

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 57, 2012: 141–150  
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 57, 2012)  
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 57, 2012: 141–150  
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 57, 2012)

**Bogusław MICHAŁEC**

Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Department of Water Engineering and Geotechnics, University of Agriculture in Cracow

## **Wpływ rozdziału wód w węźle wodnym na intensywność zamulania dwóch zbiorników wodnych w układzie równoległym**

### **The effect of water distribution in water node on silting intensity of two water reservoirs in the parallel system**

**Słowa kluczowe:** zbiornik wodny, intensywność zamulania, rumowisko unoszone, węzeł wodny

**Key words:** water reservoir, silting intensity, suspended sediment, water node

## **Wprowadzenie**

Proces zamulania ogranicza żywotność zaporowych zbiorników wodnych. Na proces ten mają wpływ: geologia i hydrologia zalewni i systemu rzeczno-go, warunki klimatyczne i geograficzne zlewni, wielkość zbiornika i jego usytuowanie w zlewni, typ zapory i rodzaj urządzeń upustowo-spustowych, warunki eksploatacji zbiornika, warunki hydrauliczne panujące w zbiorniku wodnym i ich wpływ na przepływ rumowiska przez zbiornik, jakość wody i rumowiska (Bat-tuca i Jordaan 2000). Poza wymienionymi czynnikami, istotny wpływ na inten-

sywność procesu zamulania mają także inne zbiorniki wodne znajdujące się na jego dopływach. Kaskadowa zabudowa cieków zbiornikami wodnymi przyczynia się do ograniczenia intensywności zamulania zbiornika położonego najniżej w kaskadzie (Hu et al. 2009). Najczęściej projektuje się zaporowe zbiorniki wodne w układzie kaskadowym, czyli szeregowym. Rzadko spotykany jest układ zasilania w wodę dwóch zbiorników wodnych z jednego wspólnego węzła wodnego. Taki szczególny układ szeregowy tworzą dwa małe zbiorniki wodne w Zesławicach na rzece Dłubni, których łączna pojemność wynosi 426 tys. m<sup>3</sup>. Układ ten powstał po odmuleniu zbiornika głównego w wyniku wybudowania zbiornika bocznego. Określenie czasu zamulania i warunków sedymentacji rumowiska w tak usytuowanych zbiornikach wodnych jest zadaniem bardziej skomplikowanym niż w przypad-

ku pojedynczego zbiornika wodnego. Prognozę zamulania dwóch zbiorników w Zesławicach, opracowaną zgodnie z wytycznymi instruktażowymi (Wiśniewski i Kutrowski 1973), przedstawiono w pracy Michalca (2007). Analizując okres przed wybudowaniem zbiornika bocznego i po jego wybudowaniu, stwierdzono, że wybudowanie zbiornika remontowego, zatrzymującego część rumowiska dopływającego do zbiorników, spowoduje niespełna dwukrotne wydłużenie czasu eksploatacji zbiornika głównego. Stwierdzono również, że w porównywalnym okresie eksploatacji ilość rumowiska zatrzymanego w dwóch zbiornikach wodnych jest większa od ilości rumowiska zatrzymanego w zbiorniku głównym (Michalec 2007). Obliczenia prognozujące proces zamulania tych zbiorników wykonano, uwzględniając warunki naturalne rozdziału wody w węźle wodnym.

W pracy przedstawiono wpływ rozdziału przepływu wody w węźle wodnym zasilającym dwa zbiorniki w Zesławicach na intensywność ich zamulania. Ponadto przedstawiono metodykę określenia wpływu rozdziału wody w węźle wodnym i współczynnika proporcji pojemności dwóch zbiorników wodnych na ich żywotność czy też długowieczność zbiornika, określaną jako czas eksploatacji, po którego upływie zbiornik nie spełnia swojej funkcji. Przyjęto, zgodnie z kryterium Hartunga (1959), że zbiornik nie spełnia swojej funkcji i zostaje wyłączony z eksploatacji, gdy zostanie zamulony w 80%.

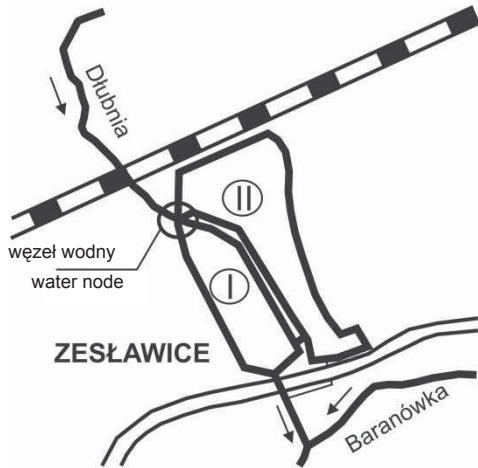
## Material i metody

Dwa małe zbiorniki wodne w Zesławicach, znajdujące się w dolnym

biegu rzeki Dłubni, należą do czwartej klasy budowli wodnych. Zapora ziemna zbiorników zlokalizowana jest w km 8+700 rzeki Dłubni i zamyka zlewnię o powierzchni 218,1 km<sup>2</sup>. W 1966 roku powstał na prawym brzegu rzeki pierwszy zbiornik, tzw. zbiornik I, stanowiący główny polder przeciwpowodziowy, służący ochronie terenów ówczesnej Huty imienia Lenina (Instrukcja gospodarowania wodą... 2003). Ze względu na intensywny transport rumowiska unoszonego zbiornik ten ulegał szybkiemu zamuleni. Po przeprowadzonych pomiarach zamulenia w latach siedemdziesiątych minionego stulecia stwierdzono znaczne zmniejszenie się jego pojemności [Bednarczyk 1994]. Wówczas zrodziła się koncepcja wybudowania drugiego zbiornika w celu przejścia wód zbiornika głównego na okres odmulania. W związku z tym w latach 1986–1987 na lewym brzegu rzeki wybudowano zbiornik II, zwany również remontowym, którego nazwa pochodziła od pierwotnego przeznaczenia. Zbiorniki te zasilane są wodą rzeki Dłubni ze wspólnego węzła wodnego, znajdującego się na wlocie do zbiorników (rys. 1).

Główny zbiornik wodny ma pojemność pierwotną wynoszącą 228 tys. m<sup>3</sup>, przy rzędnej normalnego poziomu piętrzenia wody, która w obu zbiornikach wynosi 215,00 m n.p.m. Przy tym piętrzeniu wody powierzchnia zalewu wynosi 9,5 ha, a średnia głębokość zbiornika jest równa 2,20 m. Remontowy zbiornik wodny charakteryzuje się pojemnością 198 tys. m<sup>3</sup>. Powierzchnia zalewu to 11,3 ha, a średnia głębokość zbiornika to 1,40 m.

Na podstawie danych hydrologicznych z lat 1952–1992 określono przepły-



RYSUNEK 1. Zbiorniki wodne w Zesławicach na rzece Dłubni: I – zbiornik główny, II – zbiornik remontowy

FIGURE 1. Water reservoirs at Zesławice on the Dłubnia River: I – main reservoir, II – assistant reservoir

wy charakterystyczne: przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia 1%, wynoszący  $107,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , oraz przepływy  $Q_{50\%}$  i  $Q_{50\%}$ , wynoszące odpowiednio  $63,3$  i  $8,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Przepływ średni roczny (SSQ) wynosił  $1,09 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Instrukcja gospodarowania wodą... 2003).

Określenie wpływu rozdziału wody w węźle wodnym na intensywność zamulania dwóch zbiorników w układzie równoległym wymaga opracowania prognozy zamulania. Prognozę opracowano zgodnie z „Wytycznymi instruktażowymi z zakresu prognozowania zamulania” (Wiśniewski i Kutrowski 1973), według których objętość osadów rumowiska w określonym czasie eksploatacji należy obliczać formułą Gončarova:

$$Z_t = V_p \left[ 1 - \left( 1 - \frac{R_1}{V_p} \right)^t \right] \quad (1)$$

gdzie:

$Z_t$  – objętość osadów po upływie  $t$  lat  $[\text{m}^3]$ ,

$V_p$  – początkowa pojemność zbiornika  $[\text{m}^3]$ ,

$t$  – lata eksploatacji,

$R_1$  – objętość osadów po pierwszym roku eksploatacji  $[\text{m}^3]$ , którą można określić z zależności:

$$R_1 = \frac{\beta \cdot R_u}{\rho_0} \quad (2)$$

gdzie:

$R_u$  – roczna masa rumowiska unoszonego dopływająca do zbiornika  $[\text{t}]$ ,

$\beta$  – zdolność zbiornika do zatrzymywania rumowiska unoszonego  $[-]$ ,

$\rho_0$  – gęstość objętościowa osadów  $[\text{t} \cdot \text{m}^{-3}]$ .

Średnia roczna masa rumowiska unoszonego dopływająca do zbiorników została określona na podstawie przepływów średnich dobowych i odpowiadającej im koncentracji rumowiska unoszonego. Posiadając ciąg danych hydrologicznych z posterunku wodowskazowego IMGW w Zesławicach, obejmujący przepływy średnie dobowe z okresu 1966–1983, obliczono masę transportowanego rumowiska w poszczególnych latach tego okresu. Obliczenia transportu zostały przeprowadzone według „Wytycznych do opracowania materiałów rocznikowych z zakresu rumowiska unoszonego” (Fall 1963) i metodyki przedstawionej przez Brańskiego (1975).

Średnia gęstość objętościowa osadów została określona na podstawie analiz prób osadów pobranych w części wlotowej, środkowej i wylotowej zbiorników. Próby pobierano sondą rurową o średnicy wewnętrznej  $5 \text{ cm}$  z powierzchni osadów (warstwa górna) i z głębokości około  $0,3 \text{ m}$  pod powierzch-

nią osadów (warstwa dolna). Podczas poboru prób przyjęto metodykę Madeyskiego (1998).

Zgodnie z „Wytycznymi instruktażowymi” (Wiśniewski i Kutrowski 1973), zdolność zbiornika do zatrzymywania rumowiska ( $\beta$ ) należy wyznaczyć z krzywej Łopatina. Ograniczenia zastosowania metody Łopatina powodują, że nie może być ona stosowana w przypadku małych zbiorników wodnych, gdyż uzyskane za pomocą tej metody wartości  $\beta$  są znacznie mniejsze niż określone na podstawie bilansu rumowiska (Michalec 2008). Wartości  $\beta$  analizowanych zbiorników zostały wyznaczone według wzoru Churchilla (Batuca i Jordaan 2000):

$$\beta = 100 - (800 \cdot SI^{-0.2} - 12) \quad (3)$$

W równaniu tym wskaźnik sedymentacji  $SI$  (sedimentation index) wyrażony jest w  $s^2 \cdot ft$ . Wskaźnik ten można określić ze wzoru:

$$SI = \frac{T_R}{\bar{V}_R} \quad (4)$$

gdzie:

$T_R$  – czas zatrzymania wody w zbiorniku [s],  
 $\bar{V}_R$  – średnia prędkość przepływu wody przez zbiornik [ $1 \text{ ft} \cdot s^{-1} = 0,3048 \text{ m} \cdot s^{-1}$ ].

W przeprowadzonej analizie przyjęto, że rozdział rumowiska w węźle wodnym jest proporcjonalny do rozdziału wody przy przepływie średnim rocznym. Przepływ ten przyjęto zgodnie z założeniami dotyczącymi wyznaczania zdolności zbiornika do zatrzymywania rumowiska. Zdolność ta może być określana w funkcji współczynnika zlewniowego, współczynnika pojemności czy

też wskaźnika sedymentacji (Michalec 2008). Według „Wytycznych instruktażowych” (Wiśniewski i Kutrowski 1973), wyznaczając ( $\beta$ ) według Łopatina, określa się współczynnik pojemności zbiornika ( $\alpha$ ), gdyż  $\beta = f(\alpha)$ . Współczynnik  $\alpha$  jest stosunkiem pojemności początkowej zbiornika i sumy przepływu średniego rocznego.

Określając wskaźnik sedymentacji  $SI$  (wzór 4), obliczono czas zatrzymania wody w zbiorniku, jako iloraz pojemności zbiornika i przepływu średniego rocznego, oraz średnią prędkość przepływu wody przez zbiornik, jako stosunek przepływu średniego rocznego do ilorazu pojemności i długości zbiornika. Wskaźnik sedymentacji każdego zbiornika został obliczony dla przyjętych proporcji rozdziału wody wpływającej do zbiornika głównego i do zbiornika remontowego. Obliczenia wykonano, zakładając, że do zbiornika głównego (nr I) wpływa odpowiednio: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 i 90% przepływu średniego rocznego (SSQ). Dla obliczonych  $SI$  wyznaczono zdolność zbiorników do zatrzymywania rumowiska unoszonego (wzór 3), a następnie obliczono objętość osadów po pierwszym roku eksploatacji (wzór 2) i ostatecznie z przekształconego równania (1) obliczono czas  $t$ , po którego upływie dany zbiornik zostanie zamulony w 80%. Objętość osadów rumowiska, stanowiąca 80% pojemności zbiornika, wynosi dla zbiornika głównego 182,4 tys.  $m^3$ , a dla remontowego – 158,4 tys.  $m^3$ .

Wpływ na intensywność zamulania, wyrażaną za pomocą czasu zamulania, może mieć nie tylko rozdział wody w węźle wodnym zasilającym zbiorniki wodne w układzie równoległym, lecz również zróżnicowanie ich pojemno-

ści, które można przedstawić za pomocą współczynnika proporcji pojemności zbiorników ( $\varphi$ ), który jest iloczynem pojemności zbiornika głównego i całkowitej pojemności obu zbiorników. Zbiorniki wodne w Zesławicach charakteryzują się współczynnikiem  $\varphi = 0,54$ . Określając wpływ pojemności zbiorników wodnych w układzie równoległym na intensywność zamulania, wykonano obliczenia czasu zamulania, przyjmując wartości współczynnika  $\varphi = 0,9, 0,8$  i  $0,6$ . Obliczenia czasu zamulania wykonano według metodyki przedstawionej powyżej.

## Wyniki

Obliczając czas  $t$  z przekształconego równania (1), określono objętość odkładów po pierwszym roku eksploatacji ( $R_1$ ), posługując się obliczoną średnią roczną masą rumowiska unoszonego, dopływającego do przekroju zapory zbiorników wodnych w Zesławicach. Średnia roczna masa rumowiska uno-

szonego, dopływającego do badanych zbiorników, określona przez Michalca (2008) na podstawie danych hydrologicznych z lat 1966–1983, wynosi  $19,98$  tys.  $t \cdot rok^{-1}$ . Średnia gęstość objętościowa osadów wynosi  $1,025 t \cdot m^{-3}$  (Michalec 2008). Wartości  $R_1$ , określone dla różnych zdolności zbiornika do zatrzymywania rumowiska, wyznaczone dla przyjętych rozdziałów wody w węźle wodnym, zamieszczono w tabeli 1. W tej tabeli zamieszczono również obliczony czas zatrzymania wody w zbiorniku ( $T_R$ ), średnią prędkość przepływu wody przez zbiornik ( $\bar{V}_R$ ), wskaźnik sedymentacji (SI) i wartości  $\beta$  wyznaczone według wzoru Churchilla (1).

Czas zamulania zbiorników w Zesławicach, w zależności od rozdziału wody w węźle wodnym, przedstawiono na rysunku 2. Rozdział wody w węźle przedstawiono za pomocą dopływu wody do zbiornika głównego, wyrażonego w procentach przepływu średniego rocznego (SQ).

TABELA 1. Zestawienie parametrów niezbędnych do obliczenia objętości odkładów rumowiska po pierwszym roku eksploatacji w zależności od przyjętych rozdziałów wody w węźle wodnym

TABLE 1. The list of indispensable parameters to the calculation of the sediment deposits volume after first year of operation in dependence from the received distributions of water in the water node

Zbiornik Reservoir	Dopływ do zbiornika I Water inflow to the water reservoir I	$T_R$ [s]	$\bar{V}_R$ [m·s <sup>-1</sup> ]	SI [s <sup>2</sup> ·ft <sup>-1</sup> ]	$\beta$ wg Churchilla $\beta$ acc. to Churchill [%]	$R_1$ [m <sup>3</sup> ]	Czas zamulenia [lata] $t$ Time of silting [years]
1	2	3	4	5	6	7	8
I	90% SQ	232416	0,0015	28260261	86	14202	27,4
II		181651	0,0025	14492151	100	1836	147,5
I	80% SQ	261468	0,0004	35766892	87	12799	30,6
II		908257	0,0022	36230379	96	3535	76,0

TABELA 1, cd.

TABLE 1, cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
I	70% SQ	298820	0,0008	46715941	89	11364	34,6
II		605505	0,0019	16102391	94	5152	51,8
I	60% SQ	348624	0,0011	63585586	90	9894	39,9
II		454128	0,0017	90575949	92	6706	39,6
I	50% SQ	418349	0,0015	91563244	92	8387	47,3
II		363303	0,0014	57968608	90	8207	32,1
I	40% SQ	522936	0,0019	14306756	93	6837	58,3
II		302752	0,0011	40255977	88	9663	27,1
I	30% SQ	697248	0,0023	25434234	95	5240	76,5
II		259502	0,0008	29575820	86	11076	23,5
I	20% SQ	104587	0,0027	57227027	98	3585	112,5
II		227064	0,0006	22643987	85	12452	20,8
I	10% SQ	209174	0,0031	22890811	100	1855	218,9
II		201835	0,0003	17891546	84	13794	18,7

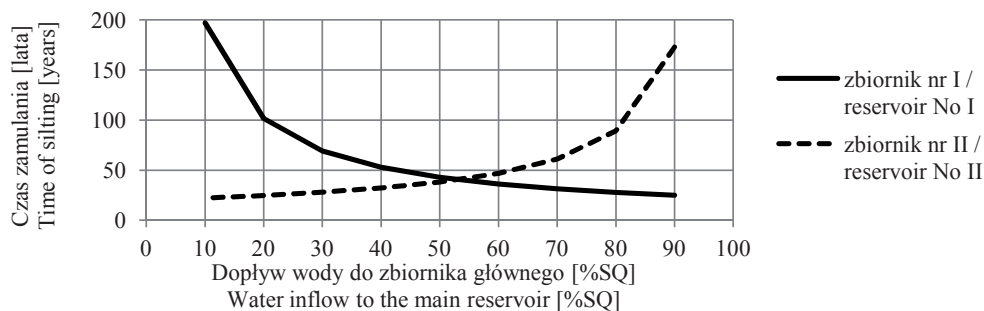
Objaśnienia / Explanations:

$T_R$  – czas zatrzymania wody w zbiorniku / time of water retention,

$V_R$  – średnia prędkość przepływu wody przez zbiornik / mean water flow velocity through the reservoir,

$SI$  – wskaźnik sedymentacji / sedimentation index,

$R_1$  – objętość osadów po pierwszym roku eksploatacji / sediment volume after first year of operation.

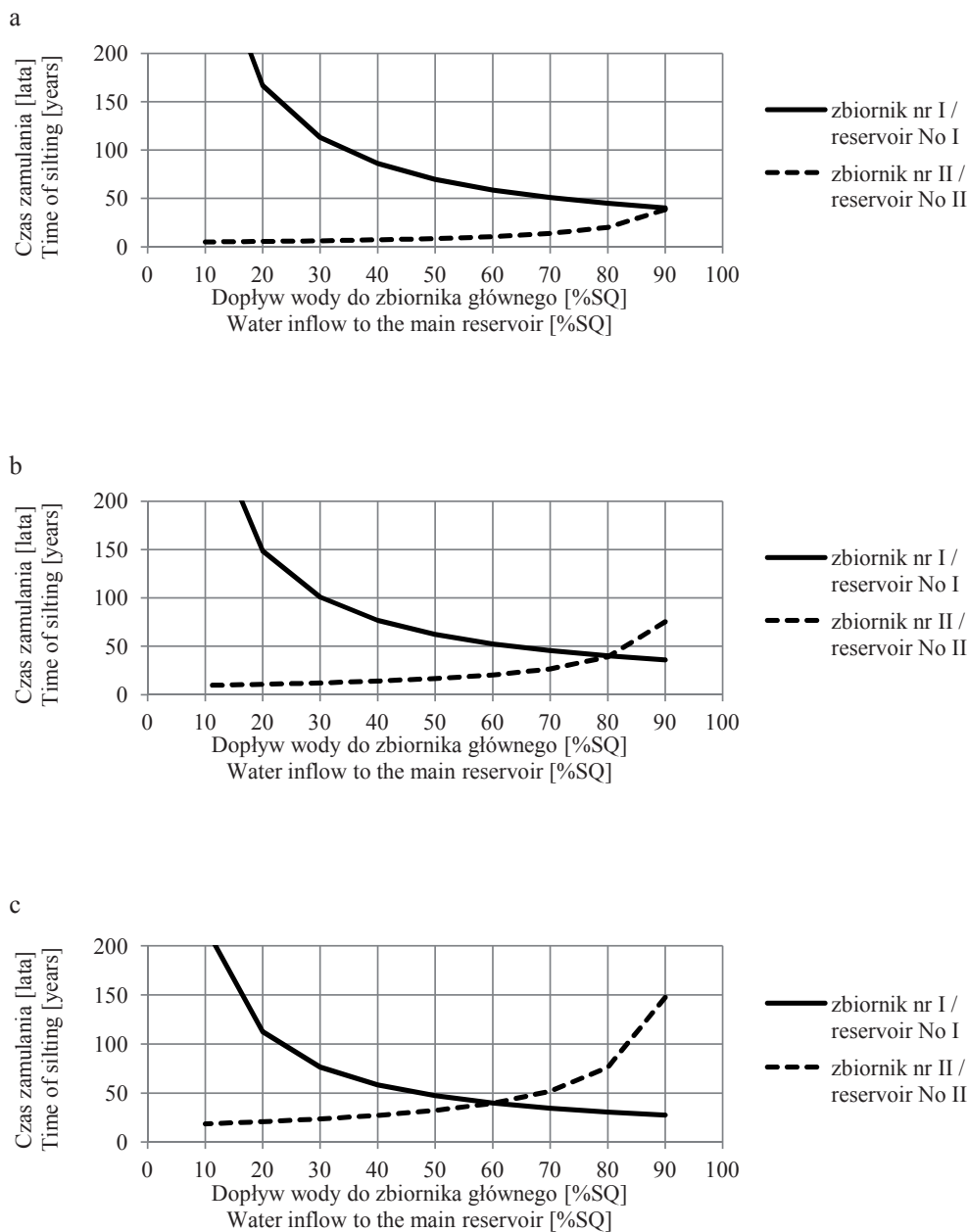


RYSUNEK 2. Zależność czasu zamulania badanych zbiorników wodnych od dopływu wody do zbiornika głównego wyrażonego w procentach przepływu średniego rocznego (SQ)

FIGURE 2. The dependence of the silting time of the studied water reservoirs on the water inflow to the main reservoir expressed in percentages average annual flow (SQ)

Czas zamulania zbiorników w układzie równoległym, w zależności od współczynnika proporcji pojemności zbiorników ( $\varphi$ ), wynoszącego 0,9, 0,8 i 0,6, przedstawiono na rysunku 3. W obliczeniach przyjęto, że suma pojemności





RYSUNEK 3. Czas zamulania zbiorników wodnych w funkcji rozdziału wody w węźle wodnym w zależności od współczynnika proporcji pojemności zbiorników ( $\varphi$ ), wynoszącego: a –  $\varphi = 0,9$ , b –  $\varphi = 0,8$ , c –  $\varphi = 0,6$

FIGURE 3. The time of silting of water reservoirs in the function of the water distribution in the water node in dependence on the coefficient of the capacity of reservoirs proportion ( $\varphi$ ), carrying out: a –  $\varphi = 0,9$ , b –  $\varphi = 0,8$ , c –  $\varphi = 0,6$

obu zbiorników wodnych będzie równa sumie pojemności zbiorników w Zesławicach, tj. 426,0 tys. m<sup>3</sup>. Pojemność zbiornika głównego, obliczona dla współczynników  $\varphi = 0,9, 0,8$  i  $0,6$ , wynosi odpowiednio: 383,4 tys. m<sup>3</sup>, 340,8 tys. m<sup>3</sup> i 255,6 tys. m<sup>3</sup>.

### Podsumowanie i dyskusja

Sterowanie rozdziałem wody wpływa na zmianę zdolności zbiornika do zatrzymywania rumowiska. Zmniejszając dopływ wody do zbiornika, zwiększa się jego zdolność do zatrzymywania rumowiska. W przypadku zbiornika głównego w warunkach rzeczywistych, tj. gdy współczynnik proporcji pojemności zbiorników ( $\varphi$ ) wynosi 0,54, wartość  $\beta$  wyznaczona według wzoru Churchilla zwiększa się z 86% – przy dopływie wody wynoszącym 90% przepływu średniego rocznego, i do 100% – przy dopływie wody wynoszącym 10% SQ (tab. 1). Równocześnie zmniejszeniu ulega objętość odkładów rumowiska po pierwszym roku eksploatacji ( $R_1$ ), powodując wydłużenie prognozowanego okresu eksploatacji, po którego upływie zbiornik wodny, zgodnie z kryterium Hartunga (1959), zostanie wyłączony z eksploatacji.

Ze względu na konstrukcję węzła wodnego 80% przepływu średniego rocznego wpływa do zbiornika głównego. Przy tych warunkach rozdziału wody prognozowana żywotność zbiornika głównego w Zesławicach wynosi 28 lat, natomiast żywotność zbiornika remontowego określono na 89 lat (rys. 2). Zmniejszenie dopływu wody do zbiornika głównego do wartości 80% SQ spo-

woduje niewielkie, zaledwie o trzy lata, wydłużenie jego żywotności. Przyczyni się natomiast do znacznego skrócenia żywotności zbiornika remontowego – z 89 do 61 lat. Analizując wykres przedstawiony na rysunku 2, należy stwierdzić, że warunki dopływu wody do zbiorników wodnych w Zesławicach zostały optymalnie ustalone, gdyż ze względu na mniej intensywne tempo zamulania głównego zbiornika wodnego stworzono dogodne warunki odmulania tego zbiornika, gwarantując piętrzenie i gromadzenie wody w zbiorniku remontowym. Przyjęcie proporcjonalnego rozdziału wody spowodowałoby utrudnienia w prowadzeniu prac odmuleniowych, gdyż po upływie jednakowego okresu eksploatacji należałoby równocześnie usunąć osady z dwóch zbiorników.

Czas zamulania zbiorników w układzie równoległym zależy również od stosunku pojemności zbiornika głównego do całkowitej pojemności dwóch zbiorników wodnych (rys. 3). Projektując dwa zbiorniki w takim układzie, należy dokonać analizy wpływu zwiększania pojemności jednego ze zbiorników na tempo redukcji zbiorników. Przykładowo można prześledzić zmianę czasu zamulania dla przypadku proporcjonalnego rozdziału wód w węźle wodnym, tj. wtedy, gdy 50% przepływu rocznego wpływa do każdego zbiornika. Przyjmując, że pojemność zbiornika głównego stanowi 90% pojemności obu zbiorników wodnych, stwierdzono, że jego czas zamulania, po którego upływie zostanie zamulony w 80%, wynosi niespełna 70 lat, a zbiornika remontowego – zaledwie 8,5 roku (rys. 3a). Po zmniejszeniu współczynnika proporcji pojemności zbiorników ( $\varphi$ ) do 0,6, czas zamulania



zbiornika głównego będzie wynosił 47 lat, a zbiornika remontowego – 32 lata (rys. 3c).

## Wnioski

Rozdział wody w węźle wodnym doprowadzającym wodę do dwóch zbiorników w układzie równoległym ma wpływ na wartość zdolności zbiornika do zatrzymywania rumowiska oraz na wartość obliczonej objętości odkładów rumowiska po pierwszym roku eksploatacji ( $R_1$ ), a tym samym na czas eksploatacji zbiorników.

Ze względu na przeprowadzanie prac odmuleniowych danego zbiornika wodnego, eksploatowanego w układzie dwóch zbiorników równoległych, korzystnie jest sterować rozdziałem wody w węźle wodnym tak, aby dopływ wody do zbiorników nie był proporcjonalny. Przykładem optymalnej dystrybucji dopływu wody do zbiorników wodnych w takim układzie są małe zbiorniki wodne w Zesławicach.

Projektując dwa zbiorniki w układzie równoległym, należy, poza analizą rozdziału wód w węźle wodnym doprowadzającym wodę do zbiorników, dokonać analizy wpływu współczynnika proporcji pojemności zbiorników ( $\varphi$ ) na czas ich zamulania. W przypadku dużych wartości współczynnika  $\varphi$  jednego ze zbiorników wodnych jego czas eksploatacji będzie znacznie dłuższy od czasu zamulania zbiornika o mniejszej pojemności, przy czym wydłużanie tego czasu będzie proporcjonalne do zmniejszającego się dopływu wody do tego zbiornika.

## Literatura

- BATUCA G.D., JORDAAN M.J. Jr. 2000: Silting and desilting of reservoirs. A.A.Balkema, Rotterdam.
- BEDNARCZYK T. 1994: Określenie ilości unoszonego rumowiska w przekroju małego zbiornika wodnego w Zesławicach. Zesz. Nauk. AR Krak. *Inż. Środ.* 15, 8211, 18.
- BRAŃSKI J. 1975: Ocena denudacji dorzecza Wisły na podstawie wyników pomiarów rumowiska unoszonego. Prace PIHM 6, Warszawa.
- FALL B. 1963: Wytyczne do opracowania materiałów rocznikowych z zakresu rumowiska unoszonego. PIHM, Warszawa.
- HARTUNG F. 1959: Ursache und Verhuetung der Staumraumverlandung bei Talsperren. *Wasserwirtschaft* 1: 3–13.
- HU B., YANG Z., WANG H., SUN X., BI N., LI G. 2009: Sedimentation in the Three Gorges Dam and the future trend of Changjiang (Yangtze River) sediment flux to the sea. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 13: 2253–2264.
- Instrukcja gospodarowania wodą, utrzymania i eksploatacji zbiornika, 2003. Maszynopis. Krakowski Związek Spółek Wodnych, Kraków.
- MADEYSKI M. 1998: Hydrauliczna i reologiczna charakterystyka procesu zamulania stawów rybnych. Zesz. Nauk. AR Krak., Rozprawa habilitacyjna 236.
- MICHALEC B. 2007: Wpływ zbiornika bocznego na redukcję intensywności zamulania zbiornika głównego. Polska Akademia Nauk Oddział w Krakowie, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi 2: 23–33.
- MICHALEC B. 2008: Ocena intensywności procesu zamulania małych zbiorników wodnych w dorzeczu Górnej Wisły. Zesz. Uniw. Roln. w Krakowie 451, Rozprawy 328.
- WIŚNIEWSKI B., KUTROWSKI M. 1973: Budownictwo specjalne w zakresie gospodarki wodnej. Zbiorniki wodne. Prognozowanie zamulania. Wytyczne instruktażowe. Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Wodnego „Hydroprojekt”, Warszawa.

## Streszczenie

**Wpływ rozdziału wód w węźle wodnym na intensywność zamulania dwóch zbiorników wodnych w układzie równoległym.** W pracy przedstawiono wpływ rozdziału przepływu wody w węźle wodnym zasilającym dwa zbiorniki w Zesławicach na intensywność ich zamulania. Przedstawiono metodykę określenia wpływu rozdziału wody w węźle wodnym i współczynnika proporcji pojemności dwóch zbiorników wodnych na ich żywotność. Wykazano, że rozdział wody w węźle wodnym ma wpływ na wartość zdolności zbiornika do zatrzymywania rumowiska oraz na wartość obliczonej objętości osadów rumowiska po pierwszym roku eksploatacji ( $R_1$ ), a tym samym na czas eksploatacji zbiorników.

## Summary

**The effect of water distribution in water node on silting intensity of two water reservoirs in the parallel system.** The effect of the water flow distribution in the water

node on the silting intensity of two water reservoirs was introduced in the work. Two water reservoirs in the parallel system are feeding of water inflowing to them from water node. Methodology of qualification of effect of the water distribution in the water node and coefficient of capacity proportion on two water reservoirs useful live was introduced. It was stated that the water distribution in the water node has the effect on the value of the silting trap efficiency of two water reservoirs in the parallel system, on the value of the calculated volume of the sediment deposited in reservoirs after first year of operation ( $R_1$ ), and the same on the time of the operation of reservoirs.

### Author's address:

Bogusław Michalec  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki  
al. A. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków  
Poland  
e-mail: rmmichbo@cyf-kr.edu.pl