

OKREŚLENIE PRZEPUSTOWOŚCI KORYTA POTOKU CZARNA WODA

Bogusław Michalec, Marek Tarnawski

Katedra Inżynierii Wodnej, Akademia Rolnicza w Krakowie

Streszczenie. Potok Czarna Woda wielokrotnie powodował zatopienie terenów przyległych. Najbardziej dotkliwe w skutkach były powodzie z 1997 i 2001 roku. Potwierdziły istnienie dużego zagrożenia powodziowego, powodującego zatopienie doliny Czarnej Wody. Tereny te stanowią użytki zielone i orne oraz obszary wsi o linowej luźnej, zabudowie, zlokalizowanej wzdłuż górnego biegu koryta potoku i drogi.

Wykazano, że w wydzielonych przekrojach poprzecznych koryta, na odcinku powyżej Łącka, przepływ brzegowy jest znacznie mniejszy od przepływu miarodajnego ($Q_{1\%}$), służącego wymiarowaniu koryt potoków. Przepływ miarodajny obliczono dla dwóch wydzielonych odcinków obliczeniowych. Podział ten został podyktowany silnie rozwiniętą siecią dopływów potoku Czarna Woda, wpływającą na znaczą zmianę wartości przepływów o określonym prawdopodobieństwie wzdłuż biegu potoku. W przeprowadzonej analizie przepustowości koryta potoku Czarna Woda uwzględniono istniejący stan koryta i wpływ zabudowy technicznej koryta oraz obiektów mostowych. W pierwszym wydzielonym odcinku przepływ miarodajny, wynoszący $41,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, mieści się w korycie potoku, a znajdujące się mosty nie wpływają na piętrzenie przepływu. Na drugim odcinku wyznaczono kilka przekrojów, których przepustowość jest mniejsza od przepływu miarodajnego tego odcinka, wynoszącego $60,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dodatkowo spiętrzenie wody miarodajnej trzema stopniami wodnymi wpływa na warunki przepływu wody w świetle dwóch mostów znajdujących się powyżej kaskady stopni. Mosty te, przepuszczając przepływ miarodajny $60,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pod ciśnieniem, powodują spiętrzenie przepływu i wystąpienie wody z koryta. W dolnej części odcinka drugiego, powyżej Łącka, koryto na długości 450 m charakteryzuje się niskim prawym brzegiem, mieszcząc jedynie przepływ wynoszący zaledwie $19,28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Stwierdzono, że straty powodziowe w centrum Łącka spowodowane są nie tylko przez wody potoku, występujące ze żłobu biegnącego przez centrum miejscowości, ale także spływającymi wodami z zatopionych terenów doliny, położonych powyżej.

Słowa kluczowe: przepustowość koryta, przepustowość mostu, współczynnik strat, współczynnik szorstkości

WSTĘP

Wezbrania na rzekach karpackich charakteryzują się krótkotrwałością oraz dużą kulminacją i stanowią zagrożenie dla leżących w dolinie osiedli, infrastruktury i użytków rolnych. Zagrożenie to można zmniejszyć przez zwiększenie retencji zlewni i odpowiednią zabudowę techniczną.

Szczególnie groźne dla terenów karpackich były powodzie w 1997 i 2001 roku. Powódź w lipcu 1997 roku była efektem intensywnych opadów, gdyż w ciągu dwóch dob spadło około 60% rocznego opadu charakterystycznego dla tego regionu. Istotne znaczenie w tym przypadku miały występujące wcześniej opady, które w czerwcu spowodowały prawie 100-procentowe nasycenie gleby. Tak więc deszcze, padające w lipcu 1997 roku, spływały po nieprzepuszczalnym podłożu i przyspieszały tworzenie się kulminacji wezbrań. Następstwem wezbrań były osunięcia niezabezpieczonych brzegów, wystąpienie wód z koryt i przepływ wody po terenach przyległych. Tereny te stanowiły użytki zielone, niewielkie pola orne oraz nieużytki. Tak też było w przypadku potoku Czarna Woda podczas powodzi w 1997 i 2001 roku. Niesione wraz z wodą liczne konary i gałęzie, blokując światła mostów, powodowały dodatkowe spiętrzenie wody i wystąpienie jej z koryta. Wezbranie, przyjmując formę powodzi wodno-błotnej, spotęgowało straty powodziowe. Koszty usunięcia skutków wezbrania w 2001 roku, określone przez Komisję Wojewódzką ds. Szacowania Skutków Klęsk Spowodowanych Zjawiskami Atmosferycznymi, wyniosły około 5287,14 tys. zł. Gmina Łącko została ujęta w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 4 września 2001 roku w wykazie miejscowości dotkniętych powodzią oraz miejscowości, na których obszarze wystąpiły osuwiska ziemne lub huragany (DzU nr 95, poz. 1046 z dnia 7 września 2001 r. z późn. zm.).

Uwzględniając zagrożenie powodziowe, należy ocenić przepustowość koryta potoku Czarna Wodna i wskazać odcinki potoku, które charakteryzują się niską przepustowością. Umożliwi to opracowanie koncepcji zabezpieczenia zagrożonej miejscowości Łącko. W tym celu określono przepustowość koryta, uwzględniając jego stan techniczny i wpływ budowli hydrotechnicznych, tj. stopni wodnych i obiektów mostowych. Określono maksymalny przepływ brzegowy w wyznaczonych przekrojach poprzecznych oraz położenie zwierciadła wody miarodajnej w profilu podłużnym cieku.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

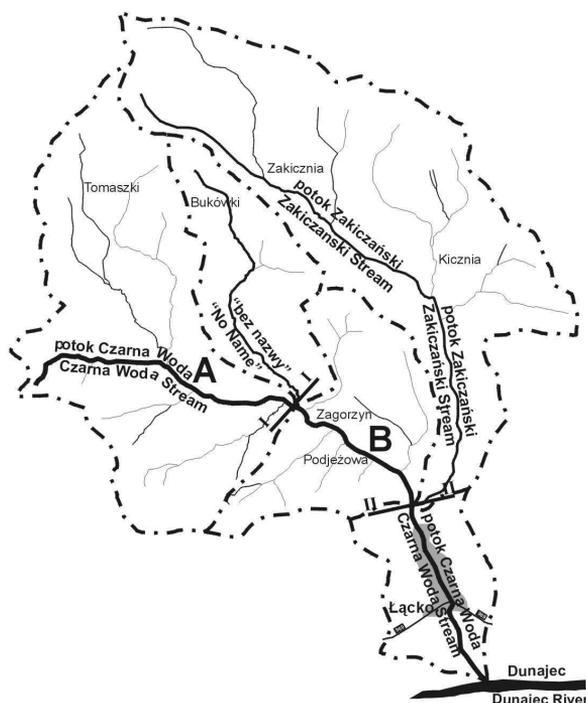
Zlewnia potoku Czarna Woda, o powierzchni wynoszącej 29,3 km², położona jest na wysokości 350–400 m n.p.m. Średni roczny opad, ustalony ze stacji meteorologicznej w Nowym Sączu, wynosi 697 mm. Ze względu na warunki geograficzne, a więc górzyste usytuowanie, obszar zlewni charakteryzuje łagodny klimat, należący do piętra klimatycznego umiarkowanie ciepłego [Dynowska i Maciejewski 1991]. W przypadku gwałtownych opadów szybki spływ wód i silnie rozwinięta sieć dopływów przyczynia się do tworzenia krótkotrwałych, lecz intensywnych wezbrań.

METODYKA

W wyniku analizy zarówno dokumentacji technicznej, jak i raportów z przebiegu wezbrań 1997 i 2001 roku przyjęto metodykę badań, obejmującą:

- wykonanie pomiarów terenowych, służących wykreśleniu przekrojów poprzecznych i profilu podłużnego potoku Czarna Woda,
- wykonanie inwentaryzacji budowli hydrotechnicznych i obiektów mostowych,
- wykonanie inwentaryzacji stanu koryta,
- obliczenia hydrologicznych przepływów miarodajnych,
- obliczenia hydraulicznych przepustowości koryta i zmian położenia zwierciadła wody miarodajnej, z zachowaniem istniejącego stanu technicznego i zabudowy biologicznej koryta,
- ustalenia przepustowości mostów.

Badaniami objęto górny odcinek potoku Czarna Woda, wydzielając dwa odcinki badawcze: odcinek „A” – od przekroju I–I w km 4+045 (powyżej ujścia potoku „bez nazwy” do potoku Czarna Woda) do przekroju w km 5+709, którego powierzchnia zlewni cząstkowej zamknięta przekrojem w km 4+045 wynosi 9,29 km², i odcinek „B” od przekroju II–II w km 2+068 (powyżej ujścia potoku Zakiczańskiego do potoku Czarna Woda) do przekroju w km 4+045 (ujście potoku „bez nazwy” do potoku Czarna Woda). Powierzchnia jego zlewni cząstkowej wynosi 16,44 km² (rys. 1).



Rys. 1. Zlewnia potoku Czarna Woda z zaznaczonymi przekrojami i wydzielonymi odcinkami obliczeniowymi „A”, „B”

Fig. 1. Watershed of Czarna Woda Stream with marked cross-sections and separated computational sections “A”, “B”

Przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia, wynoszącym 0,1, 1, 10 i 50%, obliczono wzorem empirycznym Punzeta. Przepływy te obliczono w przekrojach I–I i II–II, zamykających zlewnie odcinków badawczych „A” i „B” (rys. 1).

Wykonano pomiary geodezyjne 15 przekrojów poprzecznych w każdym z wydzielonych odcinków. Na podstawie pomiarów geodezyjnych wyznaczono spadki dna. Równocześnie przeprowadzono inwentaryzację geodezyjną obiektów mostowych. Pomiarami objęto osiem mostów znajdujących się na odcinku „A” i pięć mostów na odcinku „B”.

W przeprowadzonej analizie określono maksymalne napełnienie w korycie, odpowiadające wodzie brzegowej, z uwzględnieniem istniejącej roślinności i stanu koryta. W tym celu posłużono się równaniem Chezy’ego, w którym współczynnik prędkości obliczono według wzoru Manninga. Na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji stanu koryta, zabudowy biologicznej, uwzględniając zróżnicowanie roślinności na brzegach i terenach przybrzeżnych oraz zróżnicowanie materiału mineralnego znajdującego się w dnie koryta potoku, przyjęto współczynniki szorstkości.

Przepustowość mostów została określona zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 roku dotyczącym warunków technicznych drogowych obiektów inżynierskich. Obliczono wysokość spiętrzenia przepływu miarodajnego w świetle mostów. W przypadku gdy przepływ miarodajny nie mieścił się w korycie powyżej mostu, spiętrzenie obliczono, uwzględniając przepływ maksymalny mieszczący się w tym przekroju.

Wychodząc z zasady zachowania energii mechanicznej strumienia wody w korycie [Kubrak i Nachlik 2003], określono wysokość spiętrzenia przed mostem (h_1^*):

$$h_1^* = K \alpha_m \frac{V_m^2}{2g} + \alpha_1 \left[\left(\frac{A_m}{A_2} \right)^2 - \left(\frac{A_m}{A_1} \right)^2 \right] \frac{V_m^2}{2g} \quad (1)$$

gdzie: K – współczynnik strat energii,

α_m – współczynnik St. Venanta w przekroju mostowym,

α_1 – współczynnik St. Venanta w przekroju koryta przed mostem,

V_m – średnia prędkość przepływu w przekroju mostu,

A_m – pole powierzchni przekroju poprzecznego w świetle mostu,

A_1 – pole powierzchni przekroju poprzecznego powyżej mostu,

A_2 – pole powierzchni przekroju poprzecznego poniżej mostu,

g – przyspieszenie ziemskie.

Współczynnik strat energii (K), zgodnie z Rozporządzeniem... [2000], można wyrazić jako:

$$K = K_0 + \Delta K_f + \Delta K_e + \Delta K_p \quad (2)$$

gdzie: K_0 – podstawowy współczynnik strat, zależny od współczynnika kontrakcji (M),

ΔK_f – poprawka uwzględniająca wpływ filarów,

ΔK_e – poprawka uwzględniająca wpływ niesymetryczności usytuowania światła mostu w stosunku do terenów zalewowych,

ΔK_p – poprawka uwzględniająca wpływ ukośnego usytuowania mostu w stosunku do osi ciekłu.

Współczynniki strat w przekroju koryta przed mostem i w przekroju mostu oraz współczynniki kontrakcji (M) ustalono zgodnie z zasadami podanymi przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów [Światła mostów... 2000].

Obliczono także wysokości spiętrzania przed mostem według formuły zalecanej w Rozporządzeniu... [2000]:

$$\Delta z = K \frac{\alpha_m V_m^2}{2g} + \frac{\alpha_1 (V_2^2 - V_1^2)}{2g} \quad (3)$$

gdzie: V_1 – średnia prędkość przepływu w przekroju poprzecznym powyżej mostu po spiętrzeniu,

V_2 – średnia prędkość przepływu w przekroju poprzecznym poniżej mostu.

W przypadku warunków hydraulicznych powodujących przepływ wody w moście pod ciśnieniem (most niskowodny) sprawdzono przepustowość mostu według wzoru [HEC-RAS 1997]:

$$Q = CA_m \sqrt{2gH} \quad (4)$$

gdzie: C – współczynnik wydatku otworu; $C = 0,8$,

H – różnica wzniesień linii energii strumienia wody w przekroju powyżej mostu i zwierciadła wody za mostem.

Spiętrzenie przed mostem (h_1^*), według wzoru (1), obliczono metodą iteracyjną, uwzględniając zmianę prędkości przepływu wody w wyniku spiętrzenia. W pierwszym przybliżeniu oszacowano spiętrzenie przed mostem. Uwzględniono wartość spiętrzenia, modyfikując głębokość napełnienia i pole powierzchni przekroju poprzecznego, a następnie obliczając zredukowaną wartość prędkości przepływu.

Ostatecznie ustalona wartość spiętrzenia posłużyła do określenia tzw. zapasu w świetle mostu (Z), obliczanego jako różnica między dolną krawędzią belki przęsła mostu a rzędną zwierciadła wody spiętrzonej przez most. Spiętrzenie to może spowodować wystąpienie wody z koryta potoku lub zatopienie belki przęsła mostu. Analiza układu zwierciadła wody spiętrzonej mostem w profilu podłużnym umożliwia wyznaczenie odcinków o niskich brzegach, na których woda wypłynie z koryta. Na tej podstawie dokonana zostanie ocena wpływu mostów na zmianę napełnienia w ich świetle i w przekroju powyżej.

W km 3+960 (odcinek „A”) znajduje się stopień wodny, mający zasadniczy wpływ na poziom zwierciadła wody miarodajnej. Obliczenie zdolności przepustowej stopnia przeprowadzono według wzoru [Sobota 1994]:

$$Q = mB \sqrt{2g} h^{1,5} \quad (5)$$

gdzie: m – współczynnik wydatku; $m = 0,495$,

B – szerokość przelewu,

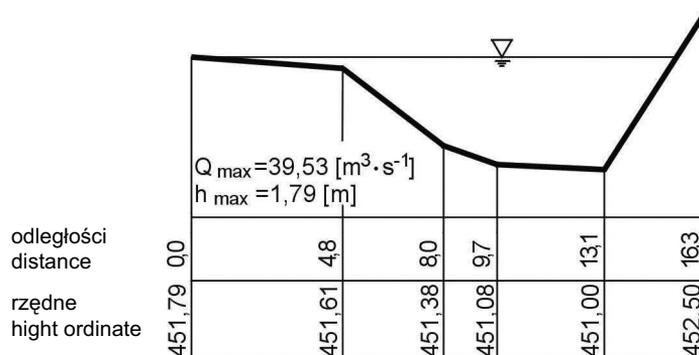
h – wysokość wody na przelewie.

WYNIKI OBLICZEŃ I ICH ANALIZA

Przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia, obliczone według Punzeta, w przekrojach obliczeniowych I-I (km 4+045) i II-II (km 2+068), zamieszczone w tabeli 1.

Tabela 1. Przepływy o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia według Punzeta
Table 1. Discharges with exceedence probability according to Punzet

Prawdopodobieństwo Probability p [%]	Przeptyw, Q [$m^3 \cdot s^{-1}$] Discharge, Q [$m^3 \cdot s^{-1}$]	
	Przekrój I-I Cross-section I-I	Przekrój II-II Cross-section II-II
0,1	61,72	90,05
0,5	47,42	69,44
1,0	41,11	60,32
10,0	19,24	28,65
50,0	5,30	8,29

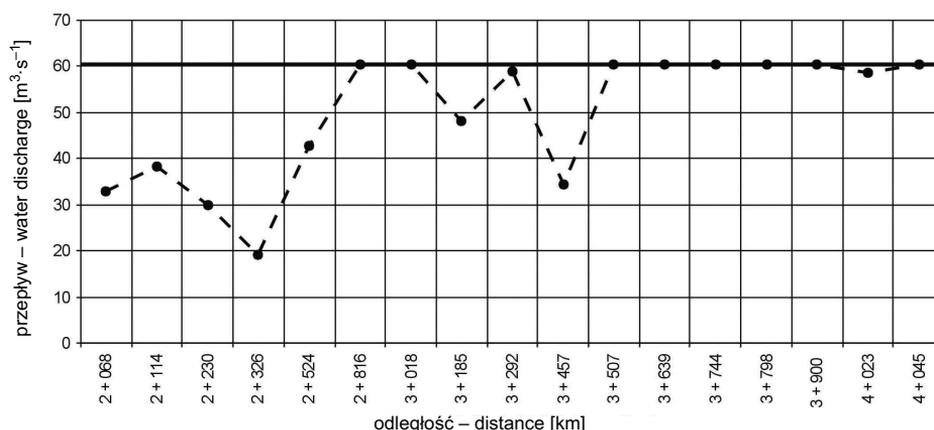


Rys. 2. Przekrój koryta potoku Czarna Woda na odcinku „A” w km 4+163
Fig. 2. Cross-section of Czarna Woda stream on reach „B” in km 4+163

Przepływ miarodajny, wynoszący $41,11 m^3 \cdot s^{-1}$, nie wystąpi z koryta potoku na całej długości odcinka „A”, z wyjątkiem przekroju w km 4+163. W tym przekroju (rys. 2) przepływ maksymalny (Q_{max}), mieszczący się w korycie, wynosi $39,53 m^3 \cdot s^{-1}$.

Przepływ miarodajny dla odcinka „B”, wynoszący $60,32 m^3 \cdot s^{-1}$, nie mieści się w korycie w przekroju w km 4+023 i pomiędzy przekrojami w km 3+018 – 3+507, tj. na długości 489 m, oraz od przekroju w km 2+816 do przekroju w km 2+068, tj. na długości 748 m. W przekrojach niemieszczących przepływu miarodajnego obliczono maksymalne napełnienie w korycie (rys. 3).

Dolny fragment odcinka „B”, począwszy od przekroju w km 2+816 aż do przekroju w km 2+068, poniżej którego wpływa potok Zakiczański, charakteryzuje się niewielką przepustowością. W tej części odcinka „B” koryto potoku Czarna Woda może pomieścić



Rys. 3. Przepływ brzegowy (oznaczony linią przerywaną) i wymagany przepływ miarodajny $Q_{1\%} = 60,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (linia ciągła) koryta potoku Czarna Woda na odcinku „B”

Fig. 3. Channel flow (dotted line signifies) and required base discharge flow $Q_{1\%} = 60,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (thick continuous line) of Czarna Woda Stream on reach „B”

cić przepływy w granicach od $19,3$ do $42,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Płytkie koryto tej części potoku jest przyczyną wystąpienia z tego koryta przepływu miarodajnego i większych, powodując zalanie terenów przybrzeżnych, stanowiących tereny rolnicze oraz zabudowania wsi Brovary i Podjeżowa.

Znaczący wpływ na przepływ wód miarodajnych i wezbraniowych mają obiekty hydrotechniczne i mostowe. W analizie warunków hydraulicznych przepływu w przekrojach mostowych poprawki uwzględniające straty energii (K) określono według zaleceń podanych w HEC-RAS... [1997]. W obliczeniach przyjęto $\alpha_m = 1,2$ i $\alpha_1 = 1,2$. W przypadku gdy w korycie potoku powyżej mostu nie mieścił się przepływ miarodajny, obliczenia wysokości spiętrzenia zostały przeprowadzone dla maksymalnych przepływów, mieszczących się w korycie (Q_{\max}). Wyniki obliczeń wysokości spiętrzenia wody w świetle mostów oraz tzw. zapasu zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3 nie zawiera wyników obliczeń wysokości spiętrzenia na moście nr B-4 w km 3+965 i moście nr B-5 w km 4+039. Mosty te ze względu na wysokość położenia zwierciadła wody miarodajnej są mostami niskowodnymi. Wysokości spiętrzenia w mostach obliczono z przekształconego równania (4), uwzględniając wysokość prędkości wody.

Wysokość w świetle mostu nr B-4 wynosi $2,30 \text{ m}$, a napełnienie w korycie w przekroju poniżej mostu, przy przepływie miarodajnym, jest równe $2,37 \text{ m}$. Przepływ ten mieści się w korycie w tym przekroju, gdyż głębokość koryta powyżej i poniżej mostu wynosi $2,41 \text{ m}$. Obliczona wysokość H , będąca wysokością linii energii, wynosi $0,83 \text{ m}$. Uwzględniając prędkość, równą $0,38 \text{ m}$, określono wysokość spiętrzenia, wynoszącą $0,45 \text{ m}$. Obliczone całkowite napełnienie w korycie powyżej mostu, uwzględniając spiętrzenie wody, wynosi $2,82 \text{ m}$ i jest o $0,41 \text{ m}$ większe od głębokości koryta. Tak znaczne spiętrzenie wody w świetle mostu nr B-4 spowoduje wystąpienie wody z koryta.

W przypadku niewielkich odległości między mostami mogą wystąpić sytuacje, w których most położony niżej oddziałuje na hydrauliczne warunki przepływu w moście zlo-

Tabela 3. Wysokość spiętrzenia wody przez mosty potoku Czarna Woda
Table 3. Height of water swell on the bridges at Czarna Woda stream

Most Nr i km The bridge No and km	Przepływ obliczeniowy Computational discharge flow [m ³ ·s ⁻¹]	Współczynnik strat The losses coefficient		Wysokość spiętrzenia wody miarodajnej High of base water swell		Zapas w świetle mostu Reserve at the bridge Z [m]
		K_0 [-]	K [-]	h_1^* [m]	Δz [m]	
Nr A-1, 4+215	$Q_m = 41,1$	0,01	0,01	0,11	0,11	0,55
Nr A-2, 4+360	$Q_m = 41,1$	0,01	0,01	0,10	0,10	0,08
Nr A-3, 4+512	$Q_m = 41,1$	0,10	0,10	0,20	0,17	0,00
Nr A-4, 4+587	$Q_m = 41,1$	0,10	0,10	0,28	0,28	0,31
Nr A-5, 4+971	$Q_m = 41,1$	0,10	0,10	0,25	0,24	0,28
Nr A-6, 5+055	$Q_m = 41,1$	0,10	0,10	0,09	0,09	0,81
Nr A-7, 5+430	$Q_m = 41,1$	0,10	0,10	0,65	0,61	1,06
Nr A-8, 5+527	$Q_m = 41,1$	0,10	0,10	0,11	0,12	0,72
Nr B-1, 2+098	$Q_{max} = 38,2$	0,15	0,15	0,28	0,18	2,12
Nr B-2, 3+350	$Q_m = 60,3$	0,05	0,05	0,02	0,02	0,14
Nr B-3, 3+836	$Q_m = 60,3$	0,10	0,10	0,00	0,00	1,49

kalizowanym powyżej. Taka sytuacja ma miejsce w przypadku mostów nr B-4 i nr B-5. W przekroju przed mostem nr B-5 przepływ miarodajny nie mieści się w korycie, więc spiętrzenie wywołane tym mostem określono dla przepływu brzegowego 58,73 m³·s⁻¹. Uwzględniając zasięg oddziaływania niżej położonego mostu nr B-4, obliczono wysokość linii energii (H) w moście nr B-5, wynoszącą 1,66 m, uwzględniając prędkość równą 0,38 m. W przekroju powyżej tego mostu, przy całkowitym jego napełnieniu, spiętrzenie wynosi 1,28 m, powodując wystąpienie wody z koryta.

Stopień w km 3+960, znajdujący się na odcinku „B”, może przeprowadzić przepływ wynoszący $Q_{5\%} = 38,40$ m³·s⁻¹, a więc mniejszy niż przepływ miarodajny tego odcinka $Q_{1\%} = 60,32$ m³·s⁻¹. Wysokość przyczółków stopnia wynosi 1,66 m, co nie gwarantuje przepływu wody ($Q_{1\%}$) przy napełnieniu na przelewie 2,03 m. Powoduje to wystąpienie wód poza przyczółki stopnia, a tym samym zalanie terenów przyległych.

PODSUMOWANIE

Koryto wydzielonego odcinka „A” potoku Czarna Woda mieści przepływ miarodajny ($Q_{1\%}$), wynoszący 41,1 m³·s⁻¹, a także przepływy większe, włącznie z przepływem o prawdopodobieństwie 0,5%. Na tym odcinku nie istnieje zagrożenie wystąpienia wód wezbraniowych z koryta.

Znacznie mniejszą przepustowością charakteryzuje się odcinek „B”. Przepływ miarodajny odcinka „B” jest większy od przepływu miarodajnego odcinka „A”, ze względu na dopływ potoku „bez nazwy” w km 2+816 i wynosi 60,3 m³·s⁻¹. Zachowana niezmienna geometria przekrojów poprzecznych tego odcinka, zbliżona do parametrów koryta wyżej leżącego odcinka „A”, nie gwarantuje przeprowadzenia zwiększonego przepływu miarodajnego.

dajnego. Zwiększona objętość przepływu miarodajnego na odcinku „B” powoduje wypływanie wody z koryta i zalanie terenów przyległych. Szczególne zagrożenie powodziowe istnieje w dolnej części tego odcinka. Na długości ponad 750 m, tj. od przekroju w km 2+816 do przekroju w km 2+068, wymagane jest pogłębienie koryta lub wykonanie obwałowań, gdyż w stanie istniejącym nie jest możliwe przepuszczenie przepływu wód miarodajnych i większych. Znajdujące się na tym odcinku mosty nr B-4 i nr B-5, charakteryzujące się niską przepustowością, powodują wystąpienie przepływu miarodajnego z koryta potoku. Biegająca wzdłuż potoku droga, stwarza dogodne warunki do przepływu wody z dużą prędkością do miejscowości Łącko.

Duże znaczenie w ochronie przeciwpowodziowej Łącka mogą mieć zbiorniki małej retencji, zlokalizowane w górnej części zlewni.

PIŚMIENNICTWO

- Dynowska I., Maciejewski M., 1991. Dorzecze górnej Wisły. Cz. I. PWN, Warszawa – Kraków.
- HEC-RAS, Hydraulic Reference Manual, 1997. ver. 2.0, US Army Corps of Engineers.
- Kubrak J., Nachlik E., 2003. Hydrauliczne podstawy obliczania przepustowości koryt rzecznych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. DzU nr 63, poz. 735. Zał. nr 1, rozdz. 2.4. Spiętrzenie przed mostem (<http://www.abc.com.pl/serwis/du/2000/0735.htm>).
- Sobota J., 1994. Hydraulika. T. II. Wydawnictwo AR, Wrocław.
- Światła mostów i przepustów. Zasady obliczeń z przykładami, 2000. Red. B. Utrysko. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Wrocław – Żmigród.

DETERMINING THE CZARNA WODA STREAM CHANNEL CONVEYANCE

Abstract. Floods of 1997 and 2001 revealed a grave flood hazard for the areas located along the Czarna Woda stream. Intensive high bankfull flows cause flooding of the Czarna Woda valley. The areas are used as grasslands or arable lands and also constitute a loosely built up village localized along the upper course of the stream and road. In its lower part the stream flows through Łącko village to its outlet into the Dunajec River.

As shown by an analysis, the stream overflowing in the sections above Łącko village occurs already at water flows lower than the reliable discharge $Q_{1\%}$ used for dimensioning stream channels. In order to determine the stream conveyance, two measuring sections were designed for which reliable discharge was assessed, computed from the empirical Punzet formula for the Carpathian catchments. The analysis of the Czarna Woda Stream channel conveyance considered the actual state of the channel and the effect of technical development. There are seven bridges within the first section joining the settlements situated on the left bank with a municipality road running along the stream. There are five bridges within the second section.

Key words: channel conveyance, bridge conveyance, loss coefficient, roughness coefficient