

Maciej KOSTECKI  
Witold NOCŃ  
Katarzyna NOCŃ  
Polska Akademia Nauk

## MOŻLIWOŚĆ USUWANIA METALI CIĘŻKICH Z EKOSYSTEMU LIMNICZNEGO POPRZECZ USUNIĘCIEM BIOMASY PLANKTONU NA PRZYKŁADZIE RYBNICKIEGO ZBIORNIKA ZAPOROWEGO

W artykule przedstawiono wyniki badań nad rolą biomasy planktonu jako biosorbentu w procesie transportu metali ciężkich, w skażonym termicznie, antropomiktycznym zbiorniku zaporowym Rybnik. W procesie koagulacji siarczanem żelaza (PIX), stosowanym w stacji uzdatniania wody, powstaje masa planktonowa zawierająca metale ciężkie. W 2008 roku koagulacji poddano 13 mln m<sup>3</sup> wody, uzyskując 350 ton biomasy. W 2009 roku na SPW koagulacji poddano 9,2 mln m<sup>3</sup> wody, z czego uzyskano 177,5 ton biomasy o średniej wilgotności 87%. Wraz z biomasą planktonu w 2009 r. usunięto następujące ilości metali ciężkich: Mn – 236 kg, Cu – 29 kg, Zn – 26 kg, Pb – 1,9 kg, Ni – 1,52 kg, Cr – 1,25 kg, Co – 0,71 kg, Cd – 0,15 kg. Stacja przygotowania wody wpływa korzystnie na poprawę stanu ekologicznego zbiornika – usuwając biomasę planktonu, poprawia bilans tlenowy, co znacznie zmniejsza ładunek substancji organicznej wymagającej utlenienia. Powoduje to, że ze zbiornika usuwane są ładunki azotu i fosforu oraz ładunki metali ciężkich. Stacja Przygotowania Wody wprowadza w zbiorniku zaporowym Rybnik nowy, stały mechanizm ochronny dla jakości wody.

### 1. Wprowadzenie

Nadmierne ładunki związków azotu i fosforu wprowadzane do ekosystemów wodnych powodują ich użyźnianie, w skrajnym przypadku stan hipertrofii. W stanie tym obserwuje się w sezonie wiosenno-letnim masowy rozwój organizmów fitoplanktonowych [1, 5, 17, 22].

Metale ciężkie są doprowadzane do ekosystemu limnicznego ze zlewni oraz z opadem atmosferycznym [1, 10, 11, 14, 19, 24]. Wielokrotnie zwracano uwagę na kumulowanie się metali ciężkich w roślinności naczyniowej oraz w organizmach bentosowych [4, 7, 8, 13, 18, 24, 26]. Badano także proces odkładania metali w osadach oraz wpływ zanieczyszczenia osadów na organizmy bentoso-

we [2, 13, 15,-18, 21, 26, 27]. W wielu publikacjach podkreśla się toksyczne oddziaływanie metali na elementy biotyczne ekosystemu [1, 3, 12, 19, 23, 25].

Fito- i zooplankton wchodzące w skład zawiesiny, podobnie jak substancje rozpuszczone, ulegają w wodzie określonym przemianom i transformacjom [1, 5, 8, 9, 12]. W wyniku przemian zmieniają się ich właściwości fizyczne i chemiczne, a co za tym idzie również zdolności do przyłączania i transportowania zanieczyszczeń. Gromadząc na powierzchni czynnej oraz wewnątrz tkanek metale ciężkie, organizmy planktonowe stają się elementem ich transportu [18, 20, 28].

Zdobycie wiedzy o mechanizmach transportu zanieczyszczeń oraz roli fito- i zooplanktonu w bioakumulacji i przemieszczaniu metali ciężkich stanowi podstawę do podjęcia działań zabezpieczających jakość zasobów wodnych. Obciążane ładunkami zanieczyszczeń zbiorniki wodne nie są w stanie utrzymać akceptowalnego stanu ekologicznego oraz jakości wody, jeżeli nie zostanie uruchomiony system ich ochrony i rekultywacji [14, 29]. W warunkach silnej antropopresji konieczna staje się permanentna ochrona ekosystemów limnicznych, kumulujących zanieczyszczenia w osadach dennych.

Zbiornik „Rybnik” powstał na początku lat 70. jako obiekt towarzyszący Elektrowni „Rybnik”. W elektrowni zastosowano dwa systemy chłodzenia. Cztery bloki energetyczne chłodzone są w obiegu zamkniętym z chłodniami kominowymi, natomiast do chłodzenia czterech pozostałych bloków wykorzystany jest zbiornik wody chłodzącej. Dodatkowo woda pobierana ze zbiornika służy do uzupełniania strat w obiegu zamkniętym.

Ze względu na wysoki stopień trofii oraz podwyższoną temperaturę wody w zbiorniku tym występują intensywne zakwity fitoplanktonu. Biomasa ta jest deponowana na dnie. W jeziorze lub zbiorniku zaporowym o normalnych warunkach termicznych biomasa planktonu przemieszcza się wewnątrz ekosystemu bardzo powoli. W zbiorniku wykorzystywanym do schładzania powierzchniowego wód zrzutowych elektrowni woda jest zawracana i wielokrotnie przechodzi przez urządzenia chłodnicze. Wraz z wodą zawracana jest biomasa, która w ten sposób wielokrotnie przemieszcza się przez zbiornik. Jako biosorbent biomasa ta ma wielokrotnie większy kontakt z zanieczyszczeniami niż w jeziorze naturalnym. W warunkach zbiornika zaporowego Rybnik można zatem określić możliwości sorpcyjne organizmów fito- i zooplanktonowych (w warunkach podwyższonej temperatury wody oraz silnej dynamiki ruchu transferowego wody).

Duża ilość biomasy utrudnia wykorzystywanie wody do celów chłodniczych. Na podstawie wyników badań Zakładu NW IPIŚ PAN w Zabrzu uruchomiono (styczeń 2008 r.) stację przygotowania wody (SUW) dla celów technologicznych. W stacji tej rozpoczęto usuwanie z wody zbiornika rybnickiego zawiesin metodą koagulacji solami żelaza (PIX). Skoagulowana pulpa biomasy, wydzielona w osadnikach, kierowana była na ciśnieniową prasę odwadniającą. W ten sposób uzyskano materiał, który poddawano analizie.

## 2. Cel badań

Celem niniejszej pracy było zbadanie roli biomasy planktonu jako biosorbentu akumulującego metale ciężkie oraz wpływu procesu kondycjonowania wody na poprawę stanu ekosystemu limnicznego poprzez permanentne usuwanie metali ciężkich, w skażonym termicznie, antropomiktycznym zbiorniku zaporowym Rybnik.

## 3. Metodyka badań

W pracy wykorzystano wyniki uzyskane podczas badań biomasy występującej w zbiorniku zaporowym Rybnik, prowadzonych od marca do września 2009 r. Próby biomasy ze stacji przygotowania wody pobierano w odstępach miesięcznych.

W biomacie oznaczono następujące metale: żelazo (Fe), cynk (Zn), miedź (Cu), mangan (Mn), chrom (Cr), ołów (Pb), nikiel (Ni), kadm (Cd). Stężenia metali ciężkich określono metodą ASA. Mineralizację próbek do oznaczenia metali ciężkich wykonano metodą zamkniętą w mineralizatorze mikrofalowym Ertec mod. Magnum II. Przed mineralizacją próbkę suszono oraz przesiewano przez sito o wielkości oczek 0,2 mm. Mineralizację wykonano roztworem stężonego kwasu azotowego w ilości 3 ml na 0,5 g powietrznie suchej próbki. Zawartość materii organicznej oznaczono metodą wagową po wyprażeniu prób w temperaturze 450°C. Zawartość azotu ogólnego w biomacie oznaczano według normy PN-ISO-1126:2002 (zmodyfikowana metoda Kjeldahla), a zawartość fosforu ogólnego – według EN 14672:2005.

## 4. Wyniki

Od marca do września 2009 r. koagulacji poddano ogółem 9,293 mln m<sup>3</sup> wody (tab. 1.). Różnica między poszczególnymi miesiącami w ilości wody poddawanej koagulacji była niewielka. Najmniejszą objętość poddano obróbce w marcu – 1,155 mln m<sup>3</sup>, a największą w lipcu – 1,458 mln m<sup>3</sup>. W wyniku koagulacji powstała pulpa glonowa, która najpierw była oddzielana od wody w osadnikach, a następnie kierowana na mechaniczną prasę – prasowanie i odwadnianie w stopniu maksymalnym.

Miesięczne ładunki biomasy usuwanej z wody wynosiły od 12,8 Mg/m-c w lipcu do 32,4 Mg/m-c w maju. Łączna ilość biomasy usunięta z wody od marca do września 2009 r. wyniosła 177,5 Mg, przeciętna zaś wilgotność pulpy wychodzącej z prasy – 88,8%. Zakres zmian wilgotności w poszczególnych miesiącach mieścił się w przedziale od 85% w sierpniu do 90,5% w maju. W tab. 2. przedstawiono stężenia metali ciężkich w biomacie usuwanej z wody w procesie koagulacji.

Tabela 1. Ilość wody poddanej koagulacji w 2009 r.

Okres – 2009 r.	Ilość wody [m <sup>3</sup> /m-c]	Ilość biomasy usuniętej z wody [Mg/m-c]	Wilgotność [%]
31.03.	1 154 875	28,8	89,4
30.04.	1 190 285	32,3	90,2
31.05.	1 349 277	32,4	90,5
30.06.	1 305 689	20,9	89,5
31.07.	1 458 835	12,8	89,9
31.08.	1 407 380	19,2	85
30.09.	1 426 750	31,1	87,2
RAZEM	9 293 091,00	177,5	89,4

Stężenie manganu w biomacie zmieniało się od 6650 do 10300 mg/kg s.m. Średnio w okresie 7 miesięcy stężenie to wynosiło 7727 mg/kg. Wyższą zawartość manganu wykazywały próbki pobrane w okresie letnich zakwitów. Zawartość miedzi zmieniała się od 620 do 1330 mg/kg, natomiast wartość średnia wynosiła 930 mg/kg s.m. Nie zanotowano dla tego pierwiastka zmian sezonowych. Zawartość cynku w biomacie zmieniała się od 420 do 1280 mg/kg, przy czym niższą zawartość obserwowano od czerwca do sierpnia. W przypadku ołowiu stężenie zmieniało się w granicy 38-84 mg/kg s.m, przy czym obserwowano 2-krotnie wyższe stężenie tego pierwiastka w okresie wiosennym. Zawartość niklu była stała – znajdowała się w zakresie 44-54 mg/kg s.m. Współczynnik zmienności wynoszący 8% nie jest większy od błędu pomiaru.

Zawartość chromu i kobaltu również była względnie stała i niska – odpowiednio 30-50 mg/kg s.m. dla chromu i 18-26 mg/kg s.m. dla kobaltu (współczynniki zmienności wynosiły 19 i 14%). Zawartość kadmu zmieniała się od 3,2 do 4,8 mg/kg s.m. Wysokie stężenia żelaza w odwodnionej pulpie wynikają ze stosowania soli żelaza do koagulacji, dlatego też omawianie tych wyników nie jest celowe z punktu widzenia ochrony zbiornika. W tabeli 3. przedstawiono ładunki poszczególnych metali zawartych w pulpie glonowej, uzyskanej na prasie odwadniającej po procesie koagulacji. Mimo że żelazo nie było usuwane w procesie przygotowania wody, w tab. 3. podano jego stężenia w biomacie.

Miesięcznie usuwano ok. 20 kg manganu (z wyjątkiem lipca, kiedy to usunięto 10,5 kg tego pierwiastka). Od marca do sierpnia 2009 r. usunięto 118 kg manganu. W tym okresie wraz z biomasą usunięto również blisko 14,5 kg miedzi, 13 kg cynku, 0,95 kg ołowiu, 0,76 kg niklu, 0,62 kg chromu, 0,35 kg kobaltu oraz 70 g kadmu. Najwięcej miedzi (4,09 kg) usunięto w marcu, najmniej (0,76 kg) w lipcu.

Tabela 2. Stężenie metali ciężkich w biomase planktonu [mg/kg s.m.] w zbiorniku zaporowym Rybnik w 2009 r.

Miesiąc	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	Co	Cd
Marzec	26800	6650	1330	1280	72	46	50	22	4,8
Kwiecień	18500	7010	620	570	84	54	32	22	4,6
Maj	28400	6900	1160	1180	72	44	44	24	7
Czerwiec	16000	10300	850	560	38	48	38	26	4
Lipiec	15200	8000	1009	990	38	48	30	27	3,6
Sierpień	14800	7500	730	420	40	52	40	18	3,2
Średnia	19950	7727	950	833	57	49	39	23	5
Mediana	17250	7255	929,5	780	56	48	39	23	4,3
SD	6085	1349	268	363	21	4	7	3	1
RSD	30%	17%	28%	44%	37%	8%	19%	14%	27%

Jak już wspomniano, wodorotlenek żelaza jest dodawany do wody jako koagulant, dlatego też nie można obliczonego ładunku traktować jako ładunku usuniętego ze zbiornika. W przypadku pozostałych metali nastąpiła sorpcja metali rozpuszczonych w wodzie na powierzchni komórek organizmów planktonowych, a zatem można uważać, że te ładunki metali zostały wraz ze skoagulowaną biomasą usunięte ze zbiornika.

Głównymi składnikami biomasy organizmów planktonowych powstającej w zbiorniku są azot i fosfor. W tabeli 4. przedstawiono ładunki azotu (N) i fosforu (P) zawarte w pulpie glonowej. Wraz z usuniętą pulpą glonową ze zbiornika w ciągu roku usunięto ok. 1,5 tony N oraz około 332 kg P (tab. 4.). Usunięcie ładunku azotu i fosforu stanowi niewątpliwie ważny czynnik w zwalczaniu eutrofizacji zbiornika.

Tabela 3. Ładunki metali ciężkich [kg/m-c] usuwane z wody zbiornika zaporowego Rybnik w 2009 r.

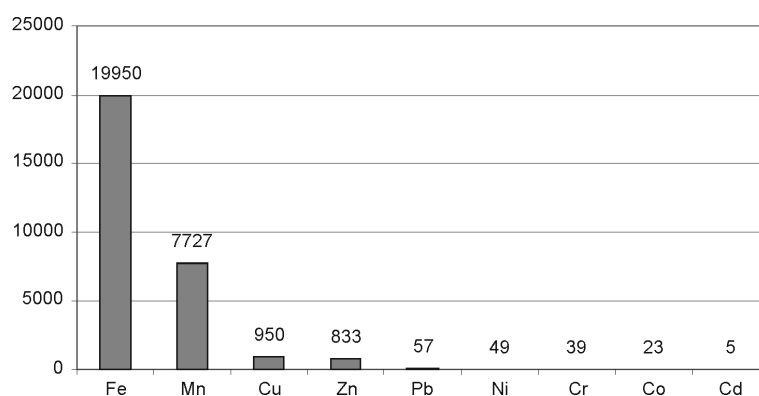
Miesiąc	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	Co	Cd
Marzec	82,38	20,44	4,088	3,935	0,221	0,141	0,154	0,068	0,015
Kwiecień	58,02	21,98	2,127	1,788	0,263	0,169	0,100	0,069	0,014
Maj	86,34	20,98	3,526	3,587	0,219	0,134	0,134	0,073	0,021
Czerwiec	35,28	22,71	1,874	1,235	0,084	0,106	0,084	0,057	0,009
Lipiec	19,96	10,50	0,762	1,300	0,050	0,063	0,039	0,035	0,005
Sierpień	42,18	21,38	2,0805	1,197	0,114	0,1482	0,114	0,0513	0,00912
Średnia	54,03	19,67	2,410	2,174	0,159	0,127	0,104	0,059	0,012
Mediana	50,10	21,18	2,104	1,544	0,167	0,138	0,107	0,063	0,012
SD	26,52	4,56	1,204	1,253	0,087	0,037	0,040	0,014	0,006
RSD	49%	23%	50%	58%	55%	29%	39%	24%	46%
Razem [kg/6 m-cy]	324,15	117,99	14,46	13,04	0,95	0,76	0,62	0,35	0,07
Razem [kg/rok]	628	236	29	26	1,9	1,52	1,2	0,7	0,14

Tabela 4. Ładunki azotu (N) i fosforu (P) zawarte w pulpie glonowej

Miesiąc	N [g/kg]	P [g/kg]	N [kg/m-c]	P [kg/m-c]
Marzec	44,4	9,56	136,485	29,38
Kwiecień	42	7,24	131,46	22,66
Maj	41,7	11	126,76	33,44
Czerwiec	30,8	9,9	67,9	21,89
Lipiec	28,6	6,23	66,15	14,41
Sierpień	29	6	82,65	17,1
Wrzesień	33,9	6,8	135,6	27,2
Razem [kg/6 m-cy]	–	–	747,0	166,1
Razem [kg/rok]	–	–	1500	332

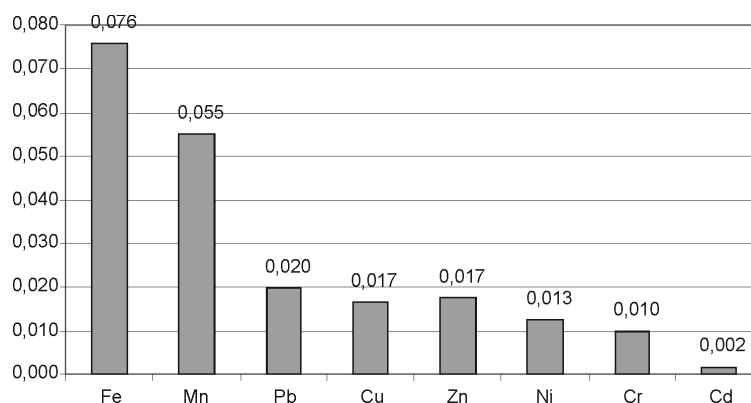
## 5. Podsumowanie

Obecność metali ciężkich w środowisku ekosystemu limnicznego stanowi zagrożenie dla jego stanu ekologicznego. Przeprowadzone badania potwierdziły, że proces magnifikacji stężeń jest niezwykle ważny z punktu widzenia wzrostu tego zagrożenia. Na rysunku 1. przedstawiono średnie stężenia metali ciężkich w pulpie glonowej. Pod względem zawartości metali w pulpie powstającej na prasie odwadniającej – od najwyższego do najniższego stężenia – poszczególne metale tworzą szereg: Fe-Mn-Cu-Zn-Pb-Ni-Cr-Co-Cd.

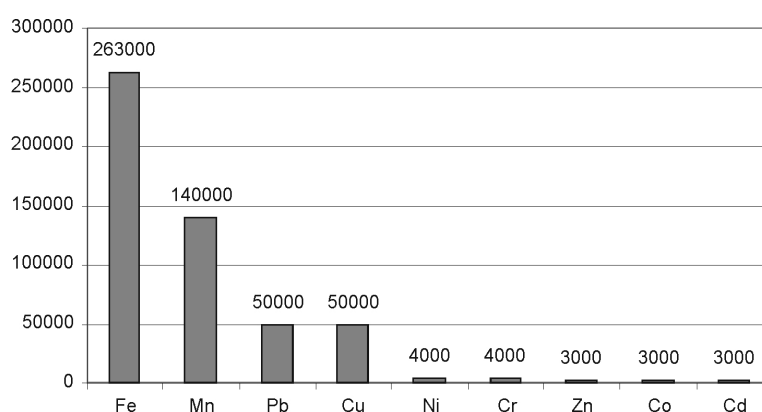


Rys. 1. Średnie stężenia metali ciężkich w biomasie glonów w zbiorniku zaporowym Rybnik w 2009 r.

Średnie stężenie metali ciężkich w wodzie zbiornika przedstawiono na rys. 2. W tym przypadku szereg metali pod względem ich stężenia w wodzie układał się następująco: Fe-Mn-Pb-Cu-Zn-Ni-Cr-Co-Cd. Miedź (Cu) w szeregu utworzonym dla biomasy glonów, w porównaniu z szeregiem dla stężenia metali w wodzie, zajęła miejsce ołowiu, który przesunął się na miejsce piąte, za miedzią i cynkiem. Dla oznaczonych metali ciężkich obliczono współczynnik magnifikacji, który przedstawiono na rys. 3.



Rys. 2. Średnie stężenie metali ciężkich w wodzie Zbiornika Rybnickiego



Rys. 3. Współczynnik magnifikacji stężeń metali ciężkich w biomase glonów w Zbiorniku Rybnickim

Na rysunku 3. widoczny jest podział pierwiastków na 4 grupy, wydzielone na podstawie magnifikacji współczynnika. Pierwszą grupę tworzy żelazo (Fe) i mangan (Mn), przy czym – ze względu na stosowanie wodorotlenku żelaza jako koagulanta – uzyskany wynik należy rozumieć jako chemiczne wprowadzenie żelaza do próbek biomasy. Wysoki współczynnik wzbogacenia obliczony dla manganu (Mn) wynoszący 140 tys. wskazuje na intensywne pobieranie tego metalu przez organizmy planktonowe jako mikroelementu. Drugą grupę tworzą ołów (Pb) i miedź (Cu), dla których współczynnik wzbogacania wynosi ok. 50 tys. Trzecią grupę tworzy nikiel (Ni) i chrom (Cr), dla których współczynnik wzbogacania wynosi ok. 4 tys., a ostatnią – czwartą zaś cynk (Zn), kobalt (Co) i kadm (Cd) o wartości współczynnika ok. 3000.

Stacja przygotowania wody (SPW) uruchomiona przez Elektrownię „Rybnik” S.A. miała usuwać zawiesiny utrudniające wykorzystanie wody do celów

technologicznych. Zastosowane w procesie koagulacji sole żelaza jako nieksenobiotyki wpływają na zmniejszenie intensywności rozwoju glonów wyłącznie poprzez fizyczne zmniejszanie biomasy. Wraz z usunięciem biomasy uzyskano dodatkowy efekt ekologiczny w postaci usunięcia ze zbiornika ładunków metali ciężkich. Jednocześnie wraz z uruchomieniem urządzenia technologicznego, jakim jest stacja przygotowania wody, powstał stały element ochrony zbiornika.

## 6. Wnioski

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Organizmy zespołu planktonowego stanowią biosorbent kumulujący znaczne ilości metali ciężkich.
2. Stężenia metali ciężkich w biomacie wielokrotnie przekraczają stężenia metali rozpuszczonych w wodzie.
3. W wyniku usuwania biomasy z ekosystemu limnicznego następuje usuwanie metali ciężkich, co poprawia jego stan ekologiczny.
4. Stosowane w procesie przygotowania wody sole żelaza wpływają na zmniejszenie intensywności rozwoju glonów wyłącznie poprzez fizyczne zmniejszanie biomasy, a zatem nie wywierają niekorzystnego wpływu na zbiornik.
5. Uruchomiona na zbiorniku zaporowym Rybnik stacja przygotowania wody wprowadziła, poprzez usuwanie z wody metali ciężkich, stały mechanizm ochrony zbiornika.

## Literatura

1. Allan J.D.: *Ekologia wód płynących*, Wydaw. Naukowe PWN, Warszawa 1998.
2. Barus V., Tora F., Kracmar S., Prokes M.: Cadmium and lead concentrations in *Contracaecum Rudolphii* (Nematoda) and its host, the cormorant *Phalacrocorax Carbo* (Aves), *Folia Parasitologica*, no 48, 2001, s. 77-78.
3. Bouche M.L., Habets F., Biaganti-Risbbourg S., Vernet G.: Toxic effect and bioaccumulation of cadmium in the aquatic oligochaete *tubifex tubifex*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, no 46, 2000, s. 246-251.
4. Briand F., Trucco R., Ramamoorthy S.: Correlation between specific algae and heavy metal binding in lakes, *Fisch Res. Board Journ.*, no 35, 1978, s. 1482-1485.
5. Chmielewska E., Medved J.: Bioaccumulation of heavy metals by green alga *Cladophora glomerata* in a Refinery Sdewage Lagoon, *Croatia Chemica Acta*, no 74(1), 2001, s. 135-145.
6. Da Costa A.C.A., Pereira Duta F.P.: Bioaccumulation of copper, zinc, cadmium and lead by *Bacillus* sp., *Bacillus cereus*, *Bacillus sphaericus* and *Bacillus subtilis*, *Brazilian Journal of Microbiology*, vol. 32 1, 2001, s. 18-27.
7. Fiałkowski W., Fiałkowska E.: BD Smith & PS Rainbow – Biomonitoring survey of trace metal pollution in streams of a catchment draining a zinc and lead mining



- area of Upper Silesia, Poland using the amphipod *Gammarus fossarum*, International Review of Hydrobiology, no 88(2), 2003, s. 187-200.
8. Fiałkowski W., Kłównowska-Olejniak M.: BD Smith & PS Rainbow – Mayfly larvae (*Baetis rhodani* and *B. vernus*) as biomonitors of trace metal pollution in streams of a catchment draining a zinc and lead mining area of Upper Silesia, Environmental Pollution, vol. 121, no 2, 2003, s. 253-267.
  9. Galun M., Galun E., Siegel B.Z., Keller P., Lehr H., Siegel S.M.: Removal of metal ions from aqueous solutions by *Penicillium* biomass: kinetic and uptake parameters, Water, Air and Soil Pollution, no 33, 1987, s. 359-371.
  10. Hakanson L.: An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach, Water Research, vol. 14, 1980, s. 975-1001.
  11. Hanbin X., Sigg L., Gächter R.: Transport of Cu, Zn and Cd in a small agricultural catchment, Water Research, vol. 34, no 9, 2000, s. 2558-2568.
  12. Jakubowski M., Pawlik B., Skowroński T.: Akumulacja metali ciężkich występujących w wodzie jez. Piaseczno przez wybrane gatunki glonów planktonowych, mat. Zjazdu Hydrobiologów Polskich, Olsztyn 18-22 listopada 1988.
  13. Jop K., Wojtan K.: Concentrations of cadmium and lead in the body of some macrobenthos species from five streams of Southern Poland, Acta Hydrobiol., vol. 24, no 3, 1982, s. 197-210.
  14. Kajak Z.: Hydrobiologia–limnologia, ekosystemy wód śródlądowych, Wydaw. Naukowe PWN, Warszawa 1998.
  15. Kalfakakou V., Akrida-Demertzi K.: Transfer factors of heavy metals in aquatic organism of different trophic levels, University of Patras, 1-7, 1982.
  16. Klavins A., Briede A., Parele E., Rodinov V., Klavina I.: Metal accumulation in sediments and benthic invertebrates in lakes of Latvia, Chemosphere, vol. 36, no 15, 1998, s. 3043-3053.
  17. Korcz M., Strzyszczyński Z.: Zanieczyszczenie metalami ciężkimi osadów dennych wybranych zbiorników antropogenicznych województwa katowickiego, mat. XVI Krajowego Sympozjum PK IAWQ, „Problemy ochrony, zagospodarowania i rekultywacji antropogenicznych zbiorników wodnych”, Zabrze 1995.
  18. Kostecki M.: Specyfika warunków termicznych zbiornika Rybnickiego jako efekt zrzutu wód podgrzanych, Problemy Ekologii, no 3, 2005.
  19. Kostecki M.: Zawartość metali ciężkich w mięsie i wątrobie niektórych gatunków ryb z antropogenicznego zbiornika wodnego Dzierżno Duże, Archiwum Ochrony Środowiska, vol. 26, nr 4, 2000, s. 109-125.
  20. Kostecki M., Kowalski E.: Alokacja metali ciężkich w osadach dennych Zbiornika Rybnickiego, Archiwum Ochrony Środowiska, no 4, 2004, s. 53-64.
  21. Kostecki M., Tuszyński M.: The concentration of radioisotopes in selected fishes and zooplankton biomass of Dzierżno Duże Dam-reservoir, Archives of Environmental Protection (Archiwum Ochrony Środowiska), vol. 31, no 1, 2005, s. 3-12.
  22. Kostecki M., Leśniak M., Stenzel M.: Metale ciężkie w opadach atmosferycznych na terenie wyrobiska piaskowego KPP „Szczakowa” oraz zbiornika retencyjnego „Dzieńkowice”, Archiwum Ochrony Środowiska, nr 1-2, 1993, s. 93-103.
  23. Lakatos G., Kiss M., Meszaros I.: Heavy metal content of common reed (*Phragmites australis*/Cav./Trin. ex Steudel) and its periphyton in Hungarian shallow standing waters, Hydrobiology, no 415, 1999, s. 47-53.

24. Leśniok M.: Zanieczyszczenie powietrza i opadów atmosferycznych na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej w latach 1986-1998, [w:] Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce, pod red. J. Burcharda, Uniwersytet Łódzki – Komisja Hydrologiczna Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Łódź 2000, s. 17-38.
25. Lucan-Bouche M.L., Biaganti-Risbourg S., Arsac F., Vernet G.: L'autotomie comme moyen de decontamination utilise par l'oligochetes Tubifex tubifex, Bull. Soc. Zool. Fr., no 124(4), 1999, s. 383-387.
26. Martinez-Tabche L., Gutierrez Cabrera I., Gomez Olivian L., Galar Martinez M., German Faz C.: Toxic effects of zinc from trout farm sediments on ATP, protein, and hemoglobin concentrations of *Limnodrilus hoffmeisteri*, Journal of Toxicology and Environmental Health, part A, no 59, 2000, s. 575-583.
27. Mazen A.M.A., O.M.M. El Maghraby: Accumulation of cadmium, lead and strontium, and a role of calcium oxalate in water hyacinth tolerance, Biologia Plantarum, no 40(3), 1998, s. 411-417.
28. Olguin E.J., Hernandez E.: Use of aquatic plants for recovery of nutrients and heavy metals from wastewater, CEIA-ACIE, Roundtable of Municipal Water, Vancouver, Canada March 15-17 1998, s. 25-30.
29. Różycka T.: Dynamika rozwoju fito-organizmów w silnie zanieczyszczonym zbiorniku retencyjnym Dzierżno Duże, Archiwum Ochrony Środowiska, nr 3-4, 1980, s. 95-100.

#### **POSSIBILITY OF HEAVY METALS ELIMINATION FROM LIMNIC ECOSYSTEM THROUGH PLANKTON BIOMASS REMOVAL ON EXAMPLE OF THE RYBNIK DAM-RESERVOIR**

##### **Abstract**

The role of plankton biomass as a sorbent and its role in the transport of heavy metals in the thermal contaminated Rybnik dam-reservoir limnic ecosystem were presented. During the coagulation by iron sulfate (PIX) in the Water Treatment Plant there is generated plankton biomass which contains heavy metals. In 2008 13 mln m<sup>3</sup> of water was coagulated and it gave 350 tones of biomass. In 2009 it was about 9.5 mln m<sup>3</sup> of water and 177.5 tones of biomass. The average humidity of biomass was 87%. Together with biomass in 2009 from the Rybnik dam-reservoir were removed 236 kg of Mn, 29 kg of Cu, 26 kg of Zn, 1.9 kg of Pb, 1.52 kg of Ni, 1.25 kg of Cr, 0.71 kg of Co and 0.15 kg of Cd.

Results of research affects the positive influence of Water Treatment Plant on the ecological improvement of the Rybnik dam-reservoir because elimination of biomass improves oxygen balance by decreasing of organic matter which needs oxidation. Together with the phosphorus and the nitrogen from the dam-reservoir heavy metals are removed as well. Water Treatment Plant introduces in the Rybnik dam-reservoir constant water quality preservation.

*Złożono w Oficynie Wydawniczej w lipcu 2011 r.*