

Monitoring rzeki Odry: metodyka, wyzwania i praktyczne zastosowania w ochronie środowiska

Monitoring the Odra River: methodology, challenges and practical applications in environmental protection

Wiktorja Adamczyk, Hubert Jamry*

Słowa kluczowe: monitoring wód, ochrona środowiska, jakość wód, katastrofy ekologiczne, rzeka Odra, parametry fizykochemiczne, zaawansowane systemy monitoringu, GIOŚ, IMGW

Streszczenie

Monitoring ilościowy i jakościowy wód w rzekach, takich jak Odra, jest istotny dla zarządzania zasobami wodnymi i ochrony środowiska. Systemy monitoringu dostarczają danych o stanie chemicznym wód, umożliwiając ocenę jakości wód, identyfikację zagrożeń, a także planowanie działań ochronnych i interwencyjnych. Krajowe przepisy definiują trzy rodzaje monitoringu: diagnostyczny, operacyjny i badawczy. Dane są zbierane przez instytucje państwowe, w oparciu o sieci stacji pomiarowych, co pozwala na analizę parametrów fizykochemicznych, biologicznych i hydromorfologicznych.

Zaistniałe katastrofy ekologiczne na Odrze ujawniły kryzys w zarządzaniu wodami oraz potrzebę rozwoju zaawansowanego systemu monitoringu. Dane z automatycznych stacji pomiarowych umożliwiają monitorowanie różnych parametrów i szybką reakcję na zagrożenia. Artykuł analizuje dostępność publicznych danych dotyczących Odry, wskazuje na nieścisłości w ich wykorzystaniu oraz podkreśla ich rolę w zarządzaniu ryzykiem ekologicznym i hydrologicznym. Wnioski obejmują rekomendacje dla lepszego dostosowania monitoringu do aktualnych potrzeb środowiskowych.

Keywords: Water monitoring, environmental protection, water quality, ecological disasters, Oder River, physicochemical parameters, advanced monitoring systems, GIOŚ, IMGW

Abstract

Quantitative and qualitative water monitoring in rivers, such as the Odra, is essential for water resource management and environmental protection. Monitoring systems provide data on the chemical status of waters, enabling the assessment of water quality, identification of threats, and planning of protective and intervention measures. National regulations define three types of monitoring: diagnostic, operational, and research. Data are collected by state institutions based on a network of measurement stations, allowing for the analysis of physicochemical, biological, and hydromorphological parameters.

Ecological disasters in the Odra have revealed a crisis in water management and the need for the development of advanced monitoring systems. Data from automated measurement stations enable the monitoring of various parameters and rapid responses to threats. The article analyzes the availability of public data related to the Odra, identifies inconsistencies in their utilization, and highlights their role in managing ecological and hydrological risks. Conclusions include recommendations for better aligning monitoring systems with current environmental needs.

1. Wprowadzenie

Monitoring ilościowo-jakościowy wody w rzekach jest istotnym elementem zarządzania zasobami wodnymi, mającymi na celu zapewnienie odpowiedniego stanu środowiskowego i stanu wód powierzchniowych. Głównym celem systemu monitorowania jest dostarczenie wystarczających, systematycznych i wiarygodnych danych. Umożliwia zarządzanie ryzykiem, które związane jest ze stanem zanieczyszczenia wód [15]. Monitoring pozwala również na identyfikację źródeł zanieczyszczeń, kontrolowanie skutków przypadkowych lub celowych wycieków. Ponadto, monitoring wspiera procesy zarządzania środowiskowego, takie jak ustalanie maksymalnych dopuszczalnych obciążeń zanieczyszczeniami (TMDL), które nie mogą przekroczyć norm jakości wody, bez naruszenia jej stanu ekologicznego [11].

Systemy monitorujące obejmują podstawowe działania: zbieranie, przetwarzanie, analizę danych oraz ich rozpowszechnianie [15]. Najważniejszym etapem jest precyzyjne określenie lokalizacji monitoringu, ponieważ efektywność kolejnych etapów procesu zależy od jakości danych zebranych w odpowiednich punktach. Opracowanie odpowiedniego modelu moni-

torowania opartego na analizie dynamicznego charakteru zanieczyszczeń w zlewni umożliwia lepsze wykrywanie zanieczyszczeń w czasie rzeczywistym [16].

Dostępność informacji dotyczących monitorowania jakości wody w rzekach jest zapewniona przez instytucje rządowe, organizacje międzynarodowe oraz bazy danych naukowych. W Polsce podstawowe dane o jakości wód powierzchniowych udostępniają takie instytucje jak Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska (GDOŚ) oraz Państwowa Inspekcja Sanitarna (PIS). Te instytucje gromadzą i publikują dane dotyczące parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych wód. Na poziomie europejskim i globalnym dane te są uzupełniane przez Europejską Agencję Środowiska (EEA) oraz Program GEMS/Water, który udostępnia informacje o jakości wód z różnych regionów świata [5].

Dane dotyczące jakości wód obejmują szereg parametrów, takich jak przewodność elektryczna, pH, temperatura wody, stężenia związków biogennych, a także poziomy zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Informacje te mogą być uzyskiwane w różnych punktach rzeki, co pozwala na moni-

* Wiktorja Adamczyk, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, ORCID: 0009-0007-2583-3323, 50-370 Wrocław, wiktoria.adamczyk@pwr.edu.pl; Hubert Jamry, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, ORCID: 0009-0007-6731-6084, 50-370 Wrocław, 253570@student.pwr.edu.pl

rowanie zmian w danej lokalizacji biegu rzeki oraz analizowanie ich wpływu na stan ekosystemów wodnych. Ponadto, dostęp do danych historycznych i prognoz, generowanych na podstawie modeli hydrologicznych, umożliwia przewidywanie zmieniających się warunków w danym regionie, co jest kluczowe dla odpowiedniego zarządzania zasobami wodnymi. Takie dane stanowią podstawę dla skutecznego zarządzania wodami, identyfikowania źródeł zanieczyszczeń oraz podejmowania odpowiednich działań [11,15].

2. Przegląd aktualnego stanu wiedzy

Monitoring wód powierzchniowych w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem rzek o kluczowym znaczeniu strategicznym, takich jak Odra, podlega ścisłej regulacji w oparciu o przepisy, zarówno krajowe, jak i unijne [17]. System ten, bazujący na międzynarodowych standardach, stanowi podstawę zarządzania zasobami wodnymi i ochrony środowiska, zapewniając kompleksową ocenę stanu wód oraz umożliwiając skuteczne reagowanie na pojawiające się zagrożenia ekologiczne. W monitoringu istotne znaczenie ma Ramowa Dyrektywa Wodna (2000/60/WE) oraz krajowe akty prawne, które dostosowują wymogi europejskie do polskiego porządku prawnego [6].

2.1. Podstawy prawne monitoringu wód powierzchniowych

Monitoring wód powierzchniowych w Polsce został uregulowany m.in. przez rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych. W tym akcie prawnym, monitoring jest istotnym elementem zarządzania gospodarką wodną, a jego celem jest dostarczanie danych niezbędnych do oceny stanu ekologicznego i chemicznego wód [17].

W powyższym rozporządzeniu określono cykliczność pomiarów na rzekach, dostosowując ją do rodzaju i celu monitoringu. Wyróżniono trzy rodzaje:

- monitoring diagnostyczny, którego celem jest kompleksowa ocena stanu wód oraz identyfikacja potencjalnych zagrożeń, pomiary przeprowadza się co najmniej raz na sześć lat,
- monitoring operacyjny, mający na celu kontrolę rzek zagrożonych niespełnieniem wymogów dobrego stanu wód, odbywa się corocznie, zapewniając regularny nadzór nad ich jakością,
- monitoring badawczy, który realizowany jest doraźnie. W sytuacjach wymagających szczegółowego zbadania określonych problemów, takich jak identyfikacja źródeł zanieczyszczeń lub ustalenie przyczyn pogorszenia stanu wód.

Dzięki tak określonej cykliczności możliwe jest skuteczne zarządzanie zasobami wodnymi i ochrona ich jakości.

2.2. Metodyka pomiarów

Metodyka monitoringu wód powierzchniowych obejmuje trzy kategorie parametrów, które są określone w ramach systemu Państwowego Monitoringu Środowiska [17]

- parametry fizykochemiczne, które obejmują podstawowe wskaźniki jakości wody, takie jak temperatura, przewodność elektrolityczna, stężenie tlenu rozpuszczonego, pH, zawartość związków biogennych (azotu i fosforu) oraz obecność substancji niebezpiecznych, takich jak metale ciężkie czy pestycydy,
- parametry biologiczne, które obejmują badania fitoplanktonu, makrozoobentosu, fitobentosu, ryb oraz makrofitów. Ocena tych parametrów pozwala na określenie stanu ekologicznego wód, uwzględniając zmiany w strukturze i funkcjonowaniu ekosystemu wodnego,
- parametry hydromorfologiczne dotyczą one fizycznych i morfologicznych cech wód, takich jak struktura dna, przepływy, obecność barier migracyjnych czy przekształcenia brzegów i koryta rzeki.

Szczegółowe wytyczne dotyczące monitoringu i klasyfikacji poszczególnych parametrów zostały opracowane w podręczniku Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ) [8,17]. Dokument ten określa standardy pobierania próbek, procedury analityczne oraz zasady interpretacji wyników, co zapewnia spójność i porównywalność danych na poziomie krajowym.

Ponadto w regulacji prawnych na terenie Polski i Unii Europejskiej obowiązują normy określające metodykę przeprowadzania pomiarów i oznaczeń. W tab. 1 przedstawiono wykaz podstawowych parametrów i obowiązujących norm prawnych.

Tabela 1. Podstawowe parametry i ich obowiązujące normy
Table 1. Basic parameters and their applicable standards

PARAMETR	NORMA PRAWNA
pH	PN-EN ISO 10523:2012
Przewodność właściwa	PN-EN 27888:1999
Barwa	PN-EN ISO 7887:2012 met. C
Mętność	PN-EN ISO 7027:2003
Zasadowość ogólna	PN-EN ISO 9963-1:2001/Ap1:2004
Twardość ogólna	PN-ISO 6059:1999
Żelazo	PN-ISO 6332:2001
Mangan	PN-C-04590/01:1992
Rozpuszczony węgiel organiczny	PN-EN 1484,1999
Fluorki, chlorki, azotany(V), siarczany(VI)	PN-EN ISO 10304-1:2009/AC:2012

2.3. Cel i znaczenie monitoringu

Celem monitoringu wód powierzchniowych jest: ocena stanu ekologicznego i chemicznego wód w kontekście wymogów Ramowej Dyrektywy Wodnej; identyfikacja zagrożeń związanych z zanieczyszczeniami, eutrofizacją czy zmianami hydromorfologicznymi; dostarczanie danych do opracowania planów gospodarowania wodami, które są kluczowe dla realizacji polityki zrównoważonego zarządzania zasobami wodnymi [11,16].

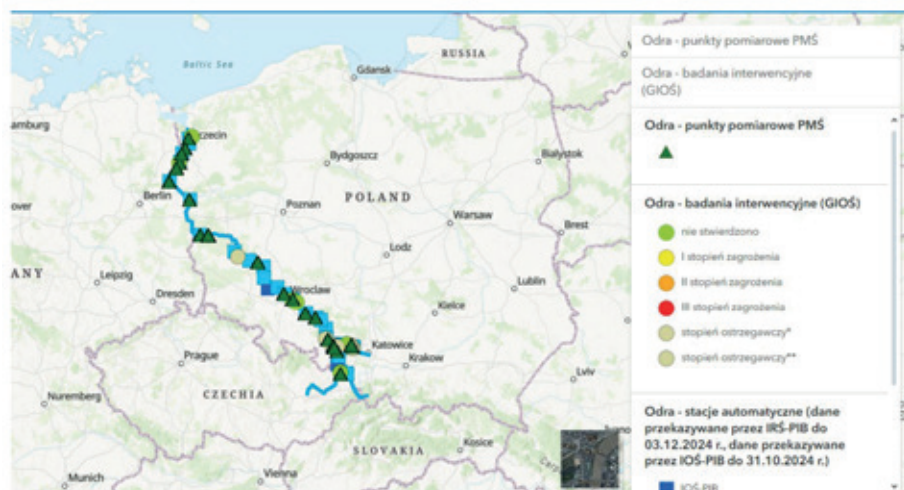
Monitoring wód powierzchniowych, w tym rzeki Odry, pełni również istotną rolę w systemie wczesnego ostrzegania przed katastrofami ekologicznymi. Dane pozyskiwane w ramach tego systemu umożliwiają szybkie reagowanie na nagłe zmiany jakości wód, co ma kluczowe znaczenie dla ochrony środowiska i zdrowia publicznego [12].

2.4. Źródła pozyskiwania danych

Głównym organem odpowiedzialnym za monitoring jakości wód powierzchniowych w Polsce, w tym rzeki Odry, jest GIOŚ. Jego działalność w zakresie monitoringu opiera się na sieci zintegrowanych punktów pomiarowo-kontrolnych, rozmieszczonych w strategicznych lokalizacjach wzdłuż rzeki. W przypadku Odry monitoring ten jest realizowany w 33 punktach pomiarowych, które umożliwiają systematyczne badanie jakości wód oraz identyfikowanie potencjalnych zagrożeń ekologicznych, które przedstawiono na rysunku nr 1[6].

Dane zebrane przez GIOŚ pochodzą zarówno z tradycyjnych metod pomiarowych, jak i z automatycznych stacji pomiarowych. Automatyzacja tego procesu pozwala na bieżące gromadzenie i przetwarzanie informacji o parametrach fizykochemicznych i hydrologicznych wód, takich jak przewodność, zawartość tlenu rozpuszczonego, temperatura oraz o stężeniu niektórych substancji. W niektórych punktach dokonywanych jest więcej pomiarów, w tym stężenie siarczanów, chlorków, fosforu ogólnego, azotu ogólnego oraz występowania złotej algi (*Prymnesium parvum*) [6]. Wyniki tych pomiarów są udostępniane publicznie, za pośrednictwem dedykowanego portalu internetowego, co zwiększa przejrzystość i umożliwia ich wykorzystanie przez naukowców, administrację oraz organizacje zajmujące się ochroną środowiska.

Równoległe do działań GIOŚ, IMGW prowadzi zaawansowane prace analityczne, które wspierają zarządzanie jakością wód w Odrze. Jednym z kluczowych osiągnięć IMGW jest opracowanie prognostycznego modelu [10], który opiera się na danych z sieci 32 automatycznych stacji pomiarowych rozmieszczonych wzdłuż Odry i jej dopływów. Model ten umożliwia prognozowanie stanu zasolenia wód z wyprzedzeniem do 72 godzin, co ma szczególne znaczenie w sytuacjach kryzysowych [10,8].



Rys. 1. Wyniki badań rzeki Odry [6]

Fig. 1. Results of the Odra River research [6]

Zastosowanie danych z tych systemów wykracza poza monitorowanie samego stanu wód. Umożliwiają one m.in.:

- planowanie działań prewencyjnych i interwencyjnych, takich jak regulacja przepływów w celu zmniejszenia koncentracji zanieczyszczeń,
- tworzenie scenariuszy zarządzania zasobami wodnymi, w oparciu o prognozy hydrologiczne i dane o zasoleniu,
- identyfikację długoterminowych trendów ekologicznych, co pozwala na ocenę skuteczności wdrażanych planów gospodarowania wodami.

2.5. Kontekst historyczny

Monitoring wód w Polsce przeszedł istotne zmiany na przestrzeni lat, zarówno w zakresie regulacji prawnych, jak i metodyki oraz dostępności danych. Przed 1989 r. system monitoringu skupiał się głównie na potrzebach przemysłowych i ochronie zdrowia publicznego, z ograniczonym uwzględnieniem aspektów ekologicznych. Kluczowy przełom nastąpił w 2004 r., gdy Polska przystąpiła do Unii Europejskiej i zobowiązała się do wdrożenia Ramowej Dyrektywy Wodnej (2000/60/WE)[2,3]. Wymusiło to wprowadzenie zintegrowanego podejścia do oceny jakości wód, obejmującego parametry ekologiczne, chemiczne i hydromorfologiczne. Jednocześnie polskie przepisy, w tym rozporządzenia właściwych ministrów, zostały dostosowane do wymagań unijnych, a system monitoringu zaczął uwzględniać cykliczną aktualizację planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy [16].

Wraz z rozwojem nauki i technologii zmieniła się również metodyka monitoringu. Tradycyjne metody analizy chemicznej zostały uzupełnione o badania biologiczne, takie jak ocena makrozoobentosu, fitoplanktonu czy makrofitów, oraz elementy hydromorfologiczne, co pozwoliło na bardziej kompleksową ocenę stanu wód. W ostatnich latach wdrożono sieć automatycznych stacji pomiarowych, które umożliwiają monitorowanie kluczowych parametrów w czasie rzeczywistym, takich jak przewodność, temperatura czy zawartość tlenu rozpuszczonego. Dodatkowo, wytyczne opracowane przez GIOŚ pozwoliły na standaryzację procedur pobierania próbek i analiz laboratoryjnych, co zwiększyło wiarygodność i porównywalność wyników [16].

Kolejnym istotnym etapem była zmiana w sposobie udostępniania danych. W przeszłości wyniki monitoringu były dostępne jedynie w formie zamkniętych raportów, przeznaczonych dla instytucji państwowych. Obecnie dane są publicznie dostępne, m.in. za pośrednictwem portalu internetowego GIOŚ [16]. Integracja wyników monitoringu z systemami GIS umożliwia ich wizualizację na mapach, co ułatwia analizę przestrzenną i identyfikację obszarów problemowych. Polska bierze również udział w międzynarodowych programach monitoringu wód, takich jak wspólne inicjatywy państw dorzecza Odry, co pozwala na wymianę doświadczeń i danych na poziomie międzynarodowym.

3. Zastosowanie wyników monitoringu w praktyce ochrony środowiska

Monitoring parametrów fizykochemicznych rzeki Odry odgrywa istotną rolę w ocenie jej stanu ekologicznego oraz w identyfikacji potencjalnych zagrożeń, mających wpływ na jakość wód i bioróżnorodność ekosystemów. Dane zbierane w ramach systemu monitoringu są wykorzystywane do różnych celów praktycznych, stanowiąc fundament działań ochronnych, zarządzania zasobami wodnymi oraz reagowania na sytuacje kryzysowe, związane z zanieczyszczeniem wód. Wykorzystanie tych informacji obejmuje trzy obszary:

• Ocena jakości wód i identyfikacja zagrożeń

Regularne analizy próbek wody z Odry i jej dopływów umożliwiają bieżące monitorowanie stanu ekologicznego wód. Poprzez monitorowanie kluczowych parametrów, takich jak poziom natlenienia, pH oraz przewodność wody, możliwe jest wykrywanie wczesnych oznak zanieczyszczeń. W raporcie Najwyższej Izby Kontroli (NIK) [21] stwierdzono, że podwyższone wartości tych parametrów mogą wskazywać na obecność substancji szkodliwych, co wymaga podjęcia działań naprawczych. Dzięki systematycznym pomiarom, przeprowadzanym przez stacje monitorujące, oceniane są zmiany jakości wód, co pozwala na wczesne wykrywanie potencjalnych zagrożeń, takich jak wzrost zanieczyszczeń pochodzenia przemysłowego, rolniczego czy komunalnego [12].

• Prognozowanie zagrożeń związanych z zasoleniem

Innym istotnym elementem monitoringu Odry jest prognozowanie stanu zasolenia wód. Dzięki zastosowaniu automatycznych stacji pomiarowych, które dostarczają godzinne dane, możliwe jest prognozowanie poziomu zasolenia rzeki z wyprzedzeniem do 72 godzin. Parametry takie jak przewodność elektrolityczna, tlen rozpuszczony, pH oraz temperatura wody pozwalają na dokładną ocenę stanu wód Odry, w szczególności w kontekście wpływu wód kopalnianych na ekosystemy wodne [8]. Badania przeprowadzone przez *Magdżiorza* i *Lacha* [13] wskazują, że wody kopalniane przyczyniają się do podwyższenia zasolenia, co ma negatywne konsekwencje dla bioróżnorodności i jakości wód. Monitorowanie tych parametrów umożliwia wczesną reakcję na zmieniające się warunki zasolenia i podejmowanie odpowiednich działań zaradczych, takich jak zarządzanie zrzutami wód kopalnianych, mające na celu redukcję negatywnego wpływu na środowisko [11, 13].

• Automatyczny system monitoringu i szybka reakcja na zagrożenia

Automatyczny system monitoringu jakości wód Odry stanowi istotny krok w bieżącej kontroli stanu ekologicznego rzeki. Zbierane parametry, takie jak temperatura, tlen rozpuszczony, przewodność elektrolityczna i pH, pozwalają na ciągłe śledzenie jakości wód, co umożliwia szybką reakcję na zmiany w jakości środowiska wodnego oraz identyfikację potencjalnych zagrożeń. Przykładem skutecznego narzędzia, wspierającego ten proces, jest interaktywna mapa monitoringu Odry opracowana przez GIOŚ, dostępna online na stronie [6]. Dzięki tej mapie, społeczeństwo i naukowcy mają bieżący dostęp do danych w czasie rzeczywistym, co pozwala na monitorowanie stanu jakości wód Odry oraz jej dopływów.

Szczegóły interaktywnej mapy GIOŚ:

- prezentuje wyniki pomiarowe z punktów, które znajdują się na głównym nurcie Odry, jej dopływach oraz Kanale Gliwickim,
- umożliwia wizualizację danych z 33 punktów monitorujących, z których 5 miejsc wyróżnia się codziennym pobieraniem próbek, co umożliwia bardzo szybkie reagowanie na zagrożenia w określonych lokalizacjach [7],

- parametry monitorowane to m.in. temperatura wody, tlen rozpuszczony, pH, przewodność elektrolityczna oraz stężenie substancji chemicznych (siarczany, chlorki, azotany, fosforany, metale ciężkie, takie jak rtęć czy kadm) [7],
- umożliwiają analizę długoterminowych trendów oraz natychmiastową detekcję nagłych zmian jakości wód, takich jak wycieki substancji toksycznych czy szybki wzrost zanieczyszczeń, co może stanowić zagrożenie dla bioróżnorodności rzeki i jej otoczenia,
- system monitoringu gromadzone są również dane dotyczące obecności fitoplanktonu i wskaźników mikrobiologicznych, takich jak występowanie złotej algi (*Prymnesium parvum*), co pozwala na ocenę potencjalnych zagrożeń dla zdrowia ekosystemów wodnych [12].

4. Analiza powszechnie dostępnych informacji

Modernizacja monitoringu i dostępności danych, dotyczących stanu wód Odry, wymaga wdrożenia szeregu usprawnień obejmujących technologie, metody analizy oraz zarządzanie danymi. Ważnym elementem jest rozbudowa sieci pomiarowej poprzez zwiększenie liczby automatycznych stacji monitorujących, szczególnie w obszarach narażonych na zanieczyszczenia, takich jak okolice zakładów przemysłowych, kopalń czy miast [21]. Należy również objąć monitoringiem mniejsze dopływy, aby uzyskać pełniejszy obraz stanu ekologicznego całego dorzecza [12].

Ważnym krokiem jest rozszerzenie zakresu badanych parametrów o stężenia metali ciężkich, azotanów, fosforanów, pestycydów i mikroplastiku. Pozwoli to lepiej identyfikować źródła zanieczyszczeń i oceniać ich wpływ na ekosystemy wodne [20]. Zastosowanie nowoczesnych sensorów wieloparametrowych umożliwi ciągły pomiar jakości wód w czasie rzeczywistym oraz szybkie wykrywanie zagrożeń, takich jak nagłe wycieki toksyn. Dodatkowo, integracja danych z systemami GIS pozwoli na wizualizację wyników na interaktywnych mapach dostępnych online, co ułatwi analizę i prognozowanie zmian jakości wód [7,19].

Istotnym aspektem modernizacji jest monitoring biologiczny, uwzględniający obserwację organizmów wskaźnikowych, takich jak makrofity, bentos czy inne organizmy żyjące w wodach, które odzwierciedlają długofalowe skutki zanieczyszczeń [12]. Wykorzystanie sztucznej inteligencji w tej dziedzinie umożliwi automatyczne rozpoznawanie gatunków i analizę różnorodności biologicznej. Równocześnie modele matematyczne wspierane przez sztuczną inteligencję pozwolą na prognozowanie jakości wód w różnych scenariuszach klimatycznych i antropogenicznych.

Zwiększenie transparentności danych, w tym ich publikacja w otwartych formatach oraz współpraca z instytucjami naukowymi i społecznością lokalną, przyczynią się do skuteczniejszego zarządzania wodami Odry. Inwestycje w rozwój technologii monitorowania oraz zintegrowany system zarządzania danymi mogą stać się wzorem nowoczesnego podejścia do ochrony rzek w Polsce.

5. Podsumowanie

Monitoring jakości wód powierzchniowych, w tym rzeki Odry, jest ważnym elementem skutecznego zarządzania zasobami wodnymi i ochrony środowiska. Zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną [2,3] oraz krajowymi regulacjami, systematyczne badania, realizowane przez instytucje takie jak GIOŚ i IMGW [6,8], umożliwiają ocenę stanu ekologicznego wód, identyfikowanie zagrożeń i prognozowanie zmian. Monitoring obejmuje pomiar parametrów fizykochemicznych, biologicznych i hydromorfologicznych, a dane uzyskane dzięki stacjom automatycznym oraz interaktywnym mapom, są dostępne w czasie rzeczywistym, umożliwiając szybszą reakcję na zagrożenia.

Z perspektywy ostatnich katastrof ekologicznych, takich jak ta na Odrze w 2022 r. oraz wyzwań związanych ze zmianami klimatycznymi, istnieje pilna potrzeba rozwoju systemów monitoringu i udoskonalenia metod analizy oraz udostępniania danych. Dalszy rozwój monitoringu w Polsce powinien koncentrować się na automatyzacji pomiarów, rozszerzeniu monitoringu fizykochemicznego, biologicznego oraz poprawie integracji danych krajowych i międzynarodowych, co ułatwi realizację transgranicznych programów ochrony wód [17,1].

Rozwój technologii pomiarowych oraz integracja danych z różnych źródeł przyczyniają się do rosnącej efektywności systemu. Dostępność danych nie tylko wspiera podejmowanie decyzji opartych na badaniach naukowych, ale również zwiększa świadomość ekologiczną społeczeństwa [14].

Mimo postępu, system monitoringu wód w Polsce wymaga dalszych usprawnień, w tym zwiększenia liczby punktów pomiarowych w obszarach zagrożonych oraz rozwoju narzędzi prognostycznych. Dodatkowo, edukacja społeczeństwa w zakresie monitoringu i wykorzystania danych środowiskowych stanowi ważny element przyszłego rozwoju ochrony zasobów wodnych [9].

LITERATURA

- [1] Cao Zhe, Wang Shuangtao, Luo Pingping, Xie Danni, Zhu Wei. 2022. „Watershed ecohydrological processes in a changing environment: Opportunities and challenges”. *Water*, 14(9), 1502. <https://doi.org/10.3390/w14091502>
- [2] Commission of the European Communities (CEC). 2003. „Proposal for a directive of the European Parliament and the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy”. *COM(2003) 555 final*.
- [3] Eur-Lex. 2000. „Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy”. *Official Journal of the European Communities*, L327, 1–73.
- [4] European Commission. 2007. „Directive 2007/60/EC of the European Parliament and the Council on the assessment and management of flood risks”. *Official Journal of the European Union*, L288, 27–34.
- [5] European Environment Agency (EEA). 2020. „The European environment – State and outlook 2020: Knowledge for transition to a sustainable Europe”. *EEA Report No 4/2020*.
- [6] Główna Inspekcja Ochrony Środowiska (GIOŚ). 2023. „Interaktywna mapa monitoringu jakości wód Odry”. Dostępne online: <https://badania.gios.gov.pl/odra> (data dostępu: 09.12.2024)
- [7] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ). 2021. „Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 13 lipca 2021 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych”. *Dziennik Ustaw*, 127, 801–805.
- [8] Główny Inspektorat Sanitarny. (2024). Normy wykorzystywane w badaniach jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Pobrano z <https://www.gov.pl/web/gis/normy> (dostęp: 14.12.2024).
- [9] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). 2022. „Model prognostyczny zasolenia Odry: Analiza i prognozy”. Warszawa, IMGW-PiB.
- [10] Kumar Mishra Binaya, Kumar Pankaj, Saraswat Chitresh, Chakraborty Shamik, Gautam Arjun. 2021. „Water security in a changing environment: Concept , challenges and solutions”. *Water*, 13(4), 490. <https://doi.org/10.3390/w13040490>
- [11] Kumar Tiwary. 2017. „Impact of Mining on Salinity Intrusion, Ground Water Level, and its Quality – A Case Study”. *15th International Seminar on Cement and Building Materials, New Delhi*.
- [12] Lach Ryszard, Łabaj Paweł, Bondaruk Jan, Magdziej Antoni. 2006. „Monitoring wód kopalnianych odprowadzanych do rzek”. *Prace Naukowe GIG. Górnicтво i Środowisko*, Kwartalnik 1, Katowice.
- [13] Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei. 2022. „Analysis of water quality changes in the Odra River”. Dostępne online: <https://www.igb-berlin.de> (data dostępu: 09.12.2024).
- [14] Magdziej Antoni, Lach Ryszard. 2002. „Analiza możliwości ograniczenia zasolenia Bierawki i Odry przez wody kopalniane”. *Prace Naukowe GIG. Górnicтво i Środowisko*, 2, 69–88.
- [15] Ministerstwo Klimatu i Środowiska. The 2030 National Environmental Policy – The Development Strategy in the Area of the Environment and Water Management. Dostępne online: <https://www.gov.pl/web/climate/the-2030-national-environmental-policy-the-development-strategy-in-the-area-of-the-environment-and-water-management> (data dostępu: 09.12.2024).
- [16] Ouyang Ying, Nkedi-Kizza Peter, Wu Qitang, Shinde Dilip, Huang Chenghe. 2006. „Assessment of seasonal variations in surface water quality”. *Water Research*, 40(20), 3800–3810. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.08.030>
- [17] Portal Rzeczypospolitej Polskiej. 2024. „Monitoring wód w Polsce: Zmiany prawne i metodyczne po przystąpieniu do UE”. Dostępne online: <https://www.portal.rp.pl> (data dostępu: 09.12.2024)
- [18] Staes Jan, Willems Patrick, Marbaix Philippe, Vrebos Dirk. 2011. „Impact of Climate Change on River Hydrology and Ecology: A Case Study for Interdisciplinary Policy Oriented Research”. DOI:10.13140/RG.2.2.34165.58086
- [19] Telci Ilker, Nam Kijin, Guan Jiabao, Aral Mustafa. 2008. „Real Time Optimal Monitoring Network Design in River Networks”. *World Environmental and Water Resources Congress 2008: Ahupua'a*. [https://doi.org/10.1061/40976\(316\)336](https://doi.org/10.1061/40976(316)336)
- [20] Ungureanu Florina, Lupu Robert, Stan Andrei. 2010. „Towards real-time monitoring of water quality in river basins”. *Environmental Engineering and Management Journal*, 9(9), 1267–1274. <https://doi.org/10.30638/eej.2010.164>
- [21] Wilk Paweł, Orlińska-Woźniak Paulina. 2024. „Monitoring ilościowy i jakościowy wód powierzchniowych – razem czy osobno?” *SIGMA-NOT, Gospodarka Wodna*, 2, 14–17. <https://doi.org/10.15199/22.2024.2.2>
- [22] Zyman Iwona, Madej Janusz. 2024. Kryzys ekologiczny na Odrze: Spóźnione działania podmiotów publicznych. *Kontrola i Audyty*, no 1, 11. <https://doi.org/10.53122/ISSN.0452-5027/2024.1.11>