



Wpływ budowli hydrotechnicznych na renaturyzację gospodarki wodnej Polderu Zagórów

Czesław Przybyła

Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

Albert Malinger

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Oddział w Poznaniu

Karol Mroziak

Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

1. Wstęp

Przepusty wałowe są zasadniczym elementem obwałowania przeciwpowodziowego i jako budowle hydrotechniczne zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie [Dz. U. z 2007 r. nr 86, poz. 579] służą gospodarce wodnej oraz kształtowaniu zasobów wodnych i korzystaniu z nich.

Zmiana filozofii ochrony przeciwpowodziowej wynikająca m.in. z Ramowej Dyrektywy Wodnej umożliwia wprowadzenie w system obwałowań przeciwpowodziowych nowych przepustów. Przepusty zaopatrzone w zamknięcia umożliwiające regulację przepływu wody ułatwiają dopływ i odpływ wody do systemu urządzeń hydrotechnicznych, a następnie rozprowadzenie jej na obszar docelowych rozlewisk w obrębie najważniejszych siedlisk przyrodniczych w dalszej kolejności jej odpływ w kierunku rzeki. Ponadto przepusty umożliwiają migrację drobnych zwierząt. Wymienione zadania nie mogą być realizowane poprzez przepusty zaopatrzone tylko w klapę zwrotną [10].

W związku z prośrodowiskowymi funkcjami budowa nowych przepustów może być realizowana w ramach prac kompensacyjnych. Przykładem takiej inwestycji są prace kompensacyjne w Dolinie Środkowej Warty wykonane przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad w wyniku zobowiązań nałożonych w decyzji wydanej przez Wojewodę Wielkopolskiego z dnia 26 lipca 2006 r. o środowiskowych uwarunkowaniach zgody na realizację przedsięwzięcia polegającego na budowie autostrady A2 na odcinku Koło – Dąbie.

W pracy przedstawiono analizę wpływu wybudowanych w ramach prac kompensacyjnych przepustów wałowych P7 i P8 na gospodarkę wodną Polderu Zagórów.

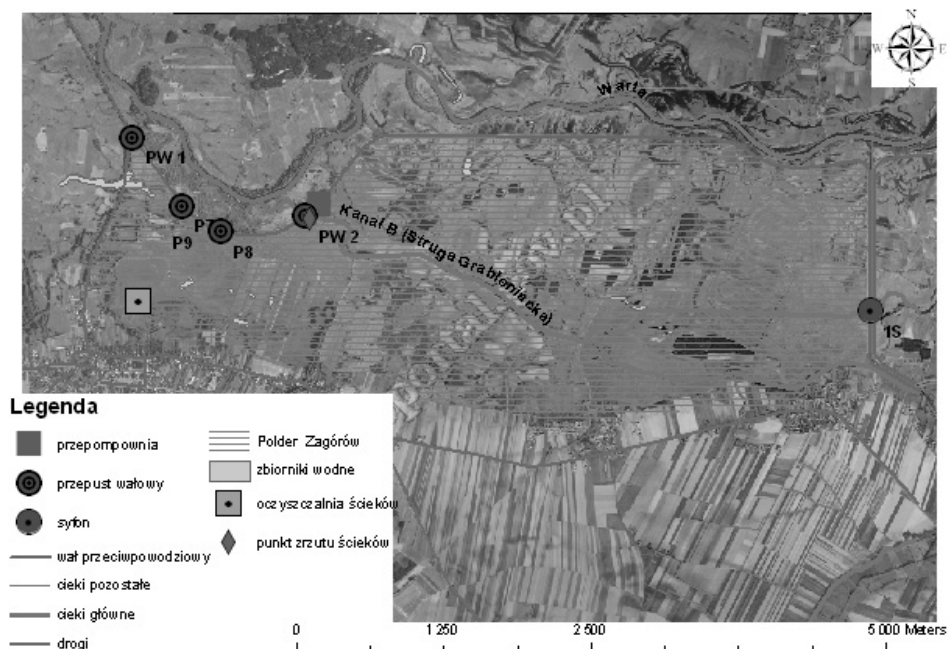
2. Charakterystyka terenu badań

Polder Zagórów stanowi część Doliny Warty na odcinku Konin – ujście rzeki Proсны. Jest to lewostronna część doliny przylegająca do Warty w km 372+500 – 380+300. Omawiamy obszar ograniczony jest od strony zachodniej drogą powiatową Zagórów – Łąd, północnej – rzeką Wartą, wschodniej – korytem rzeki Czarnej Strugi, a od południowej – stromym stokiem pomiędzy wsią Kopojno i miastem Zagórów. Administracyjnie Polder Zagórów należy do Gminy Zagórów, w powiecie słupeckim.

Na polderze zlokalizowana jest przepompownia odwadniająca w km 374+100 Warty na jej lewym brzegu w odległości 20 m od osi wału przeciwpowodziowego oraz 100 m od osi starego koryta Czarnej Strugi (obecna nazwa ciek – Kanał B (Struga Grabienicka) w miejscowości Oleśnica Folwark. Kanał B (Struga Grabienicka) oraz stare koryto Czarnej Strugi to główne cieki odprowadzające wody powierzchniowe z Polderu Zagórów. Górny odcinek Kanału B (Strugi Grabienickiej) dodatkowo przejmuje spływy wód z Polderu Taraszewo syfonem (1 S 2 x Ø 1200) pod rzeką Czarna Struga. Kanał odpływowy posiada ujście do rzeki Warty w km 374+100. Ciek podstawowy Kanał B (Struga Grabienicka) jest także w km 0+070 odbiornikiem oczyszczonych ścieków komunalnych z oczyszczalni ścieków zlokalizowanej w miejscowości Zagórów (Rys. 1).

W ramach kompensacji na Polderze VI Zagórów wybudowano dwa przepusty w wale przeciwpowodziowym: P7 – [3x Ø 1200] w km 373+600 rzeki Warty i P8 – [3x Ø 1200] w km 374+000 (Tab. 1) [7, 9].

Ponadto na omawianym terenie zlokalizowane są istniejące wcześniej przepusty wałowe PW2 [2 x Ø 1200] i PW1 [1 x Ø 1200] zaopatrzone w kłapy zwrotne, przez które dotychczas odpływał nadmiar wód z polderu po zaprzestaniu odwadniania mechanicznego, wylot z oczyszczalni ścieków (Ø 100 zaopatrzonej w kłapę zwrotną) do Kanału B (Struga Grabienicka) oraz rurociąg doprowadzający ścieki z gminnej oczyszczalni w Zagórowie, syfon [2 x Ø 1200] pod rzeką Czarna Struga łączący Polder Tarszewo i Polder Zagórow [6].



Rys. 1. Lokalizacja nowowzburowanych przepustów P7 i P8 oraz pozostałych obiektów hydrotechnicznych: przepustów wałowych PW2 i PW1, syfonu 1 S [2 x Ø1200] oraz przepompowni i oczyszczalni ścieków na tle Polderu Zagórow

Fig. 1. Localization of the new built P7 and P8 culverts and the remaining hydrotechnical objects: embankment culverts PW2 and PW1, drain trap 1 S (2 x Ø 1200) and the pumping station and sewage treatment plant in the landscape of Zagórow Polder

Tabela. 1. Charakterystyka parametrów technicznych przepustów
Table 1. Characteristics of the technical parameters of culverts

Parametr	P7	P8
Lokalizacja w stosunku do rzeki Warty	km 373+600	km 374+000
Średnica światła przepustu w mm	3 x Ø1200	3 x Ø1200
Rzędna dna w m n. p. m.	75,50	75,70
Max PP	zależny od poziomu wody w Warcie	
NPP	nieokreślony, przepływ swobodny, zależny od poziomu wody w Warcie	
Min PP	może wystąpić brak przepływu	
Wysokość piętrzenia	może dojść do rzędnej 77,70 m n. p. m. zarówno dla zamkniętych jak i otwartych zastawek	
Max. przepływ powodziowy	ok. 7,7 m ³ /s	ok. 7,3 m ³ /s
Dopuszczalne prędkości obniżania i podwyższania poziomów wody na górnym i dolnym stanowisku	Zastawki umożliwiające regulacje przepływu wody	
Zagrożenia i uwarunkowania w gospodarowaniu wodą występujące przy obniżeniu poziomu piętrzenia poniżej MinPP	nie występują	

Dolinę Środkowej Warty charakteryzuje reżim wód z regularnym wezbraniem roztopowym – wiosennym i nieregularnym – letnim. Wielkość i dynamika rocznych przepływów charakteryzuje się naturalną zmiennością w cyklu tzw. lat mokrych i suchych. Na skutek wybudowania zbiornika zaporowego Jeziorsko zmianie uległ naturalny reżim hydrologiczny Warty, co spowodowało szereg zmian siedliskowych.

3. Metodyka

Do obliczeń wykorzystano model matematyczny umożliwiający przeprowadzenie obliczeń transformacji fali wezbraniowej, który dodatkowo wzbogacony został m. in. o moduł umożliwiający przeprowadzanie obliczeń przepływu wody poprzez urządzenia wodne takie jak przepusty,

przelewy, pompownie czy zbiorniki. Model ten zbudowano na podstawie zdigitalizowanych punktów sieci rzecznej i dowiązanych do niej poprzez kilometrą, przekrojów poprzecznych rzeki. Punkty sieci rzecznej zdigitalizowano bezpośrednio na wprowadzonym podkładzie rastrowym map topograficznych danego obszaru oraz dodatkowo wykorzystano bazę danych punktów XY z cyfrowych warstw wektorowych.

Wszystkie obliczenia przeprowadzono na modelu jednowymiarowym Mike11 Duńskiego Instytutu Hydrologii uwzględniającym układ równań ciągłości i zachowania pędu Saint Venant'a [1, 3, 8]:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

gdzie:

- Q – wielkość przepływu [m^3/s],
- A – powierzchnia przekroju czynnego [m^2],
- q – dopływ boczny rozłożony na jednostkę długości [m^2/s],
- h – wysokość zwierciadła wody względem wybranego punktu odniesienia [m],
- C – współczynnik prędkości do wzoru Chezy,
- R – promień hydrauliczny [m],
- α – współczynnik korygujący dla niejednostajnego rozkładu prędkości w przekroju,
- g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2],
- t – czas [s].

Do obliczeń przepływu wody przez przepust wałowy służy poniższe równanie:

$$Q = A \sqrt{\frac{2g(H - z)}{\xi_1 + \xi_f + 1}} \quad (3)$$

gdzie:

- A – całkowita powierzchnia przekroju przepustu [m^2],

g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2],

H – wysokość energii od strony wody górnej [m],

z – wysokość spodu przepustu od strony wody dolnej [m],

$$\xi_1 = 0.5 \left(1 - \frac{A_s}{A_1} \right), \text{ współczynnik strat na wlocie do przepustu,}$$

gdzie A_s – całkowita powierzchnia przekroju przepustu po stronie dopływającej wody, A_1 – powierzchnia przekroju kanału w miejscu lokalizacji przepustu,

$$\xi_f = \frac{2gLn^2}{R^{4/3}}, \text{ współczynnik strat na długości, w oparciu o równa-}$$

nie Manninga, gdzie L – długość obliczeniowa przepustu [m], n – współczynnik Manninga [$\text{s} \cdot \text{m}^3$], R – promień hydrauliczny dla strumienia w przepuszczeniu [m].

Przed przystąpieniem do obliczeń docelowych, przygotowany model uwzględniający odcinek od Konina do miejscowości Pyzdry poddano procesowi kalibracji. Analiza wezbrań historycznych wykazała, że jednym z największych wezbrań ostatnich lat była powódź, która wystąpiła w lipcu 1997 roku [5]. Ponadto podczas powodzi z 1997 roku, infrastruktura techniczna oraz zabudowa doliny Konińsko-Pyzderskiej była podobna do aktualnej. Fakt ten spowodował, że dane o fali z 1997 roku zastosowano do kalibracji modelu.

W przypadku polderu Zagórów, nie prowadzono regularnych obserwacji hydrologicznych, a uwzględnione dane uzyskano w Wielkopolskim Zarządzie Melioracji i Urządzeń Wodnych, Rejonowy Oddział w Koninie oraz w Regionalnym Zarządzie Gospodarki Wodnej w Poznaniu.

W kolejnym kroku zdefiniowano warunki brzegowe modelu. W celu sformułowania górnego warunku brzegowego wykorzystano dane z powodzi, która wystąpiła w 1997 roku. Dolny warunek brzegowy stanowiła krzywa konsumpcyjna zdefiniowana na wysokości mostu drogowego w miejscowości Pyzdry [4, 2].

Powyższe dane pozwoliły na przeprowadzenie procedury związanej z uruchomieniem i kalibracją modelu. W celu skalibrowania modelu, odpowiedniej korekcy poddano współczynniki szorstkości n , charakteryzujące stopień zarastania doliny oraz koryta głównego rzeki w przekrojach obliczeniowych. Procedurę weryfikacji współczynników n powta-

rzano do momentu otrzymania zbieżności hydrogramów modelowych, z hydrogramami pochodzącymi z odczytu na wodowskazie w Koninie – Sławsku oraz wodowskazie zlokalizowanym w Łądzie przy jednoczesnym zachowaniu poprawnych wielkości przepływów. Dodatkowo wykorzystano informacje o położeniu maksymalnego poziomu zwierciadła wody podczas powodzi w pobliżu przepustów, zlokalizowanych w wale przeciwpowodziowym polderu Zagórów.

4. Wyniki badań

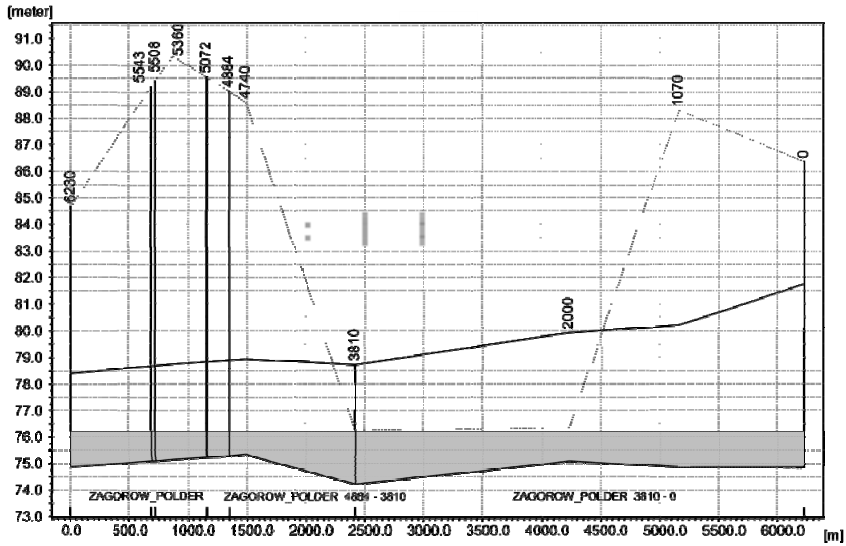
W pierwszym badaniu określono przebieg położenia zwierciadła wody na Polderze Zagórów podczas przemieszczania się wezbrania doliną rzeki Warty, wraz z przepływem maksymalnym o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 10\%$. Zbadano także możliwości sterowania napełnianiem polderu, określono wydatek przepustów P7 oraz P8 otwartych w 50%, określono objętość wody, która wpłynęła na polder oraz określono czas opróżniania polderu przy otwartych przepustach P7 i P8 oraz otwartych przepustach PW1 i PW2.

W obliczeniach przyjęto następujące warunki brzegowe:

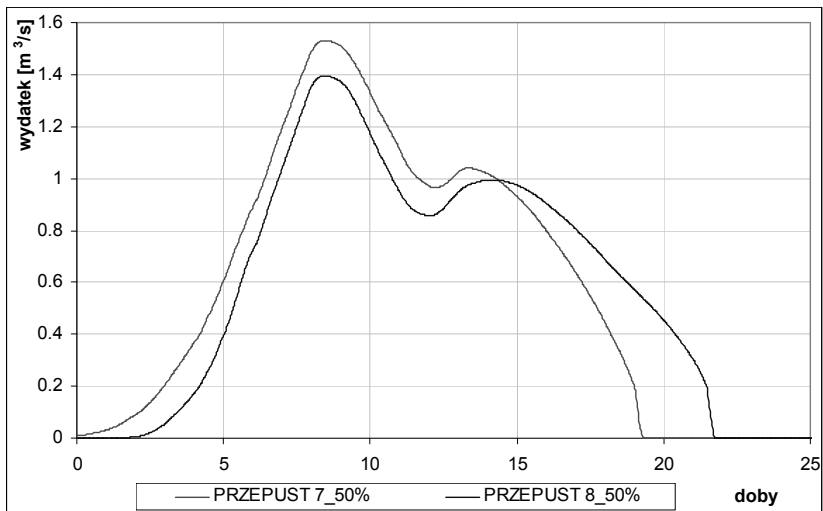
- przepływ na Warcie w przekroju Konin $Q = 10\% = 488 \text{ m}^3/\text{s}$,
- wprowadzono hydrogram hipotetyczny ustalony na podstawie wezbrań historycznych, o kulminacji $488 \text{ m}^3/\text{s}$,
- podczas napełniania przepusty P7 oraz P8 były otwarte w 50%, z kolei przepusty PW1 i PW2 zamknięte,
- po napełnieniu polderu, rozpoczęło się opróżnianie, podczas którego otwarto przepusty P7 i P8 oraz PW1 i PW2 w 100%.

Badanie obejmowało przebieg napełniania polderu Zagórów przez otwarty w 50% przepust P7 oraz przepust P8. Nie uwzględniano dopływu ze zlewni własnej Kanału B (Strugi Grabienickiej) oraz pracy przepompowni. Po osiągnięciu maksymalnego poziomu wody na polderze, zwierciadło wody w dolinie Warty zaczęło się obniżać co również przełożyło się na sytuację na polderze, gdzie zwierciadło wody również zaczęło się obniżać. Podczas gdy na polderze zwierciadło wody osiągnęło stan maksymalny przepusty P7 i P8 oraz PW1 i PW2 otwarto w 100% (Rys. 2–5).

Etap I – napełnianie polderu – P7 i P8 otwarte w 50%, przepust PW1 i PW2 zamknięte

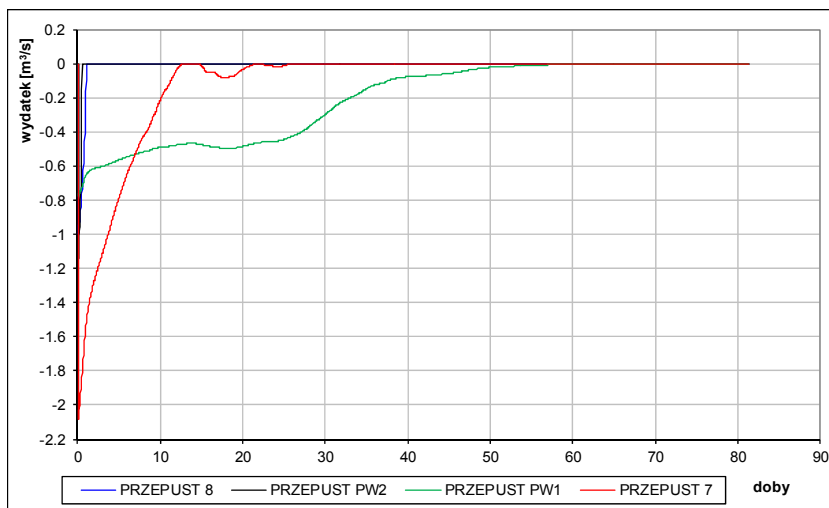


Rys. 2. Położenie zwierciadła wody na polderze dla $Q = 10\%$
 Fig. 2. Localization of water level in the polder for $Q = 10\%$

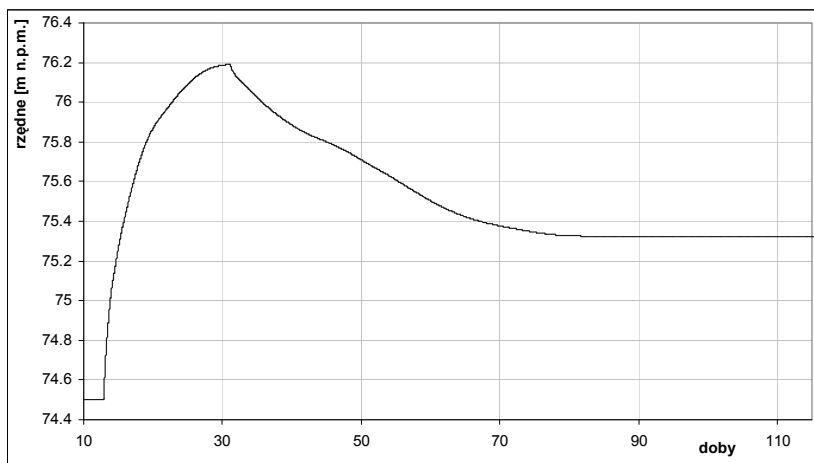


Rys. 3. Wydatek przepustów P7 i P8 w czasie napełniania polderu
 Fig. 3. Capacity of the P7 and P8 culverts during polder filling

Etap II – opróżnianie polderu – P7, P8 oraz PW1 i PW2 otwarte w 100%



Rys. 4. Wydatek przepustów P7, P8, PW1 i PW2 w czasie opróżniania polderu
Fig. 4. Capacity of P7, P8, and PW1, PW2 culverts during polder emptying



Rys. 5. Przebieg napełniania polderu dla $Q = 10\%$, P7 i P8 – otwarte 50%, PW1 i PW2 – zamknięte oraz opróżniania polderu – P7, P8, PW1 i PW2 otwarte w 100%
Fig. 5. The course of polder filling for $Q = 10\%$, P7 and P8 culverts – open in 50%, PW1 and PW2 culverts – closed, polder emptying – P7, P8, PW1 and PW2 culverts open in 100%

Przy przemieszczaniu się w dolinie Warty wezbrania o $p = 10\%$ oraz otwartych przepustach P7 i P8 w 50%, woda zalewa Polder do rzędnej 76,19 m n.p.m, tj. o 19 cm wyżej niż dla wezbrania o $p = 10\%$ wraz z otwartym jednym przepustem P7. Wydatek maksymalny przepustu P7 wyniósł $1,54 \text{ m}^3/\text{s}$, natomiast przepustu P8 wyniósł $1,40 \text{ m}^3/\text{s}$. Czas wypełniania polderu do rzędnej maksymalnej 76,19 m n.p.m. wyniósł 18 dni (Rys. 3). W tym okresie na polder wpłynęło około $2,5 \text{ mln m}^3$ wody. Z kolei czas grawitacyjnego opróżniania polderu, przy całkowicie otwartych przepustach P7, P8 oraz PW1 i PW2 wynosi ok. 3 miesiące. (Rys. 4. i 5). Wydatek ten maleje wraz z obniżaniem się poziomu wody, odwrotnie niż przy napełnianiu. Maksymalne wartości przepływów przez przepusty wynoszą dla P7 ok. $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$, dla P8 ok. $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$, dla PW1 ok. $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$, PW2 ok. $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$, przy czym wartości te dla P8 i PW2 występują tylko w pierwszych godzinach opróżniania polderu. Sytuacja taka ma miejsce ze względu na wysokie stany wody w międzywalu rzeki Warty (Rys. 4).

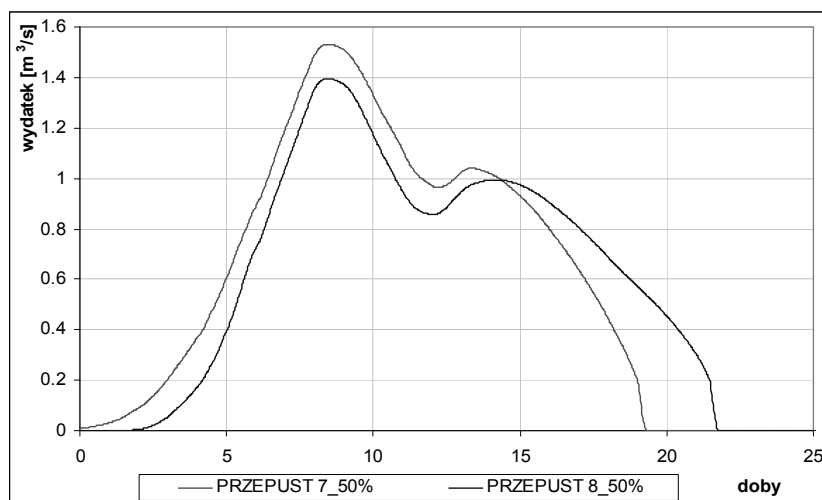
W drugim wariantcie badań określono przebieg położenia zwierciadła wody na Polderze Zagórów podczas przemieszczania się wezbrania doliną rzeki Warty, wraz z przepływem maksymalnym o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 10\%$. Zbadano także możliwości sterowania napełnianiem polderu, określono wydatek przepustów P7 oraz P8 otwartych w 50%, określono objętość wody, która wpływa na polder przez otwarte przepusty oraz określono czas opróżniania polderu przy włączonej przepompowni odwadniającej.

W obliczeniach przyjęto następujące warunki brzegowe:

- przepływ na Warcie w przekroju Konin $Q = 10\% = 488 \text{ m}^3/\text{s}$,
- wprowadzono hydrogram hipotetyczny ustalony na podstawie wezbrań historycznych, o kulminacji $488 \text{ m}^3/\text{s}$,
- podczas napełniania polderu przepusty P7 i P8 otwarte w 50%, przepusty PW1 i PW2 zamknięte,
- po napełnieniu polderu, gdy rozpoczęło się opróżnianie, przepusty P7, P8, PW1 i PW2 zamknięte oraz włączono przepompownię odwadniającą o wydatku całkowitym $5,16 \text{ m}^3/\text{s}$.

Badanie obejmowało przebieg napelniania Polderu Zagórów przez otwarte w 50% przepusty P7, P8. Przepusty PW1 oraz PW2 pozostawały zamknięte. Nie uwzględniano dopływu ze zlewni własnej Kanału B (Strugi Grabienickiej B). Po osiągnięciu maksymalnego poziomu wody na polderze podczas badania, włączono przepompownię odwadniającą o wydatku 5,16 m³/s. Zamknięto przepusty P7 i P8, aby obniżający się poziom wody wskutek pompowania, nie powodował wtórnego napływu wody przez przepusty P7 i P8. Przepusty PW1 i PW2 (ze względu na szybciej obniżające się zwierciadło wody na polderze niż na terenie zalewowym Warty) pozostawały zamknięte (Rys. 6–7).

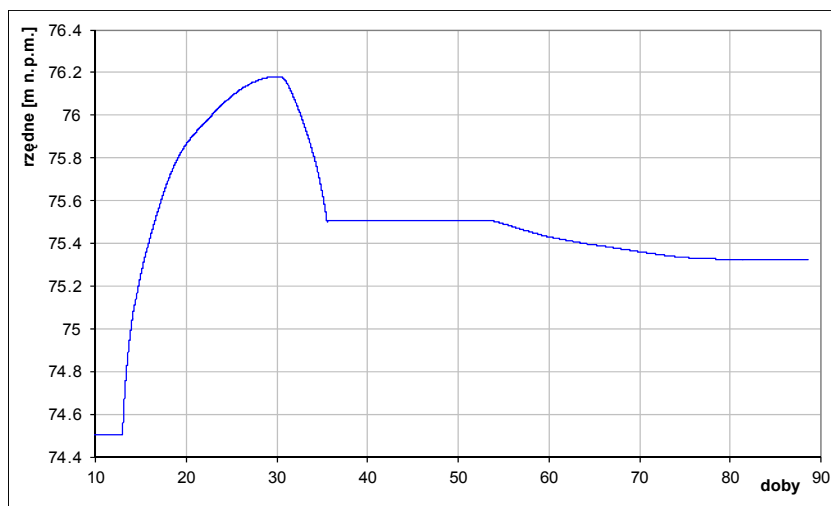
Etap I – napelnianie polderu – przepusty P7 i P8 otwarte w 50%, przepusty PW1 i PW2 zamknięte



Rys. 6. Wydatek przepustu P7 i P8 w czasie napelniania polderu

Fig. 6. Capacity of P7 and P8 culverts during polder filling

Etap II – opróżnianie polderu – po wypełnieniu polderu włączona została pompownia.



Rys. 7. Przebieg napelniania polderu dla $Q = 10\%$; P7 i P8 – otwarty 50% oraz opróżniania polderu – włączona przepompownia o wydatku $5,16 \text{ m}^3/\text{s}$, po osiągnięciu rzędnej $75,50 \text{ m n.p.m.}$ pompowanie wyłączone i zrzut wyłącznie poprzez przepusty

Fig. 7. During the course of polder filling for $Q = 10\%$, P7 and P8 culvert open in 50%, During polder emptying - the pumping station with $5.166 \text{ m}^3/\text{s}$, after reaching the level of 75.50 m o.s.l. – switched off and discharge only through culverts

Podczas przemieszczania się w dolinie Warty wezbrania wraz z przepływem maksymalnym o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 10\%$ oraz otwartych przepustach P7, P8 w 50% i zamkniętych przepustach PW1, PW2 woda zalewa polder do rzędnej $76,19$, tj. o 19 cm wyżej niż dla wezbrania o $p = 10\%$ wraz z otwartym jednym przepustem P7. Wydatek maksymalny przepustu P7 wyniósł dla zadanych warunków $1,54 \text{ m}^3/\text{s}$, natomiast przepustu P8 – $1.40 \text{ m}^3/\text{s}$. Czas wypełniania polderu do rzędnej maksymalnej $76,19 \text{ m n.p.m.}$ wyniósł 18 dni (Rys. 6). W tym czasie na polder wpłynęło około $2,5 \text{ mln m}^3$ wody. Z kolei czas opróżniania polderu, po uruchomieniu przepompowni odwadniającej o wydatku $5,16 \text{ m}^3/\text{s}$ tj. od chwili osiągnięcia rzędnej maksymalnej ($76,19 \text{ m n.p.m.}$) do czasu, gdy zwierciadło wody osiągnęło rzędną $75,50 \text{ m}$

n.p.m. wyniósł 5 dni (Rys. 7). W dalszym etapie przepompownia została wyłączona i otwarto przepusty P7, P8, PW1 i PW2 w 100% – polder był opróżniany tylko poprzez przepusty, a całkowity czas opróżniania poleru wyniósł ponad 60 dni.

Po wyłączeniu przepompowni zwierciadło wody pozostawało na niezmiennym poziomie ze względu na wolno opadające zwierciadło wody w rzece Warcie, które przewyższało przez jeszcze ok. 15 dni zwierciadło wody na polderze. Odpływ nastąpił, gdy zwierciadło wody od strony międzywała Warty uległo obniżeniu względem poziomu wody na polderze. Odpływ następował tylko za pośrednictwem przepustu PW1 z maksymalnym wydatkiem ok. $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$, co spowodowane było wyższym położeniem zwierciadła wody od strony międzywała w porównaniu ze zwierciadłem wody na polderze w przypadku pozostałych przepustów.

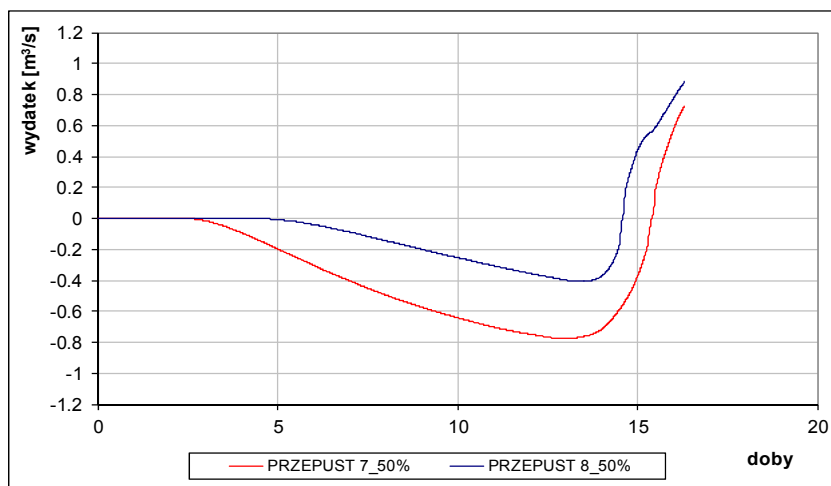
W trzecim wariantcie określono przebieg położenia zwierciadła wody na Polderze Zagórów podczas przemieszczania się wezbrania dolną rzeki Warty, wraz z przepływem maksymalnym o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 10\%$. Zbadano także możliwości sterowania napełnianiem polderu, określono wydatek przepustów P7 oraz P8 otwartych w 50%, określono objętość wody, która wlała się na polder przez otwarte przepusty oraz określono czas opróżniania polderu przy włączonej przepompowni odwadniającej. Uwzględniono w czasie całego badania dopływ Kanału B (Strugi Grabienickiej).

W obliczeniach przyjęto następujące warunki brzegowe:

- przepływ na Warcie w przekroju Konin $Q = 10\% = 488 \text{ m}^3/\text{s}$,
- wprowadzono hydrogram hipotetyczny ustalony na podstawie wezbrań historycznych, o kulminacji $488 \text{ m}^3/\text{s}$,
- uwzględniono dopływ Kanału B (Strugi Grabienickiej) stałym przepływem wynoszącym $2,29 \text{ m}^3/\text{s}$ (na podstawie SSQ z pięciolecia z Roczników Hydrologicznych IMGW);
- podczas napełniania polderu przepusty P7 i P8 otwarte w 50%, przepusty PW1 i PW2 zamknięte,
- po napełnieniu polderu do rzędnej $76,20 \text{ m n.p.m.}$, przepompownia rozpoczęła pracę, w związku z powyższym zamknięto przepusty P7, P8, PW1 i PW2 oraz włączono przepompownię odwadniającą o wydatku całkowitym $3,87 \text{ m}^3/\text{s}$.

Badanie obejmowało przebieg napełniania Polderu Zagórów przez otwarte w 50% przepusty P7 i P8. Uwzględniono dopływ z zlewni własnej poprzez Kanał B (Strugę Grabienicką). Po osiągnięciu na polderze poziomu wody o rzędnej 76,20 m n.p.m., włączono przepompownię odwadniającą o wydatku 3,87 m³/s, by nie dopuszczać do dalszego podnoszenia zwierciadła wody (Rys. 8–9).

Etap I – napełnianie polderu – P7 i P8 otwarte w 50%, dopływ Kanał B (Struga Grabienicka) 2,29 m³/s



Rys. 8. Wydatek przepustów P7 i P8 w czasie napełniania polderu; uwzględniono dopływ Kanał B (Strugę Grabienicką) na polder; (pierwsza faza odpływ z polderu, druga faza napełnianie)

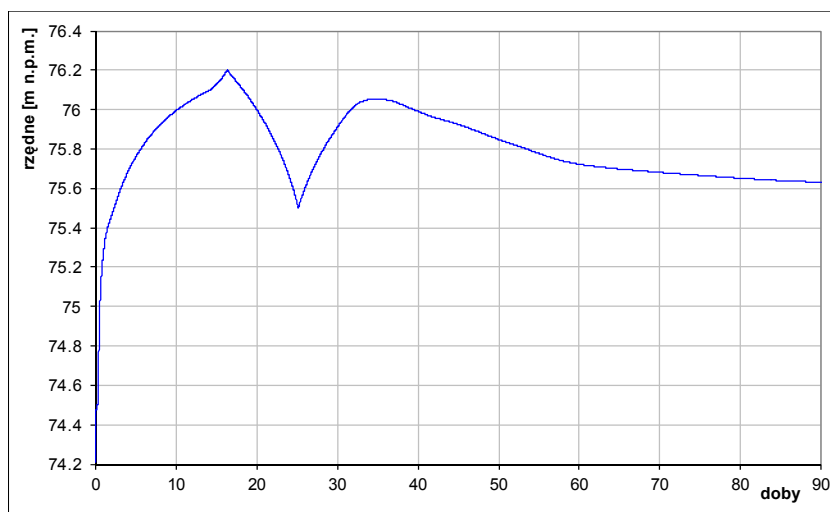
Fig. 8. Discharge of culverts P7 and P8 during polder filling (the inflow from Canal B Struga Grabienicka to the polder was included; the first phase – outflow from the polder, the second phase – filling of the polder)

Na skutek dopływu z Kanału B (Strugi Grabienickiej) oraz dopływu poprzez przepusty P7 i P8 polder zaczął się szybko napełniać. Etap napełniania polderu przerwano (na skutek rozpoczęcia przepompowywania), gdy rzędna zwierciadła wody na polderze osiągnęła wartość 76,20 m n. p. m, co nastąpiło to po ok. 16 dobach (Rys. 8).

W pierwszej fazie polder był napełniany przez dopływ poprzez Kanał B (Strugę Grabienicką). Piętrzona woda wypływała z polderu do rzeki Warty poprzez przepusty P7 i P8 otwarte w 50%, natomiast przepu-

sty PW1 i PW2 były zamknięte. W dalszym etapie polder był dodatkowo zasilany przez rzekę Wartę przez przepusty P7 i P8 otwarte w 50%, aż do osiągnięcia rzędnej 76,20 m n.p.m.

Etap II – opróżnianie polderu – dopływ z Kanału B (Struga Grabienicka) 2,29 m³/s; przepompownia o wydatku 3,87 m³/s włączona.
Podczas opróżniania polderu przez przepompownię, przepusty P7 i P8 zostały całkowicie zamknięte



Rys. 9. Przebieg napełniania polderu dla $Q = 10\%$; przepusty P7 i P8 otwarte w 50% podczas napełniania; dopływ z Kanału B (Str. Grabienicka) 2,29 m³/s podczas napełniania i opróżniania polderu; podczas opróżniania przez przepompownię przepusty P7 i P8 zamknięte, po wyłączeniu przepompowni następuje otwarcie przepustów P7, P8, PW1 i PW2

Fig. 9. In the course of polder filling for $Q = 10\%$, culverts P7 and P8 – open in 50% during d polder filling – inflow from Canal B (Struga Grabieniecka) 2.29 m³/s during polder filling and during polder emptying, through the pumping station, the P7 and P8 culverts are closed, after the switching off the pumping station, the P7, P8, PW1 and PW2 culverts will be closed

Przy przemieszczaniu się w dolinie Warty wezbrania o $p = 10\%$, otwartych przepustach P7 i P8 w 50% oraz uwzględnieniu dopływu z Kanału B (Strugi Grabienickiej) o stałej wielkości przepływu wynoszącego 2,29 m³/s, woda zalewa polder do rzędnej 76,20 m n.p.m. Czas wy-

pełnienia polderu do tej rzędnej wyniósł 16 dni. Podczas napełniania maksymalny wydatek przepustu P7 wynosił $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, natomiast przepustu P8 wynosił $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (Rys. 8). Na skutek przekroczenia rzędnej $76,20 \text{ m n.p.m.}$ i dalszego wzrostu zwierciadła wody na polderze zostaje uruchomiona przepompownia. Podczas pracy przepompowni wszystkie przepusty zostają zamknięte ze względu na wyższe położenie zwierciadła wody w międzywalu rzeki Warty. Przepompownia pracuje ok. 11 dni zmniejszając poziom wody na polderze do rzędnej $75,50 \text{ m n.p.m.}$ Po uzyskaniu tej rzędnej przepompownia przestaje pracować i zostają otwarte wszystkie przepusty. Na skutek dopływu z Kanału B (Strugi Grabieńskiej) oraz wyższego położenia zwierciadła wody po stronie rzeki Warty, następuje tymczasowy, trwający ok. 9 dni wzrost zwierciadła wody do rzędnej ok. $75,90 \text{ m n.p.m.}$ Następnie wraz ze zmniejszającymi się stanami wody na rzece Warcie następuje powolne obniżanie lustra wody na polderze. Podczas badania na polderze zgromadziło się około $2,5 \text{ mln m}^3$ wody. Wydatek maksymalny przepustu P7 podczas opróżniania polderu wyniósł ok. $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$, przepustu P8 wyniósł ok. $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, natomiast PW1 wyniósł $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$, a PW2 ok. $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Od chwili rozpoczęcia opróżniania polderu do końca badania upłynęło 80 dni (Rys. 9).

5. Wnioski

1. Wykonanie obwałowania Doliny Warty w latach osiemdziesiątych wynikało z twierdzenia, iż pojemność retencyjna zbiornika Jeziorsko będzie wystarczająca dla ochrony powodziowej Warty. Odcięto wówczas pojemność doliny rzędu 200 mln m^3 (pojemność powodziowa Jeziorska wynosi $61,8 \text{ mln m}^3$). Wybudowane przepusty P7 i P8 pomogą przywrócić naturalny charakter Doliny Konińsko-Pyzderskiej w obrębie Polderu Zagórów poprzez możliwość sterowanego zalewu wodami powodziowymi.
2. Wyniki obliczeń zobrazowały sytuację jaka mogłaby zaistnieć na polderze Zagórów w przypadku uwzględnienia hipotetycznej fali wezbraniowej wraz z przepływem maksymalnym o prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 10\%$.
3. Z przytoczonych danych wynika, że w przypadku badania pierwszego czas napełniania polderu do rzędnej $76,19 \text{ m n.p.m.}$ wyniósł ok. 18 dni, natomiast czas opróżniania wyniósł ok. 3 miesięcy.

4. Badanie drugie, w którym uwzględniono pracę przepompowni podczas opróżniania polderu, wykazało, że czas napełniania polderu do rzędnej 76,19 m n.p.m. wyniósł ok. 18 dni, natomiast czas opróżniania wyniósł ok. dwóch miesięcy.
5. Badanie trzecie, w którym uwzględniono pracę przepompowni podczas opróżniania polderu, a także dopływ Kanału B, wykazało, że czas napełniania polderu do rzędnej 76,20 m n.p.m. wyniósł ok. 16 dni, natomiast czas opróżniania wyniósł ok. 80 dni.
6. Powyższe skłania do stwierdzenia, że długość okresu, w którym obszar polderu będzie zalany uzależniony jest nie tylko od sytuacji w międzywalu Warty, ale także od wielkości dopływu Kanałem B. Biorąc pod uwagę powyższe decydujące znaczenie odgrywa tu właściwe sterownie przepustami oraz pracą przepompowni.
7. Podczas występowania wezbrań w korycie rzeki Warty wskazane jest otwarcie przepustów P7 i P8 w 50%. Wówczas nastąpi zasilanie Polderu Zagórów przez rzekę Wartę aż do wyrównania się zwierciadła wody w międzywalu i na polderze. Opróżnianie polderu powinno być wspomagane pracą przepompowni. Odpływ grawitacyjny, po otwarciu przepustów PW1, PW2, P7 i P8 możliwy jest dopiero po obniżeniu stanów wody w Warcie. Czas opróżnienia polderu z nadmiaru wody według badań modelowych może zostać skrócony do około 11 dni. Dla spełnienia tego warunku konieczne jest ograniczenie poziomu zalewu polderu Zagórów przepustami P7 i P8 do rzędnej 76,20 m n.p.m. Powyższe ograniczenie wynika z aktualnych warunków eksploatacyjnych przepompowni Zagórów. Zgodnie z obowiązującą instrukcją eksploatacji przepompownia pracuje pomiędzy rzędnymi:
 - poziom załączenia agregatów pompowych: 76,20 m n.p.m.
 - poziom wyłączenia agregatów pompowych: 75,50 m n.p.m.

Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego N N305 396239 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Literatura

1. *A Modelling System for Rivers and Channels*. Reference Manual. Mike by DHI, 2008.
2. **Byczkowski A.**: Hydrologia. SGGW. Warszawa 1999.
3. **Kubrak J., Nachlik E.**: *Hydrauliczne podstawy obliczania przepustowości koryt rzecznych*. SGGW. Warszawa 2003.

4. **Malinger A., Przedwojski B.:** *Wykorzystanie modelu matematycznego do charakterystyki hydraulicznej doliny konińsko-pyzderskiej*. Nauka Przyroda Technologie, t.1 z. 2, 2007.
5. **Propagacja kulminacyjnych stanów wody na Warcie z uwzględnieniem letniego wezbrania 1997.** Monografia powodzi z lipca 1997 r. w dorzeczu Warty. IMGW, grudzień 1997.
6. **Przybyła Cz., Bykowski J., Mrozik K., Napierała M.:** Znaczenie *polde-ru Zagórów w ochronie przeciwpowodziowej*. Rocznik Ochrona Środowiska Tom 13. Ś-PTNOŚ. Koszalin 2011, 48:801-813.
7. **Renaturyzacja obiegu wody w centralnej części Doliny Konińskiej między Zagórowem a Łądem – Przepusty P7 i P8, rów R6.** Projekt budowlano wykonawczy. Hydroprojekt. Włocławek 2008.
8. **Szymkiewicz R.:** *Metody numeryczne w inżynierii wodnej*. Gdańsk Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk 2003.
9. **Winiecki A. Krupa A.:** *Koncepcja renaturyzacji obiegu wody w centralnej części Doliny Konińskiej między Zagórowem a Łądem*. 2006.
10. **Żelazo J.:** *Renaturyzacja rzek i dolin. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*. PAN. Kraków 2006.

Effect of Hydrotechnical Structures on the Water Economy Renaturalization in Zagórów Polder

Abstract

The objective of the presented paper was the analysis of the effect of embankment culverts P7 and P8, built within the compensation work, on the water management of the Zagórów Polder.

Before the year 2009, the polder formed the closed part of Kaminsko-Pyzderska Valley, completely cut off them by the river embankment from the periodically rising of Warta river.

For the necessary calculation purposes, a mathematical model has been applied which permits to calculate the transformation of the flood waves. Additionally, the model has been enriched, among others, by a module permitting to calculate the water flow through the water installations like culverts, overflows, pumping stations, or reservoirs. This model has been constructed on the basis of digitalized points of river network and the added to it (through milage expressed in kilometrgres) river cross-sections. The points of river network were introduced directly to a digitalized screen of topographic maps of the given area and additionally by the utilization of the data base of XY points from digital vecor layers.

All calculations were carried out on a one-dimensional model Mike 11 of a Danish Institute of Hydrology which includes the Saint Venant system of equation continuity and momentum conservation.

The performed analyses have shown, that during freshet occurrence in the Warta river bed, it is necessary to open the P7 and P8 culverts in 50%. Then, there will follow a water supply to the Zagórow Polder by the Warta river until the level in the embankment culvert and in the polder will equalize. The emptying of the polder should be supported by the work of the pumping station. A gravitational outflow, after the opening of culverts PW1, PW2, P7 and P8 is not possible before the water level in WArta river descends. The time of polder emptying from the excess of water, according to the experiments on the model, can be shortened to about 11 days. In order to fulfill this condition, it is necessary to limit the overfilling of the Zagórow polder by the culverts P7 and P8 to the level of 76.2 m a.s.l (above sea level). This limitation results from the actual operating conditions of Zagórow intermediate pumping station. According to the valid operation instruction, the intermediate pumping station works within the following switch on levels of the pumping units: 76.90 m a.s.l. and the level of the switching off of the pumping aggregates: 75.50 m a.s.l.