „Maroko”	nie
Funkcja krajobrazowa	++	Dolina Potoku Leśnego – funkcjonująca jako obszary parkowe „Szwajcaria Szopienicka” – Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy, „Maroko” – użytek ekologiczny z planowanym przekształceniem w park miejski	- zwiększenie ciągłości obszarów zielonych, a nawet odsłonięcie niektórych skolektorowanych potoków – pod warunkiem wprowadzenia zapisów do planów miejscowych, - elementy koncepcji zwiększenia wykorzystania zasobów krajobrazowych związanych z siedliskami wodnymi obszaru zlewni, znajdują się w Lokalnym Programie Rewitalizacji dla Miasta Katowice
Funkcja transportowa	–	cieki nie są spławne, zbiorniki wodne są izolowane	nie
Dostarczanie energii	–	nie	nie
Odbieranie zanieczyszczeń	+	odbieranie wód deszczowych z terenów zabudowanych – zbiorniki Doliny 3 Stawów, staw „Maroko”	nie
Oczyszczanie	–	nie	nie
Chłodzenie	–	brak ujęć wody dla elektrowni	nie
Wykorzystanie do nawadniania lub w gospodarce komunalnej	–	nie	możliwość wykorzystania w gospodarce komunalnej, np. podlewanie miejskiej zieleni
Rekreacja związana z kontaktem z wodą	+	wędkarstwo w dwunastu zbiornikach na obszarach doliny Rawy i Potoku Leśnego, kąpiel w jednym zbiorniku, rekreacja kajakowa – jeden zbiornik, żeglarstwo – dwa zbiorniki	- możliwość zwiększenia rekreacji kajakowej w Dolinie 3 Stawów o jeden staw - możliwość urządzenia kąpielisk prowizorycznych na dwóch stawach
Ocena zbiorcza: funkcja zasobów zlewni w kształtowaniu społeczeństwa zrównoważonego rozwoju	++	dolinę Rawy można traktować – ze społecznego punktu widzenia – jako rodzaj terenu porzuconego	- zwiększenie walorów krajobrazowych - wykorzystanie wód w gospodarce komunalnej - zwiększenie wykorzystania rekreacyjnego

Z powyższych zestawień wynika, że lokalne problemy dotyczące gospodarki wodnej powinny znajdować odzwierciedlenie w planowaniu przestrzennym. Jeśli tak się stanie, istotną poprawę walorów użytkowych można będzie uzyskać nawet w obszarze tak drastycznie zmienionym przez urbanizację i górnictwo, jak zlewnia Rawy. Oczywiście, dla istotnej poprawy stanu zasobów wodnych samego cieku niezbędne jest zawsze, jako punkt wyjścia, uporządkowanie gospodarki ściekowej.

4. PROPOZYCJA NOWEGO ZBIÓRU ZASAD W GOSPODAROWANIU CIEKAMI NA OBSZARACH ZURBANIZOWANYCH

Dotychczasowy zbiór zasad (paradygmat) użytkowania cieków na terenach silnie zurbanizowanych, głęboko zakorzeniony w praktyce zarządzania i świadomości społeczeństwa, polegał na wykorzystywaniu tych wód jako odbiorników ścieków oraz jako systemu odwadniającego tereny zurbanizowane w celu ochrony przed powodzią. Pojęcie zlewni występowało w tym paradygmacie tylko w kontekście bilansowania wielkości odpływu wód oraz ładunków zanieczyszczeń, jakie odprowadzane są do odbiorników. Paradygmat ten jednak nie odpowiada wymaganiom sformułowanym w Ramowej Dyrektywie Wodnej, z których należy wywiązać się do 2015 roku. Wymagania te sprowadzają się do osiągnięcia dobrego stanu ekologicznego przez wszystkie wody o charakterze naturalnym oraz do osiągnięcia dobrego potencjału ekologicznego przez wszystkie wody uznane za silnie zmienione lub sztuczne.

Dobry stan/potencjał ekologiczny cieku oznacza nie tylko dobrą jakość chemiczną wody, ale także osiągnięcie odpowiedniego stanu fizycznego i biologicznego siedlisk w strefie zanurzonej, nad lustrem wody i w pasie terenu przylegającym do cieku. Dobry stan/potencjał, zgodny z wymaganiami zawartymi w Ramowej Dyrektywie Wodnej, powinien być rozumiany jako zrównoważone użytkowanie zasobów wodnych, obejmujące nie tylko aspekt przyrodniczy ale, przede wszystkim, społeczny.

Proponowany nowy zbiór zasad (paradygmat) gospodarowania oznacza w istocie dążenie do odzyskania walorów zasobów wodnych w odniesieniu do możliwie największej liczby kryteriów użyteczności. Nowe zasady można sformułować następująco:

- po odcięciu dopływu nieoczyszczonych ścieków bytowych i przemysłowych, funkcja cieku nie powinna ograniczać się do odbierania nadmiaru wód, w tym deszczowych, w kontekście ochrony przed powodzią i podtopieniami,
- w celu poprawy stanu cieku jest niezbędne prawidłowe gospodarowanie przestrzenią zlewni, związane między innymi z ograniczaniem przyrostu powierzchni uszczelnionych,
- ciek powinien być możliwie złożonym ekosystemem, a dolina cieku powinna być lokalnym korytarzem ekologicznym o walorach krajobrazowych, dostępnym dla rekreacji,
- reżim hydrologiczny cieku powinien w miarę możliwości odpowiadać warunkom sprzed urbanizacji,
- położenie w sąsiedztwie cieku powinno być czynnikiem zwiększającym atrakcyjność przyległych gruntów.

Literatura

1. *Ankieta dotycząca istotnych problemów gospodarki wodnej (2005)* (www.rzgw.gliwice.pl).
2. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Official Journal of the European Communities L 327/1, 22.12.2000.
3. *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices* (2001). By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)(15 Federal agencies of the US gov't). GPO Item No. 0120-A; SuDocs No. A 57.6/2:EN 3/PT.653. Washington.
4. Brown, K. (2000). *Urban Stream Restoration Practices: An initial Assessment*. Elliot City, MD. The Center for Watershed Protection.
5. *Impacts of Impervious Cover on Aquatic Systems*. Prepared by: Center for Watershed Protection 8391 Main Street Ellicott City, MD 21043 www.stormwatercenter.net March 2003. Watershed Protection Research Monograph No. 1.
6. *Methods to develop restoration plans for small urban watersheds* (2005). Urban subwatershed restoration manual series – Manual 2. Washington, Center for Watershed Protection.
7. *Urban Stormwater: Best Practice Environmental Management Guidelines* (1999). Melbourne, Victorian Stormwater Committee, CSIRO Publishing.
8. Wach J. (2005): *Opracowanie ekofizjograficzne miasta Katowice*. Dąbrowa Górnicza, PU „GEOGRAF”.
9. *Debata „Rawa-Historia-Przyszłość”* (2005). Materiały konferencyjne. Katowice, GIG.
10. Messner F. (2005): *The value of water in modern western societies*. Workshop Value of water – Different approaches in Transboundary Water Management. Koblenz. „UFZ – Centre for Environmental Research.
11. Walmsley J. (2002): *Framework for measuring sustainable development in catchment systems*. Journal of Environmental Management Vol. 29, No 2, s. 195–206.
12. Korczak K., Trząski L. i inni (2005): *Studium badawczo-rozwojowe gospodarki wodno-ściekowej zlewni rzeki Rawy w odniesieniu do obowiązujących wymogów prawnych w aspekcie planów gospodarowania wodami na obszarze dorzecza oraz warunków korzystania z wód regionu wodnego*. Katowice, GIG (niepublikowana).
13. Holek J., Zuber T. (2003): *Skutki i konsekwencje wpływu eksploatacji górniczej na koryto rzeki Rawy – ze szczególnym uwzględnieniem miasta Katowice*. Katowice, RPWiK (niepublikowana).
14. *Informacja o rzece Rawie i stanie jej regulacji na terenie Miasta Katowice i Miasta Mysłowice* (2003): Katowice, Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji.
15. Sołtysik L., Dobrowolski E. (2003): *Ocena zmian w sieci hydrograficznej zlewni rzeki Rawy na skutek urbanizacji i uprzemysłowienia*. Sosnowiec, HydroProjekt Warszawa, Oddz. Sosnowiec.
16. Sołtysik E., Dobrowolski L. (2003): *Ekspertyza hydrologiczno-hydrograficzna rzeki Rawy ustalająca faktyczny udział wód powierzchniowych w przepływie, dla potrzeb ustalenia użytkownika cieku*. Sosnowiec, HydroProjekt Warszawa, Oddz. Sosnowiec.
17. *Program ochrony środowiska dla miasta Katowice* (2004): Katowice, GIG – Rada Miasta.

Recenzent: dr inż. Krystian Kadlewicz

Mariusz Ćwiężek

**AUDYT ENERGETYCZNY WYBRANEGO OBSZARU MIASTA
– METODA BILANSOWANIA POTRZEB CIEPLNYCH
ORAZ WYZNACZANIA EFEKTÓW ENERGETYCZNYCH
I EKOLOGICZNYCH WYNIKAJĄCYCH Z TERMOMODERNIZACJI**

Streszczenie

Istnieje konflikt interesów między producentami i dostawcami energii, którzy dążą do ustalenia cen energii odpowiadających kosztom wytwarzania a konsumentami, którzy przeznaczają coraz większą część budżetu na zaopatrzenie w energię. Wzajemne relacje powodują rozpowszechnianie się procesu racjonalizacji zużycia energii, którego podstawą jest termomodernizacja struktur budowlanych.

W artykule przedstawiono metodę bilansowania potrzeb ciepłych, wyznaczania efektów energetycznych i ekologicznych, wynikających z termomodernizacji wybranego obszaru miasta. W zaproponowanej metodzie założono wykorzystanie opracowanych kart inwentaryzacyjnych dla każdego budynku wchodzącego w skład wybranego, analizowanego obszaru. Inwentaryzacja poszczególnego budynku polegała na zebraniu istotnych danych, niezbędnych do wykonania bilansu potrzeb ciepłych, określenia obmiaru wszystkich elementów konstrukcyjnych, stanowiących źródło strat ciepła i oszczędności energii oraz służących do przeprowadzenia optymalizacji wyboru usprawnień termomodernizacyjnych.

Według obliczeń różnica między obliczonym zapotrzebowaniem na moc cieplną w stosunku do metody szczegółowej (PN-B-03406 Ogrzewnictwo – Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³) wynosiła 1,4%, natomiast sezonowe zapotrzebowanie na ciepło różniło się o 10,1%, co w kontekście wykorzystania wyników bilansu w audycie energetycznym obszaru miasta jest dokładnością wystarczającą. Ponadto, w artykule zawarto przykładową optymalizację wyboru wariantu polegającego na dociepleniu przegród zewnętrznych i wymianie stolarki okiennej oraz sumaryczne przedstawienie efektów energetycznych i ekologicznych w wyniku termomodernizacji.

Wykorzystanie przedstawionej metody pozwala na uzyskanie dokładnych kosztów inwestycyjnych, efektów energetycznych, ekologicznych i ekonomicznych, co w konsekwencji umożliwia uzyskanie informacji o opłacalności inwestycji termomodernizacyjnej, tak pojedynczego budynku, jak i grupy budynków, stanowiących analizowany obszar miasta/gminy.

**Energy auditing for chosen area of town – method of balancing of heat demand
and determination of energy and ecological effects resulting
from thermomodernisation**

Abstract

A conflict business interests exists between energy producers and suppliers, who aims at establishing energy prices corresponding to costs of generation, and consumers, who are devoting still increasing part of budget for energy provisions. Common relations cause dissemination of process rationale of energy use which basis is a thermomodernisation of building structures.

In the paper the method of balancing heat demands and determination of energy and ecological effects resulting from thermomodernisation of chosen town area was presented. In the proposed method use of cataloguing cards developed for each building laying on the chosen considered area was assumed. The cataloguing for a particular building involved acquisition of significant data, necessary for completed balance of heat demands, performing quantity surveys of all elements of construction giving input to the

sources of heat dissipation and energy savings, and used to conducting optimisation of choices of thermomodernising improvements.

According to calculations, the difference between calculated demand for heat energy in relation to detailed method (PN-B-03406 Heating – Calculations of heat demand for rooms up to 600 m³.) was 1,4% and seasonal demand for heat differed on 10,1%. And it does mean a sufficient accuracy in context of using the balance results in energy auditing of town area. Furthermore, within the paper an example was included of optimisation of variant choice of additional warming of existing outer heat barriers and replacement of windows, as well as energy and ecological effects being result of this thermomodernisation were presented.

Making use of the presented method enables to obtain exact capital costs, energy, ecological and economical effects. And this, as a consequence, enables obtaining an information on profitability of thermomodernising investments both for the case of single building and also for the group of buildings forming the considered area of a town/commune.

WPROWADZENIE

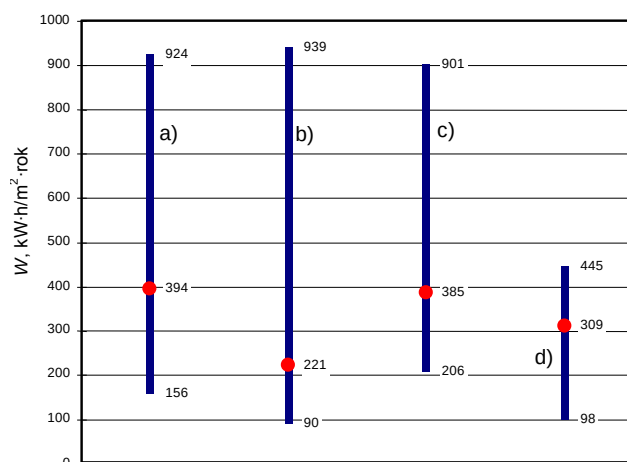
W metodach bilansowania zapotrzebowania na ciepło obszarów miast, tj. grup budynków stanowiących osiedle mieszkaniowe lub wybrany sektor miasta, grupy budynków użyteczności publicznej itp., są wykorzystywane informacje o kubaturze lub powierzchni ogrzewanej oraz wskaźnikach zapotrzebowania na energię, odpowiadających wiekowi budynków oraz standardowi ich wykonania. Podobnie metody szacowania efektów energetycznych, wynikających z procesu termomodernizacji danego obszaru miast/gmin, bazują na wykorzystywaniu wskaźników zapotrzebowania na moc i ciepło, odpowiadających wiekowi budynków. W stosowanych powszechnie metodach racjonalizacji zużycia energii, stan docelowy procesu termomodernizacji określa się na podstawie znajomości granicznych, kubaturowych wskaźników zużycia energii. W wynikach bilansu energetycznego, uzyskiwanych w sposób wskaźnikowy, nie uwzględnia się standardu i jakości wykonania przegród budowlanych, bez uwzględnienia zastosowanego zakresu termomodernizacji, a uzyskiwane tą drogą efekty energetyczne i w konsekwencji efekty ekologiczne, są uogólniane.

1. ANALIZA WSKAŹNIKÓW ZUŻYCIA ENERGII W BUDYNKACH

W celu zobrazowania różnic między szacunkowymi wskaźnikami zapotrzebowania na energię a wskaźnikami rzeczywistymi pochodzącymi z obliczeń, przeprowadzono analizę wyników audytów energetycznych 250 budynków, w tym budynków mieszkalnych jednorodzinnych, wielorodzinnych, budynków użyteczności publicznej (urzędów miast i gmin, starostw powiatowych i ośrodków zdrowia) oraz obiektów szkolnych (wolno stojących budynków szkół, przedszkoli, budynków szkolnych o rozbudowanej bryle).

Uzyskane rzeczywiste wskaźniki zużycia energii cieplnej pochodzą z audytów energetycznych wykonanych metodą szczegółową, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego [6].

Analizę przeprowadzono dla budynków wybudowanych przed 1985 rokiem, dla których przeciętne, normatywne, roczne zużycie energii na ogrzewanie powinno wynosić od 240 do 380 kWh/m² ogrzewanej powierzchni użytkowej. Z rysunku 1 wynika, że w rzeczywistości istnieje jednak duża rozbieżność wskaźników zużycia energii w stosunku do wartości uśrednionych dla poszczególnych typów budynków.



Rys. 1. Wskaźniki rocznego zużycia energii cieplnej W dla różnego rodzaju budynków, wybudowanych przed 1985 rokiem: a – budynki mieszkalne jednorodzinne, b – budynki mieszkalne wielorodzinne, c – obiekty szkolne, d – budynki użyteczności publicznej, ● – wartość średnia

Fig. 1. Indicators of the year consumption of heat energy W for different kind of buildings, built before 1985: a – one-family dwelling buildings, b – multi-family dwelling buildings, c – school buildings, d – public buildings, ● – average value

Zastosowanie wskaźników zużycia energii umożliwia uzyskanie jedynie orientacyjnych wielkości zapotrzebowania na energię ciepłą zespołu budynków i nie może stanowić podstawy do wyznaczania efektów energetycznych oraz analiz techniczno-ekonomicznych, dotyczących racjonalizacji zużycia energii.

2. INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA ZESPOŁU BUDYNKÓW

Sposób inwentaryzacji techniczno-budowlanej budynków, w proponowanej metodzie bilansowania potrzeb ciepłych, wyznaczania nakładów inwestycyjnych i wyznaczania efektów energetycznych i ekologicznych, wynikających z termomodernizacji zespołu budynków, polega na zebraniu istotnych danych dla każdego budynku, niezbędnych do:

- wykonania obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię ciepłą,
- wyznaczenia obliczeniowej mocy cieplnej,
- wykonania obmiaru wszystkich elementów konstrukcyjnych budynku, stanowiących źródło strat ciepła i jednocześnie potencjał oszczędności energii.

W celu inwentaryzacji poszczególnych obiektów, składających się na analizowany obszar miasta, opracowano karty inwentaryzacyjne, które są przeznaczone dla pojedynczych budynków i skonstruowane w sposób umożliwiający ich wypełnienie przez zarządcę lub właściciela budynku.

3. METODA BILANSOWANIA POTRZEB CIEPLNYCH ZESPOŁU BUDYNKÓW

Bilans cieplny budynku w warunkach sezonu grzewczego obejmuje:

- straty ciepła spowodowane przenikaniem przez przegrody pełne,
- straty ciepła spowodowane przenikaniem przez przegrody szklone,
- zużycie ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego,
- straty ciepła spowodowane wypromieniowaniem z zewnętrznej powierzchni przegród,
- zyski ciepła wynikające z promieniowania słonecznego przez przegrody pełne,
- zyski ciepła wynikające z promieniowania słonecznego przez przegrody szklone,
- eksploatacyjne (bytowe) zyski ciepła (przygotowanie posiłków, zyski od ludzi, oświetlenia, napędów, zyski od ciepłej wody użytkowej),
- zyski ciepła spowodowane przez urządzenia grzewcze,
- akumulacja ciepła w przegrodach budynku i elementach jego wyposażenia.

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania Q_h oblicza się jako różnicę strat ciepła oraz zysków ciepła spowodowanych słońcem i źródłami zewnętrznymi, z uwzględnieniem stopnia wykorzystania zysków ciepła

$$Q_h = \sum_m \dot{Q}_z + Q_w + Q_g + Q_a - \eta_z Q_{sw} + Q_i \quad (1)$$

gdzie:

- m – numer kolejnego miesiąca w sezonie grzewczym,
- $\dot{Q}_z$ – straty ciepła przez przegrody zewnętrzne, stykające się z powietrzem zewnętrznym, w m -tym miesiącu sezonu grzewczego,
- Q_w – straty ciepła przez przegrody wewnętrzne, do pomieszczeń przyległych o różnej temperaturze wewnętrznej, w m -tym miesiącu sezonu grzewczego,
- Q_g – straty ciepła przez podłogi do gruntu, w m -tym miesiącu sezonu grzewczego,
- Q_a – zużycie ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego, w m -tym miesiącu sezonu grzewczego,
- Q_{sw} – zyski ciepła słonecznego przez okna, w m -tym miesiącu sezonu grzewczego,
- Q_i – wewnętrzne zyski ciepła, w m -tym miesiącu sezonu grzewczego,
- η_z – współczynnik wykorzystania zysków.

We współczynniku wykorzystania zysków ciepła uwzględnia się akumulację ciepła i oblicza się go ze wzoru

$$\eta_z = 1 - e^{-\frac{1}{GLR}} \quad (2)$$

gdzie GLR – stosunek zysków do strat.

W proponowanej metodzie bilansowania potrzeb cieplnych zespołu budynków (wybranego obszaru miasta), wykorzystano sposób obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla pojedynczego budynku w standardowym sezonie grzewczym, przy obliczeniowych wartościach temperatury powietrza wewnętrznego, według PN-82/B-02402, przy temperaturze obliczeniowej zewnętrznej, według PN-82/B-02403 i strumienia powietrza wentylacyjnego, według PN-83/B-03430.

W zastosowanej metodzie wykorzystuje się informacje zawarte w kartach inwentaryzacyjnych i opracowanie algorytmu obliczeniowego w celu wyznaczenia:

- strat ciepła spowodowanych przenikaniem przez ściany, stropy i stropodachy,
- strat ciepła spowodowanych przenikaniem przez okna i drzwi zewnętrzne,
- strat ciepła przez podłogi do gruntu,
- zapotrzebowania ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego,
- sezonowych zysków ciepła wynikających z promieniowania słonecznego i zysków bytowych.

Źródło wzorów do wyznaczenia poszczególnych składników bilansu cieplnego proponowaną metodą stanowią: Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego [6], norma PN-B-02025:2001 dotycząca obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego [5], norma PN-B-03406:1994 dotycząca obliczania zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³ [4].

3.1. Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania grupy budynków (netto)

Sezonowe zapotrzebowanie na energię cieplną netto Q , (tj. bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego), obszaru miast/gmin, składającego się z n poszczególnych budynków, oblicza się ze wzoru

$$Q_0 = \sum_{i=1}^n Qp_{0,i} + Qok_{0,i} - \eta_{z,i} (Qsw_{0,i} + Qi_{0,i}), \text{ GJ/rok} \quad (3)$$

gdzie:

indeks 0 – stan obliczeń (0 – stan istniejący, 1 – po termomodernizacji);

indeks i – i -ty budynek z grupy budynków (A, B, C itd.), składających się na analizowany obszar miasta;

$Qp_{0,i}$ – sezonowe zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie, GJ/rok;

$Qok_{0,i}$ – sezonowe zapotrzebowanie na ciepło przez przenikanie przez okna i/lub drzwi zewnętrzne oraz zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania powietrza wentylacyjnego, GJ/rok;

- $Q_{sw_{0,i}}$ – sezonowe zyski ciepła wynikające z promieniowania słonecznego przez elementy przeszklone, GJ/rok;
 $Q_{i_{0,i}}$ – sezonowe wewnętrzne (bytowe) zyski ciepła, GJ/rok;
 $\eta_{z_{0,i}}$ – współczynnik wykorzystania zysków, obliczany ze wzoru (2), w którym stosunek zysków do strat GLR wyznacza się ze wzoru

$$GLR_{0,i} = \frac{Q_{sw_{0,i}} + Q_{i_{0,i}}}{Q_{p_{0,i}} + Q_{ok_{0,i}}} \quad (4)$$

3.2. Zapotrzebowanie na moc cieplną grupy budynków

Łączną obliczeniową moc cieplną grupy budynków q oblicza się ze wzoru

$$q_0 = \sum_{i=1}^n qp_{0,i} + qok_{0,i}, \text{ MW} \quad (5)$$

gdzie:

- indeks 0 – stan obliczeń (0 – stan istniejący, 1 – po termomodernizacji);
 indeks i – i -ty budynek z grupy budynków (A, B, C itd.), składających się na analizowany obszar miasta;
 $qp_{0,i}$ – zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat spowodowanych przenikaniem przez przegrody zewnętrzne lub przez przegrody między pomieszczeniem ogrzewanym i nieogrzewanym, MW;
 $qok_{0,i}$ – zapotrzebowanie na moc cieplną przez przenikanie i infiltrację powietrza przez okna i/lub drzwi zewnętrzne oraz zapotrzebowaniem na moc cieplną na podgrzanie powietrza wentylacyjnego, MW.

3.3. Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania grupy budynków (brutto)

Całkowite zapotrzebowanie na energię cieplną do ogrzewania budynku, z uwzględnieniem wpływu systemu grzewczego w rozpatrywanym budynku, jest nazywane zapotrzebowaniem na energię cieplną brutto lub zapotrzebowaniem na energię pierwotną. W proponowanej metodzie, sezonowe zapotrzebowanie na energię cieplną brutto Q_s , obszaru miast/gmin, składającego się z n poszczególnych budynków oblicza się ze wzoru

$$Q_{s_0} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{0,i} wt_{0,i} wd_{0,i}}{\eta_{0,i}} \right), \text{ GJ/rok} \quad (6)$$

gdzie:

- indeks 0 – stan obliczeń (0 – stan istniejący, 1 – po termomodernizacji);

- indeks i – i -ty budynek z grupy budynków (A, B, C itd.), składających się na analizowany obszar miasta;
- $Q_{0,i}$ – sezonowe zapotrzebowanie na energię cieplną netto i -tego budynku, wyznaczone według wzoru (3), GJ/rok;
- $wt_{0,i}$ – współczynnik eksploatacyjny systemu grzewczego i -tego budynku, uwzględniający przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia, przyjmowany według Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [6];
- $wd_{0,i}$ – współczynnik eksploatacyjny systemu grzewczego i -tego budynku, uwzględniający przerwy w ogrzewaniu w okresie doby, przyjmowany według Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [6];
- $\eta_{0,i}$ – sprawność ogólna systemu grzewczego i -tego budynku, ze wzoru (7).

Sprawność systemu grzewczego jest parametrem, charakteryzującym rozwiązanie i stan techniczny systemu grzewczego, wpływającym bezpośrednio na zużycie energii pierwotnej w poszczególnym budynku analizowanego obszaru.

Sprawność ogólna systemu grzewczego jest iloczynem sprawności składowych i wyznacza się ją ze wzoru

$$\eta_{0,i} = \eta_{0,i_w} \eta_{0,i_p} \eta_{0,i_r} \eta_{0,i_e} \quad (7)$$

gdzie:

- indeks 0 – stan obliczeń (0 – stan istniejący, 1 – po termomodernizacji);
- indeks i – i -ty budynek z grupy budynków (A, B, C itd.), składających się na analizowany obszar miasta;
- η_w – sprawność wytwarzania ciepła określana zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych wodnych niskotemperaturowych, gazowych oraz kotłów grzewczych stalowych o mocy grzewczej do 50 kW lub przyjmowana według Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [6] lub z dokumentacji technicznej;
- η_p – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą, dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana według Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [6] lub z dokumentacji technicznej;
- η_r – sprawność regulacji systemu grzewczego obliczana z wzoru (8) lub przyjmowana z dokumentacji technicznej;
- η_e – sprawność wykorzystania ciepła, przyjmowana według Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [6] lub z dokumentacji technicznej.

Sprawność regulacji systemu grzewczego jest składową sprawnością ogólnej charakteryzującą system regulacji instalacji grzewczej. Na jej wartość mają wpływ następujące czynniki:

- rodzaj systemu regulacji,
- stan techniczny urządzeń regulacyjnych,
- pojemność hydrauliczna instalacji.

Sprawność regulacji systemu grzewczego danego budynku wyznaczyć można ze wzoru

$$\eta_{0,i_r} = 1 - \left(1 - \eta_{0,i_{co}}\right)^{2 \cdot \sqrt{GLR_{0,i}}} \quad (8)$$

gdzie:

indeks 0 – stan obliczeń (0 – stan istniejący, 1 – po termomodernizacji);

indeks i – i -ty budynek z grupy budynków (A, B, C itd.), składających się na analizowany obszar miasta;

η_{co} – współczynnik regulacji wynoszący:

- co najmniej 0,75 dla systemów grzewczych z centralnym systemem regulacji, bez automatyki pogodowej i bez zaworów termostatycznych,
- co najmniej 0,85 dla systemów grzewczych z centralnym systemem regulacji, z automatyką pogodową lecz bez zaworów termostatycznych,
- nie więcej niż 0,95 dla systemów z elementami grzejnymi z zaworami termostatycznymi, o dużej bezwładności cieplnej,
- nie więcej niż 0,99 dla systemów z elementami grzejnymi z zaworami termostatycznymi, o znikomej bezwładności cieplnej,

GLR – stosunek zysków do strat ciepła wyznaczony ze wzoru (4).

4. METODA WYZNACZANIA EFEKTÓW ENERGETYCZNYCH ZESPOŁU BUDYNKÓW

Stosownie do metody bilansowania potrzeb ciepłych, metoda wyznaczania efektów energetycznych, wynikających z termomodernizacji, polega na wyznaczaniu jednostkowych strat mocy i energii cieplnej przez najistotniejsze składniki bilansu cieplnego poszczególnego budynku wchodzącego w skład analizowanej grupy budynków, dla stanu istniejącego i dla stanu docelowego (po termomodernizacji). Efekty energetyczne poszczególnych usprawnień termomodernizacyjnych stanowią różnicę między potrzebami cieplnymi stanów istniejącego i docelowego. Proponowana metoda służy do określenia stanu docelowego poszczególnych usprawnień termomodernizacyjnych w wyniku zastosowania analizy optymalizacyjnej. Jako kryterium wyboru optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego proponuje się zastosowanie wskaźnika czasu zwrotu nakładów *SPBT* (*Simple Pay Back Time*).

Za usprawnienie optymalne uznaje się takie, dla którego czas zwrotu nakładów, wyznaczany z wzoru (9), jest najkrótszy.

$$SPBT_i = \frac{N_i}{\Delta O_{r,i}}, \text{ lata} \quad (9)$$

gdzie:

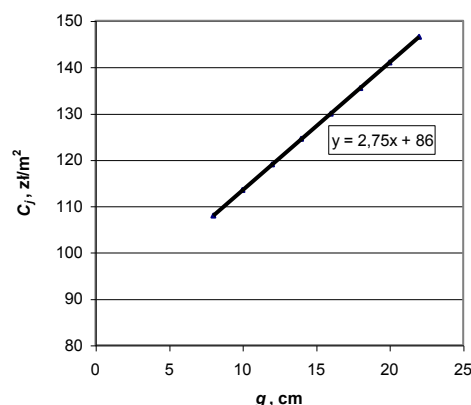
- N_i – nakłady inwestycyjne na i -te przedsięwzięcie termomodernizacyjne, zł;
 $\Delta O_{r,i}$ – roczne oszczędności, wynikające z wprowadzenia i -tego usprawnienia termomodernizacyjnego, zł/rok.

W proponowanej metodzie wyznaczania efektów energetycznych ujęto najistotniejsze, z uwagi na oszczędność energii, usprawnienia termomodernizacyjne:

- ocieplenie przegród zewnętrznych (ściany zewnętrzne, stropy, stropodachy),
- wymianę stolarki okiennej lub modernizację systemu wentylacji mechanicznej,
- modernizację systemu grzewczego.

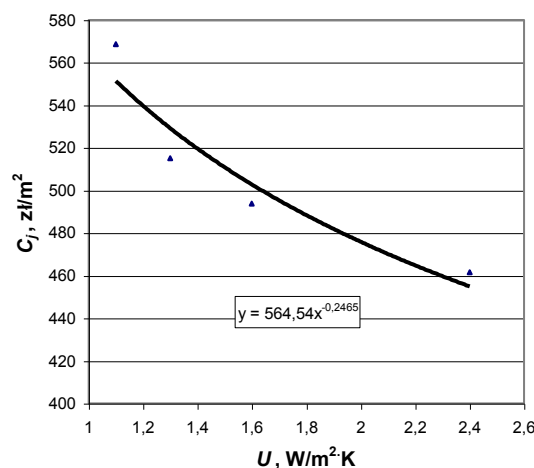
W celu wykonania analizy optymalizacyjnej wyboru usprawnień termomodernizacyjnych dla każdego przedsięwzięcia jest konieczna znajomość, między innymi zmienności nakładów inwestycyjnych w zależności od zmiany parametrów termoizolacyjnych, na przykład grubości warstwy materiału docieplającego, wartości współczynnika przenikania ciepła okien itp.

W proponowanej metodzie wyznaczania nakładów inwestycyjnych zakłada się wykorzystanie informacji zgromadzonych o każdym z budynków składających się na analizowany obszar. Informacje zebrane na kartach inwentaryzacyjnych stanowią podstawę do zbilansowania potrzeb cieplnych poszczególnego, pojedynczego obiektu oraz stanowią obmiar wielkości konstrukcyjnych budynku, będących przedmiotem prac termomodernizacyjnych. W proponowanej metodzie zakłada się także stworzenie baz danych z cenami jednostkowymi prac termomodernizacyjnych. Przekładowe zależności przedstawiono na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Ceny jednostkowe C_j ocieplenia ścian zewnętrznych metodą bezspoinową styropianem frezowanym, ($\lambda = 0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) w zależności od grubości materiału izolacyjnego g

Fig. 2. Unit prices C_j of outer walls warming with the closed junction method with the use of milled foamed polystyrene, ($\lambda = 0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) depending on the thickness of insulating material g



Rys. 3. Zależność cen jednostkowych C_j wymiany stolarki okiennej od współczynnika przenikania ciepła okien U

Fig. 3. Relation of unit prices C_j of replacement of windows to an overall heat-transfer coefficient U for windows

Nakłady inwestycyjne poszczególnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego stanowią iloczyn powierzchni analizowanej przegrody i ceny jednostkowej, odpowiadającej grubości materiału izolacyjnego, w przypadku ocieplenia przegród budowlanych lub iloczynowi powierzchni okien i ceny jednostkowej w przypadku ich wymiany. Pozostałe nakłady inwestycyjne związane z montażem urządzeń wentylacji grawitacyjnej (nawiewników okiennych, wywiewników itp.), a w szczególności nakłady związane z modernizacją mechanicznej wentylacji nawiewno-wywiewnej należy ustalać indywidualnie dla poszczególnego obiektu wchodzącego w skład analizowanej grupy budynków.

W proponowanej metodzie założono rozpoczęcie optymalizacji wyboru grubości materiału termoizolacyjnego od grubości, przy której opór cieplny i -tej przegrody R osiągnie wartość nie mniejszą niż przedstawioną w tablicy 1, w przypadku współfinansowania przedsięwzięć termomodernizacyjnych według Ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych [8]. W przypadku finansowania procesu termomodernizacji, bez uwzględniania ustawy [8], analizę optymalizacyjną należy rozpocząć od wyboru grubości materiału termoizolacyjnego, przy której analizowana przegroda zewnętrzna osiąga normatywne parametry ciepłochronności, określone w warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [7]. W przypadkach analizy wyboru optymalnej grubości materiału izolacyjnego, gdy funkcja $SPBT = f(g)$ (g – grubość materiału termoizolacyjnego) jest malejąca i nie osiąga minimum, maksymalną grubość docieplenia określają techniczne możliwości realizacji.

Tablica 1. Minimalny opór cieplny przegrody zewnętrznej po termomodernizacji w przypadku korzystania ze współfinansowania [8]

Rodzaj przegrody	Minimalna wartość oporu cieplnego przegrody $R_{\min}$, $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$
Ściana zewnętrzna	4,00
Stropodachy i stropy pod nieogrzewanym poddaszem lub przejazdem	4,50
Stropy nad nieogrzewanymi piwnicami i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi	2,00

W przypadku wyboru optymalnego rozwiązania wymiany stolarki okiennej lub drzwiowej, podobnie jak w przypadku termomodernizacji przegród zewnętrznych, sposób finansowania procesu termomodernizacji ma wpływ na wybór rozwiązania.

W przypadku współfinansowania przedsięwzięć termomodernizacyjnych według Ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych [8], okna wybrane w wyniku analizy optymalizacyjnej muszą charakteryzować się współczynnikami przenikania ciepła o wartości nie mniejszej niż przedstawiono w tablicy 2. W przypadku finansowania termomodernizacji poza ustawą [8], o wyborze optymalnego wariantu w zakresie wymiany stolarki okiennej lub modernizacji wentylacji powinno decydować wyłącznie kryterium ekonomiczne, co znaczy, że rekomendowany do realizacji wariant, spośród wszystkich analizowanych, powinien charakteryzować się najkrótszym czasem zwrotu nakładów.

Tablica 2. Maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła okien po termomodernizacji w przypadku korzystania ze współfinansowania [8]

Wyszczególnienie	Maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła okna $U_{\max}$, $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$
Okna w ścianach dla I, II, III strefy klimatycznej	1,90
Okna w dachach dla I, II, III strefy klimatycznej	1,80
Okna w ścianach lub dachach dla IV i V strefy klimatycznej	1,70

W celu wyznaczenia efektów energetycznych, wynikających z modernizacji systemu grzewczego, należy dostosować nakłady inwestycyjne do jednostkowych efektów powodujących zwiększenie sprawności cząstkowych systemu grzewczego. Po zebraniu danych, w karcie inwentaryzacyjnej, należy indywidualnie dla każdego budynku przeprowadzić analizę możliwości modernizacji systemu grzewczego. Modernizacja każdorazowo będzie zależeć od możliwości finansowych inwestora, jednakże jej minimalny zakres musi być dostosowany do zmniejszonego zapotrzebowania na energię, wynikającą z zastosowanych usprawnień termomodernizacyjnych.

Przykładowe prace zwiększające wartość składowych systemu grzewczego zestawiono w tablicy 3.

Tablica 3. Przykładowe prace powodujące zwiększenie sprawności systemu grzewczego

Składowa sprawność systemu grzewczego	Przykładowe prace termomodernizacyjne zwiększające wartość sprawności składowej systemu grzewczego
Sprawność wytwarzania η_w	- modernizacja kotłowni - modernizacja węzła cieplnego
Sprawność przesyłania η_p	- wymiana przewodów rozdzielających i pionów instalacji c.o. - izolacja przewodów rozdzielających instalacji w pomieszczeniach nieogrzewanych - wymiana grzejników - płukanie chemiczne instalacji c.o.
Sprawność regulacji η_r	- działania zmniejszające bezwładność cieplną instalacji - montaż termostatycznych zaworów grzejnikowych - montaż podpionowych zaworów regulacyjnych - montaż automatyki sterującej pracą źródła ciepła, w tym automatyki pogodowej - zmniejszenie pojemności wodnej instalacji
Sprawność wykorzystania η_e	- zmiana lokalizacji pierwotnie błędnie usytuowanych grzejników - usunięcie zbędnych, nieujętych w projektowaniu, osłon grzejników - montaż ekranów zagrzejnikowych

Poza wyznaczeniem czasu zwrotu nakładów $SPBT_{co}$ poniesionych na modernizację systemu grzewczego, zgodnie z proponowaną metodą, wyznacza się wartość bieżącą netto NPV_{co} (*Net Present Value*), będącą wskaźnikiem opłacalności. Dodatnia wartość NPV_{co} jest ekonomicznym uzasadnieniem modernizacji systemu grzewczego w zaproponowanym zakresie. Sposób wyznaczenia NPV_{co} definiuje wzór

$$NPV_{co,A} = \sum_{t=1}^{15} \frac{1}{1+i} \Delta O_{r\ co,A} - N_{co,A}, \text{ zł} \quad (10)$$

gdzie:

indeks A – oznaczenie budynku w grupie budynków, np. A, B, C itd.;

i – stopa dyskonta;

t – oznaczenie roku;

$N_{co,A}$ – nakłady inwestycyjne związane z modernizacją systemu grzewczego poszczególnego budynku, zł;

$\Delta O_{r\ co,A}$ – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji systemu grzewczego w budynku A, zł/rok, wyznaczona ze wzoru

$$\Delta O_{r\ co,A} = \left(\frac{wt_{0,A} \cdot wd_{0,A}}{\eta_{0,A}} O_{z,0,A} - \frac{wt_{1,A} \cdot wd_{1,A}}{\eta_{1,A}} O_{z,1,A} \right).$$

$$\cdot Q_{0,A} + Q_{m,0,A} - O_{m,1,A} \cdot q_{0,A} \cdot 12 + (b_{0,A} - Ab_{1,A}) \cdot 12, \text{ zł/rok} \quad (11)$$

gdzie:

indeks 0 – stan obliczeń (0 – stan istniejący, 1 – po termomodernizacji);

indeks A – oznaczenie budynku w grupie budynków, np. A, B, C itd.;

indeks i – i-ty budynek z grupy budynków (A, B, C itd.), składających się na analizowany obszar miasta;

O_z – opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii wykorzystywanej do ogrzewania, odpowiadająca:

- opłacie za ciepło i zmiennej opłacie za usługi przesyłowe dla ogrzewania zdalaczynnego, zł/GJ,
- stawce opłaty zmiennej za przesłane paliwo zł/m³, przeliczonej na zł/GJ dla gazu,
- sumie stawek za energię czynną, systemową opłatę przesyłową i zmienny składnik stawki sieciowej, przeliczonej na zł/GJ dla energii elektrycznej,
- stawce opłaty zmiennej określonej według kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonej na zł/GJ dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem;

O_m – stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania, odpowiadająca:

- opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, zł/(MW·miesiąc) dla ogrzewania zdalaczynnego,
- składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na zł/(MW·miesiąc) dla gazu,
- składnikowi stałemu stawki sieciowej zł/(kW·miesiąc), przeliczonemu na zł/(MW·miesiąc) dla energii elektrycznej,
- składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonego zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, odniesionemu do mocy źródła, zł/(MW·miesiąc) dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem;

Ab – miesięczna opłata abonamentowa, zł/m-c;

$Q_{0,A}$ – sezonowe zapotrzebowanie na ciepło budynku A w stanie istniejącym, GJ/rok;

$q_{0,A}$ – obliczeniowa moc cieplna budynku A w stanie istniejącym, MW.

Sposób obliczania oszczędności kosztów energii, wynikających z modernizacji systemu grzewczego, ujmuje efekty pochodzące ze zwiększenia sprawności ogólnej systemu grzewczego i wpływ zmian cen jednostkowych ciepła, które mogą nastąpić w przypadku modernizacji źródła ciepła.

5. METODA WYZNACZANIA EFEKTÓW EKOLOGICZNYCH ZESPOŁU BUDYNKÓW

Istota proponowanej metody wyznaczania efektów ekologicznych polega na określeniu, dla każdego budynku z osobną, wchodzącego w skład analizowanego obszaru, zapotrzebowania na energię pierwotną i w konsekwencji rocznego zapotrzebowania na paliwo zużywane na cele grzewcze, dla stanu istniejącego i po termomodernizacji. Ilość paliwa zużywanego na cele grzewcze dla poszczególnego budynku wyznacza się z uogólnionego wzoru

$$B_{0,A} = \frac{Q_{s_{0,A}}}{Wd_A}, \text{ Mg/rok, m}^3/\text{rok, } 10^6\text{m}^3/\text{rok} \quad (12)$$

gdzie:

indeks 0 – stan obliczeń (0 – stan istniejący, 1 – po termomodernizacji);

indeks A – oznaczenie budynku w grupie budynków, np. A, B, C itd.;

$Q_{s_{0,A}}$ – sezonowe zapotrzebowanie na ciepło brutto (zapotrzebowanie na energię pierwotną), wyznaczone według [4];

Wd_A – wartość opałowa paliwa stosowanego do zaopatrzenia w ciepło budynku A, dla paliw stałych GJ/Mg, dla paliw ciekłych GJ/m³, dla paliw gazowych GJ/10⁶m³/rok.

Sposób wyznaczania emisji poszczególnej substancji zanieczyszczającej jest uzależniony od rodzaju paliwa, jego własności i technologii spalania. Zgodnie z proponowaną metodą należy wyznaczać emisję następujących zanieczyszczeń: pyłu, dwutlenku siarki, tlenku węgla, dwutlenku azotu, benzo/a/pirenu oraz wynikowo emisji równoważnej (ekwiwalentnej) jako uśrednionej miary oddziaływania budynku z jego systemem grzewczym na środowisko. Emisja równoważna $\bar{E}$ jest funkcją emisji poszczególnych substancji zanieczyszczających, a jej wartość obliczyć można ze wzoru

$$\bar{E}_{0,A} = 2,9 \cdot Ep_{0,A} + 0,5 \cdot Eco_{0,A} + 2,9 \cdot Eno_{20,A} + 1,0 \cdot Eso_{20,A}, \text{ kg/rok} \quad (13)$$

gdzie:

indeks 0 – stan obliczeń (0 – stan istniejący, 1 – po termomodernizacji);

indeks A – oznaczenie budynku w grupie budynków, np. A, B, C itd.;

Ep – emisja pyłu, kg/rok;

Eco – emisja tlenku węgla, kg/rok;

Eno_2 – emisja dwutlenku azotu, kg/rok;

Eso_2 – emisja dwutlenku siarki, kg/rok.

6. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA METODY BILANSOWANIA POTRZEB CIEPLNYCH I METODY WYZNACZANIA EFEKTÓW ENERGETYCZNYCH I EKOLOGICZNYCH

W celu zweryfikowania opracowanej metody bilansowania potrzeb ciepłych wykonano obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło i zapotrzebowania na moc cieplną według opracowanej metody i metodą szczegółową, zgodnie z [4, 5] i przy użyciu programu komputerowego Audytor 3.0.

Obliczenia wykonano dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego. Dane charakterystyczne budynku przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4. Dane charakterystyczne budynku

Wyszczególnienie	Wartość
Rok budowy	1955
Liczba kondygnacji	4
Liczba klatek schodowych	2
Liczba mieszkańców	60
Liczba mieszkań	24
Powierzchnia użytkowa, m ²	981,0
Kubatura, m ³	2655,0

Zbiorcze wyniki obliczeń i zestawienie porównawcze przedstawiono w tablicy 5.

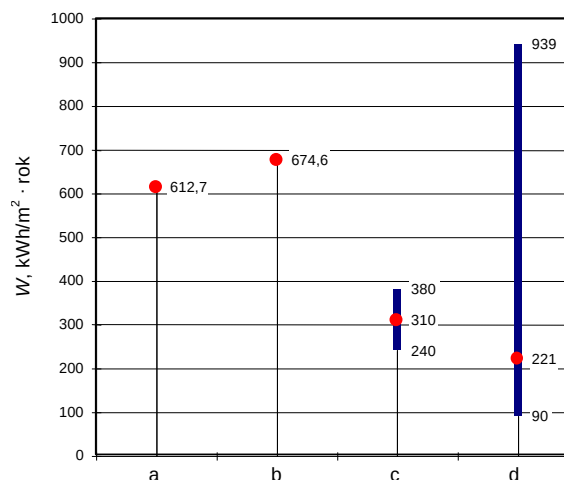
Tablica 5. Zestawienie wyników bilansu cieplnego

Wyszczególnienie	Jednostka	Metoda własna	Metoda szczegółowa	Różnica %
1	2	3	4	5
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło budynku netto	GJ/rok	708	779,5	10,1
Obliczeniowa moc cieplna budynku	kW	97,3	98,7	1,4
Wskaźnik zapotrzebowania na ciepło netto	kW·h/m ³ ·rok	87,2	96,0	10,1
	kWh/m ² ·rok	612,7	674,6	10,1
Wskaźnik zapotrzebowania na moc cieplną	W/m ³	43,1	43,8	1,6
	W/m ²	303,1	307,5	1,5

Z zestawienia (tabl. 5), wynika, że wartości bilansu potrzeb ciepłych, uzyskane zaproponowaną metodą, są zbliżone do wyników pochodzących z obliczeń szczegółowych. Obliczeniowe zapotrzebowanie mocy w obu przypadkach jest niemal identyczne, natomiast różnica w wynikach sezonowego zapotrzebowania na ciepło wynosi 10,1%, co w konsekwencji wykorzystania sezonowego zapotrzebowania na ciepło w audycie energetycznym obszaru gminy/miasta jest różnicą nieistotną.

Na rysunku 4 przedstawiono analizę porównawczą uzyskanych wskaźników zapotrzebowania na ciepło netto analizowanego budynku mieszkalnego, wielorodzinnego, na tle średnich wskaźników dla budownictwa mieszkaniowego i wskaźników pochodzących z audytów energetycznych rzeczywistych budynków. Kolumna 3 na rysunku 4 obrazuje zakres wskaźników zużycia ciepła budynków mieszkalnych wybudowanych przed 1985 rokiem, wynikających z ich energochłonności, przy

dotrzymaniu ówczesnych wymagań prawnych, dotyczących ochrony cieplnej budynków. Rzeczywiste wartości wskaźników powierzchniowych zużycia ciepła, pochodzące z próbki 153 bilansów ciepłych budynków mieszkalnych, wielorodzinnych i wybudowanych przed 1985 rokiem, przedstawiono na rysunku 4 w kolumnie d.



Rys. 4. Analiza porównawcza sezonowych wskaźników W zapotrzebowania na ciepło w odniesieniu do powierzchni użytkowej: a – metoda proponowana, b – metoda szczegółowa, c – metoda wskaźnikowa, d – wyniki z próbki 153 audytów, ● – wartość średnia

Fig. 4. Analyses comparing seasonal indicators W of heat demand in relation to useful area: a – proposed method, b – detailed method, c – indicator method, d – results from a sample of 153 audits, ● – average value

Wyniki zestawione na rysunku 4 dowodzą, że posługiwanie się wskaźnikami zapotrzebowania na ciepło, uniemożliwia uzyskanie wiarygodnych wyników sezonowych potrzeb ciepłych, a przede wszystkim zafałszowuje wyniki opłacalności realizacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Zbiorcze wyniki obliczeń jako dane wyjściowe do weryfikacji metody wyznaczania efektów energetycznych i ekologicznych oraz przeprowadzenia analizy optymalizacyjnej, według zaproponowanej metody, przedstawiono w kolumnie 3 tablicy 5.

W tablicy 6 zestawiono elementy konstrukcyjne budynku, które na podstawie analizy stanu ciepłochronności, przewidziano do termomodernizacji.

Tablica 6. Elementy konstrukcyjne budynku przewidziane do termomodernizacji

Rodzaj przegrody	Symbol przegrody	Powierzchnia m ²	Współczynnik przenikania ciepła U_0 , W/m ² ·K
Ściana zewnętrzna	Sz1	646,3	1,435
Stropodach	STD	263,7	0,996
Okna mieszkalne (skrzynkowe)	OK1	119,8	2,60
Okna na klatkach schodowych (pojedynczo szklone)	OK4	28,1	5,10

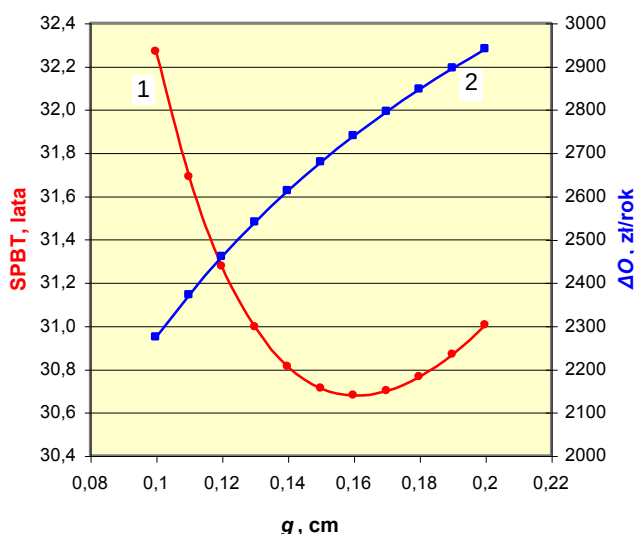
6.1. Optymalizacja wyboru wariantu polegającego na dociepleniu przegród zewnętrznych

Termomodernizację ścian zewnętrznych planuje się wykonać metodą bezspoinową z użyciem styropianu frezowanego o współczynniku przewodności cieplnej $\lambda = 0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

W optymalizacji zostaną wykorzystane zmiany nakładów inwestycyjnych w zależności od grubości materiału izolacyjnego, opisane zależnością $C_j = 2,75g + 86$.

Optymalizację wyboru grubości materiału izolacyjnego rozpoczęto od warstwy docieplającej wynoszącej 10 cm, dla której ściana termomodernizowana charakteryzuje się oporem cieplnym $R = 4,06 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$, czyli większym od wartości ustawowej (tabl. 1).

Na rysunku 5 przedstawiono zależność oszczędności kosztów energii i czasu zwrotu poniesionych nakładów od grubości materiału izolacyjnego.



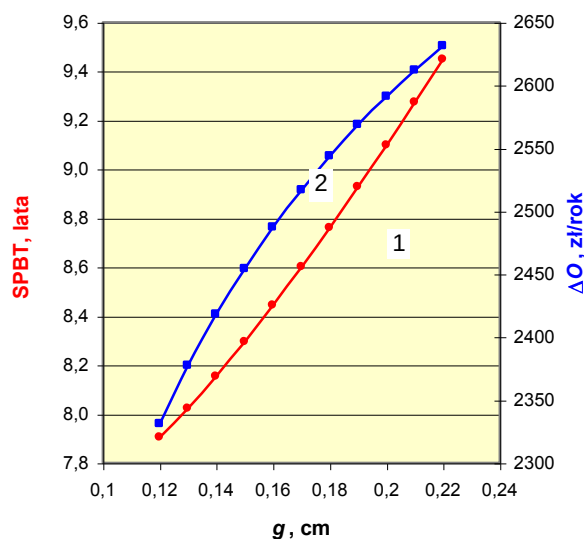
Rys. 5. Graficzna prezentacja optymalizacji wyboru usprawnienia polegającego na dociepleniu ścian zewnętrznych: SPBT – prosty czas zwrotu nakładów (1), ΔO – roczna oszczędność kosztów (2), g – grubość materiału izolacyjnego

Fig. 5. Graphical presentation of choice optimisation of improvement consisting in additional warming of outer walls: SPBT – simple time of cost reimbursement (1), ΔO – year cost saving (2), g – thickness of insulating material

Optymalną grubością izolacji jest 16 cm warstwa styropianu, dla której czas zwrotu nakładów jest najkrótszy i wynosi 30,7 lat.

W przypadku optymalizacji wyboru usprawnienia związanego z ociepleniem stropodachu STD zastosowano analogiczną metodę, jak w przypadku ocieplenia ścian zewnętrznych. Do ocieplenia stropodachu przewiduje się ułożenie styropianu typu PS-20 wraz z wykonaniem nowego pokrycia z papy termozgrzewalnej i obróbkami blacharskimi.

Zastosowana w analizie zależność nakładów inwestycyjnych od grubości materiału izolacyjnego $C_j = 2,44g + 40,6$ ujmuje wszystkie składniki wyceny proponowanej technologii docieplenia.



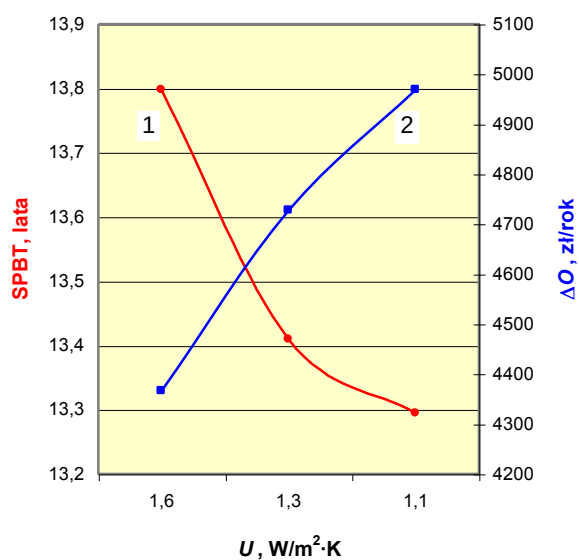
Rys. 6. Optymalizacja wyboru usprawnienia polegającego na ociepleniu stropodachu od zewnątrz styropianem z wykonaniem pokrycia papą termozgrzewalną i obróbkami blacharskimi; objaśnienia jak na rys. 5

Fig. 6. Choice optimisation of improvement, consisting in warming of ceiling-roof from the outer side with foamed polystyrene with covering of thermoweldable building paper and roof sheet works; explanations as for Fig. 5

Z rysunku 6 wynika, że w całym zakresie optymalizacji funkcja $SPBT = f(g)$ jest rosnąca. Optymalną grubością izolacji jest pierwsza z analizowanych grubości, tj. warstwa styropianu grubości 12 cm, dla której czas zwrotu nakładów jest najkrótszy i wynosi 7,9 lat.

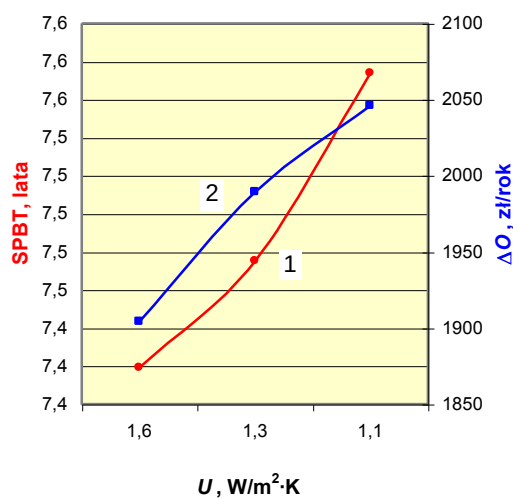
6.2. Optymalizacja wyboru wariantu polegającego na wymianie stolarki okiennej

W analizowanym budynku przewidziano do wymiany okna mieszkalne (OK1), skrzynkowe, podwójnie szklone o współczynniku $U = 2,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, a także okna na klatkach schodowych (OK4), pojedyncze o współczynniku $U = 5,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Stolarkę okienną wymienia się w celu ograniczenia zużycia ciepła przez przenikanie i ograniczenie zużycia ciepła i mocy cieplnej na podgrzanie powietrza nadmiernie infiltrującego przez nieszczelności. Założono wymianę istniejących okien na okna PCV z mikrouchyłem oraz szybą zespoloną jednokomorową. Wyniki wyboru optymalnego rodzaju okien w mieszkaniach OK1 przedstawiono na rysunku 7, natomiast na rysunku 8 – optymalizację wyboru okien na klatkach schodowych.



Rys. 7. Optymalizacja wymiany okien OK1 o współczynniku przenikania ciepła $U = 2,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; objaśnienia jak na rys. 5

Fig. 7. Optimisation of replacement of windows OK1 with an overall heat-transfer coefficient $U = 2.6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; explanations as for Fig. 5



Rys. 8. Optymalizacja wymiany okien OK4 o współczynniku przenikania ciepła $U = 5,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; objaśnienia jak na rys. 5

Fig.8. Optimisation of replacement of windows OK4 with an overall heat-transfer coefficient $U = 5.1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$; explanations as for Fig. 5

W przypadku okien w mieszkaniach OK1 optymalnym rozwiązaniem, charakteryzującym się najkrótszym czasem zwrotu $SPBT = 13,3$ lat, jest wymiana na okna

o współczynniku $U = 1,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, natomiast w przypadku okien OK4 usprawnieniem wskazanym jako optymalne są okna o współczynniku $U = 1,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ($SPBT_{\min} = 7,4$ lat). Z rysunków 7 i 8 wynika, że o przebiegu zmienności funkcji $SPBT = f(U)$ decydują parametry stolarki w stanie istniejącym, czyli potencjalne, możliwe do uzyskania efekty energetyczne.

6.3. Przykład wyznaczania efektów energetycznych, wynikających z modernizacji systemu grzewczego

W przykładowym budynku, na podstawie oceny istniejącego stanu, do modernizacji zakwalifikowano:

- wymianę grzejników, żeliwnych członowych na grzejniki stalowe konwektorowe,
- wymianę instalacji c.o. (piony i przewody rozprowadzające) na nową wykonaną z miedzi,
- montaż przygrzejnikowych zaworów termostatycznych,
- izolację przewodów rozprowadzających w piwnicach.

Uzyskane efekty jednostkowe w postaci zwiększenia sprawności cząstkowych zestawiono w tablicy 7.

Tablica 7. Efekty rzeczowe wynikające z modernizacji systemu grzewczego

Parametr uwzględniający wpływ modernizacji	Opis usprawnienia	Zmiana współczynnika
Sprawność wytwarzania	bez zmian	$\eta_w = 1,00$
Sprawność przesyłania	wymiana rurociągów, izolacja przewodów rozprowadzających	$\eta_p = 0,90 \rightarrow 0,95$
Sprawność wykorzystania	bez zmian	$\eta_e = 0,95$
Sprawność regulacji	wymiana grzejników, montaż zaworów termostatycznych z głowicami	$\eta_r = 0,78 \rightarrow 0,99$
Współczynnik uwzględniający przerwy w ogrzewaniu w okresie doby	osłabienie wynikające z zainstalowania zaworów termostatycznych z głowicami	$w_d = 1,00 \rightarrow 0,95$
Współczynnik uwzględniający przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia	bez zmian	$w_t = 1,00$

Efekty energetyczne i parametry ekonomiczne modernizacji systemu grzewczego zestawiono w tablicy 8.

Tablica 8. Efekty energetyczne i ekonomiczne modernizacji systemu grzewczego

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
Zmiana sprawności ogólnej systemu grzewczego η_{co}	–	$0,67 \rightarrow 0,89$
Roczna oszczędność ciepła, wynikająca z modernizacji systemu grzewczego ΔQ_{co}	GJ/rok	300,03
Nakłady inwestycyjne związane z z modernizacją systemu grzewczego N_{co}	zł	45500,0
Roczna oszczędność kosztów ciepła, wynikająca z modernizacji systemu grzewczego $\Delta O_{r\ co}$	zł/rok	7676,1
Czas zwrotu nakładów poniesionych na modernizację systemu grzewczego $SPBT_{co}$	lata	5,93
Wartość bieżąca netto NPV_{co}	zł	27416,4

6.4. Sumaryczne efekty energetyczne i ekologiczne, wynikające z termomodernizacji analizowanego budynku

Zgodnie z proponowaną metodą, po dokonaniu wyboru optymalnych usprawnień docieplenia „skorupy” budynku i wskazaniu zakresu modernizacji systemu grzewczego, bilans cieplny budynku wykonano po termomodernizacji. W tablicy 9 zestawiono zbiorcze wyniki tego bilansu.

Tablica 9. Zbiorcze zestawienie wyników bilansu cieplnego budynku dla stanu po termomodernizacji

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło budynku netto	GJ/rok	281,7
Obliczeniowa moc cieplna budynku	kW	36,9
Wskaźnik zapotrzebowania na ciepło netto	kWh/m ³ ·rok	34,7
	kWh/m ² ·rok	243,8
Wskaźnik zapotrzebowania na moc cieplną	W/m ³	16,3
	W/m ²	114,8
Sprawność ogólna systemu grzewczego	–	0,889
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło budynku z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerwami w ogrzewaniu (brutto)	GJ/rok	301,0
Wskaźnik zapotrzebowania ciepła brutto	kWh/m ³ ·rok	37,1
	kWh/m ² ·rok	260,4

Z różnicy zapotrzebowania na ciepło w przypadku budynku w stanie istniejącym i po termomodernizacji wyznaczono efekty energetyczne, które wraz z parametrami ekonomicznymi, charakteryzującymi proces termomodernizacji, zestawiono w tablicy 10.

Tablica 10. Parametry energetyczno-ekonomiczne procesu termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
Całkowite nakłady termomodernizacyjne N	zł	228 136,0
Roczna oszczędność energii pierwotnej (energia cieplna brutto) ΔQ	GJ/rok	755,5
Zmniejszenie mocy cieplnej Δq	MW	0,0604
Roczna oszczędność kosztów ciepła ΔO	zł/rok	24 479,4
Prosty czas zwrotu nakładów $SPBT$	lata	9,3
Wartość bieżąca netto NPV	zł	4 398,0

Zgodnie z proponowaną metodą wyznaczania efektów ekologicznych, dla stanu istniejącego i po termomodernizacji, określono emisję zanieczyszczeń. W przykładowym budynku, zasilanym w ciepło z systemu ciepłowniczego, emisja zanieczyszczeń jest generowana w źródle ciepła dostawcy. W obliczeniach przyjęto skuteczność odpylania urządzeń ochronnych $\eta_{odp} = 99,5\%$ i skuteczność odsiarczania wynoszącą $\eta_{odp} = 80\%$. Zbiorcze wyniki emisji zanieczyszczeń dla stanu istniejącego i po termomodernizacji przedstawiono w tablicy 11.

Tablica 11. Roczna emisja zanieczyszczeń spowodowana ogrzewaniem budynku, dla stanu istniejącego i po termomodernizacji

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
STAN ISTNIEJĄCY		
Pył całkowity	kg/rok	19,1
Dwutlenek siarki	kg/rok	109,5
Dwutlenek azotu	kg/rok	523,0
Tlenek węgla	kg/rok	24,0
Dwutlenek węgla	kg/rok	105 649
Benzo/a/piren	kg/rok	0,0005
Emisja równoważna (ekwiwalentna)	kg/rok	1693,4
STAN PO TERMOMODERNIZACJI		
Pył całkowity	kg/rok	5,4
Dwutlenek siarki	kg/rok	31,2
Dwutlenek azotu	kg/rok	149,0
Tlenek węgla	kg/rok	6,8
Dwutlenek węgla	kg/rok	30 096
Benzo/a/piren	kg/rok	0,0001
Emisja równoważna (ekwiwalentna)	kg/rok	482,4

Różnica w emisji poszczególnych substancji zanieczyszczających, między stanem istniejącym a po termomodernizacji, stanowi efekt ekologiczny. Uzyskane zbiorcze wyniki przedstawiono w tablicy 12.

Tablica 12. Efekty ekologiczne wynikające z termomodernizacji przykładowego budynku

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
Pył całkowity	kg/rok	13,6
Dwutlenek siarki	kg/rok	78,3
Dwutlenek azotu	kg/rok	374,0
Tlenek węgla	kg/rok	17,2
Dwutlenek węgla	kg/rok	75 553
Benzo/a/piren	kg/rok	0,0003
Emisja równoważna (ekwiwalentna)	kg/rok	1211,0

Względne efekty ekologiczne dla wszystkich zanieczyszczeń są jednakowe, wynoszą 71,5% i są proporcjonalne do zmniejszenia energii pierwotnej zużywanej na cele grzewcze w analizowanym budynku.

PODSUMOWANIE

1. Zastosowanie wskaźników zużycia energii do określenia wartości zapotrzebowania na energię ciepłą zespołu budynków umożliwia uzyskanie jedynie orientacyjnych wielkości i nie może stanowić podstawy analiz techniczno-ekonomicznych racjonalizacji zużycia energii. Wyznaczanie efektów energetycznych, wynikających z termomodernizacji analizowanego obszaru miasta z wykorzystaniem wskaźników zużycia energii jest obarczone dużym błędem, uniemożliwiającym podejmowanie decyzji inwestycyjnych. Wykorzystanie zaproponowanej metody pozwala na uży-

skanie dokładnych kosztów inwestycyjnych, efektów energetycznych, ekologicznych i ekonomicznych, co w konsekwencji umożliwia uzyskanie informacji o opłacalności inwestycji termomodernizacyjnej.

2. Wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło, według opracowanej metody, są zbliżone do wyników uzyskanych metodą szczegółową. Różnica w obliczeniowym zapotrzebowaniu na moc cieplną wynosi 1,4%, natomiast sezonowe zapotrzebowanie na ciepło, wyznaczone obiema metodami, różni się o 10,1% i w kontekście wykorzystania wyników bilansu w audycie energetycznym obszaru miasta jest dokładnością wystarczającą.
3. Przedstawiona metoda wyboru usprawnień termomodernizacyjnych umożliwia zastosowanie warunków Ustawy termomodernizacyjnej, przez co możliwe staje się wykorzystanie audytu poszczególnego budynku, wchodzącego w skład analizowanego obszaru, w celu pozyskania preferencyjnego finansowania z Ustawy termomodernizacyjnej [8].

Literatura

1. PN-82/B-02402. Ogrzewnictwo – Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.
2. PN-82/B-02403. Ogrzewnictwo – Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.
3. PN-83/B-03430. Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania.
4. PN-B-03406:1994. Ogrzewnictwo – Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³.
5. PN-B-02025:2001. Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego.
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 stycznia 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego (Dz. U. 12/2002, poz. 114).
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 75/2002, poz. 690).
8. Ustawa o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych z dnia 18.12.1998 r. (Dz. U. 162, poz. 121) wraz ze zmianami wg Ustawy z dnia 21.06.2001 r. (Dz. U. 7, poz. 808).

Recenzent: doc. dr hab. inż. Krzysztof Stańczyk

Ryszard Lach, Paweł Labaj, Jan Bondaruk, Antoni Magdziorz

MONITORING WÓD KOPALNIAŃYCH ODPROWADZANYCH DO RZEK

Streszczenie

Oddziaływanie górnictwa węgla kamiennego na jakość wód powierzchniowych jest postrzegane głównie jako wprowadzanie do środowiska zasolonych wód pochodzących z odwadniania kopalń, które wpływają na biocenozę rzek oraz ograniczają możliwości wykorzystania ich do celów gospodarczych.

Istotne znaczenie w ocenie stanu środowiska wodnego w zlewni górnej Wisły i Odry ma monitoring zasolonych wód odprowadzanych z kopalń węgla kamiennego. Stosowane sposoby monitorowania zrzutu zasolonych wód, pochodzących z odwadniania kopalń węgla kamiennego, spełniają wymogi obecnie obowiązującego prawa.

W artykule omówiono wady i zalety istniejących systemów monitoringu ilości i jakości wód dopływających do kopalń i odprowadzanych z kopalń do odbiorników powierzchniowych.

Na przykładach konkretnych kopalń przeanalizowano najczęściej stosowane sposoby monitorowania zrzutu zasolonych wód do odbiorników powierzchniowych. Zaproponowano, możliwe do zastosowania, systemy monitoringu ilości i jakości zasolonych wód z odwadniania zakładów górniczych oraz sposób udostępniania wyników monitoringu.

W konkluzji stwierdzono, że zasadniczą rolę w ograniczaniu zasilania Wisły i Odry oraz ich dopływów będą spełniały proponowane i realizowane systemy hydrotechniczne. Rozwiązania te wymagają opracowania systemów ciągłego monitorowania zarówno ilości, jak i jakości zrzucanych wód, a także monitoringu rzek przed i za zrzutem z kopalń. Prace nad takimi rozwiązaniami są prowadzone w kopalniach nadwiślańskich (system hydrotechniczny „Mała Wisła”) i w Rybnicko-Jastrzębskim Okręgu Węglowym (Kolektor „Olza”).

Uważa się, że opracowanie dla każdej kopalni z osobna i dla sektora węglowego jako całości, systemu ciągłego monitoringu jakościowo-ilościowego zrzutu zasolonych wód kopalnianych jest przedwczesne. Dotyczy to przede wszystkim ciągłego monitoringu jakościowego, w miejsce analiz fizykochemicznych, dotychczas wykonywanych w laboratoriach.

Monitoring of mine waters drained to rivers

Abstract

An impact of coal mining on a quality of surface waters is mainly seen as draining of salt waters, coming from drainage of hard coal mines, which influences biocenosis of rivers and limits possibilities of their use for economic aims.

A monitoring of salt waters drained from hard coal mines is of a significant importance for an assessment of the condition of aquatic environment in upper Vistula and Oder basins.

Appropriate methods of drain monitoring of salt waters, coming from drainage of hard coal mines, fulfil demands of the law currently in force.

In the paper weaknesses and advantages are discussed of existing systems for monitoring of quantity and quality of waters flowing up to mines and drained from mines to surface receivers.

On examples of particular mines the most frequently used ways of monitoring of the salt waters drain to surface receivers were analysed. Possible to use systems of monitoring of salt waters quantity and quality from drainage of mining enterprises and ways of dissemination the results of monitoring were proposed.

In conclusion, it was stated that essential role in reducing the salinification of Vistula and Oder rivers and their tributaries is to be fulfilled by proposed and realised hydrotechnical systems. These solutions need developing of continuous monitoring systems both in quantity and quality of drained waters, as well as monitoring rivers up and down from the point of mine waters drain. The works on such solutions are realised in mines of the Vistula basin (hydrotechnical system "Little Vistula") and in Rybnik-Jastrzębie Coal Mining Region („Olza” Collector).

It is considered that development, for every mine separately and for coal mining sector as a whole, of a system of continuous quantity-quality monitoring of mine salt waters drain is premature. First of all it concerns continuous quality monitoring in the place of laboratory physico-chemical analyses as realised hitherto.

WPROWADZENIE

Oddziaływanie górnictwa węgla kamiennego na jakość wód powierzchniowych jest postrzegane głównie przez wprowadzanie przez kopalnie zasolonych wód, które wpływają na biocenozę rzek, ograniczając możliwości wykorzystania ich do celów gospodarczych (Sektorowa ocena... 2000; Magdziorz, Lach 2001).

Ilość i jakość wód dopływających do poszczególnych kopalń zależy od lokalnych warunków hydrogeologicznych, głębokości kopalń oraz ilości i rozmieszczenia drenujących wyrobisk górniczych. Jakość dopływających wód jest ściśle związana z charakterem utworów nadkładowych oraz z głębokością wyrobisk górniczych. Kopalnie usytuowane w górotworze piaskowcowym charakteryzują się z reguły większymi dopływami niż kopalnie eksploatujące pokłady węgla w górotworze o przewadze iłowców. Dopływy do wyrobisk z reguły maleją wraz z ich głębokością (Magdziorz, Lach 2001).

1. PRZEPISY DOTYCZĄCE MONITOROWANIA DOPŁYWÓW I ZRZUTÓW ZASOLONYCH WÓD KOPALNIANYCH, POCHODZĄCYCH Z ODWADNIANIA ZAKŁADÓW GÓRNICZYCH, DO ODBIÓRNIKÓW POWIERZCHNIOWYCH

Uregulowania prawne związane z monitorowaniem wód kopalnianych są zawarte w następujących przepisach:

- a) Z uwagi na zagrożenia wodne obowiązek monitorowania dopływów wód do kopalni określa Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych [9].

Rozdział 6 – Zagrożenia wodne § 373

1. W zakładzie górniczym należy wykonywać, nie mniej niż dwa razy w roku, pomiar dopływu wód do wyrobisk, a co najmniej raz w roku – analizę chemiczną tych wód.
2. Zakład górniczy powinien posiadać odpowiedni do przewidywanego dopływu wód system odwadniania, zabezpieczający wyrobiska przed zatopieniem.

3. W zakładzie górnictwym, w którym występują zagrożenia wodne, powinny być prowadzone obserwacje hydrogeologiczne w zakresie ustalonym przez geologa górnictwego.

Dokładny monitoring dopływów daje podstawowe informacje pozwalające na określenie potencjalnych zagrożeń wodnych oraz zasobów naturalnych wód podziemnych mogących stanowić potencjalne źródło ich gospodarczego wykorzystania. Z tego względu w kopalniach, w zależności od ich sytuacji hydrogeologicznych, pomiary ilościowo-jakościowe dopływów są z reguły prowadzone częściej niż określa to wyżej wymienione rozporządzenie.

- b) Naturalne wody podziemne pochodzące z odwadniania zakładów górnictwych, w polskim prawodawstwie (Prawo wodne i Prawo ochrony środowiska), zaliczone zostały do ścieków, w związku z powyższym obowiązują je przepisy ich dotyczące [11, 12].

I tak, obowiązek pomiaru ilości i jakości wód odprowadzanych do odbiorników powierzchniowych nakłada ustawa Prawo wodne z 18 lipca 2001 r. z późn. zm., Dz. U. nr 115, poz. 1229.

Art. 46

3. Obowiązki w zakresie pomiarów ilości i jakości ścieków wprowadzanych do wód lub do ziemi określają przepisy ustawy Prawo ochrony środowiska.
4. Zakłady wprowadzające ścieki do wód lub do ziemi mogą zostać obowiązane do prowadzenia pomiarów jakości:
 - 1) wód powierzchniowych powyżej i poniżej miejsca zrzutu ścieków,
 - 2) wód podziemnych.

Art. 128

1. W pozwoleniu wodnoprawnym ustala się cel i zakres korzystania z wód, warunki wykonywania, uprawnienia oraz obowiązki niezbędne ze względu na ochronę zasobów środowiska, interesów ludności i gospodarki, a w szczególności:
 - 1) ilość pobieranej lub odprowadzanej wody, w tym maksymalną ilość m^3 na godzinę i średnią ilość m^3 na dobę,
 - 1a) sposób gospodarowania wodą, w tym charakterystyczne rzędne piętrzenia oraz przepływy,
 - 2) ograniczenia wynikające z konieczności zachowania przepływu nienaruszalnego,
 - 3) ilość, stan i skład ścieków wykorzystywanych rolniczo,
 - 4) ilość, stan i skład ścieków wprowadzanych do wód, do ziemi lub do urządzeń kanalizacyjnych, albo minimalny procent redukcji zanieczyszczeń w procesie oczyszczania ścieków, a w przypadku ścieków przemysłowych, jeżeli jest to uzasadnione, dopuszczalne ilości zanieczyszczeń, zwłaszcza ilości substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, wyrażone w jednostkach masy przypadających na jednostkę wykorzystywanego surowca, materiału, paliwa lub powstającego produktu,

- 8) niezbędne przedsięwzięcia ograniczające negatywne oddziaływanie na środowisko,
 - 9) sposób i zakres prowadzenia pomiarów ilości i jakości ścieków wprowadzanych do wód, do ziemi lub do urządzeń kanalizacyjnych, albo wykorzystywanych rolniczo, o ile wykraczają one poza wymagania wynikające z przepisów, o których mowa w art. 45 ust. 1 pkt. 3 i ust. 2, albo z przepisów odrębnych.
2. W razie potrzeby w pozwoleniu wodnoprawnym dodatkowo ustala się obowiązek:
- 1) prowadzenia pomiarów jakości wód podziemnych oraz wód płynących poniżej i powyżej miejsca zrzutu ścieków, z określeniem częstotliwości i metod tych pomiarów.

Art. 132

5. Operat, na podstawie którego wydaje się pozwolenie wodnoprawne na wprowadzanie ścieków do wód, ziemi lub do urządzeń kanalizacyjnych, oprócz odpowiednich danych, o których mowa w ust. 2 i 3, zawiera:
- 1a) określenie ilości, stanu i składu ścieków lub minimalnego procentu redukcji zanieczyszczeń w ściekach lub – w przypadku ścieków przemysłowych – dopuszczalnych ilości zanieczyszczeń, w szczególności ilości substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, wyrażone w jednostkach masy przypadających na jednostkę wykorzystywanego surowca, materiału, paliwa lub powstającego produktu oraz przewidywany sposób i efekt ich oczyszczania,
 - 1b) wynik pomiarów ilości i jakości ścieków, jeżeli ich przeprowadzenie było wymagane,
 - 2) opis instalacji i urządzeń służących do gromadzenia, oczyszczania oraz odprowadzania ścieków,
 - 3) określenie zakresu i częstotliwości wykonywania wymaganych analiz odprowadzanych ścieków oraz wód podziemnych lub wód powierzchniowych powyżej i poniżej miejsca zrzutu ścieków,
 - 4) opis urządzeń służących do pomiaru oraz rejestracji ilości, stanu i składu odprowadzanych ścieków,
 - 5) opis jakości wody w miejscu zamierzonego wprowadzania ścieków,
 - 6) informację o sposobie zagospodarowania osadów ściekowych.
8. Do operatu, na podstawie którego wydaje się pozwolenie wodnoprawne na pobór wód podziemnych oraz na odwodnienie zakładu górniczego lub obiektu budowlanego za pomocą otworów wiertniczych, dołącza się dokumentację hydrogeologiczną.
9. Organ właściwy do wydania pozwolenia wodnoprawnego może odstąpić od niektórych wymagań dotyczących operatu, z wyjątkiem wymagań, o których mowa w ust. 8.
- c) Ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. z późn. zm., Dz. U. Nr 62, poz. 627.

Art. 287

1. Podmiot korzystający ze środowiska powinien prowadzić, aktualizowaną co kwartał, ewidencję zawierającą odpowiednio:
 - informacje o ilości i jakości pobranej wody powierzchniowej i podziemnej,
 - informacje o ilości, stanie i składzie ścieków wprowadzanych do wód lub do ziemi,
 - informacje o wielkości, rodzaju i sposobie zagospodarowania terenu, z którego są odprowadzane ścieki, o których mowa w art. 3 pkt. 38 lit. c).

Art. 314

1. Podstawą stwierdzenia przekroczenia ilości, stanu lub składu ścieków są wyniki trzykrotnych w ciągu godziny pomiarów stanu lub składu ścieków, przy czym:
 - zasad ustalania wielkości przekroczenia, o których mowa w ust. 1 i 2, nie stosuje się w przypadku prowadzenia ciągłego pomiaru ilości, stanu lub składu ścieków,
 - przekroczenie ilości i składu ścieków wyraża się ilością substancji wprowadzanych do wód lub do ziemi z naruszeniem pozwolenia,
 - przekroczenie stanu ścieków wyraża się ilością ścieków wprowadzanych do wód lub do ziemi z naruszeniem warunków pozwolenia.

Art. 349

1. Kto, będąc obowiązany na podstawie:
 - art. 175 ust. 1 – do prowadzenia okresowych pomiarów poziomów w środowisku wprowadzanych substancji lub energii,
 - art. 175 ust. 2 – do prowadzenia ciągłych pomiarów poziomów w środowisku wprowadzanych substancji lub energii,
 - art. 175 ust. 3 – do przeprowadzenia pomiarów poziomów w środowisku wprowadzanych substancji lub energii w związku z eksploatacją obiektu przebudowanego,
 - nie wykonuje tych obowiązków lub nie przechowuje wyników pomiarów w wymaganym okresie, **podlega karze grzywny.**
2. Tej samej karze podlega ten, kto, będąc obowiązany w drodze decyzji, wydanej na podstawie art. 178, ust. 1–3, do prowadzenia w określonym czasie pomiarów lub ich przedkładania, nie spełnia tego obowiązku, a także kto nie przechowuje wyników tych pomiarów w wymaganym okresie.

2. PRZYJĘTE FORMY ORAZ TRYB PRZEKAZYWANIA DANYCH POMIAROWYCH WŁAŚCIWYM ORGANOM ADMINISTRACJI, W CELU NALICZENIA OPŁAT ZA SZCZEGÓLNE KORZYSTANIE Z WÓD

Zgodnie z Prawem ochrony środowiska kopalnie są zobowiązane do samodzielnego obliczania opłat i kwartalnego uiszczania ich na konto Urzędu Marszałkowskiego. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, właściwy terytorialnie dla kopalni, weryfikacyjnie kontroluje prawdziwość informacji złożonej do Urzędu Marszałkowskiego.

3. ISTNIEJĄCE SYSTEMY MONITORINGU ILOŚCI I JAKOŚCI WÓD DOPŁYWAJĄCYCH DO KOPALNI

W każdej kopalni znajdują się odpowiednio wyposażone własne punkty pomiarowe stężeń zanieczyszczeń oraz ilości wód kopalnianych dopływających do wyrobisk górniczych.

Jeden z trudniejszych problemów w hydrogeologii kopalnianej stanowią pomiary ilości wody dopływającej do wyrobisk górniczych. Wynika to przede wszystkim ze zróżnicowanych warunków przeprowadzania pomiarów. Wody przedostają się do wyrobisk górniczych w postaci wykropleń lub nieregularnych wycieków ze stropu lub ociosów wyrobisk korytarzowych, wypływają z zawału lub z podsadzki itp. Zawierają z reguły zawiesiny mechaniczne, powodujące zanieczyszczenie dróg spływu i ewentualnych urządzeń pomiarowych. W takiej sytuacji pomiar lub oszacowanie wydajności oderwanych strug wody wypływającej ze szczelin w stropie lub ociosach, z otworów wiertniczych lub rurociągów jest bardzo skomplikowane (Magdziorz, Lach 2001).

Pomiary dopływów wód kopalnianych przeprowadza się różnymi metodami, przeważnie jednak metodą pomiaru prędkości (metoda pływakowa) lub metodą pomiaru naczyniem. Rodzaj zastosowanej metody wynika z warunków lokalnych, jakie występują w wyrobisku, w którym jest odprowadzana woda.

Suma ilości wód z poszczególnych dopływów jest sprawdzana przez pomiar ilości wód na podstawie pracy pomp głównego odwadniania.

3.1. Pomiary dopływów wód kopalnianych metodą pomiaru prędkości (metoda pływakowa)

Pomiar ten stosuje się wtedy, gdy jest możliwe skierowanie strugi wody płynącej przekopem do ściśle zwymiarowanego koryta lub kanału ściekowego. Metoda pomiaru polega na:

- odsłonięciu koryta lub kanału ściekowego oraz wyrównaniu lub wyczyszczeniu dna koryta z grubszych elementów, które mogą powodować zawirowania strugi płynącej wody,
- określeniu długości odcinka pomiarowego,
- pomiarze przekroju kanału (szerokości kanału i wysokości lustra wody) na wlocie i wylocie odcinka pomiarowego,
- pomiaru czasu przepływu pływaka na odcinku pomiarowym.

Pomiar jest wykonywany przeważnie za pomocą:

- chronometru o dokładności 0,2 s,
- taśmy mierniczej o dokładności 0,5 cm,
- listwy rozkładanej (całówki) o dokładności 0,1 cm,
- pływaka drewnianego.

3.2. Pomiary dopływów wód kopalnianych metodą pomiaru naczyniem

Do pomiaru stosuje się najczęściej beczkę stalową o pojemności 200 dm³, zawieszoną na łańcuchu zamontowanym w stropie wyrobiska. Pomiar polega na chwilowym wprowadzaniu beczki w strugę płynącej wody i ujmowaniu całości wody. Po usunięciu beczki spod strugi, w centralnym jej punkcie jest mierzona wysokość lustra wody, jaka wpływała do niej w jednostce czasu.

Pomiar wykonuje się z reguły, czterokrotnie i określa się:

- wymiary naczynia pomiarowego (średnicę beczki),
- wysokość h lustra wody, jaka wpłynęła w jednostce czasu do naczynia pomiarowego,
- czas napełnienia naczynia.

Z przeprowadzonych pomiarów sporządza się protokół. Wyniki pomiarów, wykonanych w poszczególnych punktach pomiarowych, stanowią załącznik do protokołu.

3.3. Pomiar ilości wód na podstawie pracy pomp głównego odwadniania kopalni

Pomiar ten jest stosowany niezależnie od posiadanych innych urządzeń pomiarowych (np. przepływomierzy).

Podstawą pomiarów ilości odprowadzanych wód kopalnianych jest czas pracy pomp głównego odwadniania w pompowniach na poszczególnych poziomach kopalni. Jest on rejestrowany na każdej zmianie, przez pracowników poszczególnych pompowni w „Dzienniku ruchu pompowni odwadniania głównego”.

W celu obliczenia ilości odprowadzanych wód, dwa razy w roku (zazwyczaj na podstawie czerwca – za pierwsze półrocze oraz listopada lub grudnia – za drugie półrocze) określa się średni dobowy czas pracy pomp, przy uwzględnieniu ich sprawności stanowiącej 80% maksymalnej wydajności

$$Q_d = T Q_{\text{pomp}} \cdot 0,8$$

gdzie:

- Q_d – ilość wody wypompowanej w ciągu doby, m³/d;
- T – czas pompowania w ciągu doby, min/d;
- 0,8 – przyjęta sprawność pompy;
- Q_{pomp} – maksymalna wydajność pompy, m³/min.

W analizowanym miesiącu sumuje się czasy pracy pomp. Wyniki są podawane jako średnie dobowe [m³/d]. Po odliczeniu wód zużywanych przez kopalnie do celów własnych (zraszanie, ochrona p.poż, zużycie w zakładzie mechanicznej przeróbki węgla, do sporządzania mieszanin z pyłami dymnicowymi) oraz utylizacji wód do celów pitnych, sprzedaży wód, uzyskuje się ilości wód odprowadzanych do odbiorników powierzchniowych.

4. POMIARY IŁOŚCI I JAKOŚCI WÓD ODPROWADZANYCH DO ODBIORNIKÓW POWIERZCHNIOWYCH

W każdej kopalni znajdują się odpowiednio wyposażone punkty pomiarowe stężeń zanieczyszczeń oraz ilości wód kopalnianych odprowadzanych do odbiorników powierzchniowych oraz zaplecze laboratoryjne lub zleca się prowadzenie takich pomiarów.

Poniżej – na przykładach – przedstawiono najczęściej stosowane w kopalniach sposoby monitorowania zrzutów zasolonych wód do odbiorników powierzchniowych.

Przykład I

Pomiar ilości i jakości wód, odprowadzanych do cieku powierzchniowego, na podstawie czasu pracy pomp głównego odwadniania oraz analiz fizykochemicznych, w kopalni „Ziemowit” (Lach, Magdziorz 2004).

1. Zasolone wody kopalniane z kopalni „Ziemowit”, pompowane na powierzchnię z poz. II-500 i poz. III-650, są doprowadzane rurociągiem stalowym ϕ 1000 mm do osadnika ziemnego o pojemności 290 000 m³, gdzie następuje ich oczyszczenie z zawiesiny na drodze sedymentacji naturalnej. Z osadnika wody te są odprowadzane do Potoku Goławieckiego – lewobrzeżnego dopływu Wisły, w km 9 + 175 (początek potoku).
2. Ilość odprowadzanych wód jest ustalana w okresach miesięcznych na podstawie pomiarów wielkości dopływu wód do wyrobisk dołowych, prowadzonych przez geologa górniczego metodą pływakową i wolumetryczną oraz na podstawie czasu pracy systemów pompowych głównego odwadniania.
3. Kontrola jakości wód słonych, odprowadzanych z osadnika, przedstawia się następująco:
2 razy w tygodniu jest oznaczane analitycznie stężenie chlorków i zawiesiny,
2 razy w miesiącu jest oznaczane analitycznie stężenie siarczanów,
raz w miesiącu jest przeprowadzana pełna analiza fizykochemiczna,
raz w kwartale jest przeprowadzana analiza radiochemiczna.

Analizy fizykochemiczne wód są wykonywane w Laboratorium Chemicznym kopalni „Ziemowit”, natomiast analizy radiochemiczne w Laboratorium Radiometrii Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach.

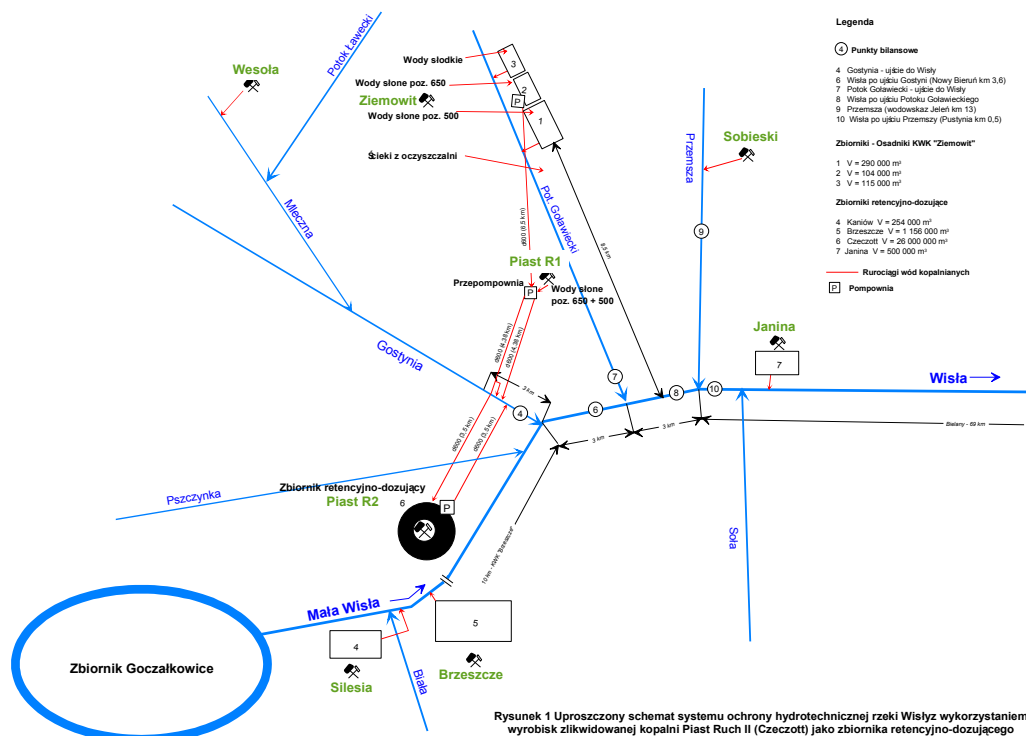
Punktami kontrolnymi do badania jakości wód słonych, odprowadzanych na powierzchnię, są:

- kolektor doprowadzający wody do osadnika $V_c = 290\,000\text{ m}^3$,
- kolektor odprowadzający wody z osadnika $V_c = 290\,000\text{ m}^3$,
- Potok Goławiecki poniżej zrzutu wód kopalnianych, przy ujściu do rzeki Wisły.

Wielkość odprowadzanego ładunku $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ jest obliczana miesięcznie na podstawie ilości wód słonych (pkt 2) oraz uśrednionego z ww. analiz stężenia Cl^- i SO_4^{2-} . Próby wód do analizy są pobierane przez inspektora działu ochrony środowiska.

Roczny koszt analiz fizykochemicznych i radiochemicznych wynosi około 10 tys. zł.

Przedstawiony powyżej sposób monitorowania zrzutów wód kopalnianych ulegnie zmianie po wprowadzeniu systemu hydrotechnicznego „Mała Wisła”, gdyż zmieni się kierunek zrzutu zasolonych wód z poziomu 600 do rzeki Gostyni. Uproszczony schemat systemu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Uproszczony schemat systemu ochrony hydrotechnicznej rzeki Wisły z wykorzystaniem wyrobisk zlikwidowanej kopalni Piast Ruch II (Czeczott) jako zbiornika retencyjno-dozującego

Fig. 1. A simplified layout of hydro-technological system of Vistula River protection with the use of workings of liquidated Mine Piast Ruch II (Czeczott) as a retention/dosage reservoir

Przykład II

Monitoring zrzutu zasolonych wód z kopalni przez zbiornik retencyjno-dozujący w kopalni „Brzeszcze” (Lach, Magdziorz, Caruk 2001).

1. Ilość zasolonych wód, odprowadzanych z kopalni „Brzeszcze” przez zbiornik retencyjno-dozujący do Wisły, jest określana na podstawie pracy pomp i pomiarów hydrogeologicznych oraz wykresu pojemności zbiornika, będącej funkcją wysokości lustra wody. Wykres został sporządzony przez służbę mierniczą kopalni po wykonaniu precyzyjnych pomiarów wysokości dna i obwałowań zbiornika. Ilości wód zasolonych obliczane podanymi wyżej dwoma sposobami są zgodne.
2. Miejsce zrzutu wód do odbiornika powierzchniowego: 19,555 km – rzeka Mała Wisła.
3. Miejsca pomiaru ilościowego i jakościowego wód odprowadzanych:
 - pomiar ilościowy – pompownie wód słonych w kopalni na poz. 430 i 512 m,
 - pomiar jakościowy – kanał dopływu do zbiornika i odpływowy ze zbiornika do Wisły.

4. Sposób określenia stężeń chlorków i siarczanów oraz ładunków tych jonów: w czasie zrzutu wody ze zbiornika do Wisły są wykonywane analizy 1–2 razy na dobę (chlorków oraz zawiesiny) w kopalnianym laboratorium wodnym oraz raz w kwartale analizy stężeń chlorków, siarczanów, BZT₅ i zawiesiny w Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach.

Ilość wody magazynowej w zbiorniku bilansuje się z wodą wypompowywaną z dołu i wodami z opadów atmosferycznych.

Przykład III

System ciągłego monitoringu jakościowo-ilościowego zasolonych wód kopalnianych odprowadzanych z kopalni „Knurów” (Potempa 1995).

1. W przypadku kopalni „Knurów” wody kopalniane są wypompowywane na powierzchnię z poziomów: 450, 550 m na Polu Wschodnim, 650 i 850 m na Polu Zachodnim.

Odwadnianie kopalni na Polu Wschodnim odbywa się z poziomu 550 m, na który grawitacyjnie dopływają wody z naturalnego dopływu z poziomu 450 m. Wody te są wstępnie oczyszczane w dwóch chodnikach wodnych pracujących na przemian. Woda z poziomu 550 m (łącznie z wodą z poziomu 450 m) jest przekazywana szybem „Jan” na powierzchnię do osadnika wód kopalnianych. Po sklarowaniu w osadniku woda dopływa do rowu i nim jest odprowadzana do rzeki Czarnawki, nazwanej na dalszym odcinku Potokiem Knurowskim i dalej do rzeki Bierawki.

Odwadnianie Pola Zachodniego kopalni następuje z poziomu 650 m. Wody kopalniane z poziomu 850 m są przepompowywane na poziom 650 m i wspólnie z wodami z poziomu 650 m są tłoczone na powierzchnię. Wody te są wstępnie oczyszczane w dwóch chodnikach wodnych, pracujących na przemian. Woda z poziomu 650 m (łącznie z wodą z poziomu 850 m) jest podawana szybem „Foch I” na powierzchnię do osadnika wód kopalnianych w Nieborowicach. Odpływ sklarowanej wody następuje przez ujęcie w formie betonowego mnicha początkowo rurociągiem, później rowem do Bierawki.

2. Monitoring wód kopalnianych

System pomiarowy ilości wód kopalnianych i ładunku zrzucanego do Bierawki jest zamontowany na Polu Wschodnim i Polu Zachodnim. Na Polu Wschodnim, na nadszybiu szybu „Jan”, na rurociągu głównego odwadniania są zainstalowane czujniki przepływu i konduktancji, a kilkadziesiąt metrów dalej – w biurze sztygara – znajduje się rejestrator. Analogiczna sytuacja jest na Polu Zachodnim, gdzie na nadszybiu szybu „Foch I” na rurociągu głównego odwadniania są zainstalowane czujniki przepływu i konduktancji, a w biurze sztygara – rejestrator.

Dla kopalni „Knurów” system monitoringu wód kopalnianych zrzucanych do Bierawki. wykonała i zainstalowała firma „Hydro-Eco-Invest” z Gliwic.

Elementem podstawowym całego systemu jest cyfrowy rejestrator pomiarowy typu CRP-04. Analogowe kanały wejściowe rejestratora są połączone z przetwornikami pomiarowymi:

- prędkości przepływu wody kopalnianej,

- konduktancji wody kopalnianej.

Rejestrator ten realizuje następujące funkcje:

- jednoczesny pomiar czterech wielkości fizykochemicznych,
- wskazywanie bieżącej wartości wielkości mierzonej każdego z kanałów pomiarowych,
- zapamiętywanie wartości chwilowych dla każdego z kanałów (okres próbkowania jest ustalony przez użytkownika w zakresie od 1 do 600 s),
- sumowanie i zapamiętywanie wartości chwilowych oraz bilansów (godzinowych, zmianowych, dobowych i miesięcznych),
- współpraca z komputerem IBM PC.

Pomiar przepływu jest dokonywany za pomocą elektromagnetycznego czujnika prędkości przepływu z pomiarem czołowym montowanym na rurociągu bez konieczności jego rozcinania. Rejestrator dokonuje przeliczenia prędkości przepływu wody w rurociągu na wielkość natężenia przepływu, którego wartość jest wyświetlana na polu odczytowym.

$$Q_m = v A \quad (1)$$

gdzie:

Q_m – natężenie przepływu, m³/h;

v – prędkość przepływu, m/h;

A – pole przekroju poprzecznego rurociągu, m².

Zasolenie wody kopalnianej jest określone przez pomiar konduktancji indukcyjnym czujnikiem konduktometrycznym montowanym bezpośrednio na rurociągu bez konieczności jego rozcinania. Wartość konduktancji jest wyświetlana na polu odczytowym.

Odprowadzany ładunek $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ (2) jest obliczany przez rejestrator na podstawie wartości natężenia przepływu i konduktancji, a jego wielkość jest wyświetlana na polu odczytowym. Ładunek soli określa wzór

$$M = Q_m (a y + B) \quad (2)$$

gdzie:

M – ładunek soli, t/h;

Q_m – natężenie przepływu, t/h;

y – konduktancja, mS/cm;

a – współczynnik proporcjonalności, cm/mS;

B – przesunięcie charakterystyki (–).

Kanał pomiarowy rejestratora umożliwia rejestrację dodatkowych wielkości fizykochemicznych, na przykład stężenia jonów wodorowych, natężenia przepływu, temperatury itp.

Cyfrowy rejestrator pomiarowy może zostać połączony z komputerem klasy IBM PC przez interfejs szeregowy RS-232C lub RS-485. Oprogramowanie Flow Net

umożliwia wówczas zdalną obsługę rejestratora (niezależną od obsługi lokalnej) oraz odczyt zapamiętanych w rejestratorze wartości chwilowych i bilansów.

Odczytywane dane są wyświetlane w postaci wykresów oraz zapamiętywane w zbiorze na dysku, który można wykorzystać w dowolnym arkuszu kalkulacyjnym, w celu dalszego przetwarzania danych.

System monitoringu wód kopalnianych uzyskał akceptację Wydziału Ekologii Urzędu Wojewódzkiego w Katowicach i działa na Polu Wschodnim kopalni od listopada 1993 roku, a na Polu Zachodnim od stycznia 1994 roku. System ten służy także do określania sprawności pomp głównego odwadniania.

Przykład IV

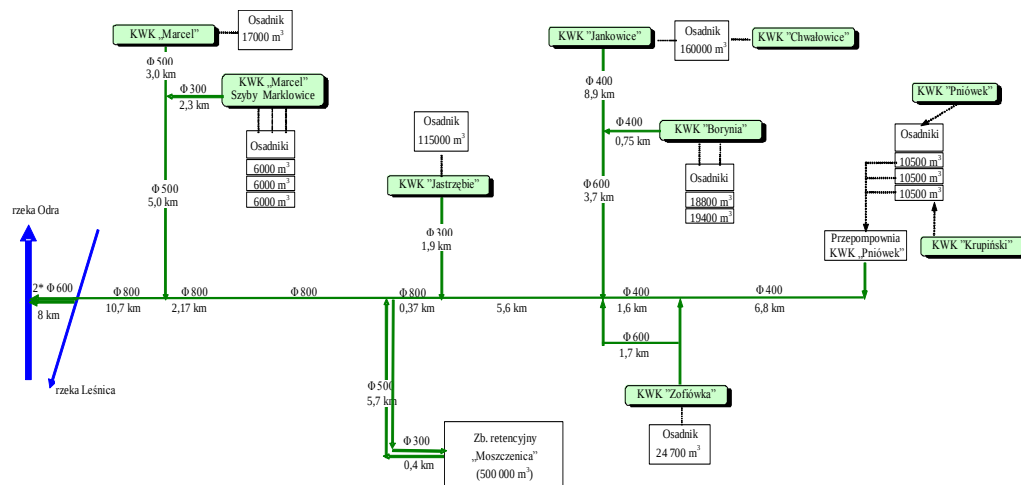
Monitorowanie jakościowo-ilościowe zasolonych wód kopalnianych odprowadzanych do cieku powierzchniowego kolektorem – na podstawie pracy systemu hydrotechnicznego „OLZA” (Korczak, Lach, Magdziorz 1998; Informacje uzyskane... 2002–2005).

Zadaniem kolektora Olza jest ochrona lokalnych cieków powierzchniowych przed zasalaniem wodami kopalnianymi w południowym rejonie Rybnickiego Okręgu Węglowego. Gdyby nie było kolektora, wody z odwadniania kopalń musiałyby być zrzucane do najbliższych, z reguły małych, cieków powierzchniowych, powodując ich degradację, a mianowicie:

- KWK Krupiński – do rowu melioracyjnego połączonego z rzeką Rudą prawie u jej źródeł,
- KWK Pniówek – do rzeki Pszczynki lub do potoku Gmyrdek połączonego z Jastrzębianką, a następnie z Szotkówką,
- KWK Chwałowice – do rzeki Nacyny,
- KWK Jankowice – do rzeki Nacyny,
- KWK Borynia – do rzeki Szotkówki,
- KWK Zofiówka – do rzeki Jastrzębianki, a następnie do rzeki Szotkówki,
- KWK Jas-Mos, Ruch Jastrzębie – do rzeki Jastrzębianki, a następnie do Szotkówki,
- KWK Jas-Mos, Ruch Moszczenica – do Ruptawki, a następnie do Szotkówki,
- KWK Marcel – do rzeki Leśnicy.

Kopalnie należące do Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. oraz część kopalń należących do Kompani Węglowej S.A. korzysta ze zbiorczego systemu odprowadzania wód zasolonych „Olza”, którym zarządza Przedsiębiorstwo Gospodarki Wodnej i Rekultywacji S.A. w Jastrzębiu Zdroju. Uproszczony schemat systemu przedstawiono na rysunku 2. Łącznie system obejmuje osiem kopalń czynnych oraz dwie kopalnie nieczynne.

System obejmuje osadniki powierzchniowe przy kopalniach czynnych, pompownie wprowadzające wody z tych osadników do kolektora zbiorczego, pomocnicze zbiorniki retencyjne oraz instalację zrzutową.



Rys. 2. Kolektor słonych wód kopalnianych „Olza” – uproszczony schemat układu przesyłowego do rzeki Odry

Fig. 2. Collector “Olza” of salt mine waters – simplified layout of the transmission system to Oder River

Obecnie kolektor zapewnia ochronę rzek i ich mniejszych dopływów przed zasilaniem na długości przekraczającej 100 km. Umożliwia to ich gospodarcze wykorzystanie i chroni lokalne ujęcia wód do celów komunalnych i przemysłowych na tych rzekach. Kolektor zapewnia hydrotechniczną ochronę lokalnych cieków, w tym Olzę, na całej jej długości oraz ochronę Odry w górnym jej biegu przed nadmiernym zasilaniem wodami kopalnianymi.

Istota eksploatacji systemu „OLZA” polega na odprowadzaniu do rzeki dopuszczalnej ilości wód zasolonych, która nie spowoduje przekroczenia, wymaganego pozwoleniem wodnoprawnym, jej zasolenia. W przypadku, gdy natężenie przepływu w rzece nie jest wystarczające, konieczne jest ograniczenie zrzutu do niej wód zasolonych i zatrzymanie nadmiaru tych wód w zbiornikach retencyjnych. Opróżnianie zbiorników retencyjnych odbywa się wówczas, gdy chłonność rzeki dla jonów chlorkowych i siarczanowych przewyższa ładunki zawarte w wodach odprowadzanych z osadników przykopalnianych

Przedsiębiorstwo Gospodarki Wodnej i Rekultywacji S.A. ma stały dostęp internetowy do systemu monitoringu Ośrodka Badań i Kontroli Środowiska w Katowicach, zainstalowanego na granicy z Republiką Czeską w miejscowości Chałupki. Droga internetowa, z czeskiego Instytutu Meteorologii, spółka uzyskuje też dane dotyczące poziomu i przepływu Odry w Bohuminie oraz Olzy w Vernowicach (Republika Czeska). Ilość jonów, które mogą być wprowadzone do Odry, oblicza się komputerowo, na podstawie danych z monitoringu. Ciągłymi pomiarami są objęte także wody znajdujące się we wszystkich osadnikach i zbiornikach retencyjnych. Gromadzone dane są wykorzystywane w programie obliczeniowym „Olza-dyspozytor”, który pozwala na dobór parametrów równoczesnej pracy ośmiu pompowni. W doborze tym uwzględnia się dotrzymanie norm zasolenia Odry, minimalną energochłonność procesu pompowania oraz utrzymanie bezpiecznych poziomów wody w osadnikach i zbiornikach retencyjnych. Zrzut do rzeki jest regulowany w granicach od 0 do

46 370 m³/dobę. Precyzyjne dozowanie wód zasolonych pozwala z 90% prawdopodobieństwem utrzymywać w Odrze, poniżej miejsca dozowania, stężenie jonów Cl + SO₄ poniżej 500 mg/dm³. Przekroczenie tej wartości może nastąpić jedynie w okresie długotrwałych susz, a także w przypadku przekroczenia tej wartości w wodach dopływających z Republiki Czeskiej. Przy obecnej pojemności retencyjnej, system „Olza” pozwala na zmniejszenie największych stężeń jonów Cl w Odrze z 1100 mg (Cl + SO₄)/l do około 500 mg/l, przy przeciętnych rocznych przepływach w Odrze. Pełne wykorzystanie koncepcji retencjonowania i dozowania zasolonych wód wymaga posiadania zbiorników retencyjnych o pojemności pozwalającej na czterdziestodniową retencję ilości odprowadzanych ładunków. Wówczas system retencyjno-dozujący pozwala na 3-krotne zmniejszenie największych stężeń występujących w rzece – odbiorniku.

Poniżej przedstawiono sposób monitorowania ilościowo-jakościowy w systemie kolektora „Olza” prowadzony przez Przedsiębiorstwo Gospodarki Wodnej i Rekultywacji S.A. w Jastrzębiu Zdroju (Informacje uzyskane... 2002–2005):

Ilości odprowadzanych wód kopalnianych są odczytywane z wodomierzy głównych, zlokalizowanych na poszczególnych pompowniach wód słonych. Obecnie są zastosowane następujące układy rozliczeniowe:

- wodomierze śrubowe typu MW/NKO o zakresie średnic od 150 do 250 mm, produkcji PoWoGaz S.A. w Poznaniu, z ciągłym przekazywaniem natężenia przepływu;
- przepływomierze elektromagnetyczne typu MPP 04 o zakresie średnic od 200 do 300 mm produkcji ENKO w Gliwicach.

Analizy chlorków i siarczanów są wykonywane raz w tygodniu lub częściej w zależności od potrzeb. Miejsca pomiaru są następujące:

- kopalnie („Borynia”, „Zofiówka”, „Jastrzębie”, „Marcel” i Ruch „1 Maja”) – pompownia wód kopalnianych,
- kopalnie „Chwałowice” i „Jankowice” – dopływ do osadnika wód kopalnianych „Jankowice”,
- kopalnia „Pniówek” – pompownia, osadniki nr 1, 2 i 3, wyrobiska oraz dopływ z „Kościelnioka”.

Stężenie jonów chlorkowych jest oznaczane metodą argentometrycznego miareczkowania (PN-75/C-04617.02).

Stężenie jonów siarczanowych jest oznaczane kolorymetrycznie z wykorzystaniem spektrofotometru Hach Dr/2010 – metoda nr 8051.

Wielkość ładunku jonów chlorkowych i siarczanowych, to iloczyn ilości odprowadzanych wód (odczyt z wodomierzy) i uśrednionych stężeń z wykonanych pomiarów.

Wielkość ładunków zrzuconych przez poszczególne kopalnie i łącznie do Odry jest codobowo obliczana przez program komputerowy „OLZA-dyspozytor”

Wielkość zrzutu wód kopalnianych z poszczególnych osadników i zbiorników jest ustalana w PGWiR S.A. z wykorzystaniem programu obliczeniowego, w którym uwzględnia się:

- utrzymanie bezpiecznych poziomów w osadnikach,
- nieprzekraczanie 500 mg/dm^3 stężeń sumy jonów $\text{Cl} + \text{SO}_4$ w Odrze i maksymalne wykorzystanie chłonności tej rzeki,
- nieprzekraczanie dopuszczalnych ciśnień w rurociągach.

Kontrolę bieżącą prowadzi dyspozytor systemów wodnych.

Ilość zrzucanych wód słonych do Odry mierzą zainstalowane przepływomierze na rurociągach wylotowych z systemu „Olza”

Koszty monitorowania zbiorczego systemu odprowadzania wód „Olza” wynoszą około 50 000 zł/m-c, tj. 600 000 zł/rok.

5. PROPONOWANE SYSTEMY MONITORINGU ILOŚCI I JAKOŚCI ZASOLONYCH WÓD Z ODWADNIANIA ZAKŁADÓW GÓRNICZYCH

Koncepcja funkcjonowania monitoringu wód powierzchniowych w zlewni rzeki

System ciągłego pomiaru zasolenia i przepływów w odbiorniku powinien pozwolić na bardziej precyzyjne monitorowanie oddziaływania kopalń na odbiorniki powierzchniowe, co stanowi podstawę do optymalizacji systemu odprowadzania wód pochodzących z odwadniania zakładu górniczego. W tym celu należałoby wprowadzić rozwiązania ujmujące:

- Zakres pomiarów

Do pomiaru zasolenia należy zastosować:

- pomiar przewodnictwa elektrolitycznego przy użyciu konduktometru,
- pomiar stężenia jonów chlorkowych metodą potencjometryczną przy użyciu elektrody jonoselektywnej,
- pomiar temperatury wody w punkcie pomiarowym.

Elektrody pomiarowe powinny być zamontowane w głowicy pływającej na powierzchni wody w określonym punkcie pomiarowym. Urządzenia powinny umożliwiać transmisję danych (np. przez sieć GSM) do komputera w Dziale Ochrony Środowiska kopalni. Oprogramowanie zainstalowane na komputerze powinno przeliczać i uśredniać wyniki pomiarów do wartości średnich 10-minutowych. Na podstawie opracowanych zależności empirycznych obliczane będą stężenia chlorków i substancji rozpuszczonych. Wyniki pomiarów temperatury, przewodnictwa, stężenia chlorków i substancji rozpuszczonych powinny podlegać okresowemu sprawdzaniu i weryfikacji, na podstawie wyników z monitoringu realizowanego zgodnie z wymaganiami obowiązującego pozwolenia wodnoprawnego. W zależności od potrzeb urządzenia powinny podlegać kalibracji, zgodnie zobowiązującymi normami.

- Pomiar przepływów

Urządzenie do pomiaru przepływu powinno zostać zainstalowane w zarurowanych odcinkach rurociągów zrzutowych, a także na rzece/odbiorniku powierzchniowym poniżej punktu zrzutu wód zasolonych. Metody pomiaru natężenia przepływu w przewodach kanałowych przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1.

Metoda	Szacunkowy błąd względny, %	Zastosowanie
Sondy ultradźwiękowe (Q-loggery)	15	najpopularniejsze urządzenia przenośne do pomiaru w kanałach ze swobodnym zwierciadłem wody, wymagają napełnienia od 10 cm do 4 m
Przepływomierze elektromagnetyczne	1–2	niemal wyłącznie dla przewodów ciśnieniowych
Młynek hydrometryczny	–	jedynie do oszacowania

Dobór urządzenia do pomiarów wartości natężenia przepływu zależy od warunków lokalnych. Pomiar przepływu w odbiorniku powinien być realizowany równocześnie z pomiarem zasolenia, co umożliwić ma obliczenie ładunku.

6. UDOSTĘPNIANIE WYNIKÓW MONITORINGU ZASOLENIA RZEKI PONIŻEJ PUNKTU ZRZUTU WÓD Z ODWODNIENIA KOPALNI

System powinien umożliwiać udostępnianie wyników pomiarów w postaci raportów opisujących zasolenie odbiornika poniżej punktu zrzutu wód zasolonych z odwodnienia kopalni zainteresowanym jednostkom (Wojewódzkiemu Inspektoratowi Ochrony Środowiska w Katowicach, spółkom węglowym itp.).

Przygotowaniem raportów powinien zajmować się Dział Ochrony Środowiska kopalni (zestawienia tabelaryczne, wykresy zmienności uzyskiwanych wyników – dane przygotowywane w postaci wydruków i w postaci elektronicznej). Raporty powinny być przygotowywane:

- raz w miesiącu raport skrócony – zestawienia tabelaryczne, stężenia, ładunki chlorków średniogodzinowe, średniodobowe,
- raz w roku raport szczegółowy obejmujący zestawienia stężeń i ładunków ekstremalnych i średnich miesięcznych, porównanie z wynikami monitoringu, który jest realizowany zgodnie z wymaganiami określonymi w pozwoleniu wodnoprawnym.

Raporty miesięczne powinny stanowić załączniki do raportu rocznego. Ponadto, raporty roczne powinny zawierać sprawozdania z pracy systemu, szczególnie istotne będą dane dotyczące kalibracji zainstalowanej aparatury.

7. WADY I ZALETY OBECNIE STOSOWANYCH SPOSOBÓW MONITOROWANIA ZRZUTU ZASOLONYCH WÓD POCHODZĄCYCH Z ODWADNIANIA ZAKŁADÓW GÓRNICZYCH

1. System pomiaru ilościowego wód na podstawie czasu pracy pomp jest systemem obliczeniowym, co nie pozwala na ciągłą rejestrację. Tym niemniej jest stosowany we wszystkich kopalniach jako podstawowe narzędzie weryfikacji danych z pomiarów hydrologicznych wód dopływających do wyrobisk górniczych. Wadą tego systemu monitoringu jest wyrywkowy oraz czasochłonny pomiar, a zaletą niski koszt.

2. System monitorowania ciągłego ilości wód kopalnianych w kopalniach umożliwia w pełni kontrolę ilości wód odprowadzanych do odbiorników powierzchniowych. Nie we wszystkich kopalniach istnieją odpowiednie warunki do jego wprowadzenia. Problemem jest konieczność usytuowania urządzeń pomiarowych (czujników przepływomierzy) na wylotach z osadników przykopalnianych, które często są oddalone od kopalni i nie są strzeżone. Powoduje to, że niejednokrotnie są dewastowane lub kradzione. Ponadto, urządzenia pomiarowe do ciągłego monitoringu nie są urządzeniami bezawaryjnymi. Ponoszone są koszty ich napraw, remontów, przeglądów. Tym niemniej, wprowadzenie tego sposobu monitorowania, z możliwością ciągłej rejestracji ilości odprowadzanych wód do odbiorników powierzchniowych, powinien być sukcesywnie wprowadzany w kopalniach, które dotychczas tego nie mają. Pozytywne opinie kopalń, które ten system monitoringu wprowadziły, przemawiają za jego wprowadzeniem.
3. System pomiaru jakościowego (analizy fizykochemiczne wykonywane w laboratoriach) nie stwarza większych problemów. Badania są wykonywane rzetelnie i terminowo. Wyniki są bardziej wiarygodne od ciągłych pomiarów konduktometrycznych. Koszt analiz fizykochemicznych w zależności od zakresu analizy kształtuje się – od 600 do 1200 zł za analizę.
4. Wojewoda, wydając pozwolenia wodnoprawne na odprowadzanie wód do odbiorników powierzchniowych określa częstotliwość wykonywania badań jakości tych wód, co umożliwia określenie wielkości odprowadzanego ładunku soli. Badania z reguły przeprowadzają pracownicy wyspecjalizowanych laboratoriów analitycznych, w tym laboratoriów akredytowanych. Na podstawie otrzymanych wyników są naliczane opłaty, które kopalnie wnoszą do Urzędu Marszałkowskiego za korzystanie ze środowiska.
5. Wprowadzenie monitoringu jakościowego wiąże się z dużymi nakładami finansowymi. Koszt zakupu urządzenia do pomiaru jakości wód kopalnianych, w zależności od producenta tych systemów, może wynieść od 75 do 190 000 zł na jeden wylot. Do tego należy dodać koszty montażu, przeglądów, remontów bądź wymiany urządzeń kontrolno-pomiarowych. Okresowe analizy jakościowe odprowadzanych wód i tak trzeba będzie wykonywać (są to warunki określone w pozwoleniach wodnoprawnych). Montaż tych urządzeń, adaptacji pomieszczeń to dodatkowe koszty, trudne do oszacowania.

Wprowadzanie ciągłego monitoringu jakościowego wód odprowadzanych przez kopalnie wydaje się przedwczesne w świetle uwarunkowań przedstawionych powyżej, a także z uwagi na fakt kształtowania się nowych zintegrowanych systemów pompowania wód z likwidowanych i będących w eksploatacji kopalń.

PODSUMOWANIE

1. Stosowane sposoby monitorowania zrzutu zasolonych wód pochodzących z odwadniania kopalń węgla kamiennego spełniają wymogi obowiązującego prawa.
2. Sposoby monitorowania ilości i jakości wód są regulowane pozwoleniami wodnoprawnymi indywidualnie dla każdej kopalni.

3. Opracowanie dla każdej kopalni z osobna i dla sektora węglowego jako całości systemu ciągłego monitoringu jakościowo-ilościowego zrzutu zasolonych wód kopalnianych pochodzących z odwodnienia kopalń jest przedwczesne. Dotyczy to przede wszystkim ciągłego monitoringu jakościowego w miejsce dotychczas wykonywanych analiz fizykochemicznych w laboratoriach.
4. Zasadniczą rolę w ograniczaniu zasalania Wisły i Odry oraz ich dopływów będą spełniały proponowane i realizowane systemy hydrotechniczne (kontrolowany zrzut zasolonych wód w zależności od sytuacji hydrologicznej tych rzek) (Magdziorz, Lach, Caruk 2005). Rozwiązania te wymagają opracowania systemów ciągłego monitorowania zarówno ilości, jak i jakości zrzucanych wód, a także monitoringu przed i za zrzutem w rzekach. Prace nad takimi rozwiązaniami są aktualnie prowadzone w kopalniach nadwiślańskich (system hydrotechniczny „Mała Wisła” – rys. 2) i w Rybnicko-Jastrzębskim Okręgu Węglowym (Kolektor „Olza” – rys. 1).
5. Monitorowanie ilości zasolonych wód, z możliwością ciągłej rejestracji ilości odprowadzanych wód do odbiorników powierzchniowych, powinno być sukcesywnie wprowadzane w kopalniach. Dotyczy to pięciu kopalń odprowadzających zasolone wody do odbiorników powierzchniowych i nieprzewidywanych do podłączenia do systemów hydrotechnicznych. Pozostałe kopalnie taki system ilościowego monitoringu mają. Pozytywne opinie kopalń, które system monitoringu już mają, przemawia za ich wprowadzeniem.

Literatura

1. Informacje uzyskane w Przedsiębiorstwie Gospodarki Wodnej i Rekultywacji S.A. w Jastrzębiu Zdroju (2002–2005).
2. Korczak K., Lach R., Magdziorz A. (1998): *Koncepcja przystosowania kolektora słonych wód kopalnianych „Olza” do hydrotechnicznej ochrony Górnej Odry i jej dopływów*. Przegląd Górniczy nr 5.
3. Lach R., Magdziorz A. (2004): *Koncepcja systemu retencyjno-dozującego dla wód dołowych słonych z poziomu II (500 m) KWK „Ziemowit”*. Dokumentacja GIG, Katowice.
4. Lach R., Magdziorz A., Caruk M. (2001): *Koncepcja zintegrowanego systemu retencyjno-dozującego i zintegrowanego systemu kontrolno-pomiarowego oraz systemu sterowania zrzutem zasolonych wód z kopalń „Silesia” i „Brzeszcze”*. Dokumentacja GIG, Katowice.
5. Magdziorz A., Lach R. (2001): *Zmiany w jakości wód Wisły i Odry spowodowane restrukturyzacją kopalń węgla kamiennego*. Przegląd Górniczy nr 2.
6. Magdziorz A., Lach R., Caruk M. (2005): *Koncepcja hydrotechnicznej ochrony rzeki Wisły przed nadmiernym zasalaniem wodami kopalnianymi*. Przegląd Górniczy nr 5, s. 23-30.
7. Potempa H. (1995): *System monitoringu zasolonych wód dołowych odprowadzanych z kopalni „Knurów”*. Wiadomości Górnicze nr 12, s. 571-575.
8. Rogoż M. i inni (1987): *Poradnik hydrogeologa w kopalni węgla kamiennego*. Katowice, Wydaw. „Śląsk”.
9. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych, Dz. U. Nr 139 poz. 1169.

10. Sektorowa ocena stanu środowiska w górnictwie węgla kamiennego – część II: Analiza kosztów i zysków dla wytypowanych możliwych alternatywnych rozwiązań problemu zasolonych wód dołowych z Nadwiślańskiej Spółki Węglowej. Raport GIG i IETU dla Ministerstwa Gospodarki, 2000.
11. Ustawa Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. z późn. zm., Dz. U. Nr 62, poz. 627.
12. Ustawa Prawo wodne z 18 lipca 2001 r. z późn. zm., Dz. U. nr 115, poz. 1229.

Recenzent: dr inż. Adam Frolik