

Powodzie w Polsce i ich wpływ na modernizację systemów ochrony przed powodzią

dr hab. inż. Czesław Szczegielniak
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Instytut Inżynierii Środowiska

Streszczenie

Charakterystyka wezbrań Odry

Rzeka Odra utworzyła swoje koryto w dolinie o szerokości 3 - 5 km. Nurt rzeki meandrował tworząc pętle na całej szerokości doliny. W okresie historycznym fala powodziowa Odry górskiej przemieszczała się stosunkowo wolno i najczęściej wezbrania dopływów, głównie lewostronnych, wyprzedzały falę Odry górskiej. Analiza najstarszych zapisków świadczy o tym, że miasta Brzeg, Oława i Wrocław częściej i bardziej dotkliwie nękanie były wezbraniem letnimi Nysy Kłodzkiej, bądź wezbraniem Odry, ale o charakterze roztopowo - zatorowym. Dopiero tak wyjątkowo katastrofalna powódź, jak w 1501, 1515 czy 1736 roku, w czasie których miały miejsce wielokrotne wezbrania, dochodziło do całkowitego zatopienia doliny rzeki Odry. Następowo przerywanie meandrów oraz łączenie fal dopływów z kolejnym wezbraniem rzeki Odry. Dochodziło wówczas do tworzenia nowych koryt Odry oraz do przelewania wód Odry do dolin rzek Oławy i Widawy powyżej miasta Wrocławia. Plany miasta Wrocławia z XVI w. przedstawiają na północnym brzegu Odry lasy i parki oraz kilka nieistniejących obecnie koryt Odry. Ostrów Tumski oraz Wyspa Piaskowa otoczone były drewnianymi nabrzeżami, natomiast usytuowane na lewym, wyższym brzegu, nowe miasto, otoczone było murem fortyfikacyjnym, który spełniał również funkcję ochronną od powodzi. Po niezwykle uciążliwej, długotrwałej powodzi 1736 roku, rozpoczęto pierwszą regulację Odry. Polegała ona głównie na skracaniu biegu rzeki poprzez wykonanie przekopów oraz na umacnianiu brzegów. W późniejszym okresie, od połowy XIX wieku, rozpoczęto budowę ostróg, który to system regulacji koryta doskonalono i realizowano aż do pierwszej połowy XX wieku. Katastrofalne skutki niesły powodzie zatorowe, których nasilenie miało miejsce w okresach ochłodzenia klimatu, charakteryzujących się dużą częstotliwością mroźnych i śnieżnych zim (1420 - 1470, 1550 - 1620, 1785 - 1840).

System ochrony przeciwpowodziowej w dorzeczu górnej Odry powstał w wyniku stopniowej rozbudowy prowadzonej fragmentarycznie już od XIII wieku. Każda katastrofalna powódź poczynając od XVIII wieku, powodowała zajęcie się sprawą ochrony na większą skalę. Po powodzi 1736r. rozpoczęto na Odrze pierwsze przekopy na meandrujących odcinkach rzeki. Pierwsze projekty regulacji Odry opracowywał Alexander Nouwertz - od 1746 roku inspektor budów wodnych i wałów, a jego dzieło kontynuował syn - Nouwertz młodszy. Według Nouwertza w 1782 roku liczba

przekopów Odry w obrębie Śląska wynosi 48, a bieg rzeki uległ skróceniu o 60 km, natomiast na odcinku pomiędzy Raciborzem a ujściem Nysy Kłodzkiej skrócono bieg rzeki o ok. 31 km (19%). Jednakże dalszy rozwój regulacji Odry miał na celu głównie zapewnienie dobrych warunków do uprawiania żeglugi, np. pierwszy projekt połączenia Odry ze Szprewą powstaje w 1822 roku.

Rewolucja przemysłowa w drugiej połowie XIX wieku sprzyja szybkiemu rozwojowi miast nadodrzańskich. Obszary zurbanizowane przekraczają tereny korzystne ze względów topograficznych. Np. analiza planów miasta Wrocławia z lat 1796 i 1896 wskazuje na urbanizację dotychczasowych rozlewisk rzeki Odry (Wrocław północny). Powstają nowe kanały i koryta, a starorzecza są zasypywane, następuje znaczne ograniczenie pól zalewowych. Już po powodzi 1736 roku budowano i podwyższano wały lokalne, które jednak zostały przekroczone w czasie powodzi roztopowej w 1785 roku. Najbardziej gwałtowna, letnia powódź 1813 roku osiągała stany absolutnie najwyższe w rejonie Koźła – Krapkowic i Opola, które zostały przekroczone dopiero w 1997 roku. Budowę systemu obwałowań doliny Odry na odcinku od Krapkowic do Wrocławia rozpoczęto po powodzi letniej 1854 roku, kiedy to wielkie straty wystąpiły również we wszystkich miastach nadodrzańskich. Pod koniec XIX wieku po powodzi z 1897 roku przystąpiono do regulacji i zabudowy potoków górskich oraz opracowano projekty budowy zbiorników retencyjnych. Zatem już wówczas doszło do ukształtowania poglądu, iż działania prowadzone w obrębie doliny rzeki Odry nie zapewniają wymaganej ochrony od powodzi miast i osiedli miejskich oraz gruntów rolnych. Prowadzone w XVIII i XIX wieku wielkie inwestycje regulacyjne przyczyniły się do skrócenia czasu przebiegu fali Odry źródłowej, wskutek czego wezbrania dopływów Odry, a zwłaszcza Osobłogi i Nysy Kłodzkiej, mogły nakładać się na "czoło" fali rzeki Odry i w efekcie zagrożenie powodziowe miast, a zwłaszcza Opola, Brzegu, Oławy i Wrocławia ciągle wzrastało. Na skutki nie czekano długo, bowiem już w 1902 i 1903 roku nastąpiły powodzie, które wymusiły podjęcie kolejnych wielkich budowli przeciwpowodziowych. Powódź w 1903 roku objęła swym zasięgiem większość obszarów Europy Środkowej, w tym szczególnie dorzecze Dunaju, Odrę, Wartę i Wisłę. Koncentracja opadów jaka miała miejsce na górską zlewnię Odry oraz Nysy Kłodzkiej, przyczyniła się do utworzenia największej powodzi w węźle Nysy Kłodzkiej i Odry. Wskutek zasilania czoła fali Odry wezbraniem dopływów, przebieg powodzi był wyjątkowo gwałtowny. Wszystkie wały zostały przerwane bądź przekroczone. Fala Odry, Osobłogi i Nysy Kłodzkiej zatopiła całą dolinę Odry powyżej Wrocławia. Również znaczna część terytorium miasta Wrocławia została zatopiona. Wszystkie dopływy Odry z powodu zahamowania odpływu wypełniały swoje doliny, co potęgowało zasięg powodzi w ujściach tych rzek do Odry.

Na początku XX wieku rozpoczęto budowę tzw. suchych zbiorników przeciwpowodziowych zlokalizowanych w zlewniach Nysy Kłodzkiej, Osobłogi, Kaczawy i Bobru. Równocześnie budowano zbiorniki wielozadaniowe Pilichowice (na rzece Bóbr), Leśna i Złotniki (na Kwisie), Lubachów (na Bystrzycy), a następnie Otmuchów na Nysie Kłodzkiej (1933). Regulacja Odry na odcinku Olza - Racibórz, wykonana w XIX wieku, wyprostowanie jej biegu oraz znaczne ograniczenie terenów

zalewowych, zwłaszcza prawostronnych, przyczyniło się do zwiększenia zagrożenia falami Odry miasta Raciborza. Wody powodziowe przelewały się do nieobwałowanej doliny od strony północno - wschodniej. Wówczas następowało zatopienie dróg łączących Racibórz z Gliwicami i Rybnikiem. Racjonalnym rozwiązaniem w tej sytuacji było wykonanie kanału powodziowego, którego budowę zakończono w 1942 roku. Po wybudowaniu kanału o długości około 7.5 km i przepustowości 1500 m³/s, miasto Racibórz było dobrze chronione przed powodzią, a komunikacja ze Śląskiem była zapewniona. Pogorszenie sytuacji nastąpiło po wybudowaniu w końcu lat 70-tych obustronnego obwałowania - prawostronnie do ujścia rzeki Rudy, lewostronnie do Miedoni. Podpiętrzenie wód powodziowych bezpośrednio poniżej miasta oraz degradacja bądź zabudowa tarasów zalewowych Starej Odry w obrębie miasta Raciborza przyczyniły się do pogorszenia stanu ochrony przeciwpowodziowej.

Poniżej Raciborza aż do Koźła dolina Odry nie posiada obwałowań dzięki czemu fala Odry rozlewa się na szerokość 3-5 km i znacznie wytraca prędkość przemieszczania. W dolinie Raciborsko - Kozielskiej kulminacja ulega redukcji o około 10% (pomiarzy Q w latach 1977 i 1985). Jednak mieszkańcy osiedli narażonych na poważne szkody domagają się poprawy ochrony od powodzi. Mamy w tym przypadku typowy przykład sprzeczności interesów. Oto bowiem leżące poniżej miasto Koźle usytuowane na lewym brzegu Odry, w czasie największych powodzi jest otaczane i zatapiane wodami rzeki Odry od strony południowo - zachodniej. W czasie powodzi w 1997 roku zostały potwierdzone wszystkie pesymistyczne oceny dotyczące stanu ochrony przeciwpowodziowej w dolinie górnej Odry przedstawione w pracy [8] a zwłaszcza w odniesieniu do Raciborza i Koźła. Zrealizowana obecnie rozbudowa koryta rzeki Odry i modernizacja istniejących obwałowań w obrębie miasta Koźle, nie otworzy jednak możliwości obwałowania doliny Raciborsko – Kozielskiej. Nastąpi to dopiero po zbudowaniu zbiornika Racibórz o pojemności rezerwy powodziowej o objętości około 160 hm³.

Przyjmuje się, że dolina Odry jest obwałowana począwszy od Krapkowic. Fala Odry po przyjęciu wód Osobłogi przemieszcza się do Opola, które usytuowane jest na wyższym, prawym brzegu Odry, wyniesionym ponad poziom wielkich wód. Podobnie jednak, jak w przypadku Wrocławia, czy Kędzierzyna - Koźła, począwszy od drugiej połowy XIX wieku następuje rozwój miasta. Powstaje bogata infrastruktura przemysłowa, komunikacyjna i komunalna. Na lewym brzegu Odry powstaje dzielnica Zaodrże. Wreszcie w latach 70 - tych XX wieku wykonano kanał powodziowy, który przejmuje część wód powodziowych ze starorzecza, po lewej stronie wyspy Bolko i prostą trasą o długości około 3.5 km, doprowadza je do Odry właściwej, powyżej portu Opole - Zakrzów. Poniżej Opola do Odry uchodzi rzeka Mała Panew, której odpływ jest kontrolowany zbiornikiem Turawa. Na wysokości ujścia Małej Panwi znajdują się dwa poldery, na lewym brzegu Odry - Żelazna, a na prawym - Czarnowąsy.

W dalszym biegu Odra przyjmuje największy lewostronny dopływ - Nysę Kłodzką. Powierzchnia zlewni tej górskiej rzeki przekracza 4500 km². Wezbrania Nysy Kłodzkiej najczęściej wyprzedzają

falę Odry o 1 - 2 dni. W wyniku nałożenia się fali Nysy Kłodzkiej z czołem fali górnej Odry następowało przedwczesne wypiętrzanie wód Nysy i Odry zanim nadeszła właściwa kulminacja Odry. Taka sytuacja miała miejsce wielokrotnie, np. w 1903 roku. Dlatego pomimo zaawansowanej budowy zbiornika Otmuchów na Nysie Kłodzkiej, równolegle wykonano polder Rybna - Stobrawa o pojemności 12 mln m³.

System ochrony od powodzi miasta Wrocławia powstawał przez kilka stuleci, równolegle z rozwojem miasta. Największy zakres przedsięwzięć zrealizowano po powodzi w 1903 roku. Rozpoczęto wówczas budowę urządzeń chroniących Wrocław przed wielkimi wodami, które praktycznie w ówczesnym kształcie istnieją obecnie. System ochrony przeciwpowodziowej miasta Wrocławia składający się z polderów Oławka i Bliżanowice - Trestno, kanału powodziowego oraz przelewu do rzeki Widawy, został zakończony w latach 1922-1923, równocześnie z ostatnim etapem kanalizacji Odry na odcinku ujście Nysy - Rędzin. W tym okresie powstaje: kanał ulgi o długości ok. 6 km, usytuowany równolegle do kanału żeglugowego, oddzielony od niego wałem (jaz wpustowy do kanału ulgi zlokalizowany jest w Bartoszewicach); polder przepływowy Bliżanowice - Trestno, o pojemności 3,8 mln m³; przewał do koryta rzeki Widawy o przepustowości 150 m³/s; polder w dolinie Oławy, tzw. polder Oławka o pojemności 12 mln m³; polder w dolinie Widawy - Paniowice o pojemności 3 mln m³; budowle sterujące dopływem na poldery oraz wykonano przebudowę 45 km wałów przeciwpowodziowych. Przyjmuje się, że powódź w 1930 roku przebiegła w warunkach pełnej modernizacji systemu przeciwpowodziowego w obrębie i powyżej miasta Wrocławia. Obserwacje poczynione wówczas stanowiły test dla zrealizowanych obiektów. Wrocław, wg ówczesnych projektantów był przygotowany na bezpieczne przeprowadzenie fali o natężeniu przepływu 2400 m³/s.

Z przedstawionej charakterystyki wynika znaczna złożoność systemu ochrony od powodzi zarówno w obrębie Wrocławia, jak i w dolinie i dorzeczu Odry. Stopień zabezpieczenia przed skutkami powodzi zależy zarówno od rozwiązań lokalnych, jak i od wzajemnego oddziaływania poszczególnych obiektów hydrotechnicznych na warunki przebiegu powodzi. Dla poprawnej oceny skutków zamierzonych i niezamierzonych oddziaływań na napelnienie w dolinie rzeki, niezbędne jest opracowanie modeli opartych o dynamiczne równania ruchu wody, adekwatne dla fali powodziowej. Podstawowe dane na „wejściu” do modeli symulacyjnych są opracowywane w ramach studiów hydrologicznych. Jednym z celów tych analiz jest określenie wielkości przepływów miarodajnych i kontrolnych oraz odpowiadających im hydrogramów fal powodziowych. Ta problematyka została podjęta w pracach [3, 4, 5 i 6]. Na rysunku 1.1. przedstawiłem w uproszczeniu system ochrony przeciwpowodziowej wykonany w XIX i XX wieku w dolinie górnej Odry.

Analiza przebiegu powodzi w przeszłości, a także przebieg katastrofalnej powodzi w 1997r.

Rzeka Odra bierze początek na terenie Czech, w Górach Odrzańskich stanowiących południową część Niskiego Jesenika. Długość rzeki od źródeł do ujścia wynosi 854 km. powierzchnia dorzecza obejmuje 118 057 km². W 86,6 km do Odry wpada Opawa. Od ujścia Opawy rozpoczyna się

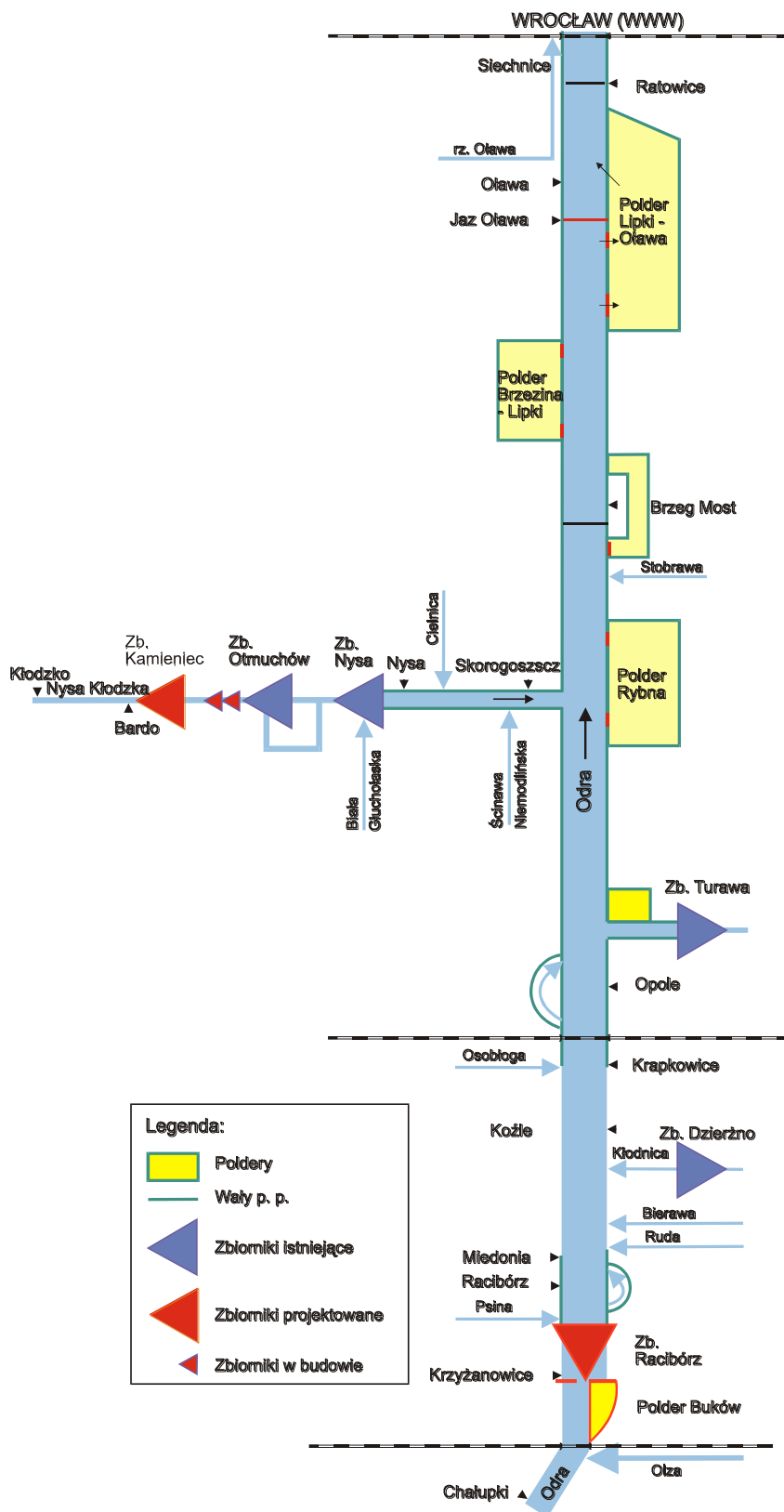
obowiązujący kilometraż Odry. Najbliższym wodowskazem, znajdującym się przed Wrocławiem, jest wodowskaz w Trestnie, km biegu rzeki 242,1, powierzchnia zlewni wynosi 20 369 km². Natomiast poniżej Wrocławia, najbliższy wodowskaz zlokalizowany jest w Brzegu Dolnym; km biegu rzeki 284,7,

$A = 26\,428\text{ km}^2$. Pojęciem górnej Odry objęty jest odcinek rzeki od granicy państwa do Wrocławia o długości ok. 230 km. Do Odry uchodzą tu następujące większe dopływy: Kłodnica, Osobłoga, Mała Panew, Nysa Kłodzka i Stobrawa. W obrębie tzw. wrocławskiego węzła wodnego uchodzą do Odry; Oława, Ślęza, Bystrzyca i Widawa. Powierzchnia dorzecza w przekroju Brzeg Dolny wynosi ponad 26,4 tys. km².

Zasadnicze źródło aktywności powodziowej górnej Odry znajduje się na terytorium Czech. Wielkość zlewni Odry w granicach Czech wynosi 5 839 km², zaś kształt w pewnym stopniu przypomina półkole. Największym dopływem Odry źródłowej jest Opawa, nieco mniejsze są prawe dopływy Ostrawica i Olza. Opawa i Odra doprowadzają wody z Sudetów Wschodnich, zaś Ostrawica i Olza z Beskidu Zachodniego. Górski charakter dorzecza oraz koncentryczny układ omawianych rzek w przypadku powodzi prowadzi do gwałtownego wzrostu fali i zagrożenia powodziowego już w rejonie ujścia Ostrawicy. Analiza historycznych powodzi z XIX i XX wieku wykazuje, że największe wezbrania mają miejsce w miesiącach letnich. W okresie od 1901 do 1980r. w przekroju Miedonia latem wystąpiło ok. 65% zarejestrowanych maksimów rocznych.



Rys. 1 Dorzecze Odry na tle fizycznej mapy Polski [www.programodra.pl]



Rys. 2. Schemat systemu ochrony przeciwpowodziowej w dolinie górnej Odry. [9]

Wezbrania letnie pojawiają się na skutek występowania rozległych opadów o czasie trwania co najmniej 2 – 3 dni.

Zjawisko wezbrania występuje wtedy, gdy natężenie opadu w odpowiednio długim czasie i na odpowiednio dużym obszarze zlewni wyraźnie przekroczy intensywność parowania i infiltracji. Wówczas po wypełnieniu retencji powierzchniowej następuje spływ powierzchniowy proporcjonalny do wysokości opadu. Z przeprowadzonych analiz procesu formowania szczytu fali po stronie Czech wynika, że może on być formowany zarówno przez przepływ kulminacyjny Ostrawicy jak i przepływ kulminacyjny Odry źródłowej. Przeciętny czas przebiegu fali od omówionego węzła hydrologicznego do profilu w Chałupkach wynosi 6 do 8 godzin. Drugie stadium formowania fali powodziowej Odry następuje z chwilą przyjęcia przez Odrę wezbranych wód Olzy. Fala Olzy przyczynia się do podwyższenia kulminacji Odry i jej przesunięcia o ok. 6 godzin w stosunku do czasu przejścia fali na odcinku Chałupki – Miedonia.

Analizując wezbrania na górnej Odrze w okresie 1901 – 1997 można stwierdzić, że około $\frac{3}{4}$ maksymalnych w każdym roku powodzi wywołanych jest przez długotrwałe ulewne deszcze, głównie w półroczu letnim (czerwiec, lipiec, sierpień). O sytuacji powodziowej górnego biegu rzeki decydują wezbrania powstałe na terenie Czech. W dalszym biegu maksima kształtowane są przez lewobrzeżne dopływy górskie, tj. Osobłogę, a przede wszystkim Nysę Kłodzką, która ma decydujący wpływ na przebieg wezbrań w dolnym biegu omawianego odcinka. Do czasu powodzi, która wystąpiła w maju i czerwcu 2010r. uważano, że prawobrzeżne dopływy Odry poniżej Olzy mają charakter bardziej nizinny i przeważają na nich wiosenne wezbrania roztopowe. Oznaczają się one stosunkowo łagodnym przebiegiem i dłuższym okresem występowania. Ze względu na przebieg wezbrań powodziowych wzdłuż biegu rzeki wyróżniłem trzy grupy powodzi:

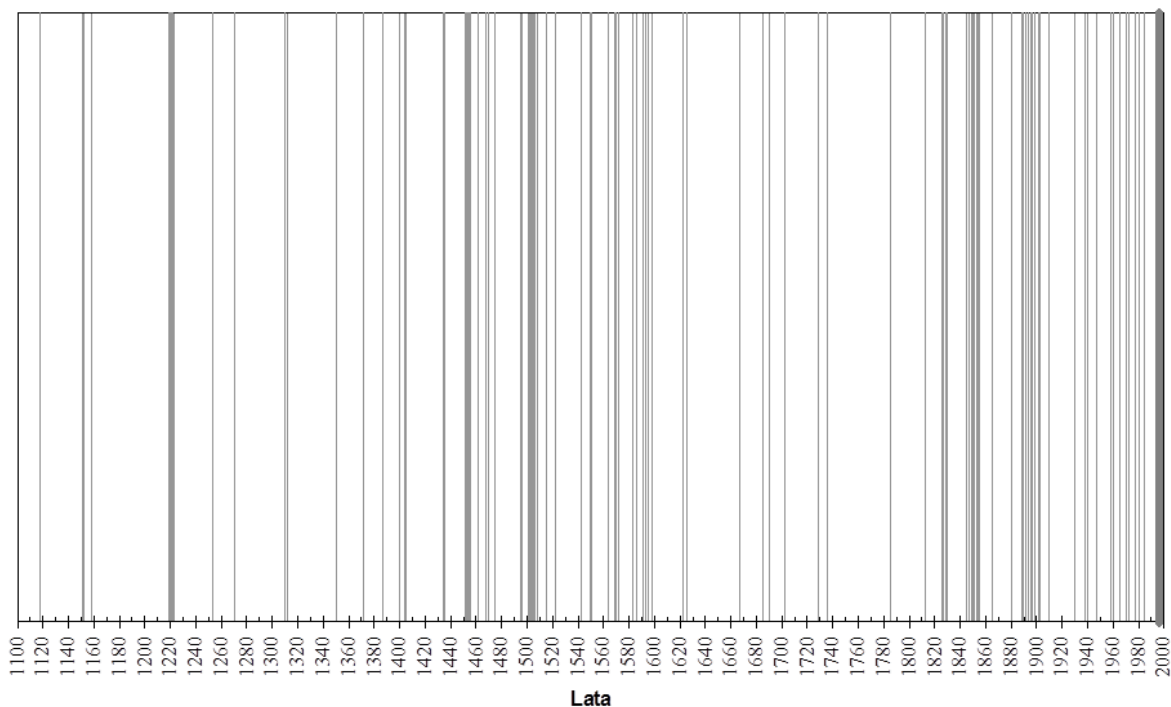
- kulminujące na całej długości rozpatrywanego odcinka, jak powódzie z 1854, 1902, 1903, 1930, 1977 I i II wezbranie oraz w 1997 roku,
- kulminujące w górnej części odcinka (nie zasilane dopływami, głównie Nysą Kłodzką), jak powódź z: 1813, 1880, 1939, 1970, 1972 oraz 1985 r.,
- kulminujące na dolnym odcinku, głównie poniżej Nysy Kłodzkiej, jak powódź z: 1915, 1926, 1938, 1958 i 1965 r.

Występujące na Odrze wezbrania podzieliłem także ze względu na ilość szczytów w fali powodziowej:

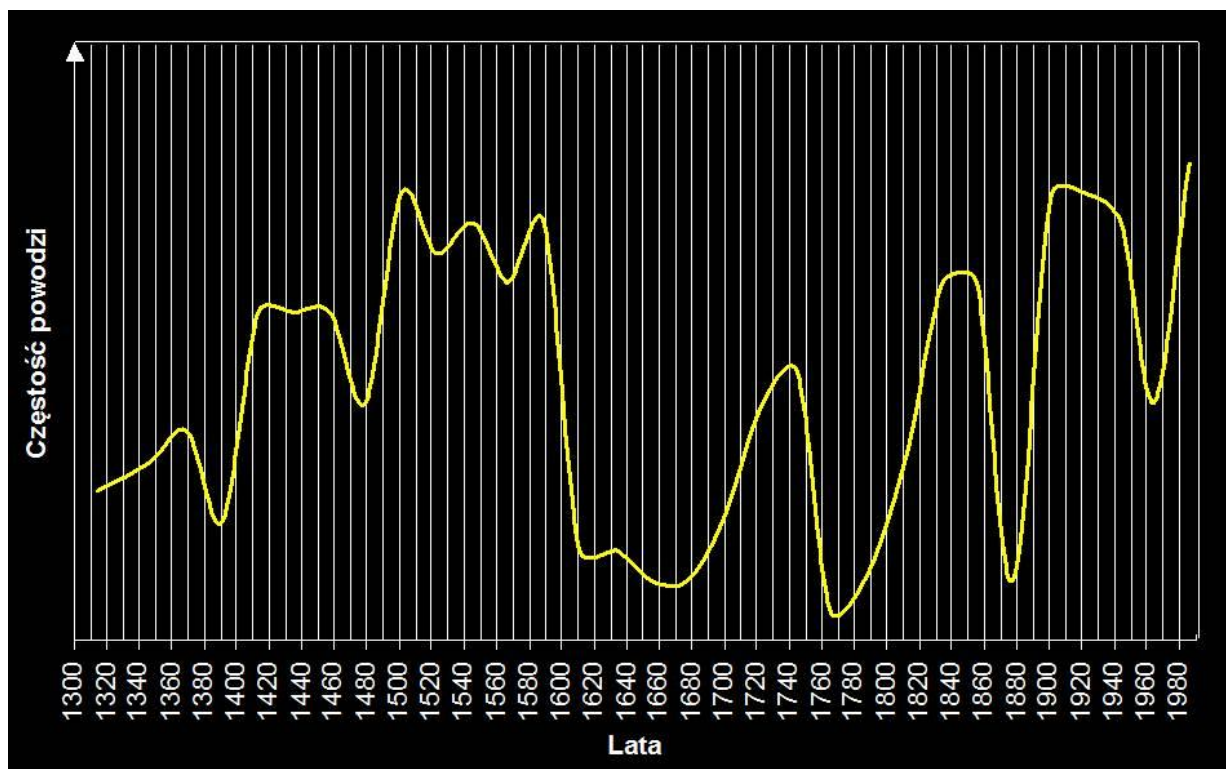
- powódzie jednoszczytowe, powstałe w wyniku ciągłych i nawalnych opadów reprezentowane są przez wezbrania z 1813, 1880, 1903, 1909, 1911, 1915, 1925, 1931, 1937, 1939, 1968, 1970, 1972 i 1985 r. Ulegają one silnej transformacji na skutek działania retencji dolinowej.
- powódzie złożone z dwóch lub kilku wezbrań cechujące się występującymi po sobie falami w odstępie kilku do kilkunastu dni. Są to m.in. powódzie z 1854, 1897, 1902, 1906, 1917, 1926, 1938, 1940, 1948, 1952, 1958, 1960, 1962, 1966, 1977 oraz 1997 i 2010. Ich przebieg zależy od stanów poszczególnych wezbrań i odstępu czasu pomiędzy kulminacjami [11].

Na górnej Odrze powódzie złożone z kilku fal przeważają liczbowo nad wezbraniem pojedynczymi. Fale złożone stwarzają trudniejsze warunki efektywnej transformacji wezbrania na zbiornikach retencyjnych oraz zwiększają straty powodziowe na skutek długotrwałych zalewów. Groźne powódzie na Odrze mogą się zdarzać co rok, jak np. w latach 1902 – 1903, 1939 – 1940, 1965 –

1966 lub z dłuższymi przerwami, w których nie notowano katastrofalnych przepływów, jak w okresie 1855 – 1879. Problemowi temu poświęciłem sporo uwagi w trakcie analizy katastrof powodziowych z okresu 1200 – 1986. W ostatnich 200 latach największe katastrofalne letnie powodzie na Odrze zanotowano w 1813, 1854, 1897, 1903, 1939 – 1940, 1977 i 1997 i 2010 roku. Natomiast na Wiśle szczególnie groźne były powodzie w latach 1813, 1903, 1934, 1940, 1960, 1970 i 1972, roztopowa w 1979 oraz opadowa w 2010 r.



Rys. 3a. Powodzie w Polsce południowo-zachodniej w latach 1100 – 1997. (Oprac. Cz. Szczegielniak)



Rys. 3b. Częstość występowania powodzi w dorzeczu Odry w okresie historycznym. (Oprac. Cz. Szczepielniak)

Na rysunku 3. przedstawiłem wykres zmian częstotliwości powodzi opracowany na podstawie opisów ponad 170 zdarzeń, które podzieliłem na trzy klasy, w zależności od zasięgu powodzi i jej skutków. Poszczególnym powodziom przyporządkowałem odpowiednie wagi, a następnie obliczyłem sumę zdarzeń w 20-letnich przedziałach czasu. Na podstawie rys. 3a i 3b można zauważyć znaczną zmienność częstości występowania powodzi w minionych wiekach. W ostatnich trzech stuleciach występuje tendencja narastająca, podobnie jak w okresie od wieku XIII do XVI [9].

Wszystkie fale powodziowe przemieszczające się wzdłuż rzeki ulegają przekształceniu na skutek działania różnych czynników. Najważniejsze z nich to: działanie retencji dolinowej, alimentacja fali przez dopływy, zabudowa hydrotechniczna doliny, oddziaływanie na falę dzięki zbiornikom retencyjnym. Natomiast na proces tworzenia się fali wywierają wpływ zmiany w całym dorzeczu w tym również te, które są natury antropogenicznej.

Aktualne problemy ochrony przed powodzią dorzecza górnej Odry i Wisły

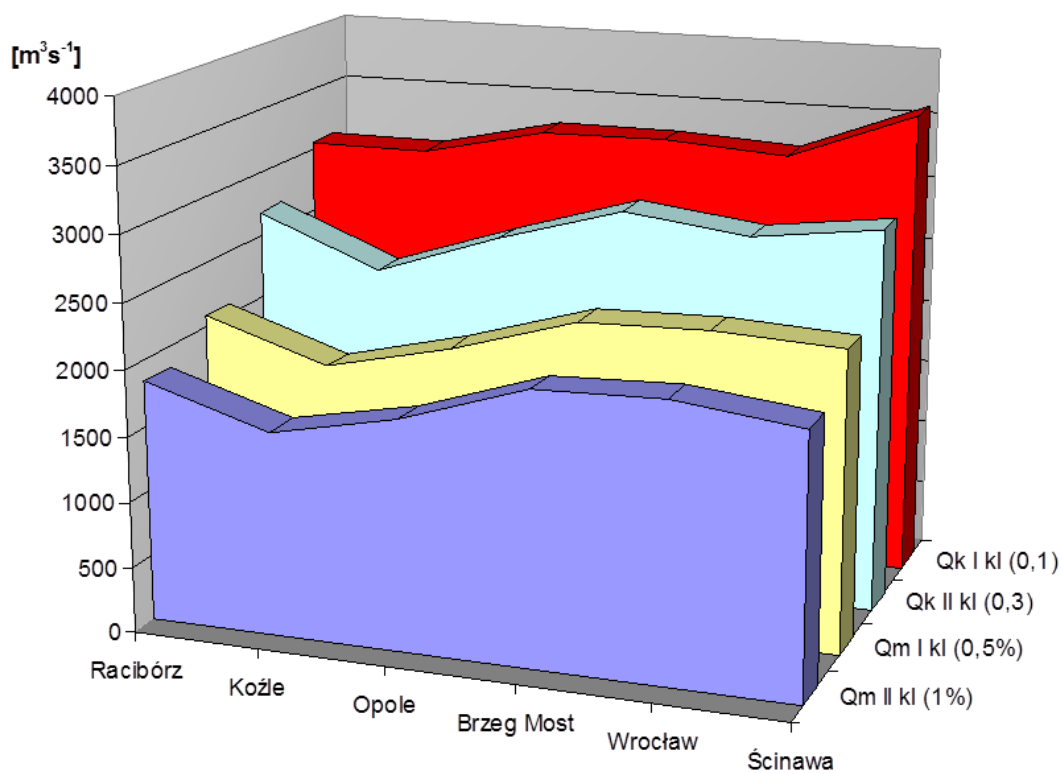
Próby kompleksowego rozwiązania zagadnienia ochrony przeciwpowodziowej doliny górnej Odry były podejmowane wielokrotnie również po II wojnie światowej.

W 1978 r. Ministerstwo Rolnictwa przyjęło studium opracowane w Biurze Studiów i Projektów BIPROMEL w Warszawie jako podstawę do dalszych prac projektowych w rozwiązaniu uzależniającym obwałowania doliny Odry od budowy zbiornika Racibórz. W 1983 r. – ze względu na brak decyzji o budowie zbiornika – Biuro Gospodarki Wodnej Ministerstwo Rolnictwa wstrzymało budowę obwałowań w dolinie Odry [1].

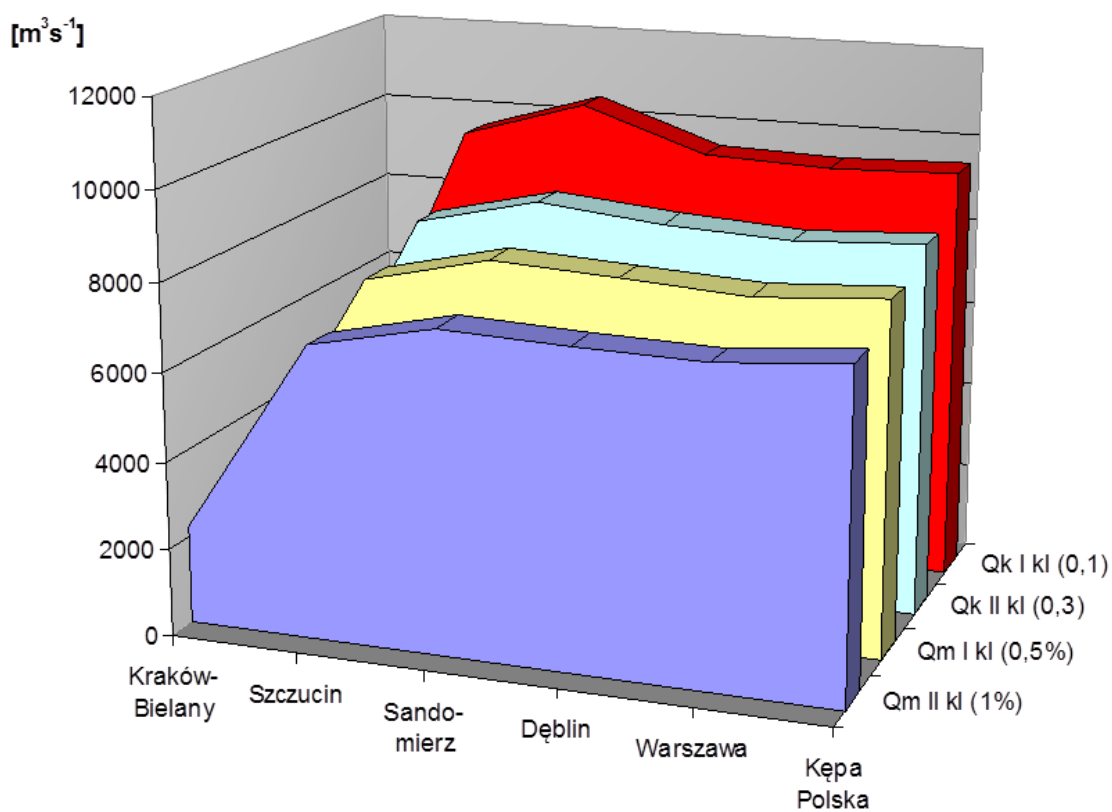
Problem ochrony od powodzi doliny górnej Odry stał się ponownie bardzo aktualny po powodzi z 1985r., kiedy to znaczne straty wystąpiły w rejonie Koźła i w wielu miastach i wsiach położonych powyżej Wrocławia. W sierpniu 1985 r. na skutek intensywnych opadów obejmujących najpierw zachodnie i południowo – zachodnie obszary Polski, a następnie Góry Odrzańskie i Beskid Śląski na terenie Czech, ukształtowała się fala wezbraniowa dorównująca największym powodziom w XIX i XX wieku. W przekroju Krzyżanowic i Miedoni zanotowano absolutne maksima stanów wody. Na szczęście dopływy na terenie Polski odprowadzały w sposób naturalny bądź sterowany przepływy przed kulminacją Odry.

Wznowione po tej powodzi prace studialne i projektowe ukierunkowano na szczegółową inwentaryzację poziomów powodzi z sierpnia 1985 r., aktualizację hydrologii i konstrukcję fal hipotetycznych, analizę techniczną możliwości wykorzystania polderów i szczególnie przebudowy polderu Oława – Lipki na zbiornik suchy. Według ówczesnych ocen powierzchnia obszaru zagrożonego powodzią położonego w depresji, w stosunku do zwierciadła wody wielkiej o prawdopodobieństwie $p = 1\%$ w dolinie górnej Odry wynosi 61,8 tys. ha. Największe zagrożenie powodzią występuje w Dolinie Kozielsko – Raciborskiej na obszarze ok. 10 tys. ha, a szczególnie w Koźlu [1]. Oznacza to, że przy przeciętnym napełnieniu terenów zalewowych na głębokość 1m pojemność retencyjna doliny górnej Odry może być oceniona na 620 hm³, w tym pojemność retencyjna terenów zalewowych znajdujących się pomiędzy Raciborzem a Koźlem przekracza 100 hm³. Np. w ciągu 15 lat (1958-1972) skutkami powodzi w dolinie Odry zostało dotkniętych ok. 132 tys. ha użytków rolnych.

Głównym problemem, jaki wynika z planowanej ochrony wałami terenów dotychczas nie obwałowanych jest ocena zmian miarodajnych fal powodziowych spowodowanych odcięciem wałami naturalnej retencji dolinowej. Zmiana geometrii koryta wielkiej wody wywołana budową wałów powoduje, że fala wezbraniowa o określonych kształtach na początku odcinka obwałowanego i na jego końcu będzie miała inne parametry aniżeli w dolinie nieobwałowanej. Na skutek koncentracji koryta obwałowanego ulegają wzrostowi średnie głębokości oraz prędkości przepływu. Wzrost prędkości jest dodatkowo potęgowany zwiększeniem spadków na skutek skrócenia trasy wielkiej wody oraz zmniejszenia współczynników szorstkości w wyniku uporządkowania międzywała. Wzrost prędkości przepływu ma dodatkowy wpływ na przyspieszenie przebiegu fali powodziowej. Oznacza to zmianę naturalnych warunków przebiegu wezbrania, a więc i możliwości zmiany w zbieżności z kulminacjami wezbrań kolejnych dopływów [1, 7].



Rys. 4 Przepływ miarodajny i kontrolny dla obwałowań I i II klasy na górnej Odrze (włącznie z falą 1997r.)



Rys. 5 Przepływ miarodajny i kontrolny dla obwałowań I i II klasy na odcinku Wisły od Krakowa do Płocka

Omawiane zagadnienia mają istotne znaczenie dla ochrony przeciwpowodziowej na każdej rzece w tym na górnej Odrze i Wiśle. Zwiększone przez obwałowania kulminacje fal powodziowych nie powinny przekroczyć granicznej przepustowości koryt Odry w obrębie poszczególnych miast; Raciborza, Koźła, Opola a zwłaszcza wrocławskiego węzła wodnego w dolinie Odry oraz Krakowa, Sandomierza i Warszawy w dolinie Wisły. Przyspieszenie biegu kulminacji rzeki Odry czy też Wisły może m.in. spowodować synchroniczne sumowanie przepływów rzeki głównej z jej dopływami. Dokonanie ilościowej i jakościowej oceny wpływu na transformację fali w dolinie rzeki planowanych inwestycji z zakresu ochrony przeciwpowodziowej może być dokonane jedynie przy zastosowaniu modelowania ruchu fali. Model numeryczny opracowany przez zespół Cz. Szczegielniak, H. Kudela, A. Niemiec wykorzystywano wielokrotnie do analizy wpływu planowanych rozwiązań technicznych na przebieg powodzi. Również względy ekologiczne zmierzające do ochrony flory i fauny dolin rzecznych i przekształcenie ich w obszary krajobrazu chronionego lub rezerwaty implikują zmianę rozwiązań technicznych. Podstawy teoretyczne tego modelu przedstawiliśmy w pracy [2], natomiast podstawowe wnioski natury aplikacyjnej omówiłem w artykułach [1, 7 i 8].

Symulacje wykonane na modelu komputerowym opartym o rozwiązanie równań St. Venanta. stanowiły podstawę następujących wniosków:

- Budowa nowych obwałowań w dolinie górnej Odry oraz w dolinach jej dopływów powinna być poprzedzona stworzeniem dodatkowej retencji przeciwpowodziowej w zbiornikach retencyjnych bądź w polderach o sterowanym systemie zatopienia. W przeciwnym wypadku nastąpi pogorszenie stanu ochrony przeciwpowodziowej terenów położonych poniżej [1, 7, 8].
- Lokalne napelnienie koryta w czasie największych powodzi jest funkcją hydraulicznych warunków przepływu na stosunkowo długim odcinku koryta i doliny rzeki. Np. wszelkie lokalne przeszkody w przepływie przenoszą się podpiętrzeniem stanów wody w górę rzeki w zasięgu cofki hydraulicznej, tzn. kilka do ok. 10km. Ten dość oczywisty wniosek jest jednak najczęściej zaniebdwany w praktyce bieżącej eksploatacji obiektów ochrony przeciwpowodziowej. Np. największe zaniebdania w międzywalu Odry występują bezpośrednio poniżej miast chronionych.
- Istniejące obwałowania, budowane w XIX i XX wieku, wymagają wzmocnienia i podwyższenia, a bulwary w miastach remontu bądź odbudowy. Jednakże parametry modernizowanych wałów muszą odpowiadać odpowiedniej kategorii chronionych terenów. Na rys. 4 pokazano przepływ miarodajny i kontrolny w dolinie górnej Odry dla obiektów Kl. I i II. Natomiast na rys. 5 odpowiednie przepływy w dolinie górnej Wisły (Kraków – Warszawa).
- W sytuacji aktualnej oraz w perspektywie przyszłych lat, coraz większego znaczenia będzie nabierała dobra prognoza hydrometeorologiczna, bieżąca informacja o dokonywanych zrzutach ze zbiorników oraz wykorzystanie modeli symulacyjnych do podejmowania racjonalnych decyzji eksploatacyjnych w systemie ochrony przeciwpowodziowej dorzecza rzeki Odry i Wisły. W publikacjach i raportach nie przeznaczonych do druku przedstawiano krytyczną ocenę stanu

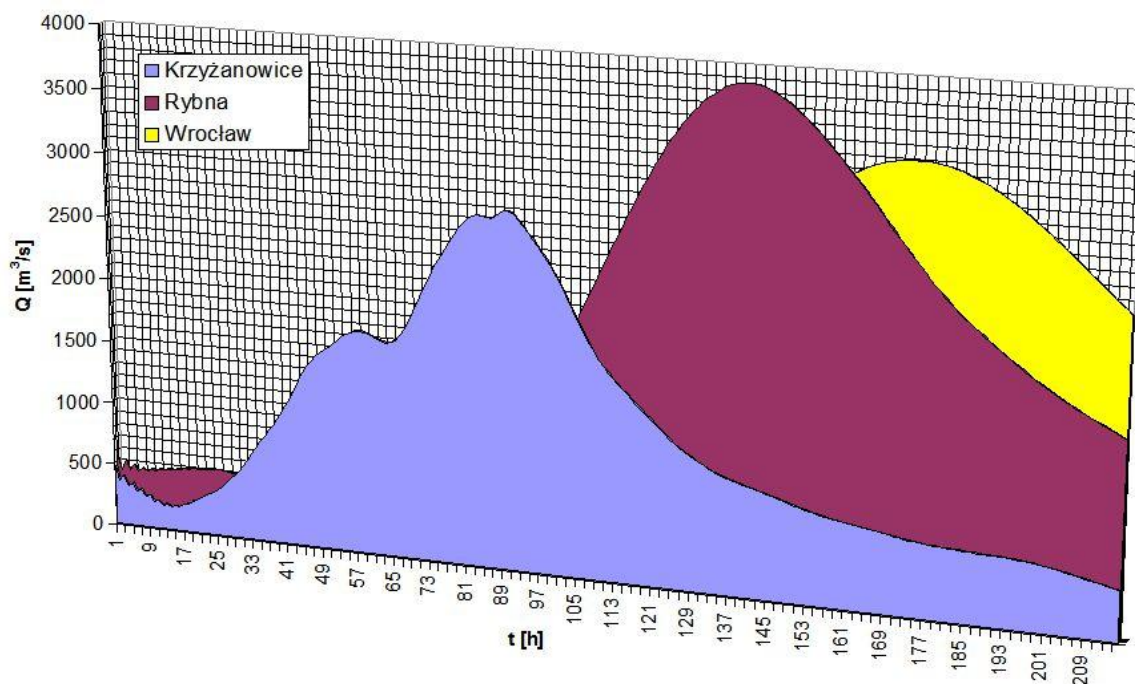
ochrony przeciwpowodziowej w Polsce Jednakże dopiero katastrofalna powódź w lipcu 1997 roku w dorzeczu Odry oraz powódź z 2010r. w dorzeczu Wisły pokazały w dramatycznym wymiarze skalę zaniedbań systemowych, technicznych i organizacyjnych.

W wyniku opadów, jakie w dniach 5.07. - 9.07.1997 roku objęły całe dorzecze górnej Odry, wezbrały wszystkie dopływy lewostronne i prawostronne i odprowadzały swoje fale do doliny Odry najczęściej tuż przed nadejściem fali Odry górskiej. Połączone fale Opawy, Odry i Ostrawicy utworzyły stosunkowo jednorodną falę, która została zasilona wezbraniem Olzy w fazie przyboru a następnie, kiedy kulminacja przeszła w fazę opadania napłynęła II fala Olzy 9.07. we wczesnych godzinach rannych, co przyczyniło się do dalszego powiększania fali Odry i w efekcie takiej synchronizacji w węźle Odry i Olzy powstała fala o kulminacji przewyższającej wszystkie znane powodzie [10].

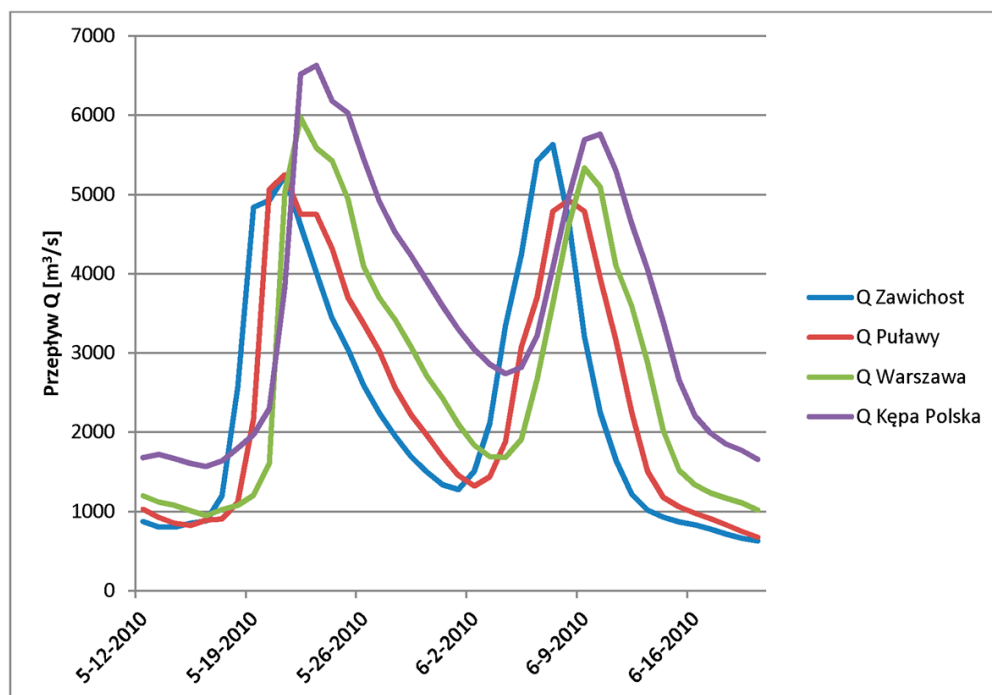
Istnieją wiarygodne obserwacje stanów wody w czasie wezbrań od 1830 roku oraz wrywkowe dane dla letniej fali z 1813 roku. Powódź z 1813 roku osiągnęła największe rzędne na górnej Odrze, a od Ujścia Nysy do przekroju Brzeg Most maksima absolutne wyznaczyła fala z 1903 roku, natomiast począwszy od Wrocławia do Ścinawy największe obszary zostały zatopione w czasie katastrofalnej powodzi z 1854 roku. W czasie od 8 do 17 lipca 1997 roku przekroczone zostały wszystkie maksymalne stany historyczne. Wskutek wypełnienia doliny wezbraniem dopływów oraz rozbudowaną fazą wznoszącą falę Odry górskiej, jej kulminacja przemieszczała się znacznie szybciej niż przewidywały oficjalne prognozy, zwłaszcza na odcinku od Raciborza do Opola i dalej do Wrocławia.

W dalszym biegu Odra przyjmuje największy lewostronny dopływ - Nysę Kłodzką. Powierzchnia zlewni tej górskiej rzeki przekracza 4500 km². Wezbrania Nysy Kłodzkiej najczęściej wyprzedzają falę Odry o 1 - 2 dni. W wyniku nałożenia się fali Nysy Kłodzkiej z czołem fali górnej Odry następowało przedwczesne wypiętrzanie wód Nysy i Odry zanim nadeszła właściwa kulminacja Odry. Taka sytuacja miała miejsce wielokrotnie, np. w 1903 roku. W lipcu 1997 roku fala Nysy Kłodzkiej posiadała dwa wierzchołki - pierwszy zalał część Kłodzka w godzinach południowych 7.07. Niestety w godzinach nocnych 7/8 napłynęła druga fala, która zatopiła Kłodzko i częściowo Bardo. Ocena kulminacji Nysy nastąpiła w godzinach porannych 8 lipca, kiedy jej fala wypełniła zbiornik Otmuchów; maksymalny dopływ do zbiornika Otmuchów przekroczył 2100 m³/s a łączny dopływ do kaskady zbiorników Otmuchów - Nysa przekroczył 2500 m³/s. W godzinach popołudniowych 8.07 zbiorniki Otmuchów i Nysa znalazły się w strefie awaryjnego przeciążenia i w zaistniałej sytuacji od godz. 1800 realizowano zrzut rzędu 1350 - 1500 m³/s, który spowodował zalanie m. Nysy. Na skutek szybszego przemieszczania się fali górnej Odry do ujścia Nysy Kłodzkiej w nocy z 10/11 lipca utworzyła się fala, która zatopiła całą prawobrzeżną pradolinę Odry na odcinku Ujście Nysy – Jelcz. W nocy z 11/12 lipca kulminacja tej fali przerwała obwałowania lewostronne rozdzielające doliny Odry i rzeki Oławy. Dwunastego lipca ok. 4³⁰ zostają zatopione Siechnice a następnie Radwanice, Książę Małe oraz Mokry Dwór. W nocy z 12/13 i 13 lipca było realne zagrożenie zatopienia Biskupina, Śródmieścia, Ostrowa Tumskiego. Pomyślna obrona tych dzielnic była

możliwa dzięki ograniczaniu dopływu poprzez śluzę 1 polderu Oławki oraz zniszczeniu przeważu do Widawy.



Rys. 6 Fala powodziowa 1997 roku w dolinie górnej Odry wygenerowana w modelu wg Cz. Szczegliński, J. Zaleski [11]



Rys. 7 Hydrogramy fali rzeki Wisły środkowej w 2010 roku [14]

Analiza przebiegu powodzi w lipcu 1997 roku oraz powodzi w 2010 roku skłania do następujących ocen i wniosków:

1. Wielka powódź w lipcu 1997 roku osiągnęła najwyższe poziomy napełnienia koryta i doliny Odry w stosunku do obserwacji z XIX i XX wieku. Podobnie jak w 1903 roku meteorologiczne warunki sprzyjające opadom powodziowym wystąpiły w Europie Środkowej w pierwszej dekadzie lipca. Intensywne opady objęły górskie obszary dorzecza Nysy Kłodzkiej i Odry, jednakże w 1903 roku ulewne deszcze wystąpiły w dniach 8, 9 i 10 lipca a suma opadów z okresu 5-14.07 jedynie lokalnie osiągnęła 400mm, natomiast w lipcu 1997 roku największe opady wystąpiły w dniach 6, 7 i 8 lipca a ich suma z okresu 5-9 lipca przekroczyła 500mm na znaczącej części górskiego dorzecza Odry i Nysy Kłodzkiej.

2. Istniejący w dolinie Odry system ochrony od powodzi, budowany w drugiej połowie XIX wieku (po powodzi w 1854 roku) i w pierwszych dekadach XX wieku (po powodzi w 1903 roku) był planowany na podstawie obliczeń i ocen odnoszących się do owych zdarzeń, toteż nie był przygotowany na przyjęcie fali przekraczającej o 50% największe powodzie historyczne.

3. Na wielkość strat miały wpływ wieloletnie zaniedbania w konserwacji urządzeń ochrony przeciwpowodziowej jak również brak systemowych rozwiązań i nowoczesnej organizacji akcji ratownictwa w czasie klęsk żywiołowych.

4. Obserwacje bezpośrednie oraz wyniki analiz stanowiły podstawę do określenia najpilniejszych działań dla poprawy ochrony od powodzi, które zostały objęte Programem Odra 2006, należy modernizować systemy ochrony od powodzi miast Raciborza, Koźła, Opola i Wrocławia oraz budowę polderów i zbiorników retencyjnych. Przedstawiono również koncepcję możliwych rozwiązań dla Raciborza, Koźła, Opola i Wrocławia.

5. Po powodzi w 2010 roku rozpoczęto prace nad programem ochrony przed powodzią doliny i dorzecza Wisły [13, 14].

6. Katastrofalna powódź, która wystąpiła w Polsce w 2010 r. spowodowała wielkie zniszczenia w dorzeczu i w dolinie Wisły górnej i środkowej, chociaż wielkości przepływów kulminacyjnych osiągały przepływ miarodajny dla kl II ($p=1\%$, Kraków) bądź oscylowały w otoczeniu $Q_p \sim 2\%$ na Wiśle środkowej (Rys. 7) wg [11].

7. W celu zapewnienia optymalnego wykorzystania istniejących i nowo wznoszonych obiektów służących ochronie od powodzi w dorzeczu i dolinie Odry i Wisły należy:

- doskonaląc monitoring meteorologiczny i hydrologiczny,
- stworzyć nowoczesny, system ostrzegania i ratownictwa dostosowany do struktury administracyjno – samorządowej,
- zbudować integralny komputerowy model wspomagający podejmowanie decyzji w czasie powodzi,

Bibliografia

- [1] Bortkiewicz A., Szczegielniak Cz. (1993): **Problemy ochrony przed powodzią w dolinie górnej Odry**. Gosp. wodna Nr 11:255-258. (udział 65%, adaptacja modelu, wykonanie symulacji, analiza wyników).
- [2] Kudela H., Szczegielniak Cz. (1988): **Modelowanie numeryczne wezbrań powodziowych na przykładzie górnej Odry wraz z oceną wpływu obwałowania odcinka Miedonia – Krapkowice na przebieg fali powodziowej**. Materiały i Studia Opolskie Rok XXX, Zeszyt 65, (udział 50%, kier. zespołu, oprac. koncepcji modelu, oprac. bazy danych geodezyjnych i hydrologicznych, tarowanie, symulacje, interpretacja wyników)
- [3] Wołoszyn J., Gałoński B., Radczuk L., Szczegielniak Cz. (1981): **Przebiegi maksymalne Odry**. Gosp. wodna Nr 9-10: 237 – 241. (udział 20% - organizacja pomiarów przepływu w kulminacji fali, analiza wyników, opracowanie charakterystyk $H(Q)$)
- [4] Wołoszyn J., Szczegielniak Cz. (1983): **A universal method of calculating flood surcharge in water reservoirs and the construction of a hypothetical hydrograph**. IAHS, VIII General Assambl - International Association for Hydrological Sciences, Hamburg. (udział 70%, parametry wezbrań z okresu 1901-1985, metodyka oprac. modelu $V_p = f(Q_d/ Q_p)$)
- [5] Szczegielniak Cz. (1989): **Metod wycislenia opieratiwnej protiwpawodkowej emkosti wodochraniliszcza**. Moskwa, Wodnyje resursy nr 3: 44-49,
- [6] Szczegielniak Cz. (1993): **Racjonalna metoda konstrukcji fal hipotetycznych**. Zesz. Nauk. AR Wrocław Nr 233: 393-403.
- [7] Szczegielniak Cz. (1991): **Wpływ warunków hydraulicznych i zabudowy hydrotechnicznej na transformację wezbrań górnej Odry**. Gosp. wodna Nr 8: 183 – 190.
- [8] Szczegielniak Cz. (1995): **Ochrona od powodzi miast w dolinie górnej Odry**. Mater. konf. Kraków, 20-22 IX 1995: IV-1-15. Międzynarodowa konferencja Ochrona miast przed powodzią.
- [9] Szczegielniak Cz. (1999): **Wybrane zagadnienia modelowania przejścia fali w systemie ochrony od powodzi górnej Odry i Wrocławia**. Wrocław a Odra, UM Wrocławia: 191-208.
- [10] Szczegielniak Cz. (1999): **Przebieg powodzi w lipcu 1997 roku w dolinie górnej Odry**. Wrocław a Odra, UM Wrocławia: 209-227.
- [11] Szczegielniak Cz., Zaleski J. (2000): **Wpływ planowanych przedsięwzięć w Programie dla Odry 2006 na propagację fali powodziowej w dolinie Odry**. Strategia modernizacji odrzańskiego systemu wodnego, PWN: 50-60 i 10 ilustracji (udział 80% - opracowanie modelu symulacji fali z 1997 r. w warunkach planowanej modernizacji, koncepcja modernizacji systemu ochrony przeciwpowodziowej, wykonanie symulacji i analiza wyników).
- [12] Maciejewski M., Ostojski M.S., Walczykiewicz T. i zespół autorów (2011): **Dorzecze Wisły monografia powodzi maj czerwiec 2010 r.** Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- [13] Zaleski J., Bojarski A., Grela J., Gręplowska Z., Kondel B., Nachlik E. (2011): **Program ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły**. Uchwała Nr 151/2011 Rady Ministrów z dnia 9 sierpnia 2011 r. w sprawie ustanowienia „Programu ochrony przed powodzią w dorzeczu górnej Wisły”
- [14] Kozłowski J., Żelazo J., Balcerowicz M. i zespół autorów (2012): **Program bezpieczeństwa powodziowego w regionie wodnym w dorzeczu Środkowej Wisły** – projekt . www.mazowieckie.pl