

## WPLYW ZBIORNIKÓW WODNYCH W ZESŁAWICACH NA RZECĘ DŁUBNI NA REDUKCJĘ FALI WEZBRANIOWEJ W LIPCU 2010 ROKU

## THE EFFECT OF WATER RESERVOIRS IN ZESŁAWICE ON RIVER DŁUBNIA ON THE REDUCTION OF THE FLOOD WAVE IN THE JULY 2010

Bogusław Michalec

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wstępną analizę dopływu wód wezbraniowych do zbiorników wodnych Zesławicach wraz z analizą odpływu, w wyniku której określono wpływ zbiorników na redukcję fali wezbraniowej. Analiza ta została opracowana na podstawie stanów wody zarejestrowanych na wodowskaziu zbiorników wodnych w Zesławicach, zainstalowanym od strony górnej wody jazu zapory (W1) i na wodowskaziu IMGW, znajdującym się 300 m poniżej zapory zbiorników wodnych (W2) oraz w przekroju pomiarowym (W3), zlokalizowanym 140 m poniżej zapory zbiorników wodnych. Stwierdzono, że już w ciągu pierwszej doby wezbrania możliwość retencjonowania wód przepływu powodziowego w zbiornikach zostaje ograniczona, ze względu na szybkie ich wypełnienie. Stwierdzono także, że sytuacja powodziowa 18 lipca 2010 r. nie była spowodowana przypadkowym czy też niekontrolowanym zrzutem wód ze zbiorników wodnych w Zesławicach. Na podstawie analizy przepływów średnich dobowych wykazano, że zbiornik zredukował falę wezbraniową zaledwie o 4%.

**Abstract.** The flood situation which caused the threats of submergence of the terrains which are below the reservoir did not happen in during above forty five years of the operations of reservoirs. It was except intensive flood in the day 18 July 2010, in result which happened the submergence of settlement in Zesławice, located between Mistrzejowice and Grębałów. According to victims the cause of submergence was the uncontrolled waters outflow from the reservoirs. The preliminary analysis of the freshet inflow to reservoirs with the analysis of their outflow was introduced in this work. According to the result this analysis the impact of the Zesławice water reservoirs on the reduction of the flood wave was defined. The analysis of the flood course was worked out on the basis of the registered states of water on the water-gauge of Zesławice water reservoirs, installed from the upper side of the weirs of the dam

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr hab. inż. Bogusław Michalec, prof. UR, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: rmmichbo@cyf-kr.edu.pl.

(W1) and on the water-gauge IMGW, located 300 m below the dam of water reservoirs (W2), and on measurement cross-section (W3), located 140 m below the dam of reservoirs. It was stated, that already during the first day of freshet, possibility of retention of the flood flow in reservoirs becomes limited, because of quick their fulfilment and such situation forces the outflowing the whole of the inflow to reservoirs. It was also affirmed that flood situation of 18 July 2010 had not been caused accidental, or the also uncontrolled outflow from water reservoirs in Zesławice. On the basis of the analysis of average flows twenty – four hours one can affirm that the reservoir reduced the flood wave about 4% only.

**Słowa kluczowe:** mały zbiornik wodny, wodowskaz, wezbranie, zatopienie

**Key words:** small water reservoir, water gauge, freshet, submergence

## WSTĘP

Ochrona przed powodzią i suszą, zgodnie z planami ochrony przeciwpowodziowej oraz przeciwdziałania skutkom suszy województwa małopolskiego, jest jednym z zadań Małopolskiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych w Krakowie. Zarząd ten w imieniu Marszałka Województwa Małopolskiego realizuje zadania związane z administracją i utrzymaniem cieków i urządzeń wodnych. Jak podaje Kot [2007], w administracji Małopolskiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych w Krakowie znajduje się 1016 km wałów przeciwpowodziowych, 3492 km rzek i potoków oraz 20 obiektów przepompowni melioracyjnych, a także zbiorniki wodne w Zesławicach. Funkcję administracyjną nad dwoma zbiornikami wodnymi w Zesławicach pełni Krakowski Związek Spółek Wodnych w imieniu Małopolskiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych w Krakowie, ponoszący 25% kosztów utrzymania zbiorników, natomiast 80% tych kosztów ponosi ArcelorMittal Polska Spółka Akcyjna w Krakowie. Wspomniane zbiorniki pełnią funkcję ochrony przeciwpowodziowej terenów dzielnicy Mistrzejowice miasta Krakowa oraz zapewniają przepływ nienaruszalny w rzece Dłubni w ilości  $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  [Instrukcja gospodarowania wodą... 2003].

W ciągu ponad 45 lat eksploatacji zbiorników nie zdarzyła się sytuacja powodziowa, która spowodowałaby zagrożenia zatopienia terenów znajdujących się poniżej zbiornika, poza wyjątkowym intensywnym wezbraniem, które miało miejsce 18 lipca 2010 r. W nocy, w wyniku nawałnego deszczu na obszarze Małopolski, powodującego szybkie wezbranie wód rzeki Dłubni i jej dopływu, potoku Baranówka, mającego ujście do Dłubni poniżej dolnego stanowiska spustów zbiorników w Zesławicach, nastąpiło zatopienie osiedla w Zesławicach, położonego między Mistrzejowicami a Grębałowem.

Według poszkodowanych przyczyną zatopienia był niekontrolowany zrzut wód ze zbiornika, natomiast według Dyrekcji Małopolskiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych w Krakowie regulację odpływu wody ze zbiornika wykonano zgodnie z Instrukcją gospodarowania wodą... [2003] i przez kilka dni wcześniej zwiększono odpływ wody ze zbiorników, aby zwiększyć rezerwę powodziową. Przyczyną zaistniałego zagrożenia powodziowego był niewątpliwie nawałny deszcz, który spowodował nagłe wezbranie wód Dłubni, a także wód potoku Baranówka. Dodatkową przyczyną zatopienia osiedla w Zesławicach było nieotwarcie zamknięć jazu w Bieńczycach, znajdującego się poniżej zbiorników, co doprowadziło do spiętrzenia wód Dłubni. Wcześniejsze ostrzeżenie o nadchodzącej fali wezbraniowej mogło niewątpliwie spowodować zmniejszenie strat powodziowych.

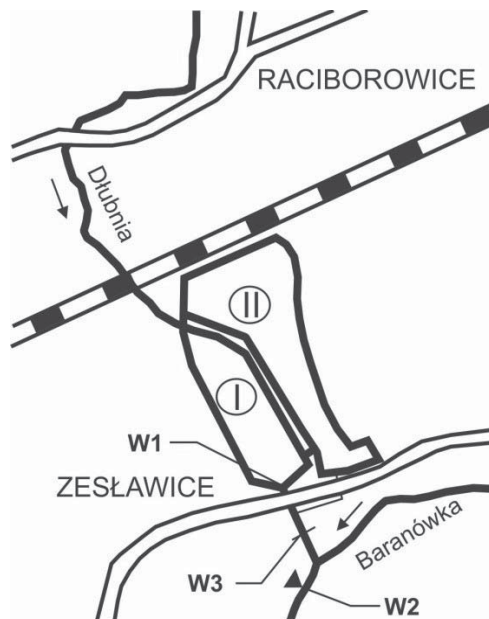
Celem pracy jest określenie wpływu zbiorników wodnych w Zesławicach na redukcję fali wezbraniowej. W pracy przedstawiono wstępną analizę dopływu wód wezbraniowych do zbiorników wraz z analizą ich odpływu.

## CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW BADAŃ

Dwa zbiorniki wodne w Zesławicach (rys. 1), znajdujące się w dolnym biegu rzeki Dłubni, zamykają zlewnię terenów podgórskich. Zbiorniki te położone są w północno-wschodniej części Krakowa. Zbiornik pierwszy, określany jako zbiornik główny, został wybudowany w latach 1964–1966. Zbiornik drugi został wybudowany w okresie 1986–1987. Umożliwił on piętrzenie i gromadzenie wody w okresie odmulenia i przebudowania zbiornika głównego. Zbiornik drugi nazywany jest zbiornikiem remontowym. Zapora ziemna zbiorników, wykonana wzdłuż ulicy Gustawa Morcinka, zlokalizowana jest w km 8+700 rzeki Dłubni i zamyka zlewnię o powierzchni 218,1 km<sup>2</sup> [Dokumentacja techniczna... 1984]. Normalny poziom piętrzenia wody w zbiornikach wynosi 215,00 m n.p.m., co odpowiada stanowi wody 342 cm, rejestrowanemu na wodowskazie zbiorników wodnych w Zesławicach, zainstalowanym od strony górnej wody jazy zapory.

W eksploatacji zbiorników wodnych w Zesławicach uwzględnia się trzy podstawowe okresy [Instrukcja gospodarowania wodą... 2003]:

- 1) okres normalnej eksploatacji, trwający do momentu, aż dopływ wody do zbiorników nie przekracza  $17,80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – odpływ wody ze zbiornika utrzymywany jest wtedy w granicach  $0,25\text{--}17,80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  poprzez upuszczanie wody przez jaz główny;



Rys. 1. Zbiorniki wodne w Zesławicach: I – zbiornik główny, II – zbiornik remontowy  
 Fig. 1. Water reservoirs at Zesławice: I – main reservoir, II – assistant reservoir

- 2) okres awarii, która może być spowodowana nieszczelnością korpusu zapory czołowej bądź uszkodzeniem lub wadliwym działaniem urządzeń upustowych;
- 3) okres powodzi, gdy dopływ wody do zbiorników przekracza  $17,80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – następuje wówczas stopniowe podnoszenie zamknięć na jazie do momentu uzyskania odpływu wody ze zbiornika, nieprzekraczającego przepływu brzegowego dla dolnego stanowiska w ilości  $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ; gdy dopływ wody do zbiornika rośnie nadal, przekraczając  $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , następuje piętrzenie wody w zbiorniku do rzędnej 216,50 m n.p.m.

Jeśli dopływ wody wciąż rośnie, gospodarka w okresie powodzi może odbywać się w dwóch wariantach. Wariant pierwszy polega na dalszym utrzymywaniu odpływu wody nieprzekraczającego przepływu brzegowego poprzez piętrzenie wody w zbiornikach do rzędnej 218,00 m n.p.m., podtapiając równocześnie tereny zlokalizowane powyżej zbiornika. Wariant drugi z kolei polega na utrzymaniu piętrzenia w zbiornikach na poziomie 216,50 z równoczesnym zwiększeniem odpływu wody ze zbiorników do  $120 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , co wiąże się z przekroczeniem przepływu brzegowego poniżej jazu i z zatopieniem terenów zlokalizowanych poniżej zbiorników. Decyzje o wyborze wariantu podejmuje Wojewoda Małopolski [Instrukcja gospodarowania wodą... 2003].

## METODYKA

Analizę przebiegu fali wezbraniowej przeprowadzono na podstawie stanów wody zarejestrowanych na wodowskazie zbiorników wodnych w Zesławicach, zainstalowanym od strony górnej wody jazu zapory (W1) i na wodowskazie IMGW, znajdującym się 300 m poniżej zapory zbiorników wodnych (W2). Wodowskaz IMGW umożliwia rejestrację stanów przepływającej wody, będącej sumą natężenia dopływu wód potoku Baranówka i natężenia przepływu w rzece Dłubni, regulowanego urządzeniami spustowymi zbiorników wodnych w Zesławicach. Z tego względu na podstawie określonego natężenia przepływu wody w przekroju wodowskazu IMGW nie można określić natężenia przepływu wody w Dłubni, będącego natężeniem przepływu wód zrzutowych ze zbiorników. Ustalenie natężenia przepływu wód zrzutowych umożliwiły dane pomiarowe z okresu 2005–2010, uzyskane w trakcie badań prowadzonych przez doktoranta, którego promotorem był autor niniejszej publikacji. W ramach tych pomiarów rejestrowano między innymi stany wody w przekroju rzeki Dłubni, zlokalizowanym 140 m poniżej zapory zbiorników wodnych [Pęczek 2011]. Przekrój ten oznaczono na rys. 1 symbolem W3. Do analizy przebiegu wezbrania przyjęto stany dobowe zarejestrowane o godz. 7.00 w okresie od 5 lipca do 5 sierpnia 2010 r.

Na podstawie stanów wody odczytanych na łacie wodowskazowej zainstalowanej na górnym stanowisku jazu zapory (W1) określono rzędne zwierciadła wody w zbiorniku, a następnie, opierając się na krzywej pojemności zbiornika, opracowanej przez Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Wodnego i Melioracyjnego [Instrukcja gospodarowania wodą... 2003], określono objętość zgromadzonej wody. Obliczona objętość zgromadzonej wody w każdej dobie analizowanego okresu umożliwiła określenie  $\Delta Q$  [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] według wzoru:

$$\Delta Q = \frac{V_i - V_{i+1}}{86,4} \quad (1)$$

gdzie:

- $V_i$  – objętość zgromadzonej wody w zbiorniku w danej dobie  $i$  [ $10^3 \text{ m}^3$ ],
- $V_{i+1}$  – objętość zgromadzonej wody w zbiorniku w kolejnej dobie  $i + 1$  [ $10^3 \text{ m}^3$ ],
- 86,4 – czas w jednej dobie wyrażony w tys. sekund.

Dodatnia wartość  $\Delta Q$  oznacza średnie dobowe natężenie odpływu wody ze zbiorników, wiążące się ze zmniejszaniem objętości retencjonowanej wody, natomiast wartość ujemna wskazuje na zmniejszenie natężenia przepływu wody przez zbiorniki, spowodowane zwiększaniem objętości retencjonowanej wody w zbiornikach.

Natężenie przepływu wody  $Q_{W3}$  w rzece Dłubni w przekroju pomiarowym W3 jest sumą natężenia wody dopływającej do zbiorników  $Q_D$  i  $\Delta Q$ , co można zapisać:

$$Q_{W3} = Q_D + \Delta Q \quad (2)$$

Dysponując określonym natężeniem przepływu  $Q_{W3}$  w przekroju pomiarowym i przepływem  $\Delta Q$ , możliwe było określenie natężenia dopływu wody do zbiorników  $Q_D$  z przekształconej zależności (2). W przekroju wodowskazowym IMGW rejestrowane są stany wody przepływu  $Q_{W2}$  będącego natomiast sumą przepływu wód odpływających ze zbiornika  $Q_{W3}$  i natężenia dopływu wód potoku Baranówka  $Q_B$ .

## WYNIKI BADAŃ

W tabeli 1 zamieszczono rzędne zwierciadła wody w zbiornikach określone na wodowskazie W1 i odpowiadające im objętości zgromadzonej wody. Ze względu na powiązanie przepływów w przekroju W2 i W3 ze stanami wody odczytywanymi na łacie wodowskazowej IMGW (W2) w tabeli 1 zamieszczono jedynie stany wody z tego wodowskazu.

Zarejestrowane stany wody na łacie wodowskazowej zainstalowanej na górnym stanowisku jazu zapory (W1) wskazują, że w okresie od początku lipca 2010 r. do 18 tego samego miesiąca utrzymywano względnie stałą objętość retencjonowanej wody w obu zbiornikach w Zesławicach. Wprawdzie od 9 do 13 lipca 2010 r. zmniejszono objętość wody gromadzonej w zbiornikach z 429,86 tys.  $\text{m}^3$  do 275,46 tys.  $\text{m}^3$  (tab. 1, kolumna 3), lecz kolejnego dnia, tj. 14 lipca 2010 r. zwiększono objętość retencjonowanej wody do 445,5 tys.  $\text{m}^3$ . Do dnia 18 lipca 2010 r., w którym nastąpiło wezbranie powodziowe, utrzymywano w zbiornikach poziom wody nieznacznie wyższy od normalnego poziomu piętrzenia, tj. mieszczący się w przedziale 215,04–215,09 m n.p.m. Przy tym poziomie piętrzenia objętość wody retencjonowanej wynosiła ponad 400 tys.  $\text{m}^3$ , nie tworząc tzw. rezerwy powodziowej. Analizując zapisy stanów wód rejestrowanych o godz. 7.00, można stwierdzić, że rano w dniu 19 lipca, tj. po nocnym przejściu fali wezbraniowej, w zbiornikach zatrzymano 693,1 tys.  $\text{m}^3$ , co umożliwiło zmniejszenie przepływu wody przez zbiorniki średnio o  $3,01 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  w ciągu jednej doby. Poziom zwierciadła wody zgromadzonej w zbiornikach wynosił 216,28 m n.p.m., a średni dobowy odpływ wody ze zbiorników był równy  $73,43 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Natomiast przepływ w przekroju wodowskazu IMGW (W2) wynosił  $95,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , co oznacza, że potokiem Baranówka dopływało ponad  $22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Określenie maksymalnej redukcji natężenia przepływu wody przez zbiorniki wymagałoby dysponowania godzinowymi stanami wody w zbiorniku i na odpływie.

Tabela 1. Stany wody na wodowskazach W1, W2 i W3 oraz odpowiadające im natężenia przepływu

Table 1. Water state on water gauges W1, W2 and W3 as well as the intensities of the flow respectively

| Data<br>Datum | W1<br>m n.p.m. | $V_z$<br>tys. m <sup>3</sup> | $\Delta Q$<br>m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> | W2<br>m n.p.m. | $Q_{w2}$<br>m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> | $Q_{w3}$<br>m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> | $Q_D = Q_{w3} - \Delta Q$<br>m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> |
|---------------|----------------|------------------------------|--|----------------|--|--|---|
| 1             | 2              | 3                            | 4  | 5              | 6  | 7  | 8   |
| 05.07.2010    | 350            | 443,2                        | –  | –              | –  | –  | –   |
| 06.07.2010    | 348            | 438,7                        | 0,05   | 225            | 4,95   | 2,27   | 2,21  |
| 07.07.2010    | 346            | 433,2                        | 0,06   | 225            | 4,95   | 2,27   | 2,20  |
| 08.07.2010    | 348            | 438,7                        | -0,06  | 223            | 4,57   | 2,21   | 2,27  |
| 09.07.2010    | 345            | 429,9                        | 0,10   | 223            | 4,57   | 2,21   | 2,10  |
| 10.07.2010    | 317            | 367,7                        | 0,72   | 223            | 4,57   | 2,21   | 1,49  |
| 11.07.2010    | 294            | 314,5                        | 0,62   | 223            | 4,57   | 2,21   | 1,59  |
| 12.07.2010    | 287            | 298,3                        | 0,19   | 223            | 4,57   | 2,21   | 2,02  |
| 13.07.2010    | 277            | 275,5                        | 0,26   | 218            | 3,72   | 2,05   | 1,78  |
| 14.07.2010    | 351            | 445,5                        | -1,97  | 206            | 2,07   | 1,68   | 3,65  |
| 15.07.2010    | 348            | 438,7                        | 0,08   | 208            | 2,34   | 1,73   | 1,66  |
| 16.07.2010    | 346            | 433,2                        | 0,06   | 210            | 2,60   | 1,80   | 1,74  |
| 17.07.2010    | 347            | 436,4                        | -0,04  | 210            | 2,60   | 1,80   | 1,84  |
| 18.07.2010    | 346            | 433,2                        | 0,04   | 211            | 2,74   | 1,84   | 1,80  |
| 19.07.2010    | 470            | 693,1                        | -3,01  | 430            | 95,60  | 73,43  | 76,44   |
| 20.07.2010    | 412            | 578,2                        | 1,33   | 281            | 18,00  | 11,48  | 10,15   |
| 21.07.2010    | 347            | 436,4                        | 1,64   | 255            | 11,30  | 6,35   | 4,71  |
| 22.07.2010    | 311            | 353,8                        | 0,96   | 234            | 6,70   | 2,99   | 2,04  |
| 23.07.2010    | 318            | 370,0                        | -0,19  | 224            | 4,76   | 2,24   | 2,42  |
| 24.07.2010    | 306            | 342,2                        | 0,32   | 222            | 4,38   | 2,18   | 1,86  |
| 25.07.2010    | 310            | 351,5                        | -0,11  | 220            | 4,00   | 2,12   | 2,23  |
| 26.07.2010    | 307            | 344,5                        | 0,08   | 221            | 4,19   | 2,15   | 2,07  |
| 27.07.2010    | 315            | 363,1                        | -0,21  | 219            | 3,86   | 2,09   | 2,30  |
| 28.07.2010    | 405            | 563,5                        | -2,32  | 257            | 11,80  | 6,70   | 9,02  |
| 29.07.2010    | 416            | 586,6                        | -0,27  | 340            | 42,30  | 29,23  | 29,50   |
| 30.07.2010    | 255            | 226,4                        | 4,17   | 276            | 16,80  | 10,44  | 6,27  |
| 31.07.2010    | 318            | 370,0                        | -1,66  | 229            | 5,71   | 2,42   | 4,08  |
| 01.08.2010    | 314            | 360,8                        | 0,11   | 232            | 6,30   | 2,75   | 2,64  |
| 02.08.2010    | 311            | 353,8                        | 0,08   | 230            | 5,90   | 2,45   | 2,37  |
| 03.08.2010    | 314            | 360,8                        | -0,08  | 225            | 4,95   | 2,27   | 2,35  |
| 04.08.2010    | 310            | 351,5                        | 0,11   | 224            | 4,76   | 2,24   | 2,13  |
| 05.08.2010    | 313            | 358,4                        | -0,08  | 222            | 4,38   | 2,18   | 2,26  |

W1 – stany wody rejestrowane na wodowskazie zbiorników wodnych w Zesławicach zainstalowanym od strony górnej wody jazu zapory – the states of water orders recorded on the water-gauge of water reservoirs in Zesławice installed from the upper water side of the weirs of the dam;  $V_z$  – pojemność zbiorników wodnych – the capacity of water reservoirs;  $\Delta Q$  – różnica natężenia przepływu wód zrzutowych ze zbiorników i wód dopływających do zbiorników – the difference of the intensity of the outflow from reservoirs and inflow to the reservoirs; W2 – stany wody rejestrowane na wodowskazie IMGW znajdującym się 300 m poniżej zapory zbiorników wodnych – the states of water orders recorded on the IMGW water-gauge located 300 m below the dam of water reservoirs;  $Q_{w2}$  – natężenie przepływu w przekroju wodowskazowym IMGW (W2) – the intensity of the flow in the IMGW water-gauge (W2);  $Q_{w3}$  – natężenie przepływu w przekroju pomiarowym W3 – the intensity of the flow in the measurement cross-section W3;  $Q_D$  – natężenie dopływu wody do zbiorników – the intensity of the inflow to the reservoirs



Po przejściu fali kulminacyjnej, w dniach 22–27 lipca dokonano zrzutu wód ze zbiornika, zwiększając średni dobowy odpływ wody o 1,33, 1,64 i 0,96 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. Umożliwiło to utrzymanie zbiorników w stanie częściowego obniżenia zwierciadła wody, tj. mieszczącego się w przedziale do 214,64 do 214,76 m n.p.m. Przy takim poziomie piętrzenia retencjonowano ok 350 tys. m<sup>3</sup>, uzyskując możliwość zgromadzenia dodatkowych ok. 350 tys. m<sup>3</sup>. Działania te umożliwiły przechwycenie kolejnej fali wezbraniowej w dniach 28–30 lipca 2010 r., o niższej kulminacji. W dniu 28 lipca średni dobowy dopływ do zbiorników (tab. 1, kolumna 8) wynosił ponad 9 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>, a zbiornik zatrzymał 563,47 tys. m<sup>3</sup>, uzyskując zredukowany odpływ  $Q_D$  równy 6,7 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. W kolejnym dniu średni dobowy dopływ do zbiorników był równy 29,5 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>, a objętość retencjonowanej wody zwiększyła się nieznacznie do 586,6 tys. m<sup>3</sup>, gdyż ze względu na ustalony zrzut wód redukcja przepływu była niewielka, wynosząca zaledwie 0,27 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. Natężenie odpływu wód ze zbiornika wynosiło 29,23 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>.

## WNIOSKI

Ze względu na niewielką możliwość retencjonowania wód wezbraniowych w zbiornikach w Zesławicach ochrona przeciwpowodziowa terenów poniżej zbiorników wodnych jest ograniczona. Analiza przepływu dwóch fal wezbraniowych przez zbiorniki w lipcu 2010 r. wykazała niewielką możliwość retencjonowania wód wezbraniowych i redukcji fali powodziowej, a tym samym niewielką ochronę przeciwpowodziową zbiorników w Zesławicach. Już w ciągu pierwszej doby wezbrania możliwość retencjonowania wód przepływu powodziowego w zbiornikach zostaje zredukowana ze względu na szybkie ich wypełnienie i taka sytuacja wymusza przepuszczanie całości przepływu wód dopływających do zbiorników.

Sytuacja powodziowa 18 lipca 2010 r. nie była spowodowana przypadkowym czy też niekontrolowanym zrzutem wód ze zbiorników wodnych w Zesławicach. Zgodnie z Instrukcją gospodarowania wodą... [2003], gdy dopływ wody do zbiorników przekracza 17,80 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>, zrzut wód ze zbiorników nie powinien przekraczać 70 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. Istniała niewątpliwie możliwość ograniczenia natężenia przepływu wód zrzutowych ze zbiorników wodnych, gdyż dysponowano pojemnością zbiorników umożliwiającą retencjonowanie wody do rzędnej 218,00 m. n.p.m. Jednakże ze względu na brak wodowskazów w zlewni rzeki Dłubni, w tym w zlewni potoku Baranówka, nie było możliwe przewidzenie przebiegu wezbrania, a tym samym planowanie sterowania retencją i zrzutem wód. Na podstawie analizy przepływów średnich dobowych można stwierdzić, że zbiornik zredukował falę wezbraniową zaledwie o 4%. Natomiast ocenę redukcji szczytu fali można było ocenić na podstawie stanów wody rejestrowanych na wodowskazach W1, W2 i W3 w odstępach co najmniej godzinnych. Niestety, nie dysponowano takimi danymi. Dane te umożliwiłyby ocenę redukcji fali w pierwszych godzinach jej przepływu przez zbiorniki. Pomimo braku tych danych można stwierdzić, że przyczyną zatopienia terenów znajdujących się poniżej zbiorników nie był zrzut wód ze zbiorników, lecz intensywne wezbranie wód nie tylko w Dłubni, ale również w potoku Baranówka, w którym przepływ średni dobowy wynosił ponad 22 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. W zbiornikach tych zatrzymano niewielką część przepływu, która mogłaby być zwiększona dwukrotnie, gdyby przed wezbraniem zbiorniki dysponowały dwukrotnie większą tzw. rezerwą powodziową. Wtedy piętrzenie

wody w zbiornikach powinno być utrzymane na poziomie 213,97 m n.p.m., tj. o ponad 1 m poniżej normalnego poziomu piętrzenia. Przy tym poziomie wody w zbiornikach objętość zgromadzonej wody wynosiłaby 172 tys. m<sup>3</sup>. Takiego wariantu jednak nie przewiduje Instrukcja gospodarowania wodą... [2003].

## PIŚMIENNICTWO

- Dokumentacja techniczna jednostadiowa zbiornika retencyjnego. 1984. Maszynopis. Archiwum Krakowskiego Związku Spółek Wodnych Kraków.
- Instrukcja gospodarowania wodą, utrzymania i eksploatacji zbiornika. 2003. Maszynopis. Archiwum Krakowskiego Związku Spółek Wodnych Kraków.
- Kot Z., 2007. Zadania Marszałka Województwa Małopolskiego z zakresu ochrony przeciwpowodziowej. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.* 4(2), 273–278.
- Pęczek K., 2011. Warunki hydrauliczne transportu i sedymentacji rumowiska unoszonego w dwóch zbiornikach wodnych w układzie równoległym na rzece Dłubni. Rozprawa doktorska. Maszynopis. Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy Kraków.

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 17.04.2012*