



**RETENCJA ZBIORNIKOWA W OCHRONIE
PRZECIWPOWODZIOWEJ TERENÓW SYSTEMU
ODWADNIAJĄCEGO STOPNIA WODNEGO
ŁĄCZANY NA RZECE WIŚLE**

Bogusław Michalec, Agnieszka Cupak, Andrzej Wałęga
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie

***RESERVOIR STORAGE FOR FLOOD SAFETY OF THE
DRAINED SYSTEM TERRAINS OF THE ŁĄCZANY BARRAGE
ON THE VISTULA RIVER***

Streszczenie

W pracy przedstawiono możliwość zwiększenia bezpieczeństwa powodziowego terenów odwadnianych miejscowości Zarzecze za pomocą zbiornika retencyjnego, gromadzącego nadmiar wód powodziowych. Przedstawiono również opracowaną koncepcję rozdziału wód z rowu R do kanału ulgi. W warunkach powodziowych, przy zwiększeniu się poziomu zwierciadła wody w Wiśle następuje zamknięcie klap śluz wałowych odprowadzających wody rowu R do Wisły. Na skutek stałego dopływu wody do rowu R i jego spiętrzenia w wyniku zamknięcia śluzy wałowej dochodzi do wystąpienia wody z rowu R i zatopienia terenów osiedla Łączany-Zarzecze. W celu zmniejszenia ryzyka zatopienia tych terenów zaproponowano utworzenie zbiornika retencyjnego z kanału ulgi, prowadzącego wodę do pompowni Zarzecze. Określono pojemność zbiornika retencyjnego i czas jego napełnienia, zakładając stały dopływ o natężeniu $2,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Stwierdzono, że aktualny stan techniczny kanału ulgi z koroną brzegów o licznych lokalnych obniżeniach, umożliwia retencjonowanie maksymalnie 4080 m^3 wody. Zwiększenie nawet ponad dwukrotne pojemności zbiornika retencyjnego jest możliwe poprzez zniwelowanie nierówności linii brzegowej kanału ulgi.

Słowa kluczowe: stopień wodny, system odwadniająca, węzeł wodny, kanał ulgi, zbiornik retencyjny

Summary

The possibility of enlargement of the flood safety of drained terrains of locality Zarzecze using the storage reservoir, accumulating the excess of flood waters was introduced in the work. The worked out conception of the chapter of waters from the ditch R to the pumping station channel was also presented. The lock of the valves of embankment sluices leading the waters of the ditch R to the Vistula river follows in flood conditions, by increasing the level of the water in to the Vistula river. It comes to the outflowing of water from ditch R and submergence of the terrains of the settlement Łączany-Zarzecze in the consequence of the permanent supply of water to ditch R and damming up of water in ditch in the result of the lock of the embankment sluice. In the order to attain o reduce the risk of submergence of these terrains the creation of the storage reservoir from the pumping station channel was proposed. This channel leading water to pumping station Zarzecze. Capacity of storage reservoir and the time of filling up were qualified, founding steady the supply about flow intensity equal to $2,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. It was statement that the current technical condition of the pumping station channel with the crown of banks about numerous local lowering, makes possible retention of 4080 m^3 of water maximally. The enlargement even above twofold capacities of storage reservoir is possible through surveying the unevenness of the shore line of the pumping station channel.

Key words: water barrage, drainage system, water node, pumping station channel, storage reservoir

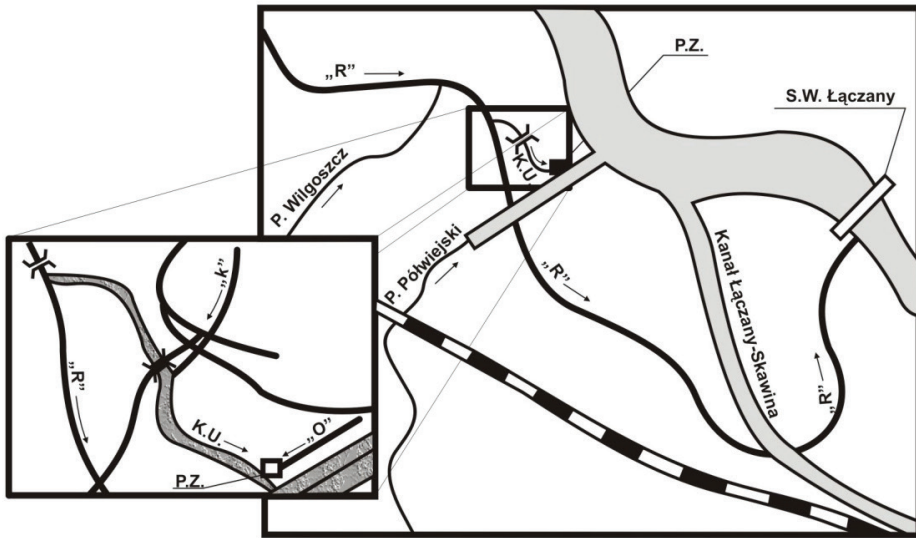
WSTĘP

Regulacja rzek w celu poprawy warunków przepływu wody, umożliwienia żeglugi, czy też wykorzystania energii wody, wiąże się ze zmianą stosunków wodnych terenów przyległych. W wyniku prac regulacyjnych utworzone stopnie wodne powodują spiętrzenie wód gruntowych na tych terenach, powodując negatywne oddziaływanie zarówno na uprawy rolne, jak również na zabudowania terenów zurbanizowanych. Ponadto w wyniku spiętrzenia wód rzeki stopniami wodnymi istnieje konieczność utworzenia obwałowań, które uniemożliwiają odpływ wód wezbraniowych ze zlewnie przyległych do uregulowanej rzeki. Takie

warunki panują na terenach przyległych do sześciu stopni wodnych na Wiśle, znajdujących się na odcinku od Oświęcimia do Krakowa. Stopnie te o klasie budowli hydrotechnicznych od II do IV, tworzą kaskadę górnej Wisły, umożliwiającą żeglugę na odcinku od ujścia rzeki Przemszy do Wisły aż do stopnia wodnego Przewóz w Krakowie [Michalec, Tarnawski 2012]. Są to następujące stopnie: Dwory, Smolice, Łączany, Kościuszko, Dąbie i Przewóz.

Zadaniem stopnia wodnego Łączany, wybudowanego w latach 1955-61, jest doprowadzenie wody do elektrowni w Skawinie kanałem żeglugowo-energetycznym o długości 15,5 km. Oprócz kanału żeglugowo-energetycznego znajduje się tu również kanał energetyczny o długości 1,6 km doprowadzający grawitacyjnie wodę do Elektrociepłowni Skawina. Stopień ten znajduje się w 38+560 km rzeki Wisły i zamyka zlewnię o powierzchni 6877 km². Stanowi go pięcioprzęsłowy jaz o szerokości zasuw wynoszącej 20 m. Wysokość normalnego piętrzenia wynosi 6,4 m w odniesieniu do średniego rocznego stanu przed spiętrzeniem [Wieczysty 1985]. Piętrzenie to wywołuje powstanie cofki o długości 14 km. W celu likwidacji spiętrzenia wód podziemnych terenów przyległych do stopnia wodnego Łączany, spowodowanego piętrzeniem wód Wisły, zaprojektowano i wykonano system hydrotechniczny w skład którego wchodzi urządzenia odwadniające tereny przyległe, syfony do przepuszczenia pod kanałem małych cieków [„Wpływ piętrzenia...” 1987]. Nadmiar wód infiltrujących odprowadzany jest systemem odwadniającym do siedmiu pompowni [„Instrukcja...” 2010]. Pięć pompowni znajduje się na brzegu lewym Wisły, a cztery z nich odprowadzają wody z rowu głównego R. Jedną z nich jest pompownia Zarzecze, której zadaniem jest odwadnianie terenów miejscowości Zarzecze. Zadaniem systemu odwadniającego, w skład którego wchodzi pompownia Zarzecze, jest nie tylko likwidacja skutków piętrzenia wód Wisły stopniem Łączany, lecz system ten jest również wykorzystywany do ochrony przed powodzią terenów położonych w sąsiedztwie stopnia. Tereny odwadniane przez pompownię Zarzecze znajdują się między wałem Wiślanym i wałem cofkowym potoku Półwiejskiego oraz dawnym potokiem Wilgoszcz (rys. 2). Potok ten stanowi obecnie kanał ulgi doprowadzający wody do pompowni z terenu systemu odwodnieniowego Łączany-Zarzecze. Szczegółowy opis systemu odwadniającego zabudowania osiedla Łączany-Zarzecze został przedstawiony w pracach Michalca [2012] oraz Majerczyk i Michalca [2013].

Pompownia Zarzecze nie była zaprojektowana jako pompownia przeciwpowodziowa [„Instrukcja...” 2010], lecz ze względu na konieczność ochrony przeciwpowodziowej może być ona wykorzystywana do odprowadzenia wód z zawała do Potoku Półwiejskiego (rys. 1). Pierwotnie pompownia Zarzecze miała zabezpieczać przed podtopieniem tereny osiedla Łączany-Zarzecze.



Rysunek 1. Fragment planu zlewni rowu R z zaznaczonym potokiem Wilgoszcz i kanałem ulgi (K.U.) w miejscowości Łączany (P.Z. – pompownia Zarzecze, S.W. Łączany – stopień wodny Łączany)

Figure 1. The fragment of the plan of the ditch R catchment with marked the Wilgoszcz stream and the pumping station channel (K.U.) in the locality Łączany (P.Z. – Zarzecze pumping station, S.W. Łączany – Łączany water barrage)

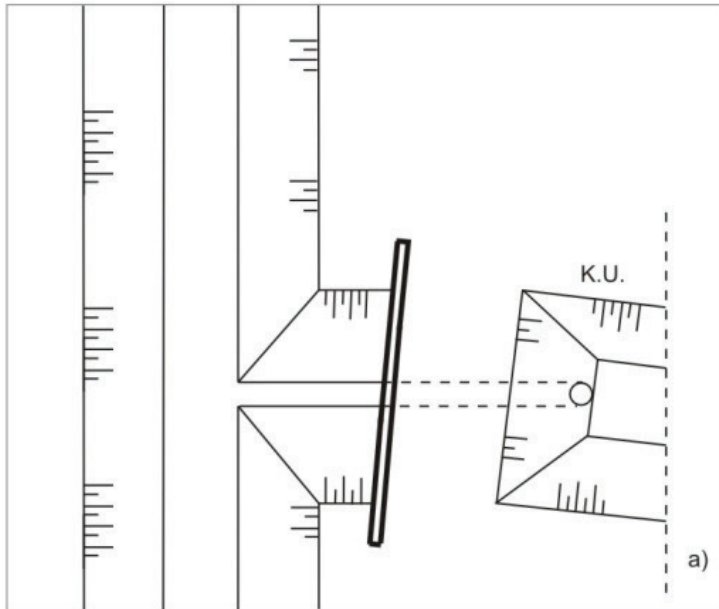
Jednakże w 1962 roku, w wyniku wdrożenia opracowanego projektu, część wód płynących rowem R mogła być za pomocą przepustu skierowana do kanału ulgi, prowadzącego do pompowni Zarzecze [„Projekt melioracji...” 1957]. Rów R był połączony z kanałem ulgi za pomocą przepustu betonowego DN 500 mm,

o długości 3,0 m (ryc. 2). Likwidacja przepustu, poprzez jego zasypanie, miała miejsce w 1961 roku po powodzi w 1960 roku, w wyniku której nadmiar wód z rowu R doprowadził do zatopienia terenu osiedla Łączany-Zarzecze [„Drugi etap odwodnienia...” 1962]. System odwodnieniowy Zarzecze-Łączany w ciągu całego okresu eksploatacji był przebudowywany, niejednokrotnie samowolnie przez mieszkańców. Przykładem takiej przebudowy jest przejazd z przepustem na rowie R (ryc. 2.b), znajdujący się ok. 10 m powyżej nieistniejącego przepustu łączącego rów R z kanałem ulgi. Kanał ten utworzono w dawnym korycie potoku Wilgoszcz, a ujście potoku wprowadzono do rowu R (rys. 1).

Przejazd przez rów R, ze względu na niską jego przepustowość, jest elementem spiętrzającym wodę w rowie R i powodującym wystąpienie wód z koryta rowu R przy przepływie większym od $1,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ [Michalec 2012]. Natomiast jak wynika z „Projektu melioracji...” 1957] rów R w rejonie nieistniejącego węzła wodnego powinien mieć przepustowość gwarantującą przepuszczenie przepływu Q_4 , tzw. najwyższej wielkiej wody, wynoszące $3,19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

W wyniku intensywnych opadów deszczu na obszarze terenu odwadnianego i w warunkach przejścia fali wezbraniowej w Wiśle przez stopień Łączany wzrasta zagrożenie zatopienia terenów znajdujących się w rejonie pompownie Zarzecze. Na skutek zwiększenia się poziomu zwierciadła wody w Wiśle następuje zamknięcie klap śluz wałowych odprowadzających wody rowu R do Wisły. Stały dopływ wody do rowu R i jego spiętrzenie w wyniku zamknięcia śluzy wałowej powoduje podniesienie stanu wody w rowie. Ponadto dopływ wód ze zlewni spoza obszaru odwadnianego, tj. zlewni potoku Wilgoszcz, powoduje przeciążenie hydrauliczne systemu odwadniającego, objawiające się ograniczoną zdolnością retencjonowania wody w rowie R. W takich warunkach następuje wystąpienie wód z rowu R i zatopienie terenów odwadnianych – najczęściej terenów miejscowości Zarzecze. Zmniejszenie zagrożenia powodziowego tej miejscowości może zostać osiągnięte poprzez zgromadzenie nadmiaru wód rowu R w sztucznym zbiorniku wodnym.

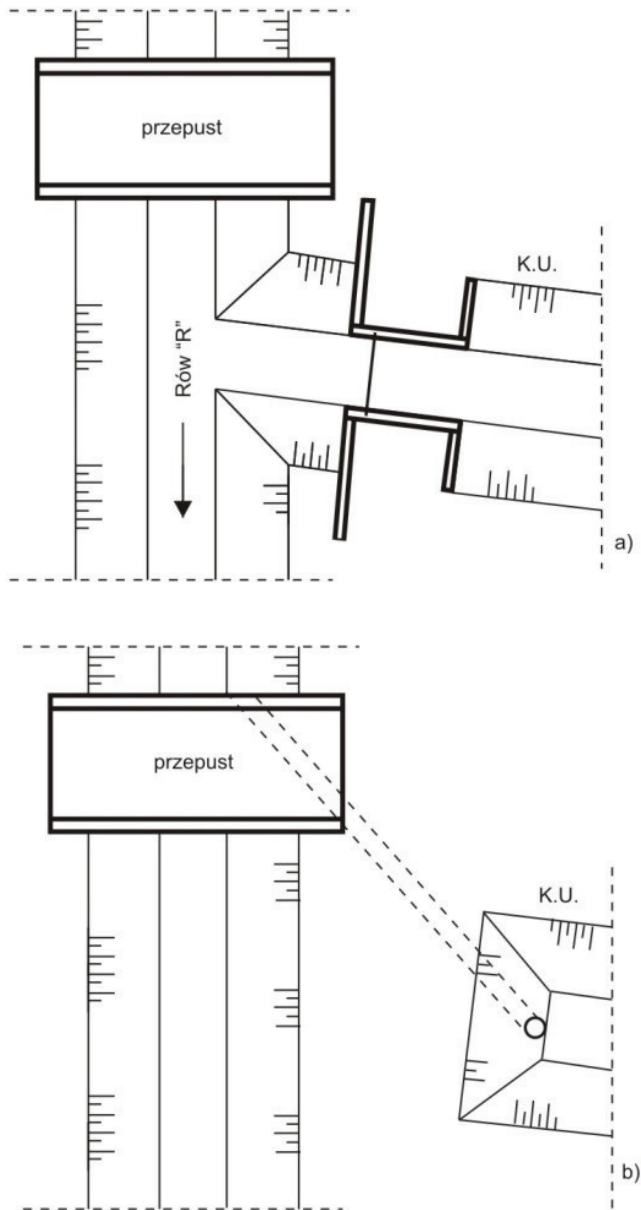
W pracy przedstawiono koncepcję możliwości zwiększenia zabezpieczenia przeciwpowodziowego terenów odwadnianych miejscowości Zarzecze za pomocą zbiornika retencyjnego, utworzonego z kanału ulgi. Przedstawiono również opracowaną koncepcję rozdziału wód z rowu R do kanału ulgi.



Rysunek 2. Węzeł wodny – połączenie rowu R i kanału ulgi (K.U.);

a) według projektu [„Projekt melioracji...” 1957], b) stanistniejący

Figure 2. The water node – connection of channel R and the pumping station channel (K.U.); a) according to design [„Projekt melioracji...” 1957], b) the existing state



Rysunek 3. Koncepcje połączenia kanału ulgi z rowem R:
a) druga koncepcja, b) trzecia koncepcja

Figure 3. The conceptions of the connection of the pumping station channel with the ditch R: and) second conception, b) third conception

METODYKA

Ocena wielkości zagrożenia powodziowego terenów miejscowości Zarzecha wymaga określenia przepustowości rowu R na odcinku powyżej i poniżej ówczesnego węzła wodnego, łączącego rów R i kanał ulgi. W pracy wykorzystano wyniki obliczeń przepustowości rowu R, zamieszczone w pracy Michalca [2012]. Ze względu na brak aktualnych danych hydrologicznych zlewni rowu R i danych hydraulicznych rowu R, uniemożliwiających określenie przepływów charakterystycznych analizowanego odcinka tego rowu w rejonie kanału ulgi, w tym przepływów wezbraniowych, w analizie dotyczącej usprawnienia systemu odwadniającego w rejonie pompowni Zarzecha, z uwzględnieniem wariantu ochrony przeciwpowodziowej, przyjęto przepływ Q_4 , wynoszący $3,19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, jako przepływ miarodajny.

Określenie możliwości retencjonowania wody w kanale ulgi wymagało wykonania pomiarów geodezyjnych ze względu na brak szczegółowej dokumentacji technicznej tej części systemu odwadniającego. W celu określenia aktualnych parametrów technicznych rowu R i kanału ulgi na odcinku od rowu R do pompowni Zarzecha wykonano pomiary geodezyjne przekrojów poprzecznych za pomocą tachimetru elektronicznego Topcon 226.

W kanale ulgi, którego długość wynosi 545m licząc od pompowni Zarzecha do rowu R, wykonano pomiary 16 przekrojów poprzecznych. Wyniki pomiarów geodezyjnych zostały opracowane w programie MicroMap v.5.19, a rysunki przekrojów poprzecznych i profilu podłużnego wykonano za pomocą programu AutoCAD 2004. Na podstawie wykonanych przekrojów w programie AutoCAD określono powierzchnię przekrojów dla założonego poziomu zwierciadła wody w danym przekroju.

W celu kreślenia warunków sterowania rozdziałem wód w kanale ulgi konieczne jest określenie rozdziału przepływu miarodajnego w korycie rowu R w rejonie kanału ulgi. W tym celu określono natężenie przepływu skierowanego do kanału ulgi, uwzględniając sposób jej skierowania do tego kanału, tj. rodzaj urządzenia wodnego, przyjmując trzy warianty rozwiązań. Wariant pierwszy przyjęto według „Projekt melioracji...” [1957], tj. za pomocą przepustu betonowego DN 500 mm, o długości 3,0 m (ryc. 2), przy czym wlot do tego przepustu znajdowałby się poniżej przejazdu na rowie R. Wariant drugi to rozdział wody w węźle wodnym za pomocą przelewu powierzchniowego z zastawkami

(rys. 3.a) i wariant trzeci to skierowanie wody do kanału ulgi za pomocą przepustu jak w wariantcie pierwszym, lecz z usytuowaniem wlotu do przepustu w lewobrzeżnym przyczółku od strony górnej wody istniejącego przejazdu na rowie R. (rys. 3.b).

WYNIKI

Na podstawie wykonanych szesnastu przekrojów poprzecznych kanału ulgi obliczono jego maksymalną pojemność, uwzględniając najniższą rzędną brzegu lewego w przekroju dziesiątym, wynosząca 214,89 m n.p.m. Przyjmując różnicę rzędnej korony i rzędnej zwierciadła wody zgromadzonej w kanale ulgi, wynoszącą 0,3 m, stwierdzono, że istnieje możliwość retencjonowania 4080 m³ wody. Zbiornik retencyjny, utworzony z kanału ulgi byłby przedzielony mostem drogowym (rys. 4.a), dzielącym zbiornik na część górną i dolną. Most ten znajduje się 282 m od pompowni Zarzeczce. Pojemność tak utworzonego zbiornika stanowiłaby sumę pojemności części górnej zbiornika (rys. 4.b), utworzonej od węzła wodnego na rowie R do mostu, której pojemność będzie wynosić 1100 m³ i pojemności części dolnej zbiornika (rys. 5.b), wynoszącej 2980 m³ i tworzonej z kanału ulgi od mostu do pompowni Zarzeczce.

Objętości te zostały określone z założeniem, że wylot rowu K zostanie zamknięty przegradą z zastawką lub zasuwą spustu dennego, której korona będzie co najmniej równa rzędnej 214,89 m n.p.m. Analizując profil podłużny linii brzegowej kanału ulgi stwierdzono, że w przypadku wyrównania obniżen linii brzegowej, poprzez wykonanie obwałowania i podniesienia korony przegrad rowu K, można uzyskać zwiększenie całkowitej pojemności kanału ulgi do 8500-10000 m³.

Ustalenie czasu napełnienia zbiornika retencyjnego, utworzonego z kanału ulgi, wymaga określenia rozdziału wody w węźle wodnym na rowie R. Jak wykazano w pracy Michalca [2012] rów R na badanym odcinku charakteryzuje się niską przepustowością i nie pomieści przepływu maksymalnego, wynoszącego 3,19 m³·s⁻¹ [„Projekt melioracji...” 1957], na jaki był projektowany. Niższa przepustowość rowu R spowodowana jest jego mniejszym polem przekroju poprzecznego niż zakładano w „Projekcie melioracji...” [1957], a także 1,4-krotnie mniejszym spadkiem dna od podanego „Projekcie melioracji...” [1957].

Według danych zamieszczonych w pracy Michalca [2012] dla aktualnej głębokości rowu R jego przepustowość wynosi $1,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, uwzględniając również wysokość spiętrzenia przepływu na przejeździe przez rów R. Zatem do kanału ulgi powinien zostać skierowany przepływ wynoszący $2,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ i będący różnicą natężenia przepływu maksymalnego ($Q_4=3,19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) i przepływu przez przepust przejazdu ($Q=1,06 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Doprowadzenie do zbiornika retencyjnego tego przepływu, tj. wynoszącego $2,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, determinuje przyjęcie koncepcji trzeciej połączenia rowu R z kanałem (rys. 3.b). Ze względu na niską przepustowość przepustu przejazdu pozostałe dwa rozwiązania koncepcyjne węzła wodnego nie mogą być przyjęte, gdyż wody przepływu maksymalnego wystąpią z brzegów rowu R na odcinku powyżej przejazdu.

Zakładając stały dopływ wody o natężeniu $Q=2,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ do zbiornika retencyjnego o całkowitej pojemności 4080 m^3 czas jego napełnienia wynosi niespełna 32 minuty. Jest to czas napełniania nie uwzględniający pracy pompowni Zarzecze, której maksymalny wydatek pomp sumaryczną maksymalną wydajność dwóch monoblokowych wynosi $0,19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, stanowiący pomp wirowych ukośny typu 200HL-24, o wydatku $0,095 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ [„Instrukcja...” 2010]. W obliczeniach założono również usunięcie zabudowania światła mostu, które zostało wykonane przez mieszkańców osiedla Łączany-Zarzecze. Całkowite napełnienie zbiorników z uwzględnieniem pracy pompowni wynosi ponad 35 minut, a czas potrzebny na wypompowanie zgromadzonej wody wynosi 6 godzin. Ze względu na krótki czas napełnienia i stosunkowo długi czas opróżniania zbiornika optymalnym rozwiązaniem byłoby zwiększenie co najmniej dwukrotne jego pojemności poprzez wyrównanie i podniesienie linii brzegowej kanału ulgi oraz zwiększenie wydatku pomp w pompowni Zarzecze. Takie rozwiązanie przyczyni się to do wydłużenia teoretycznego czasu napełnienia do 64 minut. Przyjęty do obliczeń czasu napełnienia zbiorników stały dopływ wody, wynoszący $2,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w kolejnym etapie obliczeń powinien zostać zastąpiony zmiennymi dopływami, określonymi na podstawie hydrogramu przepływu wody, wywołanego opadem efektywnym, określonym metodą NRCS-CN. W kolejnym etapie analizy zostanie obliczony opad efektywny, stanowiący dane wejściowe do modelu Snydera transformacji opadu w odpływ. Umożliwi on określenie hydrogramu jednostkowego. W modelu tym do określenia kształtu hydrogramu jednostkowego konieczne będzie ustalenie przepływu kulminacyjnego, czasu opóźnienia i czasu do kulminacji w funkcji charakterystyk zlewni [Ponce1989].



a)



b)

Rysunek 4. Most na kanale ulgi; a) widok na most od strony górnej wody, b) widok z mostu na kanał ulgi – górna część zbiornika retencyjnego
Figure 4. The bridge on the pumping station channel; and) view on the bridge from the side of upper water, b) view from bridge on the pumping station channel – the upper part of storage reservoir



a)



b)

Rysunek 5. Most na kanale ulgi; a) widok na most od strony górnej wody i na wlot rowu K do kanału ulgi, b) widok z mostu na kanał ulgi – górną część zbiornika retencyjnego

Figure 5. The bridge the pumping station channel; and) view on the bridge from the side of upper water and on the inlet of ditch K to the pumping station channel, b) view from bridge on the pumping station channel – the upper part of the storage reservoir

WNIOSKI

Zaproponowane rozwiązanie ochrony terenów zagrożonych zatopieniem za pomocą zbiornika retencyjnego, utworzonego z kanału ulgi pompowni Zarzecze, może przyczynić się do poprawy warunków ochrony przeciwpowodziowej terenów osiedla Zarzecze-Łączany. Jak wykazano w analizach zamieszczonych w pracy Michalca [2012], przyczyną zatopienia tego osiedla jest wypływ wody z rowu R na odcinku powyżej przejazdu przez ten rów, znajdującego się w początkowej części kanału ulgi. Utworzenie z kanału ulgi zbiornika retencyjnego nie może być zrealizowane bez przeprowadzenia gruntownych prac związanych z przebudową rowu R powyżej przejazdu przez ten rów.

Wykorzystanie możliwości retencyjnych kanału ulgi wymaga wykonania doprowadzenia wody z rowu R do kanału za pomocą zaproponowanego w trzeciej koncepcji węzła wodnego. Aktualny stan techniczny kanału ulgi z koroną brzegów o licznych lokalnych obniżeniach, umożliwi retencjonowanie maksymalnie 4080 m³. Zwiększenie nawet ponad dwukrotne pojemności zbiornika retencyjnego jest możliwe poprzez zniwelowanie nierówności linii brzegowej kanału ulgi.

Opracowanie szczegółowego harmonogramu rozdziału wody w węźle wodnym wraz z czasem napełniania zbiornika retencyjnego wymaga dysponowania hydrogramem przepływu wezbraniowego w rowie R systemu odwadniającego Łączany. Hydrogram ten można opracować za pomocą określonego opadu efektywnego, a uzyskane wyniki powinny zostać zweryfikowane na podstawie danych z obserwacji.

BIBLIOGRAFIA

- Drugi etap odwodnienia wsi Łączany. Pompownia Zarzecze.* CBSiPBW Hydroprojekt, maszynopis, Warszawa, 1962.
- Instrukcja utrzymania i eksploatacji pompowni Zarzecze.* Część I Hydrologiczno-technologiczna. Pracownia Projektowej Forex s.c., 2010.
- Majerczyk A., Michalec B. 2013. *Określenie denudacji odpływowej i prognoza zamulania Kanału Małopolskiego w systemie hydrotechnicznym Łączany.* V Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska EKO-DOK”, seria monografie Politechniki Wrocławskiej, ISBN 978-83-7493-750-4, Praca zbiorowa pod red. T.M. Tarczewskiej, 387-395.
- Michalec B. 2012. *Określenie przyczyny zagrożenia powodziowego terenów znajdujących się w strefie oddziaływania stopnia wodnego Łączany.* Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus, 11 (4), 83-90.

- Michalec B., Tarnawski M. 2012. *The effect of damming structures on the adjacent areas – selected aspects*. Monografia. 87.
- Ponce V.M. *Engineering Hydrology: Principles and Practices*. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1989. New Jersey.
- Projekt melioracji doliny rzeki Wisły, obiekt Łączany*. CBSiPBW Hydroprojekt, Warszawa, 1957.
- Wieczysty A. 1985. *Wpływ spiętrzenia Wisły w Łączanach na wody podziemne na terenach przyległych*. Etap II. Politechnika Krakowska. Maszynopis.
- Wpływ spiętrzenia Wisły w Łączanach na wody podziemne na terenach przyległych*. Instytut Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska. Politechnika Krakowska, maszynopis, Kraków, 1987.

dr hab. inż. Bogusław Michalec, prof. UR
Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki
rmmichbo@cyf-kr.edu.pl

dr hab. inż. Andrzej Wałęga
dr inż. Agnieszka Cupak
awalega@ar.krakow.pl
acupak@ar.krakow.pl

Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Uniwersytet Rolniczy
al. A. Mickiewicza 24/28
30-059 Kraków,