

Katarzyna PIKUL, Marian MOKWA

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wrocław University of Environmental and Life Sciences

Wpływ osadnika wstępnego na proces zamulania zbiornika głównego

Influence of pre-dams on the main reservoir silting process

Słowa kluczowe: zbiorniki zaporowe, osadniki wstępne, proces zamulania

Key words: dam-reservoirs, pre-dams, silting process

Wprowadzenie

Badaniami procesu zamulania zbiorników wodnych zajmowało się wielu autorów. Proces ten badany był w ujęciu ilościowym i jakościowym. W ujęciu ilościowym mierzono w określonych odstępach czasowych miąższość namulów odłożonych w różnych strefach zbiornika w celu określenia prognozy zmniejszania się pojemności zbiornika z upływem czasu jego eksploatacji. Badania w ujęciu jakościowym obejmowały oznaczanie własności fizycznych namulów odłożonych w czaszy zbiornika oraz ocenę zmienności tych własności w miarę oddalania się od punktu zasilania zbiornika. W celu przeciwdziałania zamulaniu zbiornika stosuje się różne zabiegi w zlewni, polegające na zmniejszeniu denudacji poprzez zalesienie, od-

powiednią orkę itp. Jednym ze sposobów ograniczenia procesu zamulania zbiorników retencyjnych może być stosowanie zbiorników wstępnych. Koncepcję taką wykorzystano przy konstrukcji zbiornika w Mściwojowie, który jest obiektem doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Zanim woda wpłynie do zbiornika właściwego przechodzi przez porośnięte makrofitami komory osadnika i zbiornik wstępny, gdzie następuje proces osadzania się zanieczyszczeń i cząstek stałych, co znacznie poprawia jakość wody i spowalnia proces zamulania zbiornika właściwego.

Przeprowadzone przez autorów badania obejmowały głównie ocenę oddziaływania zbiornika i osadnika wstępnego na proces zamulania zbiornika głównego. Nie zajmowano się wpływem zamulania zbiornika na jakość wód retencjonowanych, co stanowi przedmiot osobnego opracowania (Wiatkowski i in. 2006).

Ogólna definicja zbiornika wstępnego określa go jako budowlę o małym piętrzeniu (kilku metrów) ze średnim cza-

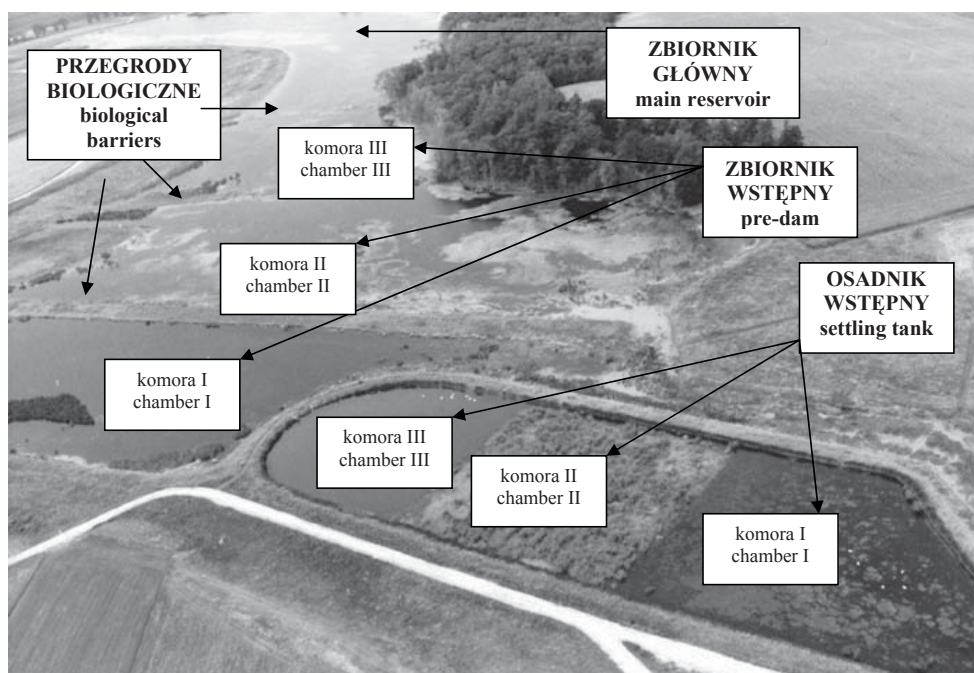
sem przetrzymywania wody (kilku dni). Zbiornik wstępny projektuje się bezpośrednio przed zbiornikiem głównym, w części cofkowej lub z boku. Podstawowym zadaniem zbiorników wstępnych jest przechwycenie znacznej części cząstek stałych, dopływających z cieków zasilającego do oddzielonej przegradą płytszej części zbiornika głównego. Dzięki tak wydzielonej części zalewu zbiornika następuje szybsze jego wypełnienie osadami, które następnie powinny być usuwane. W celu zwiększenia skuteczności zatrzymywania zanieczyszczeń i rumowiska proponuje się wykonanie osadnika w strefie dopływu wody do zbiornika wstępnego. Polega to na uformowaniu zbiornika z kilkoma komorami o zróżnicowanej głębokości z zastosowaniem filtra biologicznego.

Obiekt badawczy i metodyka badań

Zbiornik wodny w Mściwojowie zlokalizowany jest w 35+375 km biegu rzeki Wierzbak, prawostronnym dopływem Kaczawy (dorzecze Odry). Podstawowe parametry zbiornika przedstawiają się następująco:

- maksymalna powierzchnia zalewu – 57 ha,
- maksymalna pojemność zbiornika – 1,35 mln m³,
- długość przy MPP – 2200 m,
- szerokość max przy MPP – 220 m,
- głębokość średnia przy NPP – 2,0 m.

Czasę zbiornika podzielono na zbiornik główny wody czystej i zbiornik wstępny z osadnikiem wstępnym i przegradami biologicznymi (rys. 1).



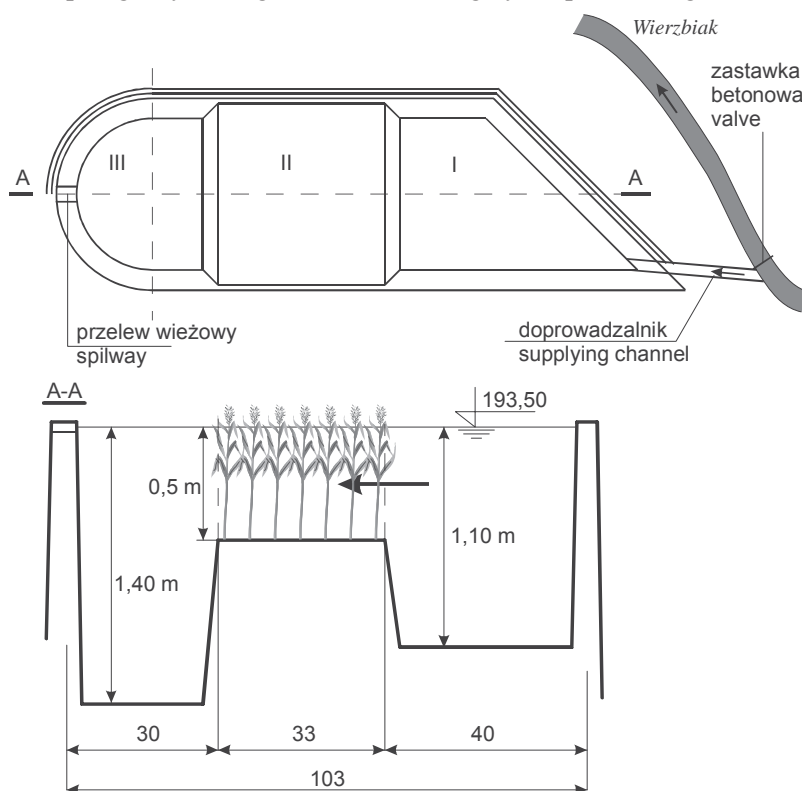
RYSUNEK 1. Zbiornik Mściwojów (fot. gmina Mściwojów)
 FIGURE 1. Mściwojów reservoir (photo: Mściwojów district)

Osadnik wstępny jest pierwszym obiektem zbiornika. Składa się z trzech komór o zróżnicowanej głębokości (rys. 2). W komorze pierwszej osadzeniu ulegają duże cząstki unoszone, komora druga obsadzona jest roślinnością trzcinową i pełni rolę wstępnego filtra biologicznego, natomiast w komorze trzeciej sedymentacji ulegają najdrobniejsze zawiesiny.

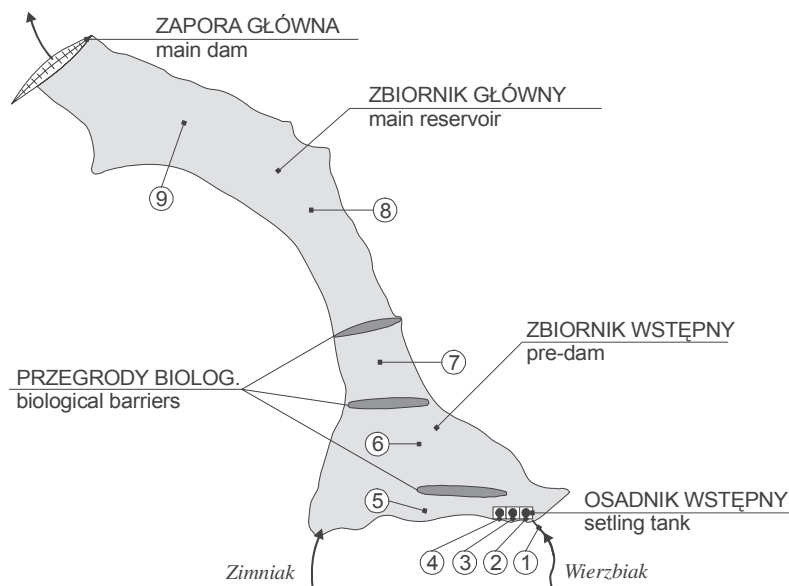
W celu ochrony przed rozmyciem brzozi osadnika wstępnego obsadzone zostały roślinnością szuwarową. Z komory III osadnika woda przepływa przelewem wieżowym do czaszy zbiornika wstępnego. W zbiorniku wstępnym wykonano 3 przegrody biologiczne. Ich

zadaniem jest ukierunkowanie przepływu dla wydłużenia czasu przetrzymania wody. Przegroda I zlokalizowana jest najbliżej osadnika wstępnego i służy do ukierunkowania przepływu wód powodziowych. Przegroda II, usytuowana równoległe do przegrody I, posiada trzy przelewy oraz przepust do pełnego opróżnienia zbiornika. Przegroda III stanowi zamknięcie zbiornika wstępnego i posiada 5 przelewów rozprowadzających równomiernie wodę do zbiornika głównego.

Badania własne na zbiorniku Mściwojów przeprowadzone były w okresie letnim w latach 2003–2005. Polegały na pomiarze grubości warstwy



RYSUNEK 2. Plan oraz przekrój przez osadnik wstępny w Mściwojowie
 FIGURE 2. Plan and cross section of preliminary settling tank in Mściwojów



RYSUNEK 3. Zbiornik Mściwojów, lokalizacja punktów poboru prób rumowiska
 FIGURE 3. Mściwojów reservoir, location of bed load sampling points

osadów zalegających na dnie oraz poborze prób rumowiska do dalszej analizy. Pomiary warstwy osadów dennych wykonano za pomocą sondy rurowej typu Nurek-1. Pobrane próby poddano badaniom laboratoryjnym w celu określenia składu granulometrycznego metodą areometryczną Casagrande'a, w modyfikacji Prószyńskiego, z podziałem na grupy granulometryczne oraz określona została procentowa zawartość części organicznych, jak również gęstość właściwa pobranego gruntu. Próby pobrano ze stanowisk zaznaczonych na rysunku 3.

Wyniki badań

Analiza materiału dennego zalegającego na dnie zbiornika Mściwojów wykazała, że:

- w komorze I osadnika wstępnego zalega pospółka gliniasta, komora II

to pył piaszczysty, natomiast w komorze III znajduje się glina pylasta; zawartość części organicznych w komorach osadnika wahała się w granicach $I_{om} = 3,1-5,6\%$ (tab. 1), natomiast gęstość właściwa szkieletu gruntowego w granicach $2,65-2,66 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,

- w komorach zbiornika wstępnego znajduje się materiał denny zakwalifikowany jako: glina + żwir (komora I), pył piaszczysty + żwir (komora II), glina (komora III); zawartość części organicznych wahała się w granicach $2,5-3,5\%$, natomiast gęstość właściwa szkieletu gruntowego zawierała się w granicach $2,59-2,62 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (tab. 1),
- w zbiorniku głównym w przekroju bliżej zbiornika wstępnego pobrany grunt stanowi pył piaszczysty, natomiast w przekroju bliżej zapory za-

TABELA 1. Wyniki analizy cech fizycznych i charakterystyk granulometrycznych osadu zbiornika Mściwojów

TABLE 1. Results of physical and granulometric characteristic analysis of Mściwojów reservoir sediments

Miejsce poboru próby Sampling location	Zawartość części organicznych I_{om} [%] Organic matter contents	Gęstość właściwa [g·cm ⁻³] Specific gravity	d_{50} [mm]
Wierzbak (przed jazem)	4,1	2,55	0,021
Wierzbak (za jazem)	3,9	2,60	0,022
Osadnik komora I Settling tank, chamber I	4,0	2,66	0,700
Osadnik komora II Settling tank, chamber II	5,6	2,65	0,150
Osadnik komora III Settling tank, chamber III	3,1	2,66	0,012
Zbiornik wstępny komora I Pre-dam, chamber I	3,5	2,59	0,025
Zbiornik wstępny komora II Pre-dam, chamber II	2,5	2,60	0,020
Zbiornik wstępny komora III Pre-dam, chamber III	2,7	2,62	0,019
Zbiornik główny I Main reservoir I	2,0	2,69	0,020
Zbiornik główny II Main reservoir II	1,9	2,68	0,021

legał pył; zawartość części organicznych wahała się w granicach 1,9–2,0%, natomiast gęstość właściwa szkieletu gruntowego w granicach 2,68–2,69 g·cm⁻³ (tab. 1).

Najwięcej części organicznych (5,6%) odnotowano w II komorze osadnika, który w całości porośnięty jest trzcina pospolitą.

Najgrubsze frakcje rumowiska ($d_{50} = 0,7$ mm) odnotowano w I komorze osadnika wstępnego, tj. na ujściu Wierzbaka do zbiornika. W kolejności przepływu w II komorze osadnika zatrzymane zostało rumowisko także o grubszym

uziarnieniu, którego d_{50} wynosiło 0,15 mm. W ostatniej, III komorze osadnika wstępnego sedymentacji uległy najdrobniejsze frakcje rumowiska o $d_{50} = 0,012$ mm. Taki rozkład rumowiska w komorach świadczy o dużej skuteczności roślinności osadnika II w redukcji rumowiska.

Znacznie większe frakcje rumowiska zalegające w zbiorniku wstępnym oraz w zbiorniku głównym w stosunku do rumowiska ostatniej komory osadnika wstępnego wynikają najprawdopodobniej z ich transportu w czasie przepływu

wów wysokich, przeprowadzonych kanałem obiegowym omijającym osadnik.

Znacznie większe frakcje rumowiska zalegające w zbiorniku wstępnym oraz w zbiorniku głównym w stosunku do rumowiska ostatniej komory osadnika wstępnego wynikają najprawdopodobniej z ich transportu w czasie przepływów wysokich przeprowadzonych kanałem obiegowym omijającym osadnik.

Pomiar grubości warstwy osadów w punktach zbiornika zaznaczonych na rysunku 3 przeprowadzono w latach 2003–2005. Dodatkowo dysponowano wynikami grubości warstwy osadów, które zostały wykonane w latach 1999–2002 przez Wiatkowskiego (2002). Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 2.

W ostatnim roku pomiarowym (2005) pomierzona grubość warstwy osadu w komorze I osadnika wynosiła 20 cm, w komorze II – 23 cm, a w komorze III było to 14 cm. Przyrosty warstwy osadu w poszczególnych komorach osadnika wstępnego w okresie pomiarowym wahały się od 2 do 8 cm rocznie.

Z pomiarów wynika, że największe roczne przyrosty grubości warstwy osadów zaobserwować można w II komorze

osadnika (5–8 cm rocznie), która porośnięta jest trzcina pospolita (*Phragmites Australis*). Roślinność ta spełnia tu nie tylko funkcję filtra biologicznego, ale zatrzymuje część unosin niesionych przez ciek i dzięki temu ogranicza transport cząstek stałych do zbiornika głównego, chroniąc jego pojemność przed zamuleniem.

W ostatnim roku pomiarowym (2005) pomierzona grubość warstwy osadu w komorze I zbiornika wstępnego wynosiła 12 cm, w komorze II – 11 cm, a w komorze III było to 10 cm (tab. 2). Na podstawie wyników pomiarów zaobserwować można, że rocznie w poszczególnych komorach zbiornika wstępnego odkłada się około 1–2 cm osadu.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów zaobserwowano, że w 2003 roku warstwa osadu w zbiorniku głównym wynosiła około 2,5 cm. W 2004 roku było to 3 cm, natomiast w 2005 roku około 4 cm (tab. 2). Na podstawie tych pomiarów oszacowano średni roczny przyrost warstwy osadu w zbiorniku głównym, który w okresie badawczym 1999–2005 wyniósł 0,5–1,0 cm.

TABELA 2. Grubość [m] warstwy osadów w układzie zbiornika Mściwojów w latach 1999–2005 (1999–2002 za: Wiatkowski 2002)

TABLE 2. Thickness of sediment layer [m] in Mściwojów reservoir system during 1999–2005 (1999–2002 according to Wiatkowski 2002)

Lata Years	Osadnik wstępny Settling tank			Zbiornik wstępny Pre-dam			Zbiornik główny Main dam
	komora chamber I	komora chamber II	komora chamber III	komora chamber I	komora chamber II	komora chamber III	
1999– –2002	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	0,02
2003	0,15	0,10	0,10	0,07	0,08	0,06	0,025
2004	0,18	0,15	0,12	0,10	0,10	0,08	0,030
2005	0,20	0,23	0,14	0,12	0,11	0,10	0,040

Na podstawie posiadanych wyników pomiarów grubości warstwy osadów pomierzonych w wytypowanych przekrojach zbiornika Mściwojów obliczono objętość zalegających tam namulów.

W 2005 roku objętość osadów w osadniku wstępnym wynosiła około 2934 m³, co stanowi około 19% początkowej jego objętości. Roczne przyrosty objętości osadów w okresie badawczym wahały się od około 300 do około 600 m³ (tab. 3).

Największa objętość zgromadzonych osadów znajduje się w komorze I osadnika i są to jednocześnie osady o najgrubszym uziarnieniu. Im dalej od strefy dopływu (komora II i III), tym objętość osadów jest mniejsza, a ich uziarnienie drobniejsze. Należy zaznaczyć, że komora II osadnika ma głębokość o połowę mniejszą od pozostałych komór.

Roczne przyrosty objętości osadów w zbiorniku wstępnym w okresie badawczym wynosiły średnio 2800 m³ (tab. 3). W 2005 roku objętość zgromadzonych osadów wynosiła 15 400 m³, co stanowiło około 8,8% początkowej pojemności.

W 2005 roku objętość zgromadzonych osadów w zbiorniku głównym wynosiła około 8236 m³, co stanowiło około 1,5% początkowej jego objętości. Roczne przyrosty objętości osadów w zbiorniku głównym w okresie badawczym wynosiły około 1000–2000 m³ (tab. 3).

Oszacowano, że całkowita objętość osadów odłożona w okresie 1999–2005 w układzie zbiornika Mściwojów (osadnik wstępny, zbiornik wstępny, zbiornik główny) wynosi 26 570 m³. Ponad 2/3 osadów zostało zgromadzone w zbiorniku wstępnym i osadniku. Osadnik wstępny zatrzymał ponad 10% rumowiska (tab. 3). Roczne przyrosty objętości osadów w okresie badawczym (1999–2005) wynosiły 4000–5000 m³.

Podsumowanie

Zadaniem zbiornika wstępnego jest zatrzymanie jak największej ilości substancji użyźniających i zmniejszenie ich dopływu do zbiornika głównego. Jest więc on ważnym elementem zabezpie-

TABELA 3. Objętość osadów [m³] w układzie zbiornika Mściwojów w latach 1999–2005 (1999–2002 za: Wiatkowski 2002)

TABLE 3. Capacity of sediment layer [m³] in Mściwojów system during 1999–2005 (1999–2002 according to Wiatkowski 2002)

Lata Years	Osadnik wstępny Settling tank				Zbiornik wstępny Pre-dam	Zbiornik główny Main dam
	komora chamber I	komora chamber II	komora chamber III	razem sum		
1999– –2002	613	488	442	1503	7000	4118
2003	920	488	442	1850	9800	5147
2004	1104	732	530	2366	12600	6177
2005	1227	1123	619	2969	15400	8236
Ogółem Total	26 570 m ³					

czenia przed eutrofizacją i zamulaniem. Wpływa także na poprawę jakości wody w wyniku zachodzących w nim procesów fizyczno-chemicznych i biochemicznych. Warunkiem właściwej pracy zbiornika wstępnego jest sedymentacja jak największej ilości fitoplanktonu i innej materii. Proces sedymentacji można zintensyfikować przez wprowadzenie naturalnego filtra biologicznego w postaci stref roślinnych. Ocena wpływu roślinności w osadniku wstępnym na proces zamulania zbiornika głównego jest przedmiotem badań w niniejszej rozprawie.

Wnioski

Z przeprowadzonej analizy transportu i sedymentacji osadów w układzie zbiornika Mściwojów (osadnik – zbiornik wstępny – zbiornik główny) wynika, że w okresie jego eksploatacji w latach 1999–2005 całkowita ilość zgromadzonych osadów wynosi 26 570 m³. Ponad 2/3 osadów zostało zgromadzonych w zbiorniku wstępnym i osadniku. Osadnik wstępny zatrzymał ponad 10% rumowiska. Oceniając skuteczność filtra biologicznego w postaci roślinności (trzcina pospolita) występującego w II komorze osadnika, można zauważyć, że odłożona została tutaj najgrubsza warstwa osadu, wynosząca około 25 cm. Stanowi to połowę głębokości komory, która jest o 50% płytsza od pozostałych. Należy więc stwierdzić, że zbiornik wstępny wraz z osadnikiem jest ważnym elementem ochrony zbiornika głównego przed szkodliwymi skutkami dopływu ze zlewni rumowiska i zanieczyszczeń ob-

szarowych, a wprowadzona roślinność intensyfikuje proces sedymentacji.

W związku z powyższym stosowanie zbiorników wstępnych jest wskazane, gdyż poprawiają one jakość wody w zbiorniku głównym i przedłużają jego żywotność. Wprowadzenie dodatkowych przesłon biologicznych do wydzielonych komór zbiornika wstępnego intensyfikuje proces sedymentacji rumowiska unoszonego, ograniczając jego transport do zbiornika głównego. Dodatkowym ich walorem jest poprawa optyczna krajobrazu w końcu cofki poprzez utworzenie mokrych biotopów w strefach wypływu zbiornika głównego.

Literatura

- PIKUL K. 2007: Ocena wpływu roślinności w osadniku wstępnym na proces zamulania zbiornika głównego na przykładzie zbiornika Mściwojów. Praca doktorska. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- PIKUL K., MOKWA M. 2006: Badania modelowe ruchu rumowiska w strefach roślinnych rzek i potoków. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Kraków.
- WIATKOWSKI M. 2002: Wpływ zbiorników wstępnych na jakość magazynowanej wody w zbiornikach głównych. Rozprawa doktorska. Instytut Inżynierii Środowiska AR, Wrocław.
- WIATKOWSKI M., CZAMARA W., KUCZEWSKI K. 2006: Wpływ zbiorników wstępnych na zmiany jakości wód retencjonowanych w zbiornikach głównych. Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze.

Summary

Influence of preliminary settling tank on the main reservoir silting process. One of the ways to limit the silting process of sto-

rage reservoirs could be the use of so-called preliminary settling tanks. Such concept has been used in construction of Mściwojów reservoir, which is the experimental water reservoir of Wrocław University of Environmental and Life Sciences. Before inflowing to the main reservoir water passes through the chambers of settling tank covered by macrophytes and subsequently through the pre-dam where the pollutants and solids are deposited. This significantly improves the water quality and slows down the silting process of main reservoir. The analysis of sediment transport and sedimentation in Mściwojów reservoir system (settlement tank – pre-dam – main reservoir) shows that during the reservoir operation in 1999–2005 the total amount of stored sediments is about 26 570 m³. More than 2/3 of sediments has been stored in pre-dam and in settling tank. The settlement tank has retained more than 10% of sediments of total sediments that inflow to the reservoir. While assessing a effectiveness of biological

filter in form of vegetation (Common Reed) in II chamber of settling tank it can be seen that the most thick layer of about 25 cm has been deposited there. This layer is a half of depth in chamber. The chamber is 50% more shallow than other chambers. It should be noted that the pre-dam together with settling tank is an important element of main reservoir protection against the harmful effects of sediment inflow. It also diffuses pollution inflow to reservoir from catchment. Vegetation that was introduced to the tank intensifies the process of sedimentation. This paper presents characteristics and functions of Mściwojów reservoir system, field research methodology as well as results obtained and their analysis.

Authors' address:

Katarzyna Pikul, Marian Mokwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Inżynierii Środowiska
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław