

Bogusław MICHAŁEC

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

Suche zbiorniki w ochronie przeciwpowodziowej miejscowości Łącko

The dry reservoirs in the flood protection of locality Łącko

Słowa kluczowe: suchy zbiornik przeciwpowodziowy, przepustowość koryta, przepływ miarodajny

Key words: dry reservoir, channel conveyance, reliable flow

Wstęp

Intensywna urbanizacja terenów położonych w dolinach rzek oraz brak możliwości zwiększania przepustowości naturalnego koryta rzeki powoduje wzrost ryzyka powodzi. Szczególnie duże zagrożenie powodziowe występuje na terenach górskich i podgórskich, ze względu na krótki czas formowania się wezbrań i nadejścia kulminacji fali. Jednym z często stosowanych rozwiązań, gwarantujących przeprowadzenie przepływów wezbraniowych, było wykonanie regulacji rzeki w formie ciężkiej zabudowy koryta o konstrukcji żłobu. W wielu przypadkach zabudowa potoków prowadzona była wyrywkowo, w zależności od inicjatyw lokalnych i posiadanych środków. Takim przykła-

dem jest zabudowa koryta potoku Czarna Woda, który przepływa przez miejscowość Łącko. Kolejne przebudowy koryta potoku Czarna Woda nie uchroniły miejscowości Łącko przed powtarzającymi się ostatnio powodzią w latach 1997, 1998, 2001. Straty wywołane powodzią z 2001 roku, określone przez komisję wojewódzką ds. szacowania skutków klęsk spowodowanych zjawiskami atmosferycznymi, wyniosły ponad 5 mln zł. Zmniejszenie kosztów związanych z usuwaniem skutków przyszłych powodzi może zostać osiągnięte poprzez zmniejszenie ryzyka powodziowego. Wymaga to niejednokrotnie kompleksowych prac, obejmujących nie tylko ocenę zdolności przepustowej koryta ciekłu na obszarze zagrożonym powodzią, ale również koryta ciekłu znajdującego się w wyższych częściach zlewni.

Po powodzi w 2001 roku przystąpiono do prac mających na celu zwiększenie bezpieczeństwa przeciwpowodziowego miasta Łącka. W pierwszym etapie prac przystąpiono do przebudowy

odcinka starego żłobu powyżej mostu w km 0+930 potoku Czarna Woda, zlokalizowanego na drodze wojewódzkiej nr 969. Przebudowę żłobu wykonano na odcinku koryta potoku Czarna Woda od przekroju w km 1+100 do przekroju w km 1+162. W wyniku tych prac uzyskano zwiększenie przepustowości koryta na stosunkowo krótkim odcinku potoku. W 2006 roku przystąpiono do kolejnego etapu przebudowy koryta żłobu na odcinku 300 m, położonym powyżej odcinka przebudowanego w pierwszym etapie. Zmodernizowany odcinek żłobu charakteryzuje się następującymi parametrami: głębokość 3,3 m, szerokość w dnie 8,4 m, nachylenie ścian 1 : 0,25 i spadek podłużny 10‰. Natomiast pozostałe odcinki starego żłobu, znajdującego się poniżej i powyżej zmodernizowanej części koryta żłobu, mają koryta o wymiarach: głębokość 3,0 m, szerokość w dnie 2,8 m i nachylenie ścian 10 : 1.

Jak wykazały analizy wykonane przez Michalca i Taranwskiego (2007a, b), koryta starego żłobu na odcinku potoku Czarna Woda od mostu w km 1+100 do mostu na drodze wojewódzkiej w km 0+930, charakteryzuje się przepustowością gwarantującą przeprowadzenie przepływu o prawdopodobieństwie wystąpienia 1%. Jednakże, ze względu na spiętrzenie tego przepływu w świetle mostu na drodze wojewódzkiej, wody potoku wystąpią z koryta i nastąpi zatopienie centrum Łącka. Zminimalizowanie zagrożenia związanego z zatopieniem centrum Łącka, włącznie z dzielnicami położonymi powyżej centrum wzdłuż koryta potoku Czarna Woda, wymagałoby przebudowy żłobu na odcinku powyżej jego zmodernizowa-

nej części. Alternatywnym rozwiązaniem może być wybudowanie suchych zbiorników przeciwpowodziowych w górnym biegu potoku Czarna Woda i na jego dopływach. Określenie możliwości ochrony przeciwpowodziowej miejscowości Łącko za pomocą suchych zbiorników przeciwpowodziowych jest celem niniejszej pracy.

W suchych zbiornikach odpływ regulowany jest samoczynnie, a efektywność redukcji fali powodziowej jest zależna od pojemności zbiornika oraz parametrów hydraulicznych budowli upustowych oraz od pojemności zbiornika (Mioduszewski, 2006). Oceniając możliwość zmniejszenia zagrożenia powodziowego Łącka, uwzględniono możliwość zredukowania przepływu wezbraniowego przez suche zbiorniki przeciwpowodziowe, aby nie przekraczać obecnej przepustowości koryta żłobu stanowiącego zabudowę typu ciężkiego na całej długości potoku, tj. począwszy od przedmieść do centrum miasta.

Material i metody

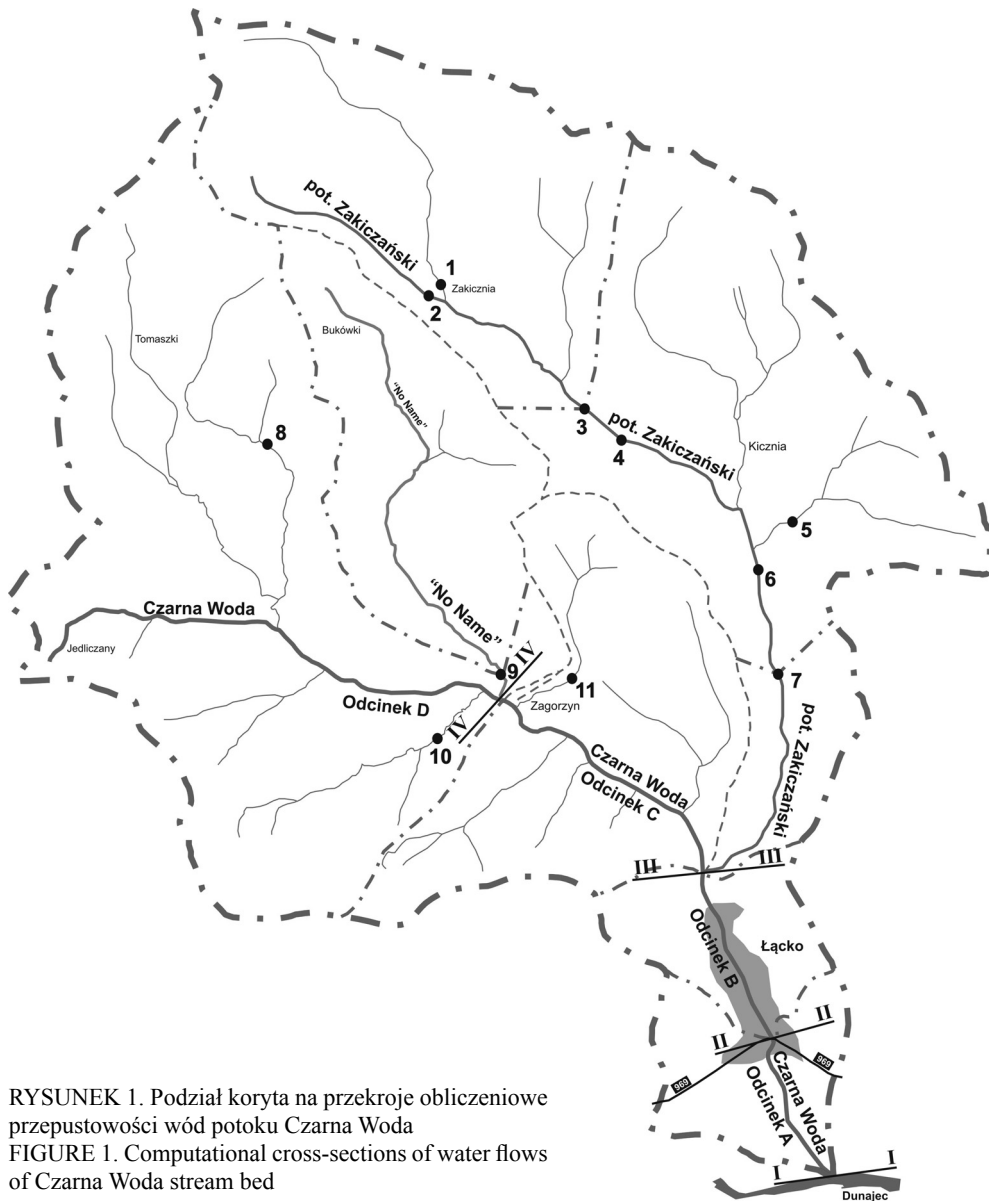
Zlewnia potoku Czarna Woda należy do dorzecza górnej Wisły, które jak podają Dynowska i Maciejewski (1991), należy do regionu fizyczno-geograficznego, zaliczanego do obszarów nadwyżek wody i przyspieszonego odpływu.

Przepustowość koryta potoku Czarna Woda została określona w opracowaniu Bednarczyka i innych (2001). W opracowaniu tym przyjęty został podział koryta analizowanego potoku na odcinki charakterystyczne A, B, C i D (rys. 1), tj. znajdujące się między prze-

krojami odpowiednio: I–II, II–III, III–IV i powyżej IV. Ze względu na silnie rozwiniętą sieć dopływów potoku Czarna Woda, przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia 1% ($Q_{1\%}$) zostały obliczone wzorem Punzeta dla następu-

jących przekrojów poprzecznych potoku Woda (Bednarczyk i inni, 2001):

I – w km 0+000 (ujście potoku Czarna Woda do Dunajca), II – w km 0+930 (centrum miasta Łącko), III – w km 2+068 (ujście potoku Zakiczańskiego do



RYСУNEK 1. Podział koryta na przekroje obliczeniowe przepustowości wód potoku Czarna Woda
 FIGURE 1. Computational cross-sections of water flows of Czarna Woda stream bed

potoku Czarna Woda), IV – w km 4+045 (ujście potoku „bez nazwy” do potoku Czarna Woda).

W opracowaniu Bednarczyka i innych (2001) określono również przepustowość poszczególnych odcinków potoku Czarna Woda. Obliczenia przepustowości odcinka II (rys. 1) zostały wykonane dla tzw. starego żłobu i przebudowanej jego części o długości 62 m. Uwzględniając przepływy miarodajne dla poszczególnych odcinków potoku Czarna Woda, tj. przepływy $Q_{1\%}$, a także przepustowość tych odcinków koryta, przyjęto lokalizacje proponowanych suchych zbiorników wodnych w analizowanej zlewni.

Wyznaczając lokalizacje zapór zbiorników, założono, że w wyniku redukcji fali wezbraniowej przez zbiorniki uzyska się natężenia przepływu wody mieszczące się w całości w korycie potoku Czarna Woda. Napełnienia maksymalne w korycie potoku obliczono, wyznaczając krzywe natężenia przepływu. W tym celu posłużono się wzorem Chézy (Książczyński i inni, 2000), w którym współczynnik prędkości obliczono formułą Manninga, przyjmując współczynniki szorstkości ścian i dna koryta z tablic Ven Te Chow.

Wstępna lokalizacja zapór suchych zbiorników została przyjęta po wykonanej wizji lokalnej w terenie. W trakcie prac terenowych zwracano uwagę na zabudowę techniczną, warunki terenowe, w szczególności na konfigurację terenu doliny, a także na możliwość lokalizacji zapory oraz potencjalną pojemność zbiornika. Współrzędne geograficzne przekrojów poprzecznych przyjętych wstępnie 11 zapór suchych zbiorników wodnych (rys. 1), zostały określone za pomocą nawigacji satelitarnej GPS –

Asus MyPal A969 w układzie odniesienia WGS84. Następnie, w wyniku prac planistycznych na mapach sytuacyjno-wysokościowych w skali 1 : 10 000 i 1 : 500 naniesiono przyjęte przekroje zapór i określono pojemności zbiorników. Wyznaczono również wymiary korpusu zapór ziemnych i upustów dennych. Przyjęto moduły nachylenia skarp odwodnej i odpowietrznej zapór, wynoszące odpowiednio 2,5 i 2,0. Zaprojektowano również wymiary przewodu upustowego o spadku podłużnym 2‰, przyjmując prostokątny przekrój poprzeczny. Wydatek urządzeń upustowych zbiorników obliczono według wzoru:

$$Q = \mu \cdot F \cdot \sqrt{2gH} \quad (1)$$

gdzie:

$\mu = 0,65$ – współczynnik wydatku otworu [-],

F – powierzchnia przekroju poprzecznego [m²],

H – różnica poziomów wody górnej i dolnej [m],

g – przyspieszenie ziemskie [m·s⁻²].

W obliczeniach wydatku upustów dennych przyjęto maksymalną różnicę poziomów zwierciadła wody w zbiorniku i w kanale odpływowym. Natężenie przepływu Q (wzór 1) zostało określone w trzech kolejnych przybliżeniach. W pierwszym przybliżeniu przyjęto H jako różnicę rzędnej zwierciadła wody w zbiorniku i rzędnej dna kanału, gdyż nie znano napełnienia w korycie dolnego stanowiska zapory. W kolejnych krokach obliczeniowych zakładano nową wartość H z uwzględnieniem napełnienia koryta przy wydatku upustu określonego w poprzednim kroku obliczeniowym.

Obliczone maksymalne wydatki upustów suchych zbiorników porównano z maksymalną przepustowością poszczególnych wydzielonych odcinków obliczeniowych potoku Czarna Woda. Na tej podstawie oceniono możliwość ochrony przeciwpowodziowej, nie tylko centrum miejscowości Łącko, lecz również jej przedmieść położonych wzdłuż potoku Czarna Woda.

Wyniki

Natężenia przepływu $Q_{1\%}$, obliczone formułą Punzeta dla poszczególnych odcinków koryta potoku Czarna Wodna, określone w opracowaniu Bednarczyka i innych (2001), zostały przedstawione w tabeli 1.

Przyjęto, że przepływ miarodajny, który powinien mieścić się w korycie potoku na jego poszczególnych odcinkach, jest równy wielkości odpływu z odcinka wyżej położonego. Zgodnie z tabelą 1 przepływ miarodajny na odcinku A wynosi $94,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, na odcinku B jest równy $91,99 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, natomiast na

odcinkach C i D jest równy odpowiednio $60,32$ i $43,11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

W tabeli 2 zamieszczono wyniki obliczeń przepustowości koryta wydzielonych odcinków A, B i C potoku Czarna Wodna, wykonanych przez autora niniejszej publikacji. W tabeli tej zamieszczono natężenie przepływu równe $Q_{1\%}$, przy czym nie podawano przepływów od niego większych, jeżeli w danym przekroju obliczona przepustowość była większa od przepływu miarodajnego $Q_{1\%}$ na danym odcinku. I tak, w przekrojach od A-11 do A-13 mieszczą się przepływy równe i większe od Q_1 (tab. 2). W pozostałych przekrojach przepływ miarodajny nie mieści się w korycie potoku. We wszystkich przekrojach odcinka B przepływ $Q_{1\%}$. W ośmiu z piętnastu przekrojów odcinka C przepływ $Q_{1\%}$ wystąpi z koryta potoku. Koryto potoku na odcinku D charakteryzuje się wystarczającą przepustowością, gwarantującą niewystąpienie z brzegów przepływu miarodajnego na tym odcinku.

Z pośród wyznaczonych wstępnie 11 lokalizacji suchych zbiorników przyjęto

TABELA 1. Zestawienie przepływów miarodajnych o prawdopodobieństwie 1% w przekrojach obliczeniowych

TABLE 1. Comparison of reliable flows with the probability 1% in computational sections

Przekrój obliczeniowy Cross-section	Dopływ do przekroju Inflow to cross-section		Odpływ z przekroju Outflow from cross-section	
	Ciek Water-course	$Q [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	Ciek Water-course	$Q [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
I	Czarna Woda	96,17	Czarna Woda	96,17
II	Czarna Woda	94,32	Czarna Woda	94,32
III	Czarna Woda	60,32	Czarna Woda	91,99
	Zakiczański	31,67		
IV	Czarna Woda	41,11	Czarna Woda	49,49
	„bez nazwy”	8,38		

TABELA 2. Zestawienie przepływów w przekrojach obliczeniowych odcinków A, B i C potoku Czarna Woda

TABLE 2. The comparison of water flows in computational sections A, B and C of Czarna Woda stream

Odcinek A Section A			Odcinek B Section B			Odcinek C Section C		
Nr p.	km	Q [m ³ ·s ⁻¹]	Nr p.	km	Q [m ³ ·s ⁻¹]	Nr p.	km	Q [m ³ ·s ⁻¹]
A-1	0+200	80,66	B-1	0+950	91,99	C-1	2+114	38,20
A-2	0+230	33,24	B-2	1+009	91,99	C-2	2+230	29,83
A-3	0+349	42,08	B-3	1+180	91,99	C-3	2+326	29,28
A-4	0+438	40,34	B-4	1+215	91,99	C-4	2+549	42,82
A-5	0+496	69,32	B-5	1+250	91,99	C-5	2+816	60,32
A-6	0+547	56,24	B-6	1+253	67,09	C-6	3+018	60,32
A-7	0+593	79,78	B-7	1+343	74,52	C-7	3+185	48,21
A-8	0+627	85,08	B-8	1+355	89,72	C-8	3+292	48,93
A-9	0+648	70,92	B-9	1+497	91,99	C-9	3+457	34,41
A-10	0+740	61,89	B-10	1+527	91,99	C-10	3+507	60,32
A-11	0+745	94,32	B-11	1+640	91,99	C-11	3+639	60,32
A-12	0+810	94,32	B-12	1+780	91,99	C-12	3+744	60,32
A-13	0+895	94,32	B-13	1+971	91,99	C-13	3+789	60,32
–	–	–	–	–	–	C-14	3+900	60,32
–	–	–	–	–	–	C-15	4+023	58,73

Nr p. – nr przekroju, km – kilometr potoku, Q – natężenie przepływu/Nr p. – cross-section numer, km – stream kilometer, Q – water flow.

trzy lokalizacje (nr 3, 7 i 9 – rys. 1) charakteryzujące się najbardziej korzystnymi warunkami topograficznymi doliny, w których zapory zbiorników umożliwią utworzenie zbiorników o stosunkowo dużej pojemności (tab. 3). Pozostałe proponowane suche zbiorniki wodne nie zostały uwzględnione w analizie ze względu na ich pojemności nieprzekraczające 40 tys. m³. Uzyskanie większych pojemności wymagałoby wykonania prac ziemnych, polegających na powiększeniu szerokości dolin. Ponadto, zapory przyjętych trzech zbiorników zamykają stosunkowo duże zlewnie cząstkowe. Zapory zbiorników 3 i 7 zlokalizowano na potoku Zakiczańskim, jednym z największych dopływów potoku Czar-

na Woda. Zapora zbiornika nr 9 będzie zamykać zlewnię potoku „bez nazwy”, będącego lewobrzeżnym dopływem potoku Czarna Woda.

Określając wydatek upustów, przyjęto, że powierzchnia przekroju poprzecznego przewodu upustu każdego z projektowanych zbiorników będzie równa 0,7 m². Przy takiej powierzchni przekroju upustu w zbiorniku nr 3 uzyskano redukcję przepływu miarodajnego o 54% z 14,02 do 7,61 m³·s⁻¹ (tab. 3). W zbiorniku nr 7 redukcja wyniosła około 22%. Wydatek upustu zbiornika nr 9 wynosił 8,05 m³·s⁻¹, a więc był minimalnie mniejszy od przepływu miarodajnego (tab. 3). Zmniejszając dwukrotnie powierzchnie przekroju poprzecznego przewodu upu-

TABELA 3. Podstawowe dane proponowanych suchych zbiorników wodnych
TABLE 3. The basic data of proposed dry reservoirs

Suchy zbiornik Dry reservoir	Potok Stream	Przekrój zapory Cross-section of the dam [km]	Pojemność zbiornika Volume of reservoir [10 ³ ·m ³]	Przepływ miarodajny w korycie Water flow in channel – $Q_{1\%}$ [m ³ ·s ⁻¹]	Maksymalny wydatek upustów Maximal outflow of overflow – Q_0 [m ³ ·s ⁻¹]
nr 3	Zakiczański	4+398	51,4	14,02	7,61
nr 7	Zakiczański	2+013	62,2	7,51	5,85
nr 9	„bez nazwy”	0+206	276,3	8,38	4,09

TABELA 4. Zestawienie zredukowanych przepływów w przekrojach obliczeniowych
TABLE 4. The comparison of reduced flows in computational sections

Przekrój obliczeniowy Cross-section	Dopływ do przekroju Inflow to cross-section			Odpływ z przekroju Outflow from cross-section			Procentowa redukcja Percentage reduction in $Q_{1\%}$
	Ciek Water-course	Q_0 [m ³ ·s ⁻¹]	h [m]	Ciek Water-course	Q_0 [m ³ ·s ⁻¹]	h [m]	
I	Czarna Woda	68,91	1,69	Czarna Woda	68,91	1,69	28,3
II	Czarna Woda	67,06	1,62	Czarna Woda	67,06	1,62	28,9
III	Czarna Woda	55,96	2,39	Czarna Woda	64,73	2,39	29,6
	Zakiczański	8,77	2,39				
IV	Czarna Woda	41,11	1,47	Czarna Woda	45,13	1,47	8,8
	„bez nazwy”	4,02	1,47				

stowego zbiornika nr 9, uzyskano ponad 50% redukcję przepływu w korycie odpływowym tego zbiornika.

Uwzględniając obliczony wydatek upustów trzech analizowanych zbiorników, na poszczególnych odcinkach potoku Czarna Woda określono tzw. przepływy zredukowane (tab. 4), a następnie obliczono napełnienia w korycie w poszczególnych przekrojach tych odcinków.

Dyskusja

Zmniejszenie ryzyka powodzi i jej skutków wymaga niejednokrotnie kompleksowych prac obejmujących nie tyl-

ko zwiększenie przepustowości koryta na terenie zagrożonym zatopieniem, lecz przede wszystkim polegających na poszukiwaniu możliwości zwiększenia retencji fali powodzowej na terenach położonych w wyższych częściach zlewni. Najbardziej efektywnie można bowiem ograniczyć straty spowodowane przez wezbrania powodziowe poprzez zmniejszenie natężenia przepływu wezbraniowego za pomocą suchych zbiorników przeciwpowodziowych. Można również zwiększać przepustowość koryta cieku, co jednak wiąże się z jego przebudową, polegającą między innymi na powiększeniu powierzchni przekroju poprzecznego. Niejednokrotnie zwiększenie

szerokości koryta w jego linii brzegowej jest niemożliwe ze względu na bliskość zabudowy urbanistycznej i technicznej terenów bezpośrednio przyległych do ciek. Wtedy ochronę przeciwpowodziową można uzyskać poprzez budowę suchych zbiorników wodnych w górnych partiach zlewni.

Wstępna ocena możliwości zmniejszenia ryzyka powodziowego w miejscowości Łącko wykazała, że poprawę bezpieczeństwa można osiągnąć za pomocą suchych zbiorników przeciwpowodziowych. Suche zbiorniki wodne, poprzez retencjonowanie części fali wezbraniowej, zmniejszają przepływ na niżej położonych odcinkach potoków i opóźniają wystąpienie kulminacji fali. Wyniki obliczeń przepustowości koryta potoku Czarna Woda pozwalają stwierdzić, że wykonanie trzech suchych zbiorników wodnych umożliwi redukcję przepływu wezbraniowego, określonego jako przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia wynoszącym 1%.

Zaproponowane trzy suche zbiorniki wodne spowodują zmniejszenie natężenia przepływu wód wezbraniowych, przepływających przez centrum Łącka. Wyniki wstępnych obliczeń wskazują jednak, że pomimo redukcji przepływu miarodajnego przepustowość w niektórych przekrojach koryta na poszczególnych odcinkach potoku jest zbyt niska. Na odcinku A zredukowany przepływ, wynoszący $67,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, jest większy od przepływu brzegowego w przekrojach A-2, A-3, A-4, A-6 i A-10. Odcinek ten znajduje się poniżej centrum Łącka, biegnie przez tereny z sadami, bez zabudowy w bezpośrednim sąsiedztwie obwałowanego koryta potoku. Zredukowany przepływ na odcinku B, wynoszący

$67,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, jest niższy od maksymalnej przepustowości koryta. Najniższą skuteczność ochrony przeciwpowodziowej uzyskano w przypadku przedmieść Łącka, położonych wzdłuż odcinka C potoku Czarna Woda. Uzyskana redukcja przepływu miarodajnego na tym odcinku była niewielka i wyniosła około 9% (z $49,49$ do $45,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), stąd w pięciu przekrojach na tym odcinku potok wystąpi z koryta.

Kolejny etap analizy powinien obejmować określenie maksymalnych deszczy o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia i wyznaczenie hydrogramów fal wezbraniowych, co jak podają Dąbkowski i Bodulski (2008), umożliwi dokładną charakterystykę przebiegu wezbrania, tj. wyznaczenie przepływów chwilowych i objętości fali wezbraniowej. Dane te umożliwią obliczenie czasu napełnienia i opróżnienia zbiorników. Na podstawie wyników tych obliczeń można wprowadzić regulację odpływu ze zbiorników za pomocą zasuw upustów. Taki sposób sterowania odpływem przedstawiono w pracy Lenar-Matyas i innych (2009) na przykładzie suchych zbiorników wodnych w Sudetach. Jednakże ze względu na bezobsługowe działanie wymagany odpływ ze zbiorników powinien zostać zagwarantowany przez odpowiedni dobór światła upustu.

Poprawę warunków przepływu wód wezbraniowych można uzyskać poprzez zwiększenie liczby suchych zbiorników wodnych, zlokalizowanych w górnym biegu potoku Czarna Woda, tj. powyżej przekroju IV–IV (rys. 1). Powinny to być suche zbiorniki, które w przeciwieństwie do wstępnie przyjętych zbiorników nr 8 i 10, zamykałyby zlewnie cząstkowe o znacznie większej powierzchni.

Z drugiej strony, koszty wykonania dużej liczby zbiorników wodnych mogłyby być wyższe od kosztów przebudowy starego żłobu, zwłaszcza na odcinku B, wraz z kosztami podniesienia korony obwałowań potoku na odcinku ujściowym A. Ze względu na brak technicznych możliwości poszerzenia koryta żłobu na odcinku A, najbardziej optymalnym rozwiązaniem byłoby zmniejszenie natężenia przepływu wezbraniowego za pomocą proponowanych trzech suchych zbiorników wodnych i podniesienie o 0,6 m rzędnych brzegów starego żłobu na odcinku B.

Wnioski

1. Zmniejszenie ryzyka powodziowego można uzyskać poprzez poprawę przepustowości koryta lub zmniejszenie natężenia przepływu wezbraniowego za pomocą suchych zbiorników wodnych. Najwłaściwsze wydają się być połączenie tych sposobów ochrony przeciwpowodziowej, zwłaszcza w przypadku braku możliwości przebudowy koryta w terenach intensywnie zurbanizowanych, czego przykładem jest miejscowość Łącko.
2. Zaproponowane trzy suche zbiorniki wodne umożliwiają redukcję miarodajnego przepływu wezbraniowego $Q_{1\%}$ w potoku Czarna Woda na odcinkach A i B o 28–30%, a na odcinku C o 9%. Jednakże maksymalna przepustowość w niektórych przekrojach koryta na poszczególnych odcinkach potoku jest zbyt niska, aby przeprowadzić zredukowany przepływ miarodajny. Dlatego zapewnienie ochro-

ny przeciwpowodziowej wymusza konieczność podwyższenia korony starego żłobu na odcinku B potoku Czarna Woda, z jednoczesnym zwiększeniem liczby suchych zbiorników wodnych, zlokalizowanych w górnym biegu potoku.

Literatura

- Bednarczyk, T., Michalec, B. i Tarnawski, M. (2001). *Ekspertyza przepustowości koryta potoku Czarna Woda w Łącku, pow. nowosądecki, woj. małopolskie w ramach usuwania skutków powodzi z lipca 2001 r.* Maszynopis. Archiwum Katedry Inżynierii Wodnej i Geotechniki UR w Krakowie.
- Dąbkowski, S.L. i Bodulski, J. (2008). Ocena możliwości analitycznego opisu hydrogramu wezbrania. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 42 (4), 5-18.
- Dynowska, I. i Maciejewski, M. (1991). *Dorzecze górnej Wisły*. Część I i II. Warszawa, Kraków: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Książński, K., Jeż, P. i Greplowska, Z. (2000). *Tablice do obliczeń hydraulicznych*. Kraków: Politechnika Krakowska.
- Lenar-Matyas, A., Poulard, Ch. i Ratomski, J. (2009). Konstrukcja z działanie suchych zbiorników przeciwpowodziowych o różnej charakterystyce i lokalizacji. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, 9, 115-129.
- Michalec, B. i Tarnawski, M. (2007a). Określenie przepustowości koryta potoku Czarna Woda. *Acta Scientiarum Polonorum, Seria Architectura*, 6(2), 49-57.
- Michalec, B. i Tarnawski, M. (2007b). Analiza wpływu mostów na warunki przepływu wód wezbraniowych na przykładzie potoku Czarna Woda. W: Polska Akademia Nauk, Komitet Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej. *Problemy Naukowo-Badawcze Budownictwa*. T. II. *Konstrukcje Budowlane i Inżynierskie* (strony 609-616). Białystok: Politechnika Białostocka.
- Mioduszewski, W. (2006). *Małe zbiorniki wodne*. Falenty: Wydawnictwo IMUZ.

Streszczenie

Suche zbiorniki w ochronie przeciwpowodziowej miejscowości Łącko. W pracy przedstawiono ocenę możliwości zmniejszenia zagrożenia powodziowego miejscowości Łącko za pomocą suchych zbiorników przeciwpowodziowych. Określono pojemność zbiorników i maksymalne natężenie odpływu ze zbiorników, które powinno być mniejsze od przepustowości koryta danego odcinka potoku Czarna Woda. W tym celu wyznaczono krzywe natężenia przepływu w przekrojach obliczeniowych potoku, posługując się wzorem Chézy, w którym współczynnik prędkości obliczono formułą Manninga. Stwierdzono, że zmniejszenie ryzyka powodziowego można uzyskać poprzez zastosowanie dwóch rozwiązań: poprawę przepustowości koryta lub zmniejszenie natężenia przepływu wezbraniowego za pomocą suchych zbiorników wodnych. Najwłaściwsze wydają się być połączenie tych sposobów ochrony przeciwpowodziowej, zwłaszcza w przypadku braku możliwości przebudowy koryta w terenach intensywnie zurbanizowanych, czego przykładem jest miejscowość Łącko.

Summary

The dry reservoirs in the flood protection of locality Łącko. The appraisal of the possibility of decrease of the flood threat

of the locality Łącko by construction of dry reservoirs in the upper part of the Czarna Woda stream. The capacity of reservoirs and maximum outflow discharge from the reservoirs was designated with consideration that discharge should be smaller than the channel conveyance of the given section of the Czarna Water stream. For that purpose the rating curves were defined in cross-sections of the stream by using the Chézy formula. It was stated that decreasing of the flood risk in Łącko can be obtained by applying two solutions: increasing the channel conveyance or decreasing the maximal flood discharge by construction of dry water reservoirs. The most proper seem to be the connection of these methods of the flood protection, especially in case of lack of possibilities for reconstruction the channel bed on intensely urbanized areas, as the Łącko locality is example.

Author's address:

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