Acta Sci. Pol.
Formatio Circumiectus 21 (1) 2022, 3–15
ENVIRONMENTAL PROCESSES

www.acta.urk.edu.pl ISSN 1644-0765 DOI: http://dx.doi.org/10.15576/ASP.FC/2022.21.1.3

ORIGINAL PAPER Accepted: 21.02.2022

ZMIENNOŚĆ WYBRANYCH PARAMETRÓW FIZYKO-CHEMICZNYCH WODY W ZBIORNIKU SŁUPSKO

Katarzyna Moraczewska-Majkut[1]✉ 0000-0002-3888-6199,
Agata Jaroń[2] 0000-0001-5054-061X, Ewa Łobos-Moysa[1] 0000-0001-8180-7903,
Witold K. Nocoń[1] 0000-0002-4404-8108

[1] Silesian University of Technology, Department of Water and Wastewater Engineering, Faculty of Energy and Environmental Engineering
[2] Military Technical Academy, Faculty of New Technologies and Chemistry

ABSTRAKT

Cel pracy
Celem pracy była ocena zmian stężeń wybranych jonów w wodach zbiornika zaporowego Słupsko oraz określenie jego roli jako „osadnika wstępnego" dla zbiornika Pławniowice.

Materiał i metody
Określenia czynników wywołujących te zmiany dokonano na podstawie pomiaru szeregu parametrów fizycznych i chemicznych między marcem 2019 a lutym 2020. Badania zostały przeprowadzone pod kątem sprawdzenia potencjału wystąpienia niekorzystnych zjawisk dla wód powierzchniowych oraz sprawdzenia, czy zbiornik Słupsko spełnia założoną rolę, tj. funkcję osadnika wstępnego dla zbiornika Pławniowice, który posiada większe walory turystyczne i rekreacyjne.

Wyniki i wnioski
Zbiornik Słupsko jedynie w niewielkim stopniu przyczynia się do wyrównania stężeń analizowanych jonów. Trudno natomiast wytłumaczyć brak wyraźnej zależności pomiędzy stężeniami jonów sodu i przewodnością właściwą. Wysokie stężenia jonów ortofosforanowych w okresie letnim mogą sugerować, iż w obrębie czaszy zbiornika w okresie letnim dochodzi do wewnętrznego wzbogacania wody w ten pierwiastek (zjawisko typowe dla zeutrofizowanych zbiorników wodnych). Wysokie stężenia ortofosforanów na dopływie do zbiornika wskazywać mogą z kolei na dopływ niedostatecznie oczyszczonych ścieków komunalnych lub spływów pochodzących z terenów rolniczych. Zbiornik Słupsko pełni jedynie marginalną funkcję jako „osadnik wstępny" przed zbiornikiem Pławniowice. Krótki czas retencji wody nie pozwala na usunięcie z niej biogenów. Należy również zauważyć, że czas retencji skraca się jeszcze bardziej w okresach intensywnych opadów deszczu, co w praktyce zupełnie uniemożliwia zajście przemian biochemicznych w wodzie. Obecnie zbiornik Słupsko stanowi potencjalne źródło biogenów dla zbiornika Pławniowice, gdyż w niekorzystnych warunkach, w okresie letnim, może dojść do uwalniania biogenów skumulowanych w osadach dennych. W związku z powyższym konieczny wydaje się stały monitoring jakości wody w zbiorniku.

Słowa kluczowe: eutrofizacja, zbiornik zaporowy, biogeny

✉e-mail: katarzyna.moraczewska-majkut@polsl.pl

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2022

WSTĘP

Zanieczyszczenia antropogeniczne, które przedostają się do środowiska naturalnego mogą powodować jego zniszczenie i trwałe przekształcenie lub mogą rozprzestrzeniać się na znaczne odległości, powodując stopniową jego degradację. Zanieczyszczenia takie pozostają na długo w środowisku naturalnym, tak jak np. niektóre składniki środków ochrony roślin czy też ołów jako pozostałość benzyny ołowiowej. Nowym zagrożeniem dla środowiska naturalnego są składniki produktów powszechnie używanych w gospodarstwach domowych, np. konserwanty, siloksany, filtry UV czy też mikrogranulki plastikowe, które dostają się do środowiska wraz z oczyszczonymi ściekami (Kim, 2017; Zhang, 2019). Rozwój przemysłu oraz działalność rolnicza przyczyniają się do degradacji środowiska naturalnego przez wprowadzenie zanieczyszczeń antropogenicznych obejmujących zarówno związki organiczne, jak i nieorganiczne (Othman i in., 2019).

Zasoby wodne województwa śląskiego wykazują dużą różnorodność, co wynika przede wszystkim ze zróżnicowanego środowiska przyrodniczego tej części kraju. Dostępne zasoby wodne są bardzo skąpe przy jednoczesnym dużym zapotrzebowaniu na wodę. Małe zasoby wodne uwarunkowane są położeniem województwa śląskiego w strefie wododziałowej (Różkowski, 2008). Poza tym jedynie niewielka część zasobów wodnych nadaje się do wykorzystania ze względu na znaczne zanieczyszczenie (Różkowski, 2008). W odróżnieniu od reszty kraju, w województwie śląskim występuje bardzo dużo antropogenicznych zbiorników wodnych, które powstawały w wyniku działań człowieka (np. zbiorniki: zaporowe, w wyrobiskach poeksploatacyjnych, w nieckach osiadania i zapadliskach, stawy hodowlane itp.). Stale prowadzona działalność człowieka przyczynia się do zmian ilościowych, a także jakościowych. Głównymi zagrożeniami antropogenicznymi dla zasobów wodnych mogą być: koncentracja zapotrzebowania na wodę, nieracjonalna gospodarka zasobami, zmiana warunków hydrologicznych i morfologicznych wynikająca z zabudowy i regulacji cieków, odprowadzanie nieoczyszczonych lub niedostatecznie oczyszczonych ścieków komunalnych i przemysłowych, zanieczyszczenia pochodzące ze źródeł rolniczych, brak kanalizacji wielu obszarów wiejskich i rekreacyjnych, drenaż wód kopalnianych oraz ich zrzuty do cieków, a także nieodpowiednia gospodarka odpadami (Strategia Ochrony Przyrody Województwa Śląskiego do roku 2030, 2012).

Pierwszą grupą znaczących zanieczyszczeń wód powierzchniowych w województwie śląskim są biogeny. Z powodu obciążenia wód tymi substancjami pogarsza się ich jakość. Można to zauważyć w szczególności w okresie wiosenno-letnim, kiedy obserwuje się intensywniejszą eutrofizację wód. Drugą grupą zagrożeń stają się zanieczyszczenia w postaci rozpuszczalnych chlorków i siarczanów, które dostają się do środowiska wraz z wodami kopalnianymi (Bodzek i Konieczny, 2014; Mitko i Turek, 2021).

Województwo śląskie położone jest na głównym wododziale Polski, co sprawia m.in., że jest ubogie w zasoby wodne. Brak na tym terenie zbiorników naturalnych. Występuje natomiast szereg zbiorników antropogenicznych – wyrobisk po eksploatacji, sztucznych zbiorników zaporowych i stawów hodowlanych (Absalon, 2020). Zbiorniki zaporowe pełnią na tym obszarze kilka funkcji. Po pierwsze, stanowią źródło zaopatrzenia w wodę poddawaną procesom uzdatniania (np. zbiornik Goczałkowicki). Ważną ich funkcją jest wyrównywanie przepływów w jedynej drodze wodnej regionu, a mianowicie w Kanale Gliwickim, który jest dopływem Odry. Zbiorniki zaporowe magazynują wodę w okresie intensywnych opadów atmosferycznych. Pełnią również szereg funkcji rekreacyjnych (żeglarstwo, kajakarstwo, wędkarstwo). Zbiorniki zaporowe pełnią również funkcje „oczyszczalni ścieków", co było szczególnie istotne w okresie, gdy rzeki traktowano w Polsce jako kolektory wszelkiego rodzaju ścieków komunalnych i przemysłowych. Stanowią również istotne w skali kraju ostoje lęgowe oraz miejsca postoju i zimowania dla setek tysięcy ptaków migrujących. Większość z tych funkcji dotyczy tzw. Hydrowęzła Kłodnicy, którego głównymi zbiornikami są zbiorniki Dzierżno Duże, Dzierżno Małe i Pławniowice. Najmniejszym i najmłodszym zbiornikiem tego obszaru jest zbiornik Słupsko. Powstał na Potoku Toszeckim w 2003 roku (Kozłowski i in., 2006). Zlokalizowany jest na terenie miejscowości Słupsko, od której wziął nazwę. Jego zlewnia ma charakter głównie rolniczy. Jedynym miastem znajdującym się w jego zlewni jest Toszek. Do zbiornika trafiają zanieczyszczenia

pochodzące ze spływów powierzchniowych. Jego linia brzegowa od strony wschodniej graniczy bezpośrednio z terenami rolniczymi (Kostecki, Nocoń, 2009; Kozłowski i in., 2006).

W okolicy zbiornika Słupsko dominują pola uprawne, gdzie stosowane są nawozy rolnicze. Zdolność gleby do wiązania różnych związków chemicznych spowodowała, że zarówno gleba, jak i woda są narażone na zanieczyszczenia nieorganiczne, które zmieniają równowagę biochemiczną (Dube, 2001). Głównym źródłem zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych są biogeny, tzn. związki azotu i fosforu występujące licznie w nawozach sztucznych, które są odpowiedzialne za zjawisko eutrofizacji, metale ciężkie powodujące silne skażenie wód oraz nowe, organiczne zanieczyszczenia pochodzące z produktów powszechnie stosowanych (Othman i in., 2019).

Elementy fizyko-chemiczne charakteryzujące zanieczyszczenie wód naturalnych to: 1) wskaźniki określające warunki tlenowe i zanieczyszczenia organiczne: chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT), biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT) oraz zawartość tlenu rozpuszczonego, 2) wskaźniki określające warunki biogenne: azot amonowy, azot azotanowy, azot ogólny, fosfor fosforanowy (V), fosfor ogólny, 3) wskaźniki określające zasolenie: przewodność oraz 4) zakwaszenie: pH (Rozporządzenie Dz.U. 2019, poz. 2149). Czysta i nieskażona woda jest niezbędnym elementem funkcjonowania człowieka, rolnictwa oraz przemysłu. Ilość słodkiej wody na Ziemi wynosi zaledwie 2,5%, z czego tylko 1% nadaje się do użytkowania (Prachi, Rajiv, 2020). Wody powierzchniowe są najłatwiej dostępnym źródłem wody. W województwie śląskim na potrzeby gospodarki narodowej i ludności np. w 2018 roku ponad 63% poboru wody stanowiły wody powierzchniowe (Stan środowiska w województwie śląskim, 2020). Wody powierzchniowe z roku na rok znajdują się w coraz gorszym stanie, co ma negatywny skutek zarówno dla ekosystemów wodnych, jak i bezpośrednio dla człowieka. Województwo śląskie charakteryzuje się dużym deficytem zbiorników wodnych pochodzenia naturalnego. Biorąc pod uwagę duży deficyt wód związany z występującym co roku problemem suszy oraz brak zbiorników pochodzenia naturalnego, ekosystemy wodne powinny być objęte właściwą ochroną oraz pracami rekultywacyjnymi zapewniającymi jak najlepsze parametry fizyko-chemiczne wód. Również zbyt mała liczba stałych punktów monitoringu wód powierzchniowych uniemożliwia właściwą ocenę degradacji środowiska naturalnego. Przykładem może być zbiornik Słupsko, na temat którego brak aktualnych doniesień literaturowych. Doniesienia na temat tego zbiornika pochodzą sprzed kilkunastu lat (Kostecki, Nocoń, 2009).

Celem niniejszej pracy była ocena zagrożenia wód zbiornika Słupsko eutrofizacją. Dlatego też dla zbiornika Słupsko wykonano badania wybranych wskaźników jakości wody, które miały wskazać roczną zmienność wybranych jonów w wodach tego zbiornika oraz pozwolić na ocenę, czy zbiornik Słupsko spełnia aktualnie funkcję „osadnika wstępnego" dla zbiornika Pławniowice.

OBSZAR BADAŃ

Zbiornik Słupsko zlokalizowany jest w województwie śląskim. Położony jest ok. 30 km na północny zachód od miasta Gliwice. Powierzchnia zlewni wynosi ponad 55 km^2 (Kostecki, Nocoń, 2009). Tereny zlewni mają w ok. 80% charakter rolny, a pozostała część to głównie tereny leśne (Kozłowski i in., 2006). Powierzchnia zbiornika jest niewielka, liczy zaledwie 32,5 ha. Pojemność przy normalnym piętrzeniu wynosi 0,685 mln m^3, a przy maksymalnym – 1,15 mln m^3. Maksymalna głębokość to 5,3 m, natomiast głębokość średnia wynosi 1,9 m. Długość linii brzegowej wynosi 3,8 km (tabela 1). Lina brzegowa zbiornika jest słabo rozwinięta – współczynnik rozwinięcia linii brzegowej wynosi 0,55. Zbiornik zasilany jest Potokiem Toszeckim. Zbiornik Słupsko pełni funkcję w głównej mierze retencyjną – czas retencji przy piętrzeniu normalnym wynosi 21–76 dni, w zależności od opadów atmosferycznych. Zbiornik pełni także funkcję przyrodniczo-rekreacyjną. Akwen zlokalizowany jest w zlewni zbiornika Pławniowice, pełniąc m.in. funkcję jego osadnika wstępnego. Zbiornik Słupsko połączony jest bezpośrednio z jeziorem Pławniowice 2,5 km odcinkiem Potoku Toszeckiego.

Tabela 1. Charakterystyka techniczna i morfometryczna zbiornika Słupsko [Kostecki i in., 2009]

Parametr	Wielkość
Powierzchnia zlewni	55,2 km2
Powierzchnia zbiornika	32,5 ha
Pojemność przy piętrzeniu normalnym / max.	0,685 / 1,15 mln m3
Czas retencji przy piętrzeniu normalnym	21–76 dni
Głębokość średnia / max.	1,9 / 5,3 m
Współczynnik rozwinięcia linii brzegowej	0,55

METODYKA

Pobieranie próbek

Badania prowadzono w okresie od marca 2019 do lutego 2020 r. Pobieranie próbek odbywało się w trzech charakterystycznych stanowiskach:

1) na dopływie do zbiornika (na Potoku Toszeckim w miejscowości Boguszyce) oddalonym ok. 2,5 km od zbiornika docelowego (ryc. 1) z głębokości ok. 20 cm poniżej lustra wody,
2) na odpływie – punkt poboru znajdował się ok. 30 m poniżej zapory czołowej zbiornika (ryc. 2) z głębokości ok. 20 cm poniżej lustra wody,
3) w punkcie znajdującym się w czaszy zbiornika (ryc. 3) z głębokości ok. 50 cm poniżej lustra wody.

Lokalizację stanowisk badawczych przedstawiono na ryc. 4. Częstotliwość pobierania próbek w badanym okresie wynosiła raz w miesiącu, oprócz wiosny, kiedy to próbki pobierano co dwa tygodnie.

Ryc. 1. Punkt pobierania próbek wody na dopływie do zbiornika (stanowisko 1)

Ryc. 2. Punkt pobierania próbek wody na odpływie ze zbiornika (stanowisko 2)

Ryc. 3. Punkt pobierania próbek wody z czaszy zbiornika (stanowisko 3)

Ryc. 4. Lokalizacja stanowisk pobierania próbek wody: 1 – na dopływie (50.43813N, 18.50980E), 2 – na odpływie (50.41474N, 18.49856E), 3 – w czaszy zbiornika (50.41585N, 18.50440E)

Analiza fizyczno-chemiczna

W pobranych próbkach wody oznaczano wskaźniki ogólne: pH, przewodność, stężenia pierwiastków: sodu, potasu, wapnia, baru, litu oraz zawartość ortofosforanów jako wskaźnika ekologicznego. Próbki wody przed analizą poddawano filtracji na filtrach membranowych wykonanych z octanu celulozy o wielkości porów 0,45 µm. Do pomiaru pH oraz przewodności użyto wielofunkcyjnego miernika CX–401 firmy Elmetron. Zawartość metali oznaczono metodą spektrometrii emisyjnej płomieniowej, korzystając z fotometru Jenway, model PEP7. Zawartość fosforu ogólnego oznaczono metodą kolorymetryczną na spektrofotometrze UV-1800 firmy Shimadzu przy długości fali 690 nm.

WYNIKI BADAŃ

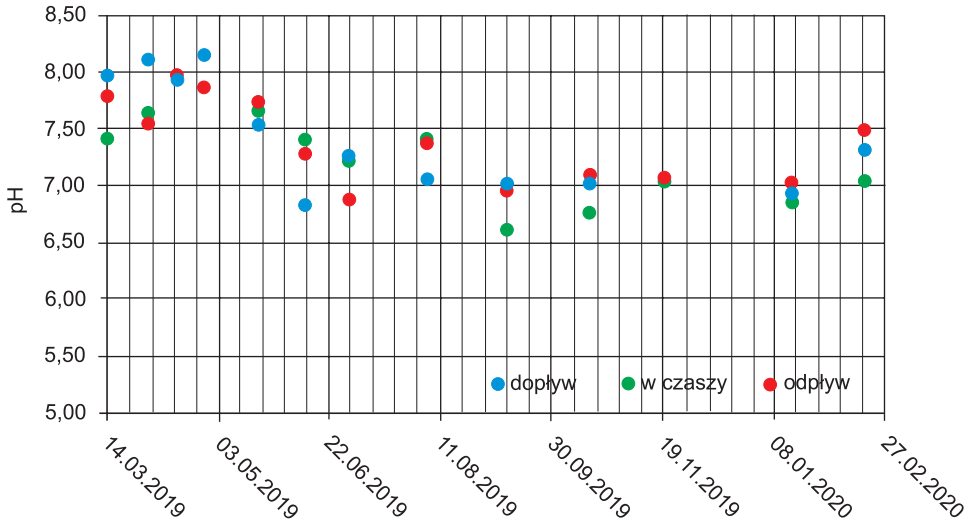
Wyniki badań przeprowadzonych w okresie 12 miesięcy 2019–2020 r. wskazują na to, że w różnych okresach do zbiornika dopływają różnego rodzaju zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego, mające wpływ na jakość wody w zbiorniku. Szczególnie warta podkreślenia jest seria badań przeprowadzona w próbkach wody pobranych w dniu 10.09.2020 r. w czaszy zbiornika. Charakteryzowała się ona brązowo-zielonym zabarwieniem oraz zapachem typowym dla nieoczyszczonych ścieków bytowo-gospodarczych.

Wskaźniki charakteryzujące zakwaszenie i zasolenie

Zmienność wartości pH wody w ciągu roku należy łączyć z cyklem życia zbiorników wodnych. W badanych wodach wartości pH zmieniały się w zakresie od 6,82 do 8,14 w Potoku Toszeckim na dopływie do zbiornika, od 6,61 do 7,96 w czaszy zbiornika oraz od 6,88 do 7,96 w Potoku Toszeckim na odpływie ze zbiornika (ryc. 5).

Wzrost wartości pH był szczególnie zauważalny w kwietniu oraz maju. Może być to spowodowane dostarczeniem znaczącej ilości biogenów z pól uprawnych znajdujących się w zlewni Potoku Toszeckiego. W kwietniu ponadto stwierdzono większą wartość pH na odpływie w odniesieniu do czaszy zbiornika. Powstałą zależność można wytłumaczyć rozwojem fitoplanktonu w zbiorniku. Z kolei w okresie letnim był widoczny spadek wartości pH do ok. 7, a następnie nieznaczny wzrost do wartości 7,5. W okresie letnim obserwuje się zielone zabarwienie i zmętnienie wody spowodowane rozwojem fitoplanktonu. Jak donosi Domańska (Domańska i in., 2009), podczas tego niekorzystnego zjawiska następuje zmniejszenie stężenia tlenu rozpuszczonego w zbiorniku, co wywołuje wyhamowanie procesu fotosyntezy oraz obumieranie makrofitów. Obumarłe glony są przyczyną wtórnego zanieczyszczenia wody i osadów dennych. Postępująca eutrofizacja powoduje ponadto obniżenie stężenia rozpuszczonego dwutlenku węgla, co w konsekwencji przejawia się wzrostem pH (Domańska i in., 2009).

W okresie jesiennym zaobserwować można wyraźne ustabilizowanie wartości odczynu w granicach 7. Cykliczność zmian wartości odczynu w zbiorniku Słupsko potwierdza zachodzącą produkcję pierwotną (Kostecki, Nocoń, 2009). W literaturze nie ma doniesień dotyczących wyników parametrów chemicznych dla zbiornika Słupsko. Najbliższym zbiornikiem, również sztucznym, jest zbiornik Pławniowice, w którym stwierdzono wyraźną degradację wód w latach 90., m.in. wzrost wartości pH do 9,8, a w roku 2006 nawet do wartości 10,3 (Kostecki, 2012). Rekultywacja tego zbiornika przez selektywne odprowadzanie wód hypolimnionu pozwoliła na stopniową poprawę warunków fizyko-chemicznych i obniżenie pH do wartości 8,2 w roku 2011 (Kostecki, 2014). Tak wysokiemu



Ryc. 5. Wartość pH w próbkach pobranych w trzech stanowiskach badawczych w latach 2019–2020

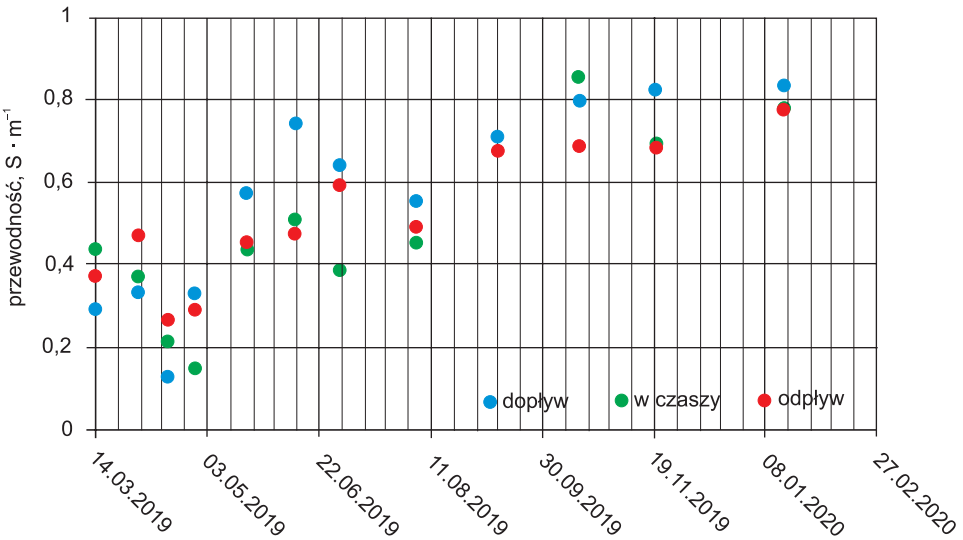
wzrostowi pH towarzyszyło pogorszenie widzialności krążka Secchiego, tj. do wartości 0,8 m.

Przewodność analizowanych próbek wody charakteryzowała się dużą zmiennością w ciągu roku. To zjawisko jest również typowe dla cyklu życia jezior. Przewodność w ciągu roku zmieniała się w granicach od 0,128 do 833 S · m^{-1} na dopływie do zbiornika, od 0,148 do 0,854 S · m^{-1} w czaszy zbiornika oraz od 0,290 do 0,778 S · m^{-1} na odpływie ze zbiornika (ryc. 6). W okresie wiosennym spadek przewodności wody może być spowodowany zwiększonym udziałem wód pochodzących z topnienia śniegu. Z kolei późną wiosną nastąpił wzrost przewodności wody. Ten fakt można wytłumaczyć spadkiem udziału wód opadowych dopływających do zbiornika. W okresie letnim spadek przewodności mógł być związany z opadami deszczu. Wysoka przewodność jesienią i zimą może mieć natomiast związek z niskimi opadami i wysoką temperaturą powietrza, która przyczynia się do zwiększonego parowania.

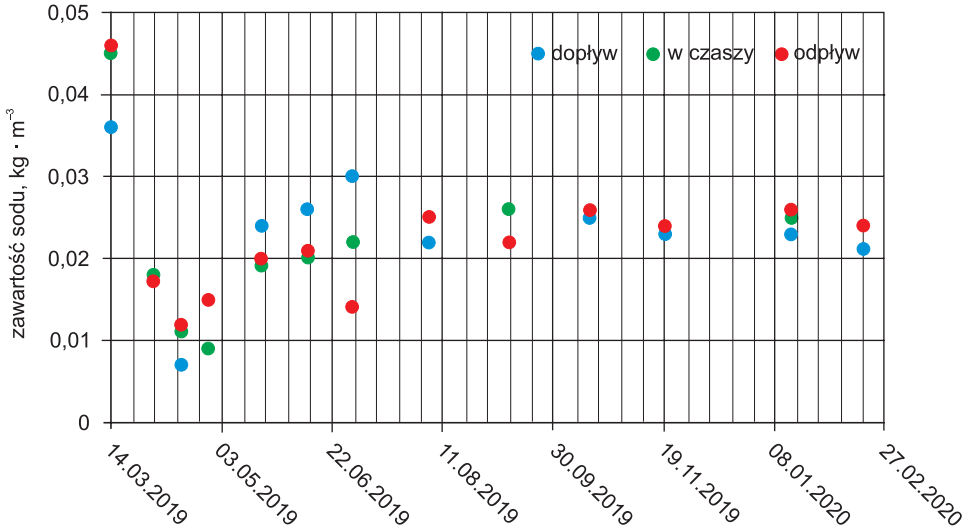
Wskaźniki charakteryzujące zasolenie – kationy

Podobnie jak w przypadku przewodności, w okresie wiosennym nastąpiło zmniejszenie stężenia jonów Na^+ we wszystkich trzech obserwowanych punktach, tj. na dopływie do zbiornika z 0,036 kg · m^{-3} do 0,024 kg · m^{-3}, w czaszy zbiornika z wartości 0,045 kg · m^{-3} do 0,022 kg · m^{-3}, zaś na odpływie z 46 kg · m^{-3} do 14 kg · m^{-3} (ryc. 7). Fakt ten można tłumaczyć wzrostem udziału wód pochodzących z topnienia śniegu i rozcieńczeniem sodu w wodach zarówno zbiornika Słupsko, jak i Potoku Toszeckiego. W okresie letnim widać ponaddwukrotną różnicę w stężeniu sodu na dopływie (0,030 kg · m^{-3}) i na odpływie (0,014 kg · m^{-3}) ze zbiornika. Może to być związane z dostawą sodu wraz ze ściekami odprowadzanymi do Potoku Toszeckiego i jego akumulacją w zbiorniku.

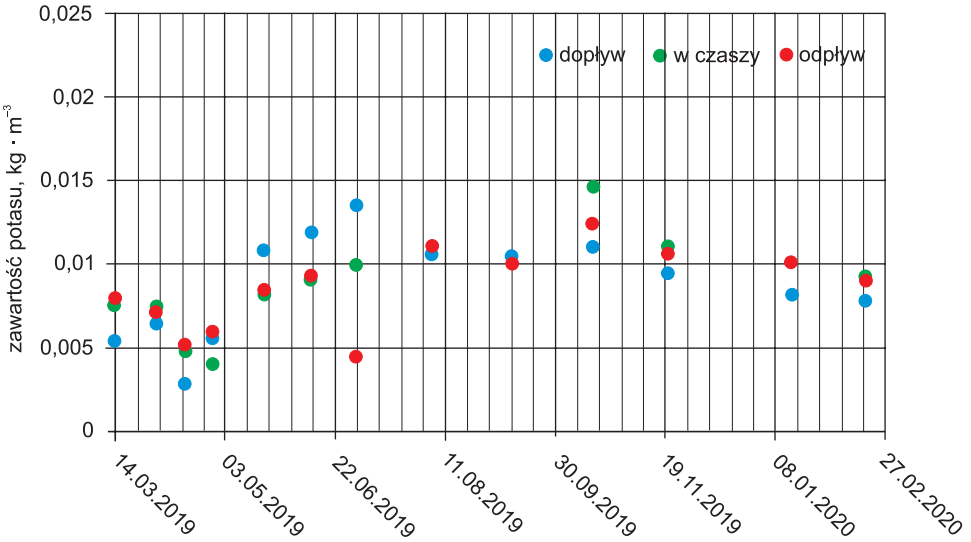
Zawartość **jonów potasu** wynosiła na dopływie do zbiornika od 0,003 do 0,014 kg · m^{-3}, w czaszy zbiornika zmieniała się w granicach od 0,004 do 0,031 kg · m^{-3}, a na odpływie ze zbiornika od 0,006 do 0,012 kg · m^{-3} (ryc. 8). Wyraźny, jednorazowy wzrost stężenia potasu do wartości 30,8 kg · m^{-3} w czaszy zbiornika odnotowano w próbie charakteryzującej się złymi własnościami organoleptycznymi. Natomiast wzrost stężenia potasu do poziomu 0,006–0,011 kg · m^{-3} na dopływie do zbiornika obserwowany w okresie wiosenno-letnim (maj–lipiec) był spowodowany najprawdopodobniej wymywaniem potasu z pól uprawnych znajdujących się w okolicy. Potas jest głównym składnikiem nawozów stosowanych w rolnictwie. W okresie jesienno-zimowym stężenia potasu były zbliżone do siebie we wszystkich trzech obserwowanych punktach i mieściły się w granicach od 0,007 do 0,012 kg · m^{-3}



Ryc. 6. Wartość przewodności wody w próbkach pobranych z trzech charakterystycznych punktów zbiornika Słupsko w okresie od 14.03.2019 do 18.02.2020

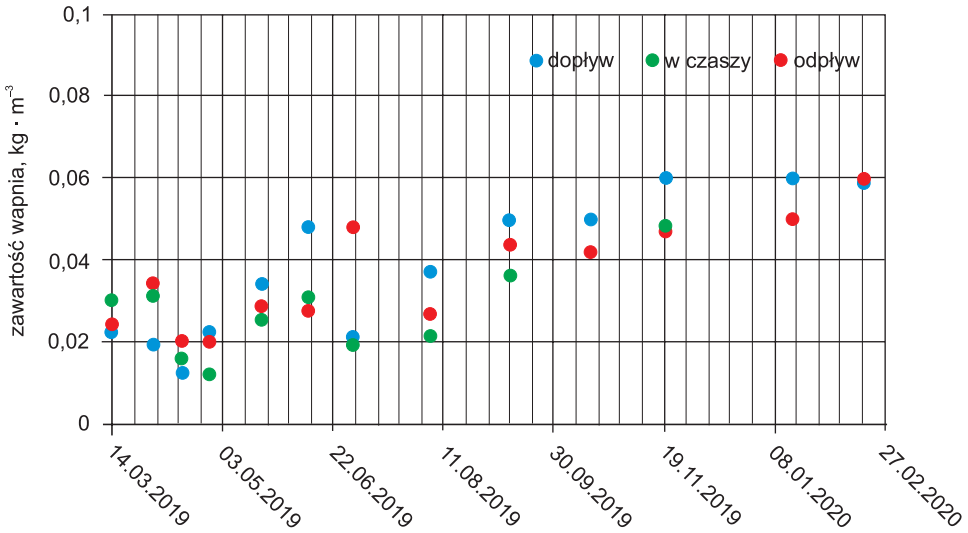


Ryc. 7. Stężenie sodu w próbkach pobranych z trzech charakterystycznych punktów zbiornika Słupsko w okresie od 14.03.2019 do 18.02.2020



Ryc. 8. Zawartość potasu w próbkach pobranych z trzech charakterystycznych punktów zbiornika Słupsko w okresie od 14.03.2019 do 18.02.2020

Wapń jest jednym z niezbędnych składników odżywczych stosowanych w nawozach, koniecznym do prawidłowego wzrostu roślinności. Wapń pomaga również w utrzymaniu równowagi chemicznej w glebie, zmniejsza zasolenie, neutralizuje kwasy komórkowe i poprawia penetrację wody (Akhter i in., 2020). Stężenie wapnia w ciągu roku ulegało dużym wahaniom we wszystkich trzech punktach poboru próbek wody (ryc. 9). W czaszy zbiornika stężenie tego jonu zmieniało się w zakresie 0,012–0,060 kg · m^{-3}, na dopływie 0,013–0,060 kg · m^{-3}, a na odpływie 0,025–0,060 kg · m^{-3}. Wapń jest zużywany przez roślinność wodną. Obserwowane wahania stężenia wapnia można tłumaczyć łączeniem



Ryc. 9. Zawartość wapnia w próbkach pobranych z trzech charakterystycznych punktów zbiornika Słupsko w okresie od 14.03.2019 do 18.02.2020

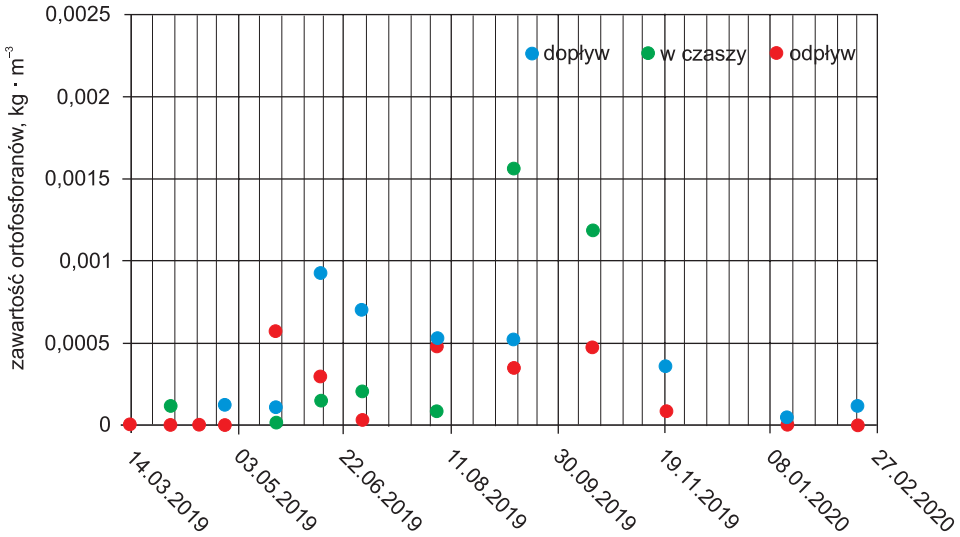
się jonów Ca^{2+} w związki kompleksowe z substancjami humusowymi obecnymi w glebie i wymywanymi okresowo wraz z deszczem. Jony wapniowe mogą również dopływać do zbiornika wraz z doprowadzanymi incydentalnie ściekami.

W przypadku jonów baru i litu ich zawartość była poniżej granicy oznaczalności analizatora. Jednak należy nadal prowadzić monitoring tych kationów, gdyż ich pojawienie się w środowisku będzie sygnałem, że mamy do czynienia z nowym antropogenicznym źródłem zanieczyszczenia. Innym przykładem takich jonów jest bor (Turek i in., 2007).

Wskaźniki charakteryzujące biogenność

W badanym zbiorniku stężenia **ortofosforanów** w zależności od miesiąca oscylowały między wartością poniżej granicy oznaczalności, tzn. <0,00002 kg · m^{-3} a wartością 0,0016 kg · m^{-3} (ryc. 10). Na dopływie do zbiornika wartości mieściły się w granicach między dolną granicą oznaczalności a 0,0009 kg · m^{-3},natomiast na odpływie maksymalne stężenie wynosiło 0,0006 kg · m^{-3}. W miesiącach letnich, tj. w czerwcu oraz w lipcu, oznaczono wyższe stężenia ortofosforanów na dopływie do zbiornika, odpowiednio 0,0009 kg · m^{-3} i 0,0007 kg · m^{-3} niż w odpływie, odpowiednio <0,0003 kg · m^{-3} i 0,00003 kg · m^{-3} oraz niewielką zawartość w czaszy zbiornika. Nasuwa to wniosek, że ten biogen jest zużywany podczas wzrostu roślinności wodnej obecnej w zbiorniku. Duży wzrost stężenia ortofosforanów do wartości znacznie odbiegającej od średniej wskazuje na obecność nieoczyszczonych ścieków w próbce wody. W okresie zimowym był widoczny spadek stężenia do wartości < 0,00002 kg · m^{-3}. Jest to proces typowy dla wód otwartych, co wiąże się z wytrącaniem rozpuszczonych ortofosforanów i ich czasową depozycją w osadach dennych (Rozpondek, Wancisiewicz, 2006).

Fosfor jest jednym z biogenów odpowiedzialnym za eutrofizację wód. Źródła fosforu w wodach powierzchniowych mogą być głównie związane ze spływem powierzchniowym z pól uprawnych lub zrzutem nieoczyszczonych ścieków komunalnych bezpośrednio do odbiornika (Rozpondek, Wancisiewicz, 2006). Natomiast naturalne zmiany stężenia fosforu w wodach są związane z cyklem rocznym „życia akwenu" (Kozłowski i in., 2006). Minimalne stężenia fosforu w wodach powierzchniowych stwierdza się z reguły latem, maksymalne zaś w okresie cyrkulacji wiosennej. Udział fosforanów w ogólnej puli fosforu zwiększa się zazwyczaj od wiosny do jesieni. Analogiczne prawidłowości dotyczą także sezonowej zmienności tego pierwiastka w przydennych warstwach wód badanych jezior (Stawecki, 2019).



Ryc. 10. Zawartość ortofosforanów w próbkach pobranych z trzech charakterystycznych punktów zbiornika Słupsko w okresie od 14.03.2019 do 18.02.2020

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

a) zbiornik Słupsko jedynie w niewielkim stopniu przyczynia się do wyrównania stężeń analizowanych jonów w okresie rocznym. Trudno natomiast wytłumaczyć brak wyraźnej zależności pomiędzy stężeniami jonów sodu i przewodnością właściwą. Być może jest to spowodowane obecnością w wodzie innych rozpuszczonych soli, np. magnezu, których w trakcie badań nie oznaczano. Wysokie stężenia ortofosforanów na dopływie do zbiornika, tj. 0,0009 kg · m^{-3}, mogą wskazywać na wprowadzanie do środowiska niedostatecznie oczyszczonych ścieków komunalnych lub na spływy pochodzące z terenów rolniczych.

b) zbiornik Słupsko odgrywa jedynie marginalną rolę jako „osadnik wstępny" przed zbiornikiem Pławniowice. Krótki czas retencji wody nie pozwala na pełny przebieg procesów biochemicznych pozwalających na usunięcie z niej biogenów. Należy również zauważyć, że czas retencji skraca się jeszcze bardziej w okresach intensywnych opadów deszczu i w skrajnych przypadkach może się skrócić do zaledwie kilkudziesięciu godzin, co w praktyce całkowicie uniemożliwia zajście przemian biochemicznych w wodzie.

c) w związku z przewidzianą pierwotnie (w projekcie) rolą zbiornika Słupsko jako osadnika wstępnego dla zbiornika Pławniowice, konieczny wydaje się stały monitoring jakości wody w zbiorniku oraz poszerzenie zakresu analiz chemicznych i uzupełnienie ich o badania biologiczne.

Praca została sfinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższej RP w ramach prac statutowych.

BIBLIOGRAFIA

Absalon, D. (2020). Wody powierzchniowe województwa śląskiego. w: Przyroda Górnego Śląska, T. 101, Wydawnictwo Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska, 10–12.

Akhter, F., Nag, A., Alahi, M.E.E., Liu, H., Mukhopadhyay, S.C. (2020). Electrochemical detection of calcium and magnesium in water bodies. Sensors and Actuators A: Physical, 305, 111949.

Bodzek, M., Konieczny, K. (2014). Praktyczne zastosowanie ciśnieniowych technik membranowych w gospodarce wodno-ściekowej, Rynek Instalacyjny, 3.

Domańska, M., Wiercik, P., Idzikowski, R. (2009). Problemy z uzdatnianiem wód zeutrofizowanych, Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 3(45), 56–64.

Dube, A., Kowalkowski, R.Z.T., Cukrowska, E., Buszewski B. (2001). Adsorption and migration of heavy metals in soil. Polish Journal of Environmental Studies, 10, 1–10.

Kim, K.Y., Ekpeghere, K.I., Jeong, H.J., Oh, J.E. (2017). Effects of the summer holiday season on UV filter and illicit drug concentrations in the Korean wastewater system and aquatic environment. Environmental Pollution 227, 587–595.

Kostecki, M. (2012). Rekultywacja zbiornika antropogenicznego metodą usuwania hypolimnionu (południowo -zachodnia Polska). Inżynieria i Ochrona Środowiska, 15(2), 101–117.

Kostecki, M., Nocoń, W. (2009). Rola płytkiego naziemnego zbiornika zaporowego w układzie rzeka-zbiornik -rzeka, Część I. Wybrane wskaźniki hydrochemiczne oraz bilans związków azotowych w zbiorniku Słupsko, Inżynieria Ochrony Środowiska, 12(4), 249–269.

Kostecki, M. (2014). Rekultywacja antropogenicznego zbiornika wodnego Pławniowice metodą usuwania hipolimnionu – studium limnologiczne. „Prace i studia". Zabrze: Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN.

Kozłowski, J., Kostecki, M., Nocoń, W. (2006). Wpływ zmian jakości wody w Potoku Toszeckim w latach 1976–2004 na stopień zanieczyszczenia wody w zbiorniku zaporowym Pławniowice, Ochrona Środowiska, 28(4), 35–40.

Mitko, K., Turek, M. (2021). Membrane-Based Solutions for the Polish Coal Mining Industry, Membrane, 11, 638.

Othman, R., Sulaiman, W.S.H.W., Baharuddin, Z.M., Mahamod, L.H., Hashim, K.S.H-Y. (2019). Impact of sandy soil physico-chemical properties towards urban lakes eutrophication and inorganic pollutant status. Desalination and Water Treatment, 163, 404–408.

Othman, R., Sulaiman, W.S.H.W., Baharuddin, Z.M., Mahamod, L.H., Hashim, K.S.H-Y. (2019). Influences of laterite soil towards physico-chemical properties and heavy metals concentration in urban lake quality index. Desalination and Water Treatment, 163, 398–403.

Prachi, V., Rajiv, G. (2020).Water quality assessment of natural lakes and its importance: An overview. Materials Today Proceedings, 32, 544–552.

Rozpondek, R., Wancisiewicz, K. (2016). Analiza rozkładu zanieczyszczeń w osadach dennych z zastosowaniem GIS w przybrzeżnej strefie zbiornika wodnego Ostrowy na rzece Biała Oksza. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 19, 37–49.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 11 października 2019 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U. 2019 poz. 2149).

Różkowski, A. (2008). Historia badań i stan rozpoznania hydrogeologicznego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i obszarów przyległych. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.

Stan środowiska w województwie śląskim Raport 2020 (2020). GIOŚ RWMŚ Katowice.

Stawecki, K. (2019). Zmiany zawartości fosforu, wybranych wskaźników jakości wód i odłowów rybackich oraz ocena stanu troficznego i ekologicznego jezior typu sielawowego, praca doktorska, IRŚ, Olsztyn.

Strategia Ochrony Przyrody Województwa Śląskiego do roku 2030, 2012. Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska, Katowice.

Turek, M., Dydo, P., Trojanowska, J., Campen, A. (2007). Adsorption/Co-precipitation-reverse osmosis system for boron removal, Desalination, 205, 192–199.

Zhang, S., Wang, J., Liu, X., Qu, F., Wang, X., Wang, X., Li, Y., Sun, Y. (2019). Microplastics in the environment: A review of analytical methods, distribution, and biological effects. Trends in Analytical Chemistry, 111,62–72.

VARIABILITY OF SELECTED PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF WATER IN THE SŁUPSKO RESERVOIR

ABSTRACT

Aim of the study

The aim of the study was to evaluate changes in the concentration of selected ions in the waters of the Słupsko dam reservoir and to determine its role as a „primary sedimentation tank" for the Pławniowice reservoir.

Material and methods
Determination of the factors causing these changes was made on the basis of measuring a number of physical and chemical parameters between March 2019 and February 2020. The research was carried out in terms of checking the potential of unfavorable phenomena for surface water and checking whether the Słupsko reservoir fulfills the assumed role, i.e. the function of the „initial settler" for the Pławniowice Reservoir.

Results and conclusions
The Słupsko reservoir contributes only to a small extent to the equalization of the analyzed ions' concentrations. It is difficult to explain the lack of a clear relationship between sodium ion concentrations and conductivity. High concentrations of orthophosphate ions in the summer may suggest that the reservoir's canopy is enriched with this element internally in the summer. High concentrations of orthophosphates at the inflow to the reservoir may indicate the inflow of insufficiently treated municipal sewage or runoff from agricultural areas. The Słupsko reservoir plays only a marginal role as a „preliminary sedimentation tank" for the Pławniowice reservoir. The short time of water retention does not allow the removal of nutrients from it. Currently, the Słupsko reservoir is a potential source of nutrients for the Pławniowice reservoir. Therefore, it seems necessary to constantly monitor the quality of water in the reservoir.

Keywords: eutrophication, nutrients, dam reservoir