

WPLYW KASKADY ZBIORNIKÓW MAŁEJ RETENCJI SUCHEDNIÓW I REJÓW NA REDUKCJĘ FALI WEZBRANIOWEJ NA RZECE KAMIONKA

REDUCTION OF THE FLOOD FLOW HYDROGRAPH BY THE CASCADE OF SMALL WATER RESERVOIRS SUCHEDNIÓW AND REJÓW ON THE KAMIONKA RIVER

Łukasz Bąk, Jarosław Górski, Bartosz Szelaąg
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

Streszczenie. W pracy przedstawiono wpływ zbiorników Suchedniów ($V_{\text{NPP}} = 226$ tys. m^3) i Rejów ($V_{\text{NPP}} = 1165$ tzs. m^3), zlokalizowanych w zlewni rzeki Kamionka powyżej miejscowości Skarżysko-Kamienna, na redukcję fali wezbrania o maksymalnym natężeniu przepływu równym $50,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Analizowany hydrogram dopływu uzyskano na podstawie pomiarów i obserwacji przeprowadzonych przez obsługę zbiornika Suchedniów w dniach 26.08–06.09 2010 r. Z przeprowadzonych wielowariantowych analiz wynika, że zbiornik w Suchedniowie nie ma większego wpływu na transformację fali wezbrania przy obecnym sposobie użytkowania. W przypadku zbiornika Rejów przy obecnym poziomie normalnego piętrzenia możliwe jest obniżenie kulminacji wezbrania o $11,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dalsze zwiększenie efektywności działania zbiornika, a tym samym bezpieczne przeprowadzenie wód analizowanego wezbrania istniejącym korytem przez teren miasta Skarżysko-Kamienna, wymaga zwiększenia pojemności powodziowej obiektu.

Abstract. The paper presents the influence of Suchedniów ($V_{\text{NPP}} = 226,000 \text{ m}^3$) and Rejów ($V_{\text{NPP}} = 1,165,000 \text{ m}^3$) water reservoirs, located in Kamionka catchment above Skarżysko-Kamienna, on the reduction of flood wave with a maximum flow intensity equals $50.40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Analyzed flow hydrograph was obtained from measurements and observations conducted by the service of the Suchedniów reservoir from 26th August to 6th September 2010. Carried out the multi-variant analysis shows little effect the Suchedniów reservoir on the transformation of the flood wave at the current operating condition. In

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Łukasz Bąk, mgr inż. Jarosław Górski, mgr inż. Bartosz Szelaąg, Katedra Geotechniki i Inżynierii Wodnej, Zakład Inżynierii Wodnej, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: l.bak@tu.kielce.pl.

the case of Rejów reservoir, at the normal storage level, it is possible to reduce flood peak about $11.40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Further increasing the efficiency of the reservoir, and thus safe running analyzed flood wave trough the town area Skarżysko-Kamienna needs to increase its flood control storage capacity.

Słowa kluczowe: ochrona przed powodzią, redukcja wezbrania, zbiornik retencyjny

Key words: flood protection, peak flow reduction, retention reservoir

WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się nasilenie występowania ekstremalnych zjawisk hydrologicznych, jakimi są powódzie i susze. Skłania to społeczności lokalne od szukania i wprowadzania rozwiązań zmierzających do ograniczenia niepożądanego wpływu owych zjawisk. Wiele samorządów terytorialnych opracowało nowe programy małej retencji, których podstawowym celem jest gromadzenie i utrzymanie zasobów wodnych w zlewni. Cel ten może zostać osiągnięty między innymi poprzez budowę nowych obiektów małej retencji, zwiększenie retencji korytovej, a także oddziaływanie na elementy biotyczne i abiotyczne zlewni w celu poprawy jej zdolności retencyjnej.

Przepływy wezbraniowe wywierają szczególnie duży wpływ na tereny silnie zurbanizowane (obszary o dużym zaludnieniu lub uprzemysłowieniu – centra miast i obszary podmiejskie, gdzie zlokalizowane są zakłady produkcyjne), powodując duże straty na polu społeczno-ekonomicznym (zalania domów, zakładów pracy, instytucji użyteczności publicznej). Straty te potęgowane są poprzez zaniechanie działań zmniejszających zagrożenie powodziowe [Gradowski i Banasik 2008]. Jednym z takich działań jest modernizacja i prawidłowa eksploatacja już istniejących małych zbiorników zaporowych, przechwytyjących część wód wezbraniowych i po przejściu kulminacji wezbrania stopniowo je oddających.

Celem pracy jest ocena działania kaskady zbiorników małej retencji Suchedniów i Rejów jako technicznych środków ochrony przeciwpowodziowej.

OPIS OBIEKTU

Zbiorniki retencyjne Suchedniów i Rejów powstały w wyniku przegrodzenia doliny rzeki Kamionka, prawobrzeżnego dopływu Kamiennej, o długości 17,20 km i powierzchni zlewni 107,25 km², zaporami ziemnym o długościach odpowiednio 320 m i 240 m. Zbiornik Rejów znajduje się w km 1+710, a powierzchnia jego zlewni wynosi 103,05 km² (rys. 1). Zapora zbiornika Suchedniów posadowiona jest w km 7+754, a powierzchnia zlewni do przekroju zamkniętego zaporą wynosi 83,00 km² (rys. 1). Średni spadek rzeki Kamionka jest równy 0,5%. Duża nierównomierność przepływów oraz znaczny spadek koryta nadają tej rzece charakter rzeki górskiej [Bąk i in. 2011].

Użytki leśne w zlewni rzeki Kamionka stanowią około 45% jej powierzchni. Są to duże zwarte kompleksy o przewodzie drzew iglastych (sosna, świerk, jodła) położone w północno-zachodniej i północno-wschodniej części zlewni. Pozostały obszar zajmują łąki (32%), grunty orne (18%) oraz tereny zabudowane (5%), w przewodzie skupione w pobliżu trasy S7 przecinającej zlewnię Kamionki z południowego zachodu na północny wschód.



Rys. 1. Lokalizacja zbiornika Rejów i Suchedniów na rzece Kamionka

Fig. 1. Location of the Rejów and Suchedniów water reservoirs

Tabela 1. Przepływy charakterystyczne i maksymalne w przekroju zapory Rejów i Suchedniów

Table 1. Characteristic and maximum water flow in the Rejów and Suchedniów cross dam

Nazwa zbiornika Name of the reservoir	Przepływy charakterystyczne Characteristic flows $m^3 \cdot s^{-1}$				Przepływy o zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia $Q_{p\%}$ Flood magnitude at given intervals of recurrence $Q_{p\%}$ $m^3 \cdot s^{-1}$			
	NNQ	SNQ	SSQ	SWQ	$Q_{50\%}$	$Q_{10\%}$	$Q_{1\%}$	$Q_{0,5\%}$
Zbiornik Rejów Rejów reservoir	0,05	0,16	0,83	17,39	14,43	35,52	61,76	75,44
Zbiornik Suchedniów Suchedniów reservoir	0,05	0,145	0,63	10,50	11,10	30,00	57,60	65,90

NNQ – najniższy niski przepływ – the lowest of lowest flow,

SNQ – średni niski przepływ – mean of lowest flow,

SSQ – średni średni przepływ – medium flow,

SWQ – średni wysoki przepływ – mean of highest flow

Zlewnia Kamionki leży w regionie klimatycznym Gór Świętokrzyskich, w którym średnia roczna suma opadów wynosi 750 mm. Średnie sumy miesięczne opadów osiągają największe wartości w miesiącach letnich: lipcu (105 mm), czerwcu (90 mm), sierpniu (70 mm) i maju (65 mm). Najmniejsze przypadają na miesiąc październik (38 mm) [Atlas Hydrologiczny...

1987]. Przepływy charakterystyczne i maksymalne w przekroju zapory zbiorników Rejów i Suchedniów przedstawiono w tabeli 1 [Ekspertyza... 1998 Bąk i in. 2010].

Zbiornik Suchedniów

Projekt techniczny zalewu wraz z urządzeniami hydrotechnicznymi został opracowany przez Wojewódzkie Biuro Projektów w Kielcach w 1960 r. Inwestorem zbiornika był Urząd Miejski w Suchedniowie. Zbiornik został zbudowany w latach 1965–1974. W 1974 r. podczas wstępnej eksploatacji w wyniku przepływu wielkich wód zbiornik uległ awarii. Odbudowę zbiornika zgodnie z projektem opracowanym przez Biuro Projektów Wodnych i Melioracji w Kielcach ukończono w 1978 r. Obecnie w skład obiektu wchodzi następujące elementy: zapora ziemna o długości 320 m, jaz dwuprzęsłowy o świetle $2 \times 2,50$ m, przelew ulgi o świetle 20 m, spust denny o średnicy ϕ 0,50 m, spust denny o średnicy ϕ 1,20 m [Polak i Jaworski 1988, Świadek 1999].

Pojemności zbiornika jest równa 226 tys. m^3 przy powierzchni zalewu 21,40 ha. Średnia głębokość wynosi 1,05 m, a maksymalna 4,0 m (w pobliżu jazu).

Zapora czołowa to budowla ziemna o szerokości korony od 5,0 m do 6,0 m. Nachylenie skarpy odwodnej wynosi 1 : 2, a odpowietrznej jest zmienne – od 1 : 2 do 1 : 8. Skarpa odwodna jest ubezpieczona płytami betonowymi na podsypce żwirowej, a odpowietrzna – zadarniona.

Wydatek jazu przy usuniętych obu zamknięciach i normalnym poziomie piętrzenia $NPP = 258,00$ m n.p.m. wynosi $29,00 m^3 \cdot s^{-1}$. Przy rzędnej lustra wody 258,60 m n.p.m. (Q_m) jest równy $40,60 m^3 \cdot s^{-1}$.

Zbiornik Rejów

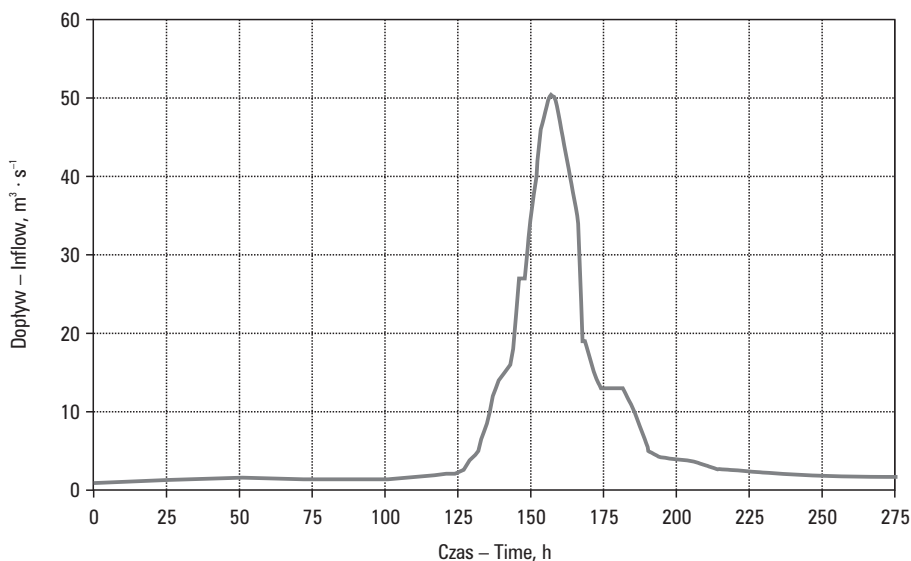
Zbiornik powstał na początku XIX wieku. Podczas działań zbrojnych w okresie I wojny światowej został zniszczony; odbudowany w 1925 r., uległ ponownemu zniszczeniu w 1939 r. Po II wojnie światowej został odbudowany w celu zabezpieczenia potrzeb wodnych Zakładów Metalowych „MESKO” znajdujących się w Skarżysku-Kamiennej. Obecnie pełni funkcje retencyjną, wyrównawczą oraz rekreacyjną. Powierzchnia zalewu, przy normalnym poziomie piętrzenia 244,85 m n.p.m., jest równa 30 ha, a jego pojemność wynosi 1165 tys. m^3 . Maksymalny poziom piętrzenia wody w zbiorniku wynosi 245,50 m n.p.m.; przy tej rzędnej pojemność zbiornika jest równa 1357 tys. m^3 , natomiast pojemność minimalna wynosi 534 tys. m^3 przy rzędnej piętrzenia 242,50 m n.p.m. [Świadek 1994].

Zbiornik piętrzy wody rzeki Kamionka za pomocą zapory ziemnej. Rzędna korony zapory jest równa 246,46 m n.p.m. Nachylenie skarpy od strony wody górnej wynosi 1 : 4, a od strony wody dolnej 1 : 2. Skarpy od strony odwodnej umocnione są płytami żelbetowymi, od strony odpowietrznej zaś zostały obsiane trawą. W korpus zapory wbudowane są jaz przelewowy i upust denny. Jaz przelewowy usytuowano w prawej części zapory. Jest to próg betonowo-kamienny o rzędnej 242,70 m n.p.m. i świetle $3 \times 2,90$ m = 8,70 m. Poniżej jazu znajduje się płyta wypadowa o długości 93,10 m, wyposażona w studnię amortyzacyjną i szykany do rozpraszania energii wody. Upust denny znajduje się w lewej części zapory. Jest to konstrukcja w postaci sztolni o dwóch kanałach prostokątnych ($1,74 \times 1,76$ m).

METODYKA

Obliczenia redukcji fali wezbrania przez zbiornik Suchedniów wykonano w dwóch wariantach. W wariantcie pierwszym, zgodnym z aktualną instrukcją gospodarowania wodą, manewrowano zamknięciami tak, aby utrzymać jak najdłużej rzędną NPP. W wariantcie drugim założono, że zbiornik został wcześniej przygotowany do przyjęcia części wód wezbrania poprzez obniżenie piętrzenia do rzędnej 257,70 m n.p.m. Pozostałe założenia symulacji były identyczne jak w wariantcie pierwszym.

W przypadku zbiornika Rejów obliczenia przeprowadzono w trzech wariantach. Wariant pierwszy był zgodny z instrukcją gospodarowania wodą, tj., gdy dopływ do zbiornika osiągnął wartość $6,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, zrzut wody ze zbiornika ustalany był na $10,70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Po osiągnięciu przez zwierciadło wody rzędnej 245,00 m n.p.m. odpływ ze zbiornika został zwiększony do wartości $16,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a po przekroczeniu rzędnej piętrzenia 245,50 m n.p.m. odpływ ze zbiornika równy był dopływowi. W wariantcie drugim, szukając optymalnego rozwiązania, tak manewrowano zamknięciami, aby dla danego hydrogramu dopływu i wyjściowego poziomu piętrzenia na zbiorniku równego MPP uzyskać jak największe spłaszczenie kulminacji wezbrania przy jednoczesnym przestrzeganiu zapisów instrukcji gospodarowania wodą regulujących maksymalne tempo obniżania zwierciadła wody na zbiorniku – wynoszące od 10 do 20 $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$. W wariantcie trzecim zwiększono pojemność powodziową zbiornika o około 190 tys. m^3 poprzez obniżenie poziomu normalnego piętrzenia o 0,50 m (nowa rzeźna NPP – 244,25 m n.p.m.). Pozostałe założenia symulacji jak w wariantcie drugim.



Rys. 2. Hydrogram dopływu do zbiornika Suchedniów
Fig. 2. Inflow hydrogram to the Suchedniów reservoir

Hydrogramy wezbrań

Do obliczeń transformacji fali wezbrania przez zbiornik Suchedniów wykorzystano rzeczywisty hydrogram dopływu zarejestrowany przez obsługę obiektu w dniach 26.08–06.09 2010 r. (rys. 2). Maksymalna odnotowana wartość natężenia przepływu była równa $50,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Przepływ ten jest mniejszy o $7,20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ od przepływu o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 1\%$ dla przekroju zamykającego zlewnię zbiornika Suchedniów i o $11,36 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ od przepływu $Q_{1\%}$ dla przekroju zamykającego zlewnię zbiornika Rejów.

W przypadku obliczeń konwersji fali wezbrania przez zbiornik Rejów przyjęto, że hydrogram odpływu ze zbiornika Suchedniów jest jednocześnie hydrogramem dopływu do zbiornika Rejów. W obliczeniach pominięto wpływ retencji i transformacji korytowej oraz przyrostu zlewni na kształt fali wezbrania.

Transformacja fali wezbrania

Fala wezbrania przy przejściu przez zbiornik retencyjny ulega zniekształceniu (spłaszczeniu), co prowadzi do zmniejszenia wysokości kulminacji oraz opóźnienia i wydłużenia czasu jej trwania. Wyznaczenie hydrogramu odpływu ze zbiornika opiera się na rozwiązaniu równania bilansu łączącego dopływ i odpływ ze zmianą objętości wody magazynowanej w zbiorniku w funkcji czasu. Przy założeniu, że w bilansie wodnym fali wezbrania straty na parowanie oraz filtrację są bardzo małe (ich pominięcie nie spowoduje znacznego błędu w obliczeniach), w dowolnym punkcie czasowym t różnica między objętością wody dopływającej do zbiornika a objętością wody odpływającej jest równa zmianie jego pojemności $\frac{dV}{dt}$. Można to zapisać za pomocą następującego równania

[Dąbkowski i in. 2009]:

$$Q_d(t) - Q_o(t) = \frac{dV}{dt} \quad (1)$$

Równanie to dla obliczeń praktycznych, można przedstawić w następującej postaci:

$$\left[\frac{Q_{d1} + Q_{d2}}{2} - \frac{Q_{o1} + Q_{o2}}{2} \right] \Delta t = \Delta V = V_1 - V_2 \quad (2)$$

gdzie:

- $Q_d(t)$ – dopływ do zbiornika w czasie t , $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- $Q_o(t)$ – odpływ ze zbiornika w czasie t , $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- $dV, \Delta V$ – zmiana objętości wody w zbiorniku odpowiednio w czasie Δt ,
- V – objętość wody w zbiorniku, m^3 .

Zmianę pojemności zbiornika ΔV po czasie Δt można określić z krzywej przepływu, bądź posługując się krzywą zalewu, a wówczas:

$$\Delta V = \frac{F_{(z_1)} + F_{(z_2)}}{2} \Delta z \quad (3)$$

gdzie:

$F_{(z_i)}$ – pole powierzchni zalewu odpowiadające rzędnej (z_i) zwierciadła wody w zbiorniku, m^2 ,

$\Delta z = z_1 - z_2$ – zmiana rzędnej zwierciadła wody w zbiorniku, m.

WYNIKI OBLICZEŃ I ICH ANALIZA

Hydrogramy odpływu, otrzymane w wyniku symulacji dla zbiornika Suchedniów przedstawiono na rysunku 3a (wariant I) i 3b (wariant II), a dla zbiornika Rejów na rysunku 4a (wariant I) i 4b (wariant II i III).

Dla ilościowej oceny redukcji fali wezbrania przez oba zbiornik zastosowano dwie miary [Pietrak i Banasik 2009]:

- redukcję bezwzględną przepływu kulminacyjnego

$$\Delta Q = Q_{d \max} - Q_{o \max} \quad (4)$$

- redukcję względną przepływu kulminacyjnego

$$Q' = \frac{\Delta Q}{Q_{d \max}} \cdot 100\% \quad (5)$$

gdzie:

$Q_{d \max}$ – maksymalne natężenie dopływ do zbiornika, $m^3 \cdot s^{-1}$,

$Q_{o \max}$ – maksymalne natężenie odpływu ze zbiornika, $m^3 \cdot s^{-1}$.

Dodatkowo w celu sprawdzenia, jak część pojemności przeciwpowodziowej zbiornika została wypełniona podczas przejścia fali wezbrania, obliczono parametr W_r , opisujący stopień wykorzystania rezerwy przeciwpowodziowej.

$$W_r = \frac{V}{V_r} \quad (6)$$

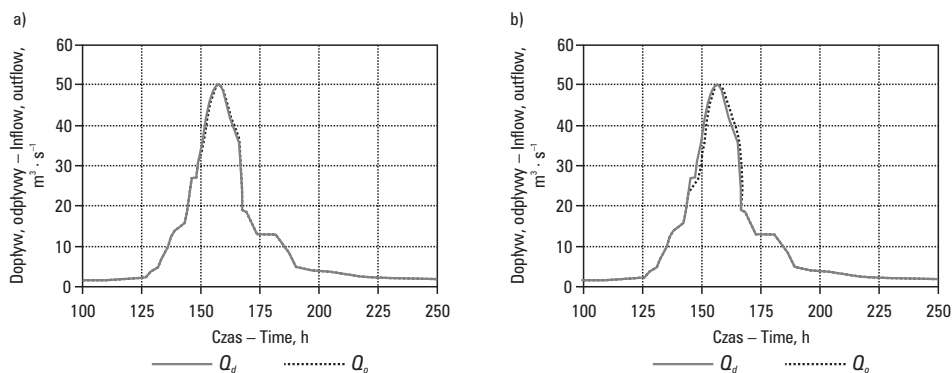
gdzie:

V – objętość zbiornika powyżej NPP zajęta podczas wezbrania, m^3 ,

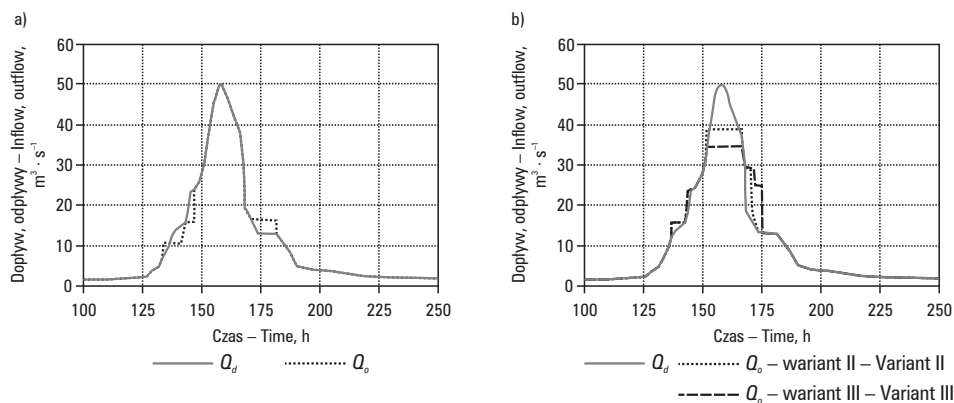
V_r – pojemność powodziowa zbiornika, m^3 .

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można stwierdzić, iż ze względu na swoją lokalizację oraz wydatek urządzeń upustowych zbiornik Suchedniów, leżący powyżej zbiornika Rejów ma niewielki wpływ na spłaszczenie fali wezbraniowej (rys. 3). Względna redukcja kulminacji wezbrania Q' w obu analizowanych wariantach jest mniejsza od 0,5%, przy 65% wykorzystaniu dostępnej rezerwy powodziowej (rezerwa forsowana). Pozwala to stwierdzić, że aktualna pojemność zbiornika jest zbyt mała, aby w istotny sposób zredukować przepływy wezbraniowe o maksymalnym natężeniu przepływu bliskim $Q_{1\%}$.

W przypadku zbiornika Rejów, gdy postępujemy zgodnie z wytycznymi zawartymi w instrukcji gospodarowania wodą (wariant I), skromna rezerwa przeciwpowodziowa, jaką ma zbiornik, zostanie wypełniona w 100% już w początkowej fazie wezbrania, a redukcja względna jego kulminacji wynosi 0% (rys. 4a, tab. 2).



Rys. 3. Hydrogram dopływu (Q_d) i odpływu (Q_o) dla zbiornika Suchedniów: a) wariant I, b) wariant II
 Fig. 3. Inflow (Q_d) and outflow (Q_o) hydrogram to the Suchedniów reservoir: a) variant I, b) variant II



Rys. 4. Hydrogram dopływu (Q_d) i odpływu (Q_o) dla zbiornika Rejów: a) wariant I, b) wariant II i III
 Fig. 4. Inflow (Q_d) and outflow (Q_o) hydrogram to the Rejów reservoir: a) variant I, b) variant II and III

W II wariacie obliczeniowym uzyskano redukcję kulminacji wezbrania na poziomie $11,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, co stanowi około 23% przepływu maksymalnego, a rezerwa przeciwpowodziowa zbiornika zostanie wykorzystana w 94% (rys. 4b, tab. 2).

W przypadku, gdy zostałyby zwiększona pojemność powodziowa zbiornika Rejów o około 190 tys. m^3 , co wiąże się z obniżeniem rzędnej normalnego poziomu piętrzenia o około 0,50 m, możliwe byłoby zmniejszenie maksymalnego zrzutu wody ze zbiornika, w porównaniu z wariantem II, dodatkowo o $4,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Wówczas maksymalny odpływ wyniósłby około $35,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a wartość wskaźnika względnej redukcji przepływu kulminacyjnego wynosiłaby 30,70% (rys. 4b, tab. 2). Zmniejszenie przepływu maksymalnego poniżej zbiornika Rejów do wartości około $35,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w znacznym stopniu ograniczyłoby skalę podtopień budynków zlokalizowanych przy ul. Cmentarnej w miejscowości Skarzysko-Kamienna.

Tabela 2. Miary redukcji fali wezbrania przez zbiorniki
 Table 2. Measurements redaction of the flood flow by water reservoir

Nazwa zbiornika Name of the reservoir	Dopływ Inflow $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Odpływ Outflow $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	ΔQ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Q' %	W_r
Zbiornik Rejów – wariant I Rejów reservoir – variant I	50,16	50,16	0,00	0,00	1,00
Zbiornik Rejów – wariant II Rejów reservoir – variant II	50,16	38,76	11,40	22,72	0,94
Zbiornik Rejów – wariant III Rejów reservoir – variant III	50,16	34,76	15,40	30,70	0,99
Zbiornik Suchedniów – wariant I Suchedniów reservoir – variant I	50,40	50,16	0,24	0,48	0,65
Zbiornik Suchedniów – wariant II Suchedniów reservoir – variant II	50,40	50,16	0,24	0,48	0,65

ΔQ – redukcja bezwzględna – absolute reduction,

Q' – redukcja względna – relative reduction,

W_r – stopień wykorzystania rezerwy powodziowej – rate of the uses of the flood capacity

PODSUMOWANIE

Celem badań była ocena efektywności działania dwóch zbiorników małej retencji: Suchedniów i Rejów, o pojemności odpowiednio 226 tys. m^3 i 1165 tys. m^3 , położonych na niekontrolowanej hydrologicznie rzece Kamionka. Obliczenia redukcji fali wezbraniowej wykonano dla wezbrania o maksymalnym natężeniu przepływu równym $50,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ i różnych wariantów pracy obiektów.

Wyniki obliczeń dla wariantu I (eksploatacja obu zbiorników zgodnie z instrukcją gospodarowanie wodą) wskazują na bardzo słabą efektywność działania zbiorników. Całkowita redukcja względna rozpatrywanych hydrogramów dopływu do zbiornika Suchedniów jest równa 0,48%, a w przypadku większego zbiornika Rejów wynosi 0%. Sterowanie zamknięciami zbiornika Rejów zgodnie z wyżej wymienioną instrukcją powoduje wypełnienie pojemności powodziowej obiektu już w początkowej fazie wezbrania, co uniemożliwia jakąkolwiek redukcję jego kulminacji.

W II wariantcie obliczeń dla zbiornika Suchedniów uzyskano identyczną wartość względnej redukcji szczytu wezbrania jak w wariantcie I. W przypadku zbiornika Rejów wartość ta przekracza 22%, przy wypełnieniu rezerwy powodziowej zbiornika na poziomie 94%. Dalsza redukcja hydrogramu wezbrania możliwa jest poprzez zwiększenie pojemności przeciwpowodziowej zbiornika Rejów. Obniżenie rzędnej piętrzenia o 0,50 m przyczyniłoby się do redukcji analizowanego wezbrania dodatkowo o $4,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($Q' = 30,70\%$) i nie wpłynęłoby w znaczący sposób na pełnione obecnie przez zalew funkcje. Zabieg ten nie jest możliwy w przypadku zbiornika Suchedniów ze względu na jego małą pojemność i niewielką głębokość. Dalsze obniżenie NPP spowodowałoby utratę przezeń funkcji rekreacyjnej oraz ograniczenia w zakresie prowadzonej tu gospodarki rybackiej.

Zbiornik Suchedniów z uwagi na fakt, że rzeka Kamionka jest niekontrolowana hydrologicznie, może być jednak ważnym źródłem informacji dla obsługi zbiornika Rejów o ilości zrzucanej wody. Zapewnienie płynnej wymiany aktualnych informacji o przepływach wezbraniowych między obsadą obu zbiorników stanowi ważny element ochrony przeciwpowodziowej miasta Skarżysko-Kamienna i terenów położonych poniżej, pozwoli też na optymalizację pracy zbiornika Rejów.

Przeprowadzone symulacje pokazały niepraktyczność zapisów zawartych w instrukcji gospodarowania wodą zbiornika Rejów. Postępowanie zgodnie z jej wytycznymi w przypadku tak dużego wezbrania prowadzi do zbyt szybkiego wypełnienia pojemności powodziowej zbiornika i powoduje utratę jego zdolności do ograniczania negatywnych skutków wezbrania. Konieczne zatem wydają się zweryfikowanie i uaktualnienie informacji tam zawartych dotyczących postępowania w przypadku przepływów powodziowych.

Zastosowane w obliczeniach liczne założenia upraszczające każą traktować uzyskane wyniki jako pogładowe, a dalsze uszczegółowienie analiz wymaga przeprowadzenie obliczeń dla większej ilości wezbrań oraz uwzględnienia korytowej transformacji fali wezbrania i przyrostu powierzchni zlewni.

PIŚMIENNICTWO

- Atlas Hydrologiczny Polski, 1987. T. 1. Praca zbior. pod kier. J. Stachy. Wydawnictwo Geologiczne Warszawa.
- Bąk Ł., Dąbkowski Sz.L., Górski J., 2011. Metoda prognozowania zamulenia zbiornika wodnego na podstawie pomiaru pojemności. Woda Środ. Obsz. Wiejs. 11, 4(36), 19–29.
- Bąk Ł., Górski J., Szelaąg B., 2010. Operat wodnoprawny dla uzyskania pozwolenia wodnoprawnego na piętrzenie wody i utrzymanie zbiornika wodnego „Suchedniów” na rzece Kamionka w powiecie skarżyskim woj. Świętokrzyskie. Kielce. Maszynopis w archiwum OSiR w Suchedniowie.
- Dąbkowski Sz.L., Górski J., Szelaąg B., 2009. Rola małego zbiornika wodnego w ochronie przed powodzią (w warunkach miasta Kunów). Wiad. Melior. Łąkar. 4, 155–159.
- Ekspertyza stanu technicznego upustu dennego zbiornika Rejów [wykonana na zlecenie zakładów metalowych „MESCO”], 1998. Soley sp. z o.o.
- Gradowski Ł., Banasik K., 2008. Wpływ zbiornika Staw Berensewicza na redukcję fali wezbraniowej Potoku Służewieckiego. Prz. Nauk. Inż. Kształt. Środ. 1(39), 13–25.
- Pietrak M., Banasik K., 2009. Redukcja fali wezbraniowej Potoku Służewieckiego za pomocą małych zbiorników. Prz. Nauk. Inż. Kształt. Środ. 4(46), 22–34.
- Polak J., Jaworski J., 1988. Operat do dochodzeń wodnoprawnych dla zbiornika wodnego w Suchedniowie. Maszynopis w archiwum OSiR w Suchedniowie.
- Świadek S., 1999. Instrukcje użytkowania obiektów gospodarki wodnej w warunkach normalnych i powodziowych zbiornika rekreacyjnego w Suchedniowie. Maszynopis w archiwum OSiR w Suchedniowie.
- Świadek S., 1994. Instrukcje utrzymania zbiornika wodnego „Rejów” w Skarżysku-Kamienna. Maszynopis w archiwum SZMiUW w Kielcach.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 22.03.2012