



Hydrologiczne i hydrauliczne uwarunkowania budowy zbiornika wstępnego w cofce zbiornika Słup

Mirosław Wiatkowski^{}, Czesława Rosik-Dulewska^{**}*

^{}Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

*^{**}Uniwersytet Opolski*

1. Wprowadzenie

Zbiorniki zaporowe są ekosystemami, które stanowią obszar akumulacji substancji biogennych a także różnych zanieczyszczeń (Bayram i in. 2014, Fučík i in. 2008, Orzepowski i in. 2014, Wiatkowski & Paul 2009). Obecnie polskie zbiorniki zaporowe zlokalizowane w dorzeczu Odry cechuje bardzo wysoki stopień trofii, gdyż są narażone na sedymentację niesionej przez rzekę materii organicznej, mineralnej i różnorodnych zanieczyszczeń (Czamara i in. 2008, Wiatkowski i in. 2015). Te zagadnienia dotyczące jakości wody są ważne zarówno w przypadku zbiorników planowanych do realizacji, jak i już budowanych (Kanownik i in. 2013, Wiatkowski i in. 2013).

Od wielu lat czynione są starania, żeby na dopływie do zbiorników zatrzymać substancje użyźniające. Do tego celu stosuje się dwie metody (Czamara i in. 2008, Wiatkowski 2011b): uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej w zlewni (budowa oczyszczalni ścieków, odpowiednie nawożenie, zabiegi przeciwoerozyjne, itp.) oraz budowę zbiorników wstępnych (tańszych i szybkich do realizacji).

Najlepsze rezultaty otrzymuje się przy zastosowaniu kompleksu zabiegów podanych w pierwszej z podanych metod. Jednak jest to działalność niezmiernie kosztowna, wymagająca dużego nakładu pracy i o długim czasie realizacji. Podstawowe zadania stawiane zbiornikom

wstępnym obejmują m.in. zatrzymywanie substancji biogenych, wleczyn, unosin oraz zabezpieczenie zbiornika głównego przed awaryjnymi zrzutami ścieków i innych substancji; utworzenie dodatkowego magazynu wody w zbiorniku wstępnym (Benndorf & Pütz 1987a, 1987b, Czarama i in. 2008, DWA 2005, Paul & Pütz 2008, Pütz & Benndorf 1981, 1998, Wiatkowski 2011b).

Celem pracy jest analiza warunków hydrologicznych i jakości wody rzeki Nysy Szalonej pod kątem określenia możliwości jej retencjonowania w planowanym zbiorniku wstępnym. W pracy przedstawiono ocenę jakości wody dopływającej do zbiornika. Na podstawie wyników badań zaproponowano budowę zbiornika wstępnego w cofce zbiornika Słup. Podano kryteria hydrologiczne i hydrauliczne wymiarowania takich obiektów.

2. Materiał i metody

Zbiornik Słup powstał w latach 1975-1978 poprzez przegrodzenie doliny rzeki Nysy Szalonej w km 8+200 jej biegu (dopływ Kaczawy). Zlewnia zbiornika wynosi 382 km². Główne funkcje zbiornika to wyrównanie odpływów w Nysie Szalonej i Kaczawie w celu zagwarantowania wody m.in. dla miasta Legnica na ujęciu z rzeki Kaczawy w Przybkwowie oraz ochrona przeciwpowodziowa doliny rzeki Nysy Szalonej i rzeki Kaczawy. Administratorem zbiornika Słup jest RZGW we Wrocławiu. Zbiornik położony jest we wsi Słup, gmina Męcinka, w woj. dolnośląskim (rys. 1). Parametry zbiornika: normalny poziom piętrzenia NPP – 174,00 m n.p.m. (24,31 mln m³, 318 ha), Max PP – 177,60 m n.p.m. (38,69 mln m³, 486 ha). Podstawowe dane hydrologiczne rzeki Nysy Szalonej w przekroju zbiornika wynoszą: SNQ = 0,42 m³·s⁻¹, SSQ = 2,13 m³·s⁻¹, Q_{50%} = 33 m³·s⁻¹ (Wiatkowski 2011a).

Przeprowadzone, w okresie czterech lat (2005-2008), badania obejmowały analizę wielkości przepływów wody w rzece Nysie Szalonej powyżej zbiornika Słup (wartości średnie dobowe przepływów uzyskano z Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej we Wrocławiu). Ponadto przeprowadzono badania jakości wody rzeki Nysy Szalonej dopływającej do zbiornika Słup w km 14,1 jej biegu (rys.1). Badania jakości wody w okresie 2005-2007 były wykonywane przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Legnicy. Na stanowisku tym pobrano 23 próbki

wody (WIOŚ 2007). Dodatkowo w okresie od czerwca 2007 do listopada 2008 roku przeprowadzono własne badania jakości wody. Na dopływie do zbiornika pobrano 11 próbek wody i wykonano badania jej jakości (Wiatkowski 2011a). Ocenę jakości wody wykonano analizując takie wskaźniki jak: NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , BZT_5 , tlen rozpuszczony, temperatura, przewodność elektrolityczna, odczyn i zawiesina ogólna.



Rys. 1. Lokalizacja zbiornika wstępnego w cofce zbiornika Słup na rzece Nysa Szalona wraz z jazem, punktem poboru próbek wody do badań fizykochemicznych, placem do składowania osadów dennych i kanałem obiegowym
Fig. 1. Locations of: the pre-dam reservoir in the Słup reservoir backwater on the Nysa Szalona River, the weir, water sampling point for chemical and physical analyses, bottom sediments storage site and the bypass channel

Jakość wody rzeki Nysy Szalonej oceniono zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Rozporządzenie 2014). W pracy przedstawiono ocenę eutrofizacji analizowanych wód, oceniono czy są one wrażliwe na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych na podstawie Rozporządzenia MŚ z 2002 r. (Rozporządzenie 2002). Ponadto na podstawie kryterium Vollenweidera (Vollenweider 1976) w modyfikacji Benndorfa (Benndorf 1979) oceniono w jakim stopniu

zbiornik Słup jest zagrożony eutrofizacją. Na podstawie uzyskanych wyników badań zaproponowano budowę zbiornika wstępnego w cofce zbiornika Słup. Podano kryteria hydrologiczne i hydrauliczne istotne dla wymiarowania takich obiektów.

3. Wyniki badań

Jakość wody rzeki Nysy Szalonej dopływającej do zbiornika Słup, w okresie 2005-2008, zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Jakość wody rzeki Nysy Szalonej, w km 14,1, dopływającej do zbiornika Słup, w okresie 2005-2008 r.

Table 1. The quality of water from the Nysa Szalona river flowing into the Słup reservoir, measured at km 14.1 in the years 2005-2008

Wskaźnik Indicator	Min. Min.	Średnia Average	Maks. Max.	Odch. standardowe Standard deviation
Azotany Nitrates (mg NO ₃ ⁻ ·dm ⁻³)	4.90	22.52	43.00	8.94
Azotyny Nitrites (mg NO ₂ ⁻ ·dm ⁻³)	0.02	0.09	0.26	0.06
Amoniak Ammonia (mg NH ₄ ⁺ ·dm ⁻³)	0.03	0.13	0.40	0.10
Fosforany Phosphates (mg PO ₄ ³⁻ ·dm ⁻³)	0.13	0.43	1.70	0.29
BZT ₅ BOD ₅ (mg O ₂ ·dm ⁻³)	1.0	3.65	13.00	2.82
Tlen rozpuszczony Dissolved Oxygen (mg O ₂ ·dm ⁻³)	8.33	11.42	14.00	1.83
Temperatura wody Water temperature (°C)	0.0	9.41	25.9	6.55
Przewodność elektrolityczna Electrolytic conductivity (μS·cm ⁻¹)	310	503	641	76,81
Odczyn Reaction pH	6.0	7.93	8.90	0.46
Zawiesina ogólna Total Suspension Solid (mg·dm ⁻³)	5.0	12.43	40.00	11.02

Spośród 10 przebadanych wskaźników jakości wody rzeki Nysa Szalona (tab. 1), 9 (oprócz azotynów) jest uwzględnianych przy klasyfikacji stanu jakości wody (Rozporządzenie 2014). Wody te ze względu na stężenia fosforanów, BZT₅ przekroczyły wartości graniczne wskaźników jakości wód odnoszące się do jednolitych części wód powierzchniowych w ciekach naturalnych takich jak rzeka właściwe dla klasy II. Natomiast stężenia azotanów, odczynu i zawiesiny ogólnej zakwalifikowały wody do II klasy jakości wód. Ponadto wartości amoniaku, temperatury wody, tlenu rozpuszczonego i przewodności elektrolitycznej nie przekroczyły wartości granicznej właściwej dla klasy I jakości wód (Rozporządzenie 2014). Stwierdzono, że wody rzeki Nysy Szalonej nie są wrażliwe na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych (Rozporządzenie 2002). Z przeprowadzonej analizy danych wynika, że zbiornik Słup znajduje się pod wpływem niesionych rzeką Nysą Szaloną dużych ilości zanieczyszczeń biogenych. Potwierdzają to wyniki badań jakości wód zbiornika Słup przeprowadzone przez WIOŚ we Wrocławiu. Wynika z nich to, że stan chemiczny wód zbiornika oceniono poniżej dobrego, a ogólny stan jako zły (WIOŚ 2010).

W celu sprawdzenia, w jakim stopniu zbiornik Słup jest zagrożony eutrofizacją wykonano obliczenia dla okresu 2005-2008. Na podstawie kryterium opracowanego przez Vollenweidera, w modyfikacji Bendorfa, przy założeniu, że stężenie fosforanów w przekroju przyszłego zbiornika wynosi $0,43 \text{ mg PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$ (tab. 1), stwierdzono, że ilość fosforu przypadająca na 1 m^2 zbiornika Słup wynosi $3,81 \text{ g P-PO}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ przy stosunku głębokości średniej zbiornika – 7,6 m do czasu retencji – 0,276 rok. Ładunek azotu nieorganicznego dopływający do zbiornika wynosi $384,3 \text{ t N} \cdot \text{rok}^{-1}$ (Wiatkowski 2011a), co skutkuje zaliczeniem go do zbiorników politroficznych. Przy czym obliczenia te dotyczyły tylko fosforu i azotu dostarczanego dopływami, bez uwzględnienia zlewni bezpośredniej, ani ładunku wewnętrznego z osadów.

4. Dobór parametrów zbiornika wstępnego w cofce zbiornika Słup

Kryteria wymiarowania zbiorników wstępnych uwzględniają warunki hydrologiczne rzeki w przekroju cieku. Dotyczą one przepływów średnich i wysokich.

Pojemność zbiornika powinna zapewnić czas przetrzymywania wody w zbiorniku wstępnym. Z informacji przedstawionych przez Benndorfa i innych (Benndorf 1979, Benndorf & Pütz 1987a, 1987b), Czamarę i innych (Czamara i in. 2008), Wiatkowskiego (Wiatkowski 2011a, 2011b), największą skuteczność można uzyskać posiadając czas retencji od 5 do 15 dni. Taki okres zatrzymania wody wynika z możliwości eliminacji rozpuszczalnego ortofosforanu doprowadzanego przez rzekę. Przyjmując SSQ dla ciekę zasilającego zbiornik wstępny i czas przetrzymywania wody w zbiorniku $\Delta t = 5$ dni i 15 dni możemy obliczyć potrzebną pojemność zbiornika wstępnego:

$$V_{\text{zb. wst. 5,15}} = 86400 \cdot \Delta t \cdot \text{SSQ} \quad (1)$$

gdzie:

$V_{\text{zb. wst. 5,15}}$ – pojemność zbiornika wstępnego obliczana dla okresu 5 i 15 dni [mln m³],

Δt – czas przetrzymywania wody w zbiorniku (czas retencji wody) [d],

SSQ – średni roczny przepływ wody w przekroju dopływu do zbiornika wstępnego [m³·s⁻¹].

Rzeka Nysa Szalona prowadzi średnio $\text{SQ} = 2,265 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (z okresu 2005-2008), a po przyjęciu czasu retencji wody w zbiorniku $\Delta t = 5$ dni, obliczona, wg wzoru 1, potrzebna pojemność zbiornika wstępnego wyniesie 0,978480 mln m³. Natomiast przyjmując czas retencji wody w zbiorniku $\Delta t = 15$ dni pojemność ta wyniesie 2,935440 mln m³.

Drugie kryterium, które określa pojemność użyteczną zbiornika wstępnego, dotyczy przepływów wezbraniowych. W zbiorniku powinno się zatrzymać dwuletni przepływ wysoki $Q_{50\%}$ (bez objętości założonego rumowiska) przez pół doby. Pojemność zbiornika wstępnego powinna wynosić:

$$V_{\text{zb. wst.}} = Q_{50\%} \cdot 0,5 \cdot 86400 + V_s \quad (2)$$

gdzie:

$V_{\text{zb. wst.}}$ – pojemność zbiornika wstępnego [mln m³],

przepływ wezbraniowy $Q_{50\%}$ [m³·s⁻¹],

V_s – objętość odkładanych osadów $V_s = 0,01 \cdot V$ [mln m³],

V – objętość pojemności zbiornika głównego $V =$ [mln m³].

Do parametrów hydraulicznych zbiornika wstępnego należy zaliczyć: prędkość przepływu wody, głębokość, warunki zrzutu wody do zbiornika głównego. Średnia głębokość zbiornika wstępnego powinna wynosić ok. 3 m. Na skuteczność działania zbiornika istotny wpływ ma możliwie równomierne rozłożenie w nim przepływającej wody.

Drugie kryterium obliczono wg wzoru (2), przy założeniu:

- pojemności zbiornika głównego $V_{\text{res}} = 24,31 \text{ mln m}^3$,
- przepływu wezbraniowego $Q_{50\%} = 33,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- objętości odkładanych osadów $V_s = 0,01 \cdot V_{\text{zb. gl.}} = 0,2431 \text{ mln m}^3$.

Wówczas pojemność zbiornika wstępnego wyniesie $1,425600 \text{ mln m}^3$.

Pojemność zbiornika wstępnego, obliczona wg powyższych wzorów, powinna wynieść od $0,978$ do $2,935440 \text{ mln m}^3$. Należy stwierdzić, że warunki występujące na terenie istniejącego zbiornika Słup pozwalają na przyjęcie pojemności zbiornika do 4 mln m^3 . Jednak ze względu na koszty i powierzchnię terenu, którą należy nabyć zaproponowano pojemność zbiornika wstępnego $V = 2 \text{ mln m}^3$. Przy zalecanej dla zbiorników wstępnych głębokości 3 m jego powierzchnia wyniesie ok. 70 ha . Średni czas retencji wody w zbiorniku wstępnym Słup w analizowanym okresie wyniósłby $18,4$ dni.

5. Użytkowanie czasu zbiornika wstępnego i jego optymalizacja

Obecnie na terenie projektowanego zbiornika wstępnego występują łąki i nieużytki (rys. 2). Teren ten jest okresowo podlewany, gdy na zbiorniku Słup piętrzenie wzrasta od rzędnej $174,00 \text{ m n.p.m.}$ Proponuje się więc oddzielenie części głównej zbiornika Słup od części wstępnej zaporą z jazem klapowym (piętrząco-napowietrzającym). Podobne rozwiązanie zaproponowano w pracy (Czamara i in. 1999). Jaz umożliwi napowietrzanie wody odpływającej ze zbiornika wstępnego. W celu bezpiecznego przeprowadzenia wód powodziowych, często zanieczyszczonych, przez zbiornik wstępny należy wybudować kanał obiegowy. Ponadto w celu zwiększenia skuteczności zatrzymywania zanieczyszczeń w zbiorniku wstępnym na jego dopływie proponuje się wykonanie filtru biologicznego. Polegać to by miało na ukształtowaniu czasu zbiornika wstępnego, które

zapewni dogodny rozwój roślinności wodnej. Głębokość wody powinna wynosić od ok. 0,5 do 3 m, a średnia prędkość przepływu 0,05-0,3 m/s. Największe zastosowanie mogą mieć rośliny częściowo wynurzone: trzcina pospolita, pałka wąskolistna, sitowie jeziorowe, strzałka wodna, jeżogłówka żabieniec, babka wodna oraz zanurzone: moczarka kanadyjska i rzęśl (Czamara i in. 2008). Podczas użytkowania zbiornika wstępnego Słup należy przewidzieć okresowe zabiegi konserwacyjne polegające na usuwaniu sedymentów i formowaniu filtra biologicznego.



Rys. 2. Rzeka Nysa Szalona na dopływie do zbiornika Słup (km 14,1) i czasza projektowanego zbiornika wstępnego (fot. M. Wiatkowski)

Fig. 2. Inflow of the Nysa Szalona river to the Słup reservoir (km 14,1) and the bowl of the designed pre-dam reservoir (fot. M. Wiatkowski)

Przy tak dobranych parametrach zbiornika wstępnego można podać wstępną eliminację azotu nieorganicznego w zbiorniku wstępnym. Biorąc pod uwagę dane pochodzące ze zbiornika Słup, stosunek nieorganicznego azotu do fosforanów $N : P = 12 : 1$ oraz czas retencji $t = 18,4$ d (przy pojemności $2,0$ mln m^3), w zbiorniku wstępnym powinno wystąpić obniżenie ilości azotu nieorganicznego o ok. 40%. Potencjalne obniżenie fosforanów w zbiorniku wstępnym określimy przyjmując wartość przepływu średniego rocznego z wielolecia w wodzie rzeki Nysy Szalonej dopływającej do zbiornika Słup i średniego rocznego czasu retencji w zbiorniku wstępnym (DWA 2005). Korzystając z powyższego potencjalne obniżenie ilości fosforanów w zbiorniku wstępnym w cofce zbiornika Słup może wynieść ok. 50%.

Wyniki badań, podawane w literaturze, dotyczące skuteczności działania zbiorników wstępnych wskazują, że posiadają one bardzo duży stopień skuteczności działania (Benndorf 1979, Benndorf & Pütz 1987a, 1987b, Czamara i in. 2008, Paul 2003, Wiatkowski 2011b). Z literatury wynika, że dodatkowo umieszczone przegrody biologiczne i filtr roślinny mogą przyczynić się do zwiększenia skuteczności działania zbiornika wstępnego. Z pracy (Czamara i in. 2008, Wiatkowski 2011b) wynika, że w wodzie przepływającej przez zbiornik wstępny, zbudowany z osadnika i filtra roślinnego, miało miejsce obniżenie się azotanów i fosforanów. Podobne wyniki przedstawiono w pracy (Skonieczek & Koc 2008). Stwierdzono w niej, że staw zlokalizowany na cieku obniżał stężenia i ładunki związków fosforu w wodzie przepływającej przez niego. W pracy (Skonieczek & Koc 2013) określono pozytywną rolę zbiornika retencyjnego jako bariery przechwytyjącej zanieczyszczenia pochodzenia antropogenne (sucha masa, substancje mineralne, ChZTCr). Natomiast w pracy (Wiatkowski & Paul 2009) wykazano dla budowanego zbiornika Włodzienin na rzece Troi, że zastosowanie zbiornika wstępnego pozwoli na zmniejszenie wielkości fosforu o 40%.

6. Wnioski

- Analiza wyników jakości wody rzeki Nysy Szalonej zasilającej zbiornik Słup wykazała, że z punktu widzenia procesu eutrofizacji uwarunkowania hydrochemiczne występujące w zlewni zbiornika Słup są dla niego niekorzystne. Główną przyczyną tego stanu są wysokie stężenia biogenów, zwłaszcza fosforu,
- W celu ochrony zbiornika Słup przed zanieczyszczeniami dopływającymi ze zlewni rzeki Nysy Szalonej zaproponowano budowę zbiornika wstępnego w cofce zbiornika Słup, według kryterium hydrologicznego i hydraulicznego,
- Pojemność zbiornika wstępnego, obliczona wg powyższych kryteriów powinna wynieść od 0,978 do 2,935 mln m³. Zaproponowano pojemność zbiornika wstępnego wynoszącą 2 mln m³. Jest ona mniejsza od możliwej (4 mln m³) (pozwalają na to warunki występujące na terenie istniejącego zbiornika Słup),
- Biorąc pod uwagę dane pochodzące ze zbiornika Słup w zbiorniku wstępnym może wystąpić obniżenie ilości azotu nieorganicznego o ok. 40% a fosforanów o ok. 50%,

- W celu zwiększenia skuteczności zatrzymywania zanieczyszczeń w zbiorniku wstępnym na jego dopływie należy wykonać filtr biologiczny z nasadzeniami roślin makrofitowych,
- Wyniki badań wskazują, że przedstawione kryteria hydrologiczne i hydrauliczne mogą być wykorzystane do wymiarowania zbiorników wstępnych,
- Zaproponowane kryteria wymiarowania zbiorników wstępnych wymagają uściślenia na podstawie badań terenowych.

Literatura

- Bayram, A., Önsoy, H., Kömürçü, M.I., Tüfekçi, M. (2014). Reciprocal influence of Kürtün Dam and wastewaters from the settlements on water quality in the stream Harşit, NE Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 10.1007/s12665-014-3190-0.
- Benndorf, J. (1979). A contribution to the phosphorus loading concept. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 64, 177-188.
- Benndorf, J., Pütz, K. (1987a). Control of eutrophication of lakes and reservoirs by means of pre-dams – I. Mode of operation and calculation of the nutrient elimination capacity. *Wat. Res.* 21, 829-838.
- Benndorf, J., Pütz, K. (1987b). Control of eutrophication of lakes and reservoirs by means of pre-dams – II. Validation of the phosphate removal model and size optimization. *Wat. Res.* 21, 839-842.
- Czamara, W., Wojarnik, K., Wiatkowski, M., Tokarczyk, T. (1999). Możliwości poprawy jakości wody retencjonowanej w zbiornikach zaporowych górnej i środkowej Odry. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu.* XXI, 339, 61-68.
- Czamara, W., Czamara, A., Wiatkowski, M. (2008). The Use of Pre-dams with Plant Filters to Improve Water Quality in Storage Reservoirs. *Archives of Environmental Protection*, 34, SI, 79-89.
- DWA Regelwerk (2005). *Merkblatt, Wirkung, Bemessung und Betrieb von Vorsperren zur Verminderung von Stoffeintraegen in Talsperren.* Hennef.
- Fučík, P., Kvítek, T., Lexa, M., Novák, P., Bílková, A. (2008). Assessing the Stream Water Quality Dynamics in Connection with Land Use in Agricultural Catchments of Different Scales. *Soil&Water Res.*, 3(3), 98-112.
- Kanownik, W., Kowalik, T., Bogdał, A., Ostrowski, K. (2013). Quality Categories of Stream Waters Included in a Small Retention Program. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(1), 159-165.
- WIOŚ. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu (2007). *Ocena jakości rzek województwa dolnośląskiego w 2007 roku.*

- WIOŚ. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu (2010). *Ocena jakości rzek województwa dolnośląskiego w 2009 roku.*
- Orzepowski W., Paruch A., Pulikowski K., Kowalczyk T., Pokładek R. (2014). Quantitative and qualitative assessment of agricultural water resources under variable climatic conditions of Silesian Lowlands (Southwest Poland). *Agricultural Water Management*. 138, 45-54.
- Paul, L. (2003). Nutrient elimination in pre-dams – results of long-term studies. *Hydrobiologia*, 504, 289-295.
- Paul, L., Pütz, K. (2008). Suspended matter elimination in a pre-dam with discharge dependent storage level regulation. *Limnologica*, 38, 388-399.
- Pütz, K., Benndorf, J. (1981). Die zielgerichtete Wassergütebewirtschaftung von Talsperren und Speichern – Information zum Fachbereichsstandard TGL 27 885/03. *Acta hydrochim. et hydrobiol*, 9, 25-36.
- Pütz, K., Benndorf, J. (1998). The importance of pre-reservoirs for the control of eutrophication of reservoirs. *Wat. Sci. Tech.*, 37(2), 317-324.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z 23.12. 2002 r. Dz.U. poz. 2093.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z 22.10.2014 r. Dz. U. poz. 1482.
- Skonieczek, P., Koc, J. (2008). Role of preliminary reservoirs in reducing phosphorus inflow from agricultural and afforested catchment areas to the lake. *Ecological Chemistry and Engineering*, 15(12), 1347-1357.
- Skonieczek, P., Koc, J., Duda, M. (2013). Wpływ zbiorników retencyjnych w ochronie jezior przed zanieczyszczeniami spływającymi z obszarów wiejskich. *Proceedings of ECOpole* DOI: 10.2429/proc.2013.7(1)033.
- Wiatkowski, M., Paul, L. (2009). Surface water quality assessment in the Troja river catchment in the context of Włodzienin reservoir construction. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18(5), 923-929.
- Wiatkowski, M. (2011a). Influence of Słup dam reservoir on flow and quality of water in the Nysa Szalona river. *Polish Journal of Environmental Studies*. 20(2), 467-476.
- Wiatkowski, M. (2011b). Influence of Mściwojów pre-dam reservoir on quality of water in the Wierzbiak river. *Ecological Chemistry and Engineering A*, 18(2), 289-300.
- Wiatkowski, M., Rosik-Dulewska, Cz., Kuczewski, K., Kasperek, K. (2013). Ocena jakości wody zbiornika Włodzienin w pierwszym roku funkcjonowania. Water Quality Assessment of Włodzienin Reservoir in the First Year of Its Operation. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 15, 2666-2682.
- Wiatkowski, M., Rosik-Dulewska, Cz., Kasperek, R. (2015). Inflow of Pollutants to the Bukówka Drinking Water Reservoir from the Transboundary Bóbr River Basin. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 17, 316-336.
- Vollenweider, R. A. (1976). Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. ital. Idrobiol.* 33, 53-83.

Hydrological and Hydraulic Conditions for a Construction of a Pre-dam Reservoir in the Słup Reservoir Backwater

Abstract

The study presents the research results of the water quality and flows of the Nysa Szalona river which supplies the Słup drinking water dam reservoir. The research was carried out in the years 2005-2008 with the purpose to determine the potential for construction of a pre-dam reservoir in the backwater of the existing Słup reservoir. Maintenance of good water quality in this reservoir is of high importance due to the purposes it serves. It balances the outflow from the Nysa Szalona River basin to ensure appropriate volume of water at the intake on the Kaczawa River situated in Przybków.

The data collected during the studies demonstrated poor quality of water. The analysis of the Nysa Szalona River water supplying the reservoir showed that from the eutrophication viewpoint, the hydrochemical conditions existing in the basin of the Słup reservoir were unfavourable, mainly due to high concentrations of biogenic substances, especially phosphorus.

Analysis of the data on water quality inflowing to the Słup reservoir demonstrated that due to high concentrations of phosphorus the BOD₅ values exceeded the water quality limits set up for surface water bodies in natural river courses applying to class II. At the same time the concentration of nitrates, pH and total suspension were within the limits of class II water quality. To protect the Słup reservoir against pollutants transferred from the basin of the Nysa Szalona River, construction of a pre-dam reservoir in the backwater of the Słup reservoir was investigated taking into account the existing hydrological and hydraulic conditions. A capacity of 2 mln m³ was proposed for the pre-dam reservoir. Construction of a pre-dam reservoir would contribute to the improvement of the quality of water supplying the main reservoir reducing thus the content of inorganic nitrogen by ca 40% and phosphates by ca 50% in the Słup reservoir. The study also showed that a construction of a biological filter with macrophyte plants on the inflow to the pre-dam reservoir would effectively increase its performance. The presented results also confirmed the potential of using the hydrological and hydraulic criteria for the dimensioning of the pre-dam reservoirs.

Słowa kluczowe:

zbiornik wstępny, zbiornik wodny, hydrologia i hydraulika, ochrona wód

Keywords:

pre-dam, water reservoir, hydrology and hydraulic, water protection