

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2017), 26 (1), 28–37
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2017), 26 (1)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2017), 26 (1), 28–37
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2017), 26 (1)
<http://iks.pn.sggw.pl>
DOI 10.22630/PNIKS.2017.26.1.03

Agata MAJERCZYK, Bogusław MICHAŁEC

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

Oddziaływanie przepustu na warunki hydrauliczne przepływu wody w głównym rowie systemu odwadniającego stopnia wodnego Łączany

The impact of culvert on water-flow conditions in main ditch of Łączany barrage's drainage system

Słowa kluczowe: przepust, przepustowość, krzywa przepływu

Key words: culvert, channel's capacity, curve flow

Wprowadzenie

Negatywne skutki piętrzenia wód powierzchniowych, objawiające się podniesionym poziomem zwierciadła wód gruntowych na terenach przyległych, mogą być niwelowane przez odpowiednią ochronę tych terenów przed podtopieniem, m.in. poprzez budowę systemu odwadniającego odprowadzającego wody z tych terenów. System taki, jako system ograniczający negatywne skutki piętrzenia wód Wisły stopniem wodnym w Łączanach, powstał w latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia (Określenie wpływu..., 1987). System powstał na

terenach zamieszkałych i użytkowanych rolniczo i z tego powodu konieczna była budowa infrastruktury i przepustów na rowach odwadniających, które umożliwiły swobodną komunikację i dostęp do użytków rolnych.

Przepusty stanowią istotny element infrastruktury komunikacyjnej, a ich projektowanie i wykonawstwo określone są odpowiednimi przepisami zgodnymi z prawem budowlanym z 1994 roku oraz dokumentami wykonawczymi z nim powiązanymi. Podstawowymi dokumentami są: rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 2000 r. dotyczące drogowych obiektów inżynierskich i ich usytuowania (które zawiera także szczegółowy opis metod obliczania światła przepustów) oraz zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia tuneli samochodowych, przejść podziemnych i przepustów

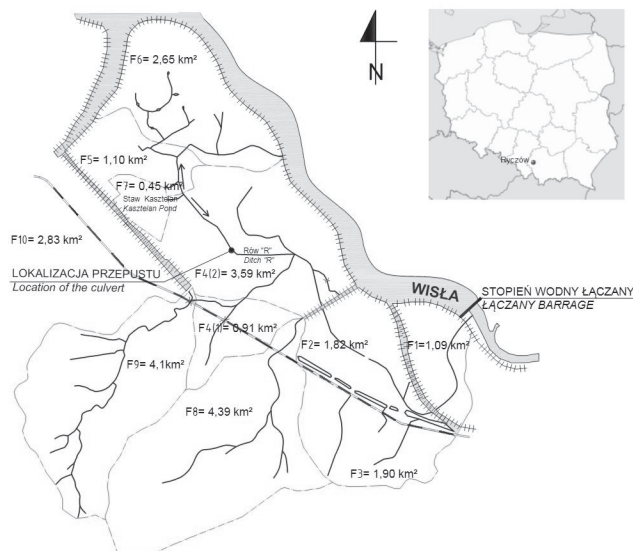
(wydane przez Generalną Dyрекcyję Dróg i Autostrad w 2009 roku).

Wykonawstwo systemu odwodnieniowego przy stopniu wodnym Łączany odbiega od założeń przedstawionych w projekcie melioracji tego obszaru, a powstałe zmiany naturalne (degradacja i agradacja) i antropogeniczne (liczne przebudowy, często nielegalnie wykonane przez mieszkańców terenów chronionych systemem) spowodowały nieprawidłowości w funkcjonowaniu tego systemu i niedrożność przepustów. Występowanie zwiększonych przepływów wywołanych np. deszczami nawalnymi często przyczynia się do występowania wody z koryt rowów i lokalnych podtopień. Konieczna jest zatem analiza obecnie występujących warunków hydraulicznych przepływu wody w korytach otwartych systemu i weryfikacja ich z założeniami projektowymi. W pracy dokonano wstępnej analizy jednego

z 14 przepustów znajdujących się na głównym rowie systemu odwodnieniowego stopnia wodnego Łączany.

Material i metody

Analizowany przepust lokalizowany jest w kilometrze 5+641 rowu „R”, który jest główny w systemie odwadniającym przy stopniu wodnym w Łączanach (rys. 1). Administracyjnie obszar ten leży w powiecie wadowickim, w gminie Brzeźnica. Zlewnia rowu „R” znajduje się na prawym brzegu doliny rzeki Wisły i ma powierzchnię 10,41 km², a wody odpływające z systemu odwodnieniowego przez rów „R” odprowadzane są grawitacyjnie do Wisły na dolne stanowisko stopnia wodnego w Łączanach za pomocą przepustu wałowego (Ekspertyza..., 1975). W okresie podwyższonych stanów wody w Wiśle odpływ grawitacyjny



RYСУNEK 1. Schemat lokalizacji systemu odwodnieniowego Łączany (Majerczyk i Michalec, 2012)
FIGURE 1. Scheme of drainage system in Łączany (Majerczyk and Michalec, 2012)

w rowie „R” jest utrudniony lub niemożliwy. Wody spływające ze zlewni rowu „R”, wypełniając dolinę rowu, powodują podtopienie i zatopienie terenów przyległych, co ma miejsce w okresie trwania wezbrań na Wiśle.

Badany przekrój przepustu zamyka zlewnię cząstkową o powierzchni 67 ha. Na odcinku rowu od km 4+680 do km 6+500 koryto zostało zaprojektowane dla przepływu miarodajnego wyznaczonego według wzoru Iszkowskiego Q_{3z} (Ekspertyza..., 1975). Przepływ miarodajny wraz z przesiąkami przyjętymi dla wielkości 10% przepływu obliczeniowego określono jako przepływ o wartości $1,273 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Rów „R” na całej swojej długości został zaprojektowany o trapezowym kształcie przekroju z nachyleniem skarp wynoszącym $1 : 1,5$, szerokością dna równą $0,5 \text{ m}$ i spadkiem podłużnym dna wynoszącym $0,5\%$. Napełnienie w rowie przy przepływie miarodajnym wynosiło $1,16 \text{ m}$. W czasie drenowania rolniczego, wykonanego w latach 1967–1968, dokonano poszerzenia koryta na odcinku od km 4+680 do km 6+500, z szerokości istniejącej $0,5 \text{ m}$ do 1 m (Ekspertyza..., 1975). W dokumentacji technicznej dotyczącej melioracji doliny Wisły w strefie oddziaływania stopnia wodnego w Łączanach nie ma informacji o projektowaniu średnicy przepustów na rowie „R”.

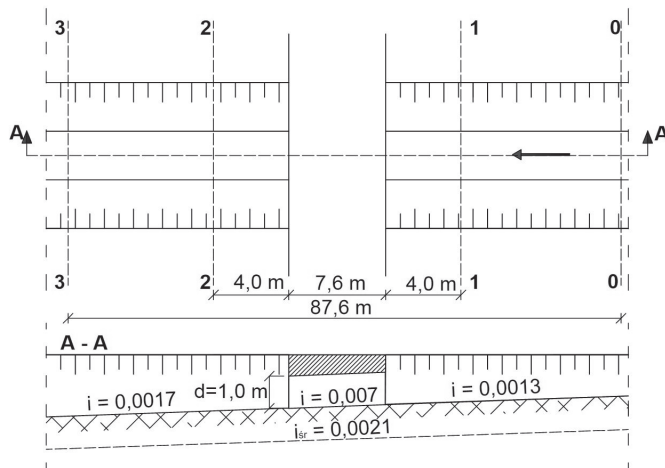
Ze względu na brak odpowiedniej konserwacji rowu, za wyjątkiem wykaszania traw w okresie wegetacyjnym, zmiany kształtu i pola powierzchni przekroju koryta powyżej przepustu spowodowane degradacją skarp mogą przyczynić się do zmiany warunków hydraulicznych przepływu wody w rowie i przepuście. Zmiany te mogą spowodo-

wać zwiększenie spiętrzenia wody przed analizowanym przepustem i występowania wody z koryta, powodując zatapianie terenów przyległych.

Pomiary geodezyjne przekrojów poprzecznych i spadku dna rowu „R” w rejonie przepustu zlokalizowanego w kilometrze 5+641 tego rowu wykonano niwelatorem marki TOPCON AT-G6. Przekroje poprzeczne koryta rowu wyznaczono w odległości 4 m odpowiednio przed i za przepustem (rys. 2), a na długości $87,6 \text{ m}$ dokonano pomiaru spadków dna rowu, określając spadki lokalne przed przepustem, w przepuście i za przepustem, a także spadek wyrównany. Spadek wyrównany określono pomiędzy przekrojami 0-0 i 3-3 (rys. 2). Przekrój 0-0 wyznaczono w odległości 30 m przed przepustem, a przekrój 3-3 wyznaczono 50 m za przepustem.

Określenie oddziaływania przepustu na warunki przepływu wody w rowie wymaga dysponowania krzywymi natężenia przepływu. W dokumentacji (Ekspertyza..., 1975) zamieszczono krzywą natężenia przepływu dla tego docinka rowu opracowaną według założeń projektowych i krzywą natężenia przepływu opracowaną na podstawie projektu powykonawczego. Krzywe te zostały porównane z krzywą opracowaną na podstawie wykonanych pomiarów geodezyjnych.

Przy obliczaniu przepustów należy rozważyć układ zwierciadła wody przed i za przepustem, przy czym wyróżnia się przepusty beciśnieniowe (o swobodnym przepływie), półciśnieniowe (o zatopionym wlocie i niezatopionym wylocie) oraz ciśnieniowe (o zatopionym wlocie i wylocie) (Zalecenia..., 2009). Ze względu na wpływ analizo-



RYSUNEK 2. Schemat lokalizacji przekrojów poprzecznych 1-1 i 2-2
 FIGURE 2. Scheme of 1-1 and 2-2 cross-sections location

wanego przepustu na tereny przyległe i bezpieczeństwo drogi, pod którą znajduje się przepust, przeanalizowano warunki hydrauliczne przy przepływie ciśnieniowym, kiedy natężenie przepływu powoduje powstanie dużych strat i występowanie wody z koryta rowu. Wydatek przepustu o zatopionym wlocie i wylocie oblicza się według wzoru (Rozporządzenie..., 2000):

$$Q = \mu \cdot F_p \cdot \sqrt{2g \cdot (H_0 + I_p \cdot L_p - h_0)} \quad (1)$$

gdzie:

Q – wydatek przepustu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

μ – współczynnik wydatku dla wlotu, przyjęto $\mu = 0,62$ [-],

F_p – pole przekroju wlotu przepustu [m^2],

g – przyspieszenie ziemskie [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$],

H_0 – wysokość energii wody spiętrzonej przed przepustem [m],

I_p – spadek podłużny przepustu [-],

L_p – rzeczywista długość przepustu wynikająca z klasy drogi i wysokości nasypu [m],

h_0 – napelnienie w przekroju koryta cieku przed jego zabudową [m].

Wielkość energii wody spiętrzonej przed przepustem wody (H_0) w warunkach przepływu ciśnieniowego wyznaczono po przekształceniu wzoru (1), wartość H_0 dla przepustu o niezatopionym wlocie i wylocie, kiedy napelnienia w rowie są na niższym poziomie niż wysokość przepustu (jego średnicy), wyznaczono ze wzoru (Rozporządzenie..., 2000):

$$H_0 = \left(\frac{Q}{\mu \cdot b_{kr} \cdot \sqrt{2g}} \right)^{2/3} \quad (2)$$

gdzie:

b_{kr} – światło przepustu (dla przepustu kołowego wyznaczone jako iloraz pola przekroju strumienia przy głębokości krytycznej i tej głębokości) [m],

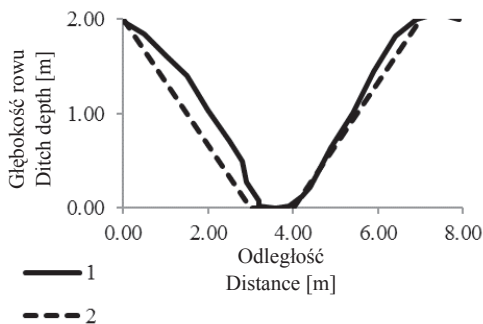
pozostałe oznaczenia jak we wzorze (1).

Badany przepust znajduje się przy drodze, która zgodnie z rozporządza-

niem Ministra Infrastruktury z 2005 roku klasyfikowana jest jako droga klasy L, dlatego też światło przepustu obliczone na podstawie wartości przepływu miarodajnego o prawdopodobieństwie wystąpienia 2%, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 2009 roku i zaleceniami Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad z 2009 roku. Przepływ o określonym prawdopodobieństwie obliczono formułą opadową (Fal i in., 1998), ponieważ obiekt badań znajduje się w niekontrolowanej hydrologicznie zlewni o powierzchni mniejszej niż 50 km².

Wyniki i dyskusja

Na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych stwierdzono zmianę kształtu przekroju poprzecznego koryta powyżej (rys. 3) i poniżej analizowanego przepustu. Stwierdzono również, że spadek wyrównany, określony na podstawie pomiarów i wynoszący 2,1‰, jest ponadczterokrotnie większy od przyjętego w projektach wstępnym i powykonaw-



RYSunEK 3. Przekrój poprzeczny 1-1: 1 – przekrój według pomiarów, 2 – przekrój według projektu powykonawczego

FIGURE 3. Cross-section 1-1: 1 – cross-section according to measurements, 2 – cross-section according to as-built design

czym. Spadek dna rurociągu przepustu wynosi 7‰.

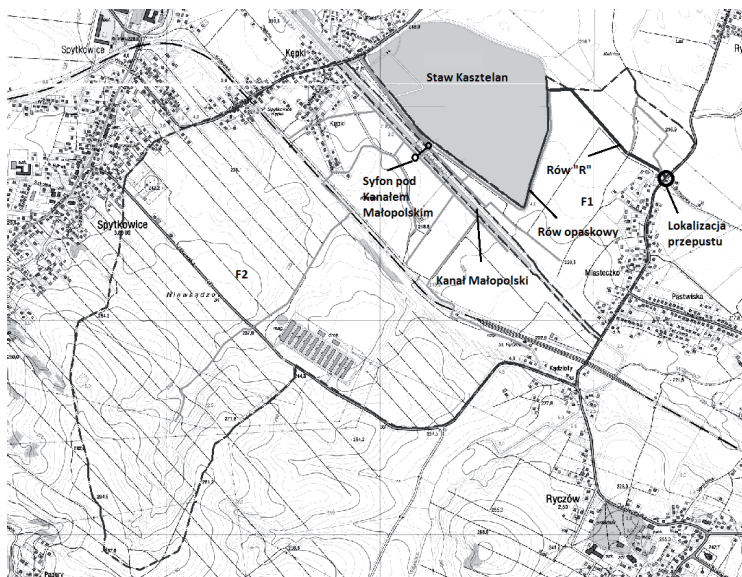
W dokumentacji (Ekspertyza..., 1975) podano przepływy o określonym prawdopodobieństwie dla całej zlewni rowu „R” wynoszącej 10,42 km², wyznaczone wzorem Punzeta. Przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia 2% dla całej zlewni rowu „R” wynosi 7,72 m³·s⁻¹. Nie wyznaczono przepływów o określonym prawdopodobieństwie dla zlewni cząstkowych. Określono natomiast przepływ Q_{3z} według Iszkowskiego, który wyniósł 1,273 m³·s⁻¹. Dla zlewni zamkniętej przekrojem, w którym zlokalizowany jest analizowany przepust, obliczono przepływ o prawdopodobieństwie 2% wzorem Punzeta (1978) i formułą opadową, które wynoszą odpowiednio 1,25 i 0,87 m³·s⁻¹. Przepływy te zostały określone dla zlew-



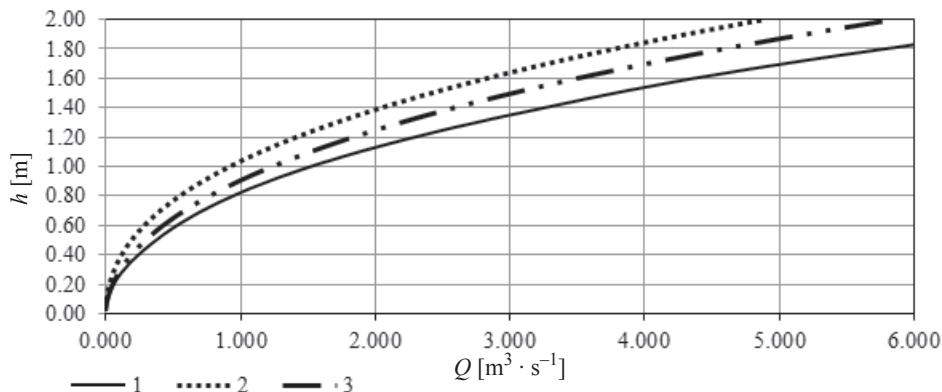
ni cząstkowej, wyznaczonej zgodnie z założeniami technicznymi we wstępnym i powykonawczym projekcie. Na rysunku 4 zlewnię tę oznaczono symbolem F1, a jej powierzchnia wynosi 0,67 km². Zgodnie z projektem granicę zlewni rowu „R” od strony południowo-zachodniej tworzyło obwałowanie Kanału Małopolskiego i grobla stawu Kasztelan. W wyniku przeprowadzonych inwentaryzacji, jak również na podstawie uzyskanej informacji od administratora systemu okazało się, że powierzchnia tej zlewni cząstkowej jest znacznie większa, gdyż odpływ wód ze zlewni F2 kierowany jest syfonem znajdującym się pod Kanałem Małopolskim do rowu opaskowego stawu Kasztelan (rys. 4). Powierzchnia zlewni F2 jest ponadczterokrotnie większa od powierzchni zlewni F1 i wynosi 2,95 km². Wody z rowu opaskowego sta-

wu Kasztelan wprowadzane są do rowu „R” w jego początkowym biegu. Syfon ten nie został zaprojektowany i wykonany na etapie projektowania systemu odwodnieniowego. Brak jest dokumentacji dotyczącej projektu i wykonawstwa tego syfonu. Uwzględniając zwiększoną powierzchnię zlewni cząstkowej F1 rowu „R” zamkniętej przekrojem przepustu o zlewnię F2, obliczono przepływ miarodajny o prawdopodobieństwie przewyższenia 2% według formuły opadowej. Przepływ ten wynosi 3,35 m³·s⁻¹.

Krzywą natężenia przepływu wody w rowie „R” opracowano dla przekroju poprzecznego koryta (przekrój 1-1) powyżej analizowanego przepustu i spadku lokalnego dna wynoszącego 1,3‰ (rys. 2). W obliczeniach przyjęto średni współczynnik szorstkości koryta równy 0,030. Na rysunku 5 przed-



RYSUNEK 4. Zlewnia dla przekroju w kilometrze 5+641 rowu „R”: F1 – zlewnia cząstkowa wyznaczona zgodnie z projektem, F2 – zlewnia cząstkowa wyznaczona na podstawie inwentaryzacji terenu
 FIGURE 4. Catchment for cross-section in km 5+641 of ditch “R”: F1 – sub-basin specified in accordance to the project, F2 – sub-basin specified in accordance to the inventory of the area



RYSUNEK 5. Krzywe natężenia przepływu przekroju wody w przekroju 1-1: 1 – przekrój według pomiarów, 2 – przekrój według projektu powykonawczego, 3 – przekrój po poszerzeniu dna
 FIGURE 5. The flow curves of cross-section 1-1: 1 – cross-section according to measurements, 2 – cross-section according to as-built design, 3 – cross-section after widening of the bottom

stawiono krzywą natężenia przepływu opracowaną na podstawie pomiarów geodezyjnych oraz krzywe natężenia przepływu wykonane na podstawie danych z ekspertyzy Biura Projektów Wodnych Melioracji z 1975 roku, tj. dla projektowanego koryta rowu i poszerzonego koryta rowu zgodnie z projektem powykonawczym. Z charakterystyki hydraulicznej rowu opisanej krzywą natężenia przepływu wody w korycie rowu „R” w przekroju 1-1 wynika, że przy maksymalnej głębokości rowu wynoszącej 1,98 m największy przepływ mieszczący się w projektowanym korycie wynosi $4,77 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Przepływ ten jako przepływ brzegowy określony dla koryta, którego wymiary uzyskano z pomiarów geodezyjnych, jest większy i wynosi $7,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (rys. 5). Jest to wartość przepływu swobodnego w rowie, bez uwzględniania wpływu przepustu.

W tabeli zamieszczono wyniki obliczeń wielkości energii wody (H_0) dla poszczególnych natężeń przepływu (Q) i napełnień (h) w przekroju 1-1. Przy przepływie bezciśnieniowym maksy-

malna wysokość spiętrzenia wynosi 0,13 m, co odpowiada napełnieniu w korycie wynoszącym 1,00 m. Przy swobodnym przepływie wody (tj. przy niezatopionym wlocie i wylocie przepustu) do napełnienia 1,00 m odpowiadającego wysokości przepustu i przepływie wynoszącym $1,12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ straty wynoszą 13 cm. Wraz ze zwiększeniem napełnienia i natężenia przepływu, a co za tym idzie wraz ze zmianą warunków przepływu wody przez przepust wysokość spiętrzenia zwiększa się, a jego uwzględnienie jest konieczne do określenia przepływu brzegowego przed przepustem. Przy napełnieniu wynoszącym 1,20 m, co odpowiada przepływowi równemu $2,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, wysokość spiętrzenia wynosi 0,78 m. Suma tych strat i napełnienia w korycie równa jest głębokości koryta, co oznacza, że każdy przepływ większy od $2,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nie mieszcząc się w korycie, spowoduje zatopienie terenów przyległych.

Przepływ miarodajny obliczony za pomocą formuły opadowej, wyznaczony dla zlewni F1 zgodnie z założeniami

TABELA. Wysokości energii wody (H_0) obliczone dla poszczególnych natężeń przepływu (Q) i napełnień (h) w przekroju 1-1

TABLE. The height of water energy (H_0) calculated for the various flow rates (Q) and water level (h) in cross-section 1-1

Parametr Parameter	Wartości Values						
Q [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	0,28	0,80	0,87	1,12	1,12	2,27	3,35
h [m]	0,42	0,74	0,77	0,87	0,87	1,20	1,42
H_0 [m] – przepływ swobodny free flow	0,27	0,74	0,80	1,00	–	–	–
H_0 [m] – przepływ ciśnieniowy pressure flow	–	–	–	–	1,03	1,98	3,24
Spiętrzenie Water damming	-0,15	0	0,03	0,13	0,13	0,78	1,82

projektowymi, wynoszący $0,87 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ powoduje spiętrzenie równe $0,03 \text{ m}$. Napełnienie wraz ze stratami przy tym przepływie wynosi $0,80 \text{ m}$. Przepust pracuje wtedy w warunkach bezciśnieniowych. Przy przepływie $Q_{3z} = 1,273 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, dla którego koryto zostało zwymiarowane według projektu, straty przy przepływie wynoszą $0,20 \text{ m}$, a przepust pracuje pod ciśnieniem. Wyznaczony za pomocą formuły opadowej przepływ o prawdopodobieństwie pojawienia się 2% , wyznaczony dla zlewni zamkniętej przekrojem, w którym zlokalizowany jest przepust, wynosi $3,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ i nie mieści się w korycie rowu.

Wnioski

Światło przepustu według przeprowadzonej analizy nie jest wystarczające do przeprowadzenia przepływu miarodajnego wynoszącego $3,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w sposób gwarantujący niewystąpienie wód z koryta rowu. Pojawienie się przepływów większych od $2,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ powoduje występowanie wody z brzegów koryta. Przepływ taki może pojawić

się na skutek zwiększonego spływu ze zlewni powstającego na skutek deszczy nawalnych lub z powodu spływu wód z rowów i drenów nieobjętych obszarem zlewni wyznaczonej według projektu melioracji.

Analizowany przepust jest dwunastym z czternastu przepustów na rowie „R” i zlokalizowany jest w górnych partiach zlewni tego rowu. W niższych partiach zlewni ze względu na przyrastającą jej powierzchnię zwiększa się natężenie przepływu, koryto rowu natomiast nie zmienia swoich wymiarów. Można przypuszczać, że system ten nie jest w stanie pełnić funkcji odprowadzenia wód wezbraniowych, co, jak wynika ze sprawozdań mieszkańców, jest zjawiskiem typowym, występującym w okresie roztopów wiosennych i deszczy nawalnych, powodującym tym samym zatopienie terenów przyległych. Konieczna jest inwentaryzacja istniejących przepustów oraz określenie przepustowości rowu, ponieważ zabudowa rowu przepustami ma znaczący wpływ na zdolność odprowadzenia wód wezbraniowych przez system odwodnieniowy.

Literatura

- Ekspertyza. Stacja pomp. Budowa pompowni na rowie „R” – Łączany* (1975). Kraków: Biuro Projektów Wodnych Melioracji.
- Fal, B., Fal, H. i Czarnecka, H. (1998). *Obliczenia przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie pojawienia się*. Warszawa: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
- Majerczyk, A. i Michalec, B. (2013). Określenie denudacji odpływowej i prognoza zamulania Kanału Małopolskiego w systemie hydrotechnicznym stopnia wodnego Łączany. W: M. Traczewska (red.), *Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska* (s. 387-395). Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- Punzet, J. (1978). Zasoby wodne dorzecza górnej Wisły. Przepływy maksymalne. Zmienność przestrzenna i prawdopodobieństwo występowania. *Materiały badawcze IMGW, Hydrologia i Oceanografia*.
- Określenie wpływu spiętrzenia Wisły na stopniu wodnym w Łączanach na przepływ wody w systemie odwadniającym na podstawie badań terenowych i studiów kameralnych* (1987). Kraków: Instytut Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska. Politechnika Krakowska.
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie* (Dz.U. 2000 nr 63, poz. 735).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 lutego 2005 r., w sprawie sposobu numeracji i ewidencji dróg publicznych, obiektów mostowych, tuneli, przepustów i promów oraz rejestru numerów nadanych drogom, obiektom mostowym i tunelom* (Dz.U. 2005 nr 67, poz. 582).
- Ustawa z dnia 7 lipca Prawo Budowlane* (Dz.U. 1994 nr 89, poz. 414).
- Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia tuneli samochodowych, przejść podziemnych i przepustów* (2009). Warszawa: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad.

Streszczenie

Oddziaływanie przepustu na warunki hydrauliczne przepływu wody w głównym rowie systemu odwadniającego stopnia wodnego Łączany. W pracy przedstawiono wyniki analizy oddziaływania przepustu, zlokalizowanego na głównym rowie „R” systemu odwadniającego stopnia wodnego Łączany na rzece Wiśle, na warunki hydrauliczne przepływu wody w tym rowie. Analiza przepustowości rowu w przekroju powyżej badanego przepustu wykazała, że przegrodzenie koryta przepustem znacząco wpływa na warunki przepływu wody w korycie. Wykazano, że istniejące światło przepustu nie jest wystarczające do przeprowadzenia przepływu miarodajnego wynoszącego $3,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Przepływ ten wyznaczono dla zlewni o powierzchni $3,62 \text{ km}^2$, a nie $0,67 \text{ km}^2$, jak wynika z projektu melioracji, ponieważ uwzględniono dopływy z obszaru nieobjętego projektem melioracji, skierowane do rowu opaskowego stawu Kasztelan zasilającego rów „R” w jego początkowym biegu. Przepływy większe niż $2,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, w tym przepływ miarodajny, nie mieszczą się w analizowanym przekroju i powodują występowanie wód z koryta rowu. Na podstawie informacji uzyskanych od mieszkańców i pracowników obsługi systemu stwierdzono, że zjawisko takie występuje w okresie nawalnych deszczy i powodzi.

Summary

The impact of culvert on water-flow conditions in main ditch of Łączany barrage’s drainage system. The aim of the study is to analyze the impact of the culvert on the hydraulic conditions of water flow in the “R” ditch. The culvert was located on the main ditch in drainage system of Łączany barrage on the Vistula river. The research on ditch’s

capacity in analyzed cross-section showed that the capacity decreased. The changes of cross-section caused by construction of the culvert substantially affect the flow conditions of water in the channel. The calculations showed that the existing dimension of culvert is not enough to pass the reliable discharge. The reliable flow was set for catchment area of 3.32 km^2 , not 0.67 km^2 , which is bigger than catchment area estimated in drainage project. It includes watercourses leading water to ditch with surrounds Kasztelan Pond, and then to "R" ditch. Discharges larger than $2.27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, particularly reliable flow, reach banks of the ditch "R" and flows out the channel. Discharges larger than the reliable discharge do not fit into the analyzed

cross-section causing pouring out the water from the channel. On the basis of information taken from the locals and serving the system it is known that such a phenomenon occurs during the periods of heavy rains and floods.

Authors' address:

Agata Majerczyk, Bogusław Michalec
Uniwersytet Rolniczy
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki
al. A. Mickiewicza 24/28
30-059 Kraków, Poland
e-mail: a.majerczyk@ur.krakow.pl
rmmichbo@cyf-kr.edu.pl