

dr hab. inż. Wojciech FELUCH, prof. SGSP
doc. dr inż. Janusz ŻELAZIŃSKI

Koncepcja lokalnego systemu ostrzeżeń i prognoz (LSOP) dla powiatu Busko

The Idea of the LSOP, the Local Warning and Forecasting System for the Busko District

Omówienie

W artykule przedstawiono zadania systemu ostrzeżeń i prognoz oraz zagrożenia powodziowe powiatu Busko. Opisano przyczyny awarii wałów. Omówiono krajowy system monitoringu i prognoz, uzasadniając konieczność współpracy IMGW z LSOP powiatu Busko. Zwrócono uwagę na potrzeby w zakresie edukacji powodziowej w powiecie Busko.

Słowa kluczowe: powódź, lokalny system ostrzeżeń, służby kryzysowe

Summary

The paper presents the tasks of the warning and forecasting system as well as the flood risk for the Busko district. It also describes the cause of the shafts failure. The national system of monitoring and forecasting was discussed. The need for cooperation with the LSOP Busko district and IMGW (Institute of Meteorology and Water Management) was justified. The attention was paid to the educational needs concerning the problem of flood in the Busko district.

Keywords: flood, the local warning system, crisis services

Wprowadzenie

Szkoła Główna Służby Pożarniczej (SGSP) uczestniczy w realizacji projektu „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenia rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)”.

Tytuł projektu dobrze oddaje jego cel: chodzi o dostarczenie narzędzi potrzebnych służbom ratowniczym w okresie powodzi. Podstawą decyzji podejmowanych w ramach działań operacyjnych jest informacja o aktualnym (monitoring) i przewidywanym (prognoza) przebiegu powodzi. Przedmiotem niniejszej publikacji są wyniki uzyskane przez zespół SGSP w ramach realizacji zadania: „*Metody i prognozy dla terenów i obiektów wymagających szczegółowej ochrony na wytypowanym obszarze chronionym*” (wytypowano obszar powiatu Busko).

1. Zadania systemu ostrzeżeń i prognoz

1.1. Ustalenia terminologiczne

1.1.1. Definicja powodzi

Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim (zwana potocznie Dyrektywą Powodziową – DP) [1] definiuje powódź jako „... zalanie terenu zazwyczaj nie zalewanego”. Definicja ta budzi wątpliwości. Jeżeli zostaną zalane nieużytki, to szkody nie występują. Jeżeli zostanie zalany las łęgowy, to skutki takiego zalania są korzystne. Jeżeli wezbranie wiosenne zaleje użytki zielone, to wzrosną plony siana. Ponadto określenie „zazwyczaj” jest nieprecyzyjne – nie wiadomo czy chodzi o nie zalewanie co roku, czy co 100 lat? Dlatego lepsze wydają się następujące definicje:

- *Wezbrania* to wzrosty poziomu wody w rzekach, jeziorach, morzach oraz innych naturalnych i sztucznych akwenach. Przyczyny wezbrań są zazwyczaj naturalne. W zależności od przyczyny, wyróżniamy wezbrania opadowe, roztopowe, mieszane opadowo-roztopowe, zatorowe (wywołane zatorami lodowymi lub sryżowymi), sztormowe (występujące w Polsce podczas sztormów na Bałtyku i powodujące wezbrania ujściowych odcinków rzek). Szczególną antropogeniczną przyczyną wezbrań może być awaria zapory lub niewłaściwa gospodarka na zbiorniku retencyjnym. Wezbrania naturalne i antropogeniczne nie powodują szkód, jeśli w zasięgu zalewu brak budynków, elementów infrastruktury, upraw. Ponadto brak wezbrań może mieć negatywne skutki dla ekosystemów dolin rzecznych.

- *Powódzie* to zalania terenu użytkowanego przez człowieka wywołujące szkody i zagrożenie dla życia ludzi. Zalanie może być wywołane wezbraniem, jak również podtopieniem terenu, na którym brak rzeki, potoku, rowu melioracyjnego i innych stałych akwenów. Przyczyną podtopienia są zazwyczaj intensywne opady lub tajanie śniegu szczególnie uciążliwe w terenach zurbanizowanych, gdy wydajność kanalizacji deszczowej jest zbyt niska dla sprawnego odprowadzenia wód. Urbanizacja, uszczelniając powierzchnię terenu i przyspieszając spływ wód deszczowych, powoduje znaczne zwiększenie rozmiarów powodzi. Regulacja rzek i potoków, obwałowanie dolin rzecznych, odwadniające melioracje, urbanizacja stanowią również ważne czynniki zwiększające rozmiary powodzi. Szczególnie wielkie

szkody i śmierć ludzi powodują powodzie spowodowane awariami wałów przeciwpowodziowych lub zapór podczas wysokich wezbrań rzek; takie sytuacje występowały nagminnie podczas katastrofalnej powodzi w dorzeczu Odry w 1997 roku oraz w 2010 roku w dorzeczu Wisły.

Z dotychczasowych rozważań wynikają następujące wnioski, najważniejsze z punktu widzenia profilaktyki:

- (a) Przyczyną powodzi jest zawsze działalność człowieka polegająca na wykorzystaniu terenu zagrożonego zalaniem (lub podtopieniem) w sposób wrażliwy na skutki zalania.
- (b) Przyczyną zalania lub podtopienia terenu są najczęściej zjawiska naturalne, ale również awarie wału przeciwpowodziowego lub zapory, niewłaściwa gospodarka na zbiorniku retencyjnym, źle zaprojektowane systemy odwodnień deszczowych i inne działania człowieka często podejmowane w celu ochrony przed powodzią.
- (c) Antropopresja (urbanizacja, regulacja i obwałowanie cieków, odwadniające melioracje i inne podobne działania) zwiększa rozmiary wezbrań zwłaszcza w potokach górskich i małych ciekach nizinnych. Powoduje to zalewanie i podtapianie obszarów kiedyś bezpiecznych. Klasycznym przykładem jest zalewanie historycznych miast na Renem spowodowane regulacją i obwałowaniem rzeki.

Powódź mamy zatem wówczas gdy **jednocześnie** wystąpią zdarzenia wymienione wyżej w punktach (a) i (b).

1.1.2. Ochrona przed powodzią czy ograniczenie ryzyka powodzi?

Zastąpienie dotychczas powszechnie stosowanego terminu „ochrona przeciwpowodziowa” terminem „ograniczenie ryzyka powodzi” ma istotne znaczenie, bowiem:

- Termin ochrona przeciwpowodziowa może sugerować dążenie do likwidacji powodzi. Użytkownicy terenów zagrożonych powodzią są oczywiście zainteresowani eliminacją zagrożenia. Niestety, w świetle doświadczeń krajowych i światowych nie jest to realne i ważną przyczyną wzrastających szkód powodziowych jest tworzenie fałszywego przekonania, że po realizacji kolejnego „programu ochrony” zagrożenie zniknie. Termin „ograniczenie ryzyka” wyraźnie podkreśla, że likwidacja powodzi nie jest realna, natomiast można i należy dążyć do ograniczenia szkód materialnych oraz zagrożenia życia ludzi.
- Ryzyko definiuje się jako iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi i wywołanych powodzią strat. Wezbrania występujące często (o powtarzalności od 2 do 10 lat) nie wywołują istotnych szkód i zagrożeń życia ludzi. Wynika to z faktu iż na terenach często zalewanych i nie chronionych wałami zazwyczaj brak obiektów i sposobów użytkowania terenu, które są wrażliwe na skutki zalania. Ponadto istniejące obwałowania (i inne działania techniczne) skutecznie chronią przed zalaniem w przypadku małych, często występujących wezbrań. Większość wezbrań powoduje uszkodzenia budowli

hydrotechnicznych, erozję brzegów rzek i powstawanie odsypisk rumowiska. Usuwanie skutków takich zdarzeń należy do kategorii „utrzymania rzek” (termin z ustawy Prawo wodne) i nie można związanych z tym kosztów traktować jako strat powodziowych. A zatem uwagę koncentrujemy na wysokich wezbraniach powodujących istotne szkody.

- Przytoczona definicja ryzyka sugeruje dwa sposoby ograniczania ryzyka powodziowego:
 - 1) zmniejszanie prawdopodobieństwa wysokich wezbrań, czyli oddziaływania na wysokość wezbrań;
 - 2) zmniejszanie wrażliwości infrastruktury zlokalizowanej na terenie zalewowym na szkody powodziowe.

1.2. Prognozy i ostrzeżenia

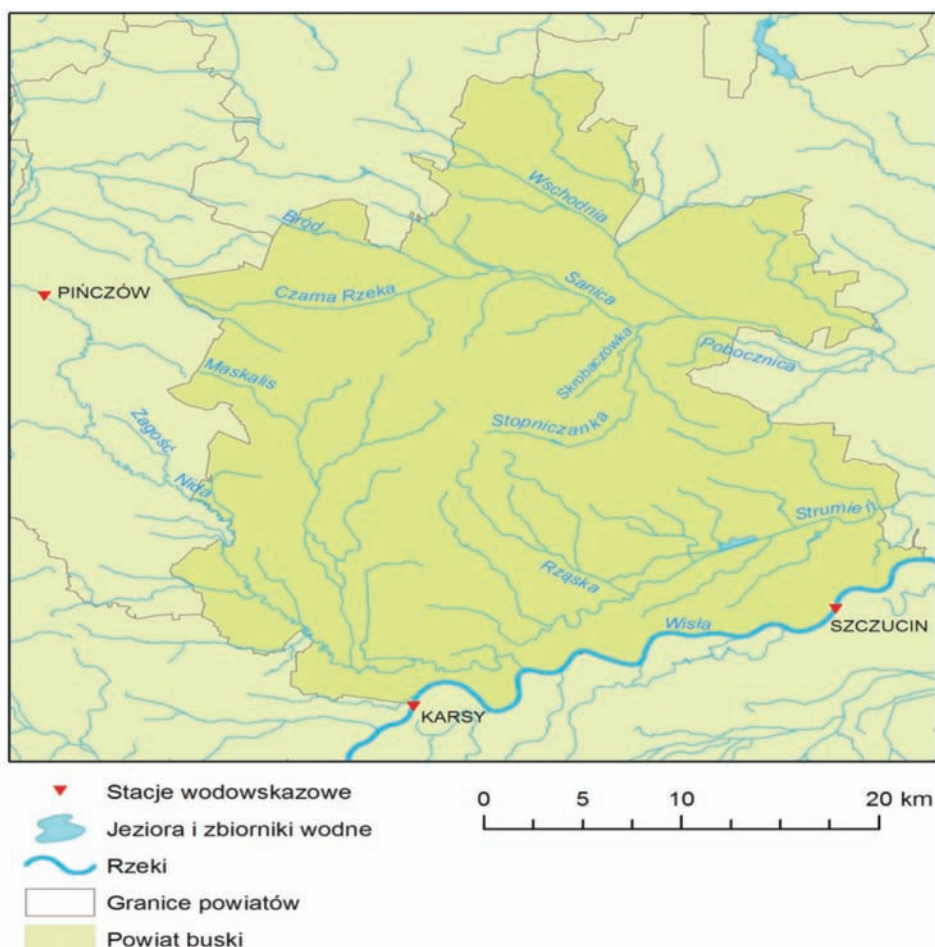
W podręczniku o fundamentalnym znaczeniu dla niniejszych rozważań (WMO 2011) opisano podstawowe wymagania, które powinien spełniać system prognozowania powodzi i system ostrzeżeń powodziowych.

- **System prognozowania powodzi** powinien spełniać następujące warunki:
 - a) Dostępność numerycznego modelu prognozy pogody pozwalającego w szczególności na prognozowanie hietogramu opadu, czyli ilościową prognozę rozkładu opadów w przestrzeni i w czasie.
 - b) Rozbudowaną sieć posterunków opadowych i wodowskazowych z rejestracją manualną lub automatyczną połączonych siecią łączności z ośrodkiem wykonującym operacyjne prognozy.
 - c) Modele prognozowania powodzi połączone z siecią obserwacyjną eksploatowane w czasie rzeczywistym.
- **System ostrzeżeń powodziowych** powinien spełniać następujące wymagania:
 - a) Umożliwiać mobilizację zespołu operacyjnego oraz zespołu ratowniczego.
 - b) Ostrzegać społeczeństwo o miejscu i czasie wystąpienia zagrożenia.
 - c) Ostrzegać o możliwości zagrożenia i zniszczenia elementów infrastruktury (np. dróg, budynków, wałów przeciwpowodziowych).
 - d) Rozpowszechniać ostrzeżenia z wyprzedzeniem pozwalającym na przygotowanie działań obronnych.
 - e) W sytuacjach ekstremalnych informować o konieczności ewakuacji i działań ratowniczych.

2. Zagrożenia powodziowe powiatu Busko

2.1. Sieć hydrograficzna powiatu Busko, sieć posterunków wodowskazowych

Sieć hydrograficzną oraz działające aktualnie posterunki wodowskazowe Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW – PIB) przedstawiono na rys. 1.



Rys 1. Sieć hydrograficzna powiatu buskiego z zaznaczonymi aktualnie działającymi stacjami wodowskazowymi sieci pomiarowo-obszaryjnej IMGW – PIB

Źródło: [10].

Pokazano na nim dwie rzeki Wisłę i Nidę, stanowiące źródło największego zagrożenia powodzią. Przedstawiono również sieć mniejszych cieków, niektóre z nich mają charakter rowów melioracyjnych. Zarówno Wisła, jak i ujściowy odcinek Nidy są obwałowane i katastrofalna powódź na terenie powiatu może być spowodowana awarią wałów podczas wysokich wezbrań tych rzek. W okolicach powiatu buskiego funkcjonują posterunki wodowskazowe wymienione w tabeli 1.

Tab.1. Stacje wodowskazowe okolic powiatu buskiego

Rzeka	Wodowskaz	Km biegu	Powierzchnia zlewni [km ²]	Rzędna 0 wodowskazu [m nad Kr.]	Współrzędne geograficzne
Wisła	Karsy	166,0 (756,84 wg MPHP)	19856,6 (19835,85 wg MPHP)	166,71	50°26'40'' N 20°46'29'' E
Wisła	Szczuczin	194,1 (728,89 wg MPHP)	23900,6 (23876,75 wg MPHP)	159,15	50°19'37'' N 21°04'38'' E
Nida	Pińczów	56,8 (61,56 wg MPHP)	3352,5 (3323,24 wg MPHP)	183,48	50°30'50'' N 20°31'15'' E

Źródło: [10].

2.2. Powodzie opadowe powstające na Wiśle

Źródłem największego ryzyka powodziowego są wysokie wezbrania Wisły wywoływane intensywnymi opadami deszczu w jej karpackim dorzeczu. Groźne opady występują na tym obszarze w ciepłej porze roku – od maja do września. Krytyczna sytuacja powstaje wówczas, gdy nad obszarem Karpat dochodzi do kontaktu ciepłej i wilgotnej masy powietrza znad Morza Śródziemnego z chłodniejszym powietrzem z północy. W sytuacjach takich zaobserwowano opady dobowe rzędu 200 mm, zaś sumy opadów z trzech kolejnych dni osiągały 500 mm.

2.3. Zagrożenie powodziowe od rzeki Nidy, a w szczególności spiętrzenie (cofka) wód Nidy wskutek wezbrań Wisły

Największym dopływem Wisły na terenie powiatu jest Nida. W ciepłej porze roku występują na niej wezbrania opadowe stwarzające ryzyko powodzi, szczególnie w górnym biegu rzeki powyżej powiatu Busko. Najgroźniejsze są jednak sytuacje, gdy fala powodziowa przemieszczająca się Wisłą piętrzy wody Nidy na jej ujściowym odcinku. Zjawisko to w terminologii hydrologicznej nazywamy cofką. Niebezpieczna cofka występuje zawsze wówczas, gdy groźące powodzią wezbranie Wisły przemieszcza się w rejonie ujścia Nidy.

2.4. Powodzie lokalne wywołane intensywnymi opadami o małym zasięgu

Największe dobowe sumy opadów atmosferycznych z posterunków zlokalizowanych w otoczeniu powiatu Busko przekraczają 80 mm. W okresie 1981–2010 zaobserwowano zwiększenie intensywności oraz częstości występowania intensywnych opadów związane z ociepleniem klimatu [10]. Maksymalne opady wystąpiły w ciepłej porze roku od maja do września. Intensywne opady związane są z występowaniem chmur typu cumulonimbus i burzami. Zazwyczaj zjawiska takie mają charakter lokalny, obejmując obszar kilku kilometrów kwadratowych i dlatego najczęściej nie są rejestrowane przez rzadką sieć posterunków opadowych. Wezbrania i powodzie wywoływane na małych ciekach opadami burzowymi mają niezwykle gwałtowny przebieg. Najczęściej maksymalny stan wody występuje w momencie zakończenia opadu, co czyni te zjawiska niezwykle trudnymi do prognozowania.

2.5. Omówienie największych powodzi historycznych

Szczegółowe omówienie największych powodzi zawarte jest w opracowaniu [10]. Na potrzeby wyżej wymienionego opracowania wykorzystano materiały publikowane w monografiach powodzi, rocznikach hydrologicznych oraz uzyskane od władz Starostwa Powiatowego w Busku, poparte materiałami pomiarowymi IMGW – PIB zgromadzonymi w archiwum i bazach danych. Analiza zawężona została do wezbrań na obszarze zlewni Górnej Wisły w XX i XXI wieku. Największe powodzie miały tu miejsce w latach: 1934, 1960, 1970, 1997, 2001 i 2010. Wszystkie wymienione powodzie wystąpiły w cieplej porze roku i były wynikiem katastrofalnych opadów w Karpatach. Bliższe informacje na temat szkód powodziowych dostępne są w *Katalogu zagrożeń powodziowych powiatu buskiego* (2012) [13] i dotyczą powodzi w latach 1997, 2001 i 2010.

Wielkości zalanych obszarów podczas powodzi w lipcu 1997 roku przedstawiają się następująco:

- Gmina Wiślica – dwukrotne wystąpienie wody z Nidy 10 i 25 lipca, ucierpiało 1046 gospodarstw i 1727 ha użytków rolnych;
- Gmina Nowy Korczyn – w wyniku przerwania wału przeciwpowodziowego na Nidzie w miejscowości Podraje, powodzią zostały dotknięte miejscowości Łęka, Podraje i Podzamcze. Poszkodowanych zostało 114 gospodarstw;
- Gmina Pacanów – w następstwie przerwania wału przeciwpowodziowego Wisły w okolicy miejscowości Komorów zalana została znaczna część terenów gminy: wsie Komorów, Kółko Żabieckie, Żabiec, Lisia Górka, Grabowica, częściowo Słupia, Karsy, Zborówek; w następstwie podpięprzenia rzeki Strumień przez wody Wisły zalane zostały tereny miejscowości Żołcza, Świniary, Biechów, Słupia.

Wielkości zalanych obszarów podczas powodzi w 2001 roku przedstawiają się następująco:

- Gmina Wiślica – ucierpiało 917 gospodarstw i 3095 ha użytków rolnych, 9 budynków inwentarskich i gospodarczych;
- Gmina Nowy Korczyn – w wyniku długotrwałego utrzymywania się wysokiego stanu wody w Wiśle doszło do przesiąków w wale, co doprowadziło do zalania piwnic oraz boiska sportowego i kilkunastu gospodarstw rolnych;
- Gmina Pacanów – ucierpiało 788 gospodarstw i 2251 ha użytków rolnych.

Na szczególną uwagę zasługuje powódź w 2010 roku, która była jedną z największych w historii rzeki. Z porównania do wcześniejszych powodzi XX i XXI wieku wynika, że natężenia przepływów zlewni górnej Wisły w 2010 roku były najwyższe. Charakterystyczne, a zarazem bardzo groźne, było wystąpienie dwóch fal powodziowych – w maju i czerwcu, czego konsekwencją było wiele zniszczeń wałów i obiektów. Na terenie powiatu buskiego w wyniku podpięprzenia Nidy przez wody Wisły (cofki) zalane zostały tereny w gminie Nowy Korczyn. Lokalnie wystąpiły także podtopienia związane z przesiąkaniem wałów oraz wysokim poziomem występowania wód podziemnych.

3. Awaria wału przeciwpowodziowego jako główne zagrożenie. Przyczyny awarii wałów

Wezbrania opadowe Wisły oraz wezbrania Nidy wywołane cofką to główne źródła zagrożenia powodzią obszaru powiatu. Ponieważ wymienione rzeki są obwałowane, więc awaria wału bywa bezpośrednią przyczyną powodzi. Wyróżnić można sześć następujących przyczyn przerwania wałów:

- przelewanie się wody i wody z lodem przez koronę wałów,
- zsuw odwodnej skarpy (erozja boczna i obrywanie się skarpy odwodnej),
- rozmakanie korpusu wału, prowadzące do upłynnienia gruntu,
- sufozja gruntu w podłożu wału,
- wyparcie niewłaściwie umiejscowionego, określonego rodzaju gruntu,
- dzikie zwierzęta głównie borsuki, bobry i lisy kopiące nory w korpusie wałów.

Poniżej przeprowadzono krótką analizę i ocenę ryzyka wystąpienia wymienionych przyczyn.

Przelanie się wody przez koronę wałów jest spowodowane wystąpieniem przepływów istotnie wyższych od tych, które uwzględniono, projektując wał. Powstaje w związku z tym ważne pytanie: czy można zakładać, iż przelanie się wody przez korony istniejących wałów jest zdarzeniem o średniej powtarzalności rzędu stu lat? **Jest to mniemanie błędne i należy je uznać za technokratyczne złudzenie o szkodliwych skutkach.** W publikacji [Żelaziński 1999] poddano krytycznej analizie dotychczasową metodę określania przepływów maksymalnych rocznych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia. Przytoczyły niektóre końcowe konkluzje z tej pracy.

Powódź 1997 roku na Odrze dobrze ilustruje tezę o paranaukowym charakterze ocen statystycznych [Klemeś 1986b]. Przepływ maksymalny jaki pojawił się wówczas na górnej Odrze był dwukrotnie większy od oceny wody stuletniej. Powstał problem: jakie prawdopodobieństwo przewyższenia przypisać temu przepływowi? Według metody traktowanej jako standard w Polsce jest to prawdopodobieństwo równe 0.0001 (średnia powtarzalność raz na 10 000 lat). Według metody traktowanej jako standard w Wielkiej Brytanii jest to prawdopodobieństwo równe 0,005; średnia powtarzalność raz na 200 lat, czyli pięćdziesięciokrotnie częściej niż w przypadku metody stosowanej w Polsce! (źródło: „Studium Wykonalności dla Wrocławskiego Węzła Wodnego, Raport Końcowy, 2004”). **Oceny prawdopodobieństwa przewyższenia** w obszarze ekstrapolacji zawierają więc element subiektywizmu tym większy im krótszy jest ciąg obserwacji i im większy jest obszar ekstrapolacji.

W pracy [Żelaziński 2007] wyjaśniono problemy statystycznej analizy prawdopodobieństwa występowania przepływów maksymalnych, które prowadzą do oczywistej konkluzji, iż wały zaprojektowane na przykład na „wodę stuletnią” mogą zostać przelane znacznie częściej niż średnio raz w stuleciu (mogą być również „przewymiarowane”).

W pracy [Strupczewski i in. 2007] przedstawiono nowsze podejście, uwzględniające niestacjonarność przepływów maksymalnych rocznych, zaś w pracy [Kochanek i inni 2012] przedstawiono nową metodę dwuetapowej estymacji w warunkach niestacjonarności.

Erozja boczna i obrywanie się skarpy odwodnej. W szczególności unoszone z wielką prędkością bryły lodu podczas wezbrania wiosennego powodują silne niszczenie korpusu wału, zwłaszcza na tych odcinkach, gdzie wał styka się bezpośrednio z łóżyskiem rzeki. Jest to częstsza niż przelanie wody przez koronę przyczyna awarii wału, która może wystąpić przy poziomach wody znacznie niższych od tej korony.

Rozmakanie korpusu wału prowadzące do upłynnienia gruntu. Taka przyczyna przerwania wału może mieć miejsce w przypadku znacznych wezbrań o długim okresie trwania, takich jak powódź 2010 roku. Grunt tworzący korpus wału całkowicie nasiąka wodą i przyjmuje konsystencję grzęzawiska mało odpornego na parcie boczne. Przykładowo na Dolnej Wiśle zanotowano 19 przypadków przerwania wałów wskutek rozmoczenia ich korpusu. Jest to więc przyczyna awarii występująca znacznie częściej niż przelanie wody przez koronę wału.

Sufozja gruntu w podłożu wału. Zjawisko sufozji polega na transporcie ziaren drobnych frakcji gruntu (wypełniacza) w istniejącym obszarze porów gruntu (szkieletu) w wyniku działania filtrującej wody. W wyniku sufozji zwiększa się objętość porów i współczynnik filtracji. Objawem zewnętrznym zachodzenia tych zjawisk w czasie znacznych i długotrwałych wezbrań jest wystąpienie mętnych przecieków na odlądowej skarpie u podstawy wału lub w najbliższym pasie zawala. Przy długotrwałym wezbraniu natężenie tych przecieków i stopień ich mętności mogą stopniowo wzrastać, aż w pewnym momencie zmieniają się w fontanny. Jest to ostatnia faza zjawiska poprzedzająca destrukcję wału.

Wyparcie niewłaściwie umiejscowionego, określonego rodzaju gruntu. Wały Wisły były przez stulecia sukcesywnie podwyższane i naprawiane po kolejnych powodziach. Spowodowało to, że z czasem osiągnęły budowę niejednorodną w postaci poziomych, zróżnicowanych warstw o przypadkowych, często skrajnie zróżnicowanych właściwościach filtracyjnych. Powoduje to niebezpieczeństwo wyparcia z korpusu wału gruntu mniej przepuszczalnego od korpusu wału i w konsekwencji awarię.

Zagrożenia spowodowane przez dzikie zwierzęta. Służby wałowe stwierdzają liczne i bardzo niebezpieczne uszkodzenia wałów Wisły przez bobry i borsuki. Reżimy ochronne dzikich zwierząt w międzywałach Wisły objętym programem „Natura 2000” praktycznie uniemożliwiają przeciwdziałanie takim uszkodzeniom poprzez eliminację dzikich zwierząt.

Istnieje wiele możliwości ograniczenia ryzyka awarii wałów. Można tu wymienić: zwiększenie przepustowości koryta (wycinkę roślinności w międzywałach i zwiększenie rozstawu wałów), podwyższenie rzędnej wałów (zwiększenie wysokości nasypów), utrzymanie nurtu rzeki możliwie daleko od stopy wału poprzez

budowie regulacyjnej, wykonanie skarpy odwodnej wału z gruntów słabo przepuszczalnych, wbijaniu stalowych ścianek szczelnych (larsenów) lub wykonywanie szczelnych przesłon w postaci zastrzyków z substancji cementowo-bitumicznych w miejscach, gdzie wał przecina starorzecza, wykładanie na odwodną skarpe wału siatek stalowych chroniących przed dzikimi zwierzętami.

Wszystkie wymienione działania nie są działaniami operacyjnymi i należą do obowiązków organizacji odpowiedzialnej za stan techniczny wałów – Wojewódzkich Zarządów Melioracji i Urządzeń Wodnych.

Możliwe są również działania operacyjne, takie jak układanie worków z piaskiem lub rękawów przeciwpowodziowych na koronie wału, ochrona skarpy odwodnej folią lub geowłókniną. Skuteczność wymienionych działań operacyjnych zależy od dostępności informacji o aktualnym i przewidywanym rozwoju powodzi. Koncepcja dostarczenia takich informacji służbom operacyjnym jest przedmiotem niniejszej publikacji.

4. Krajowy system monitoringu i prognoz eksploatowany przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

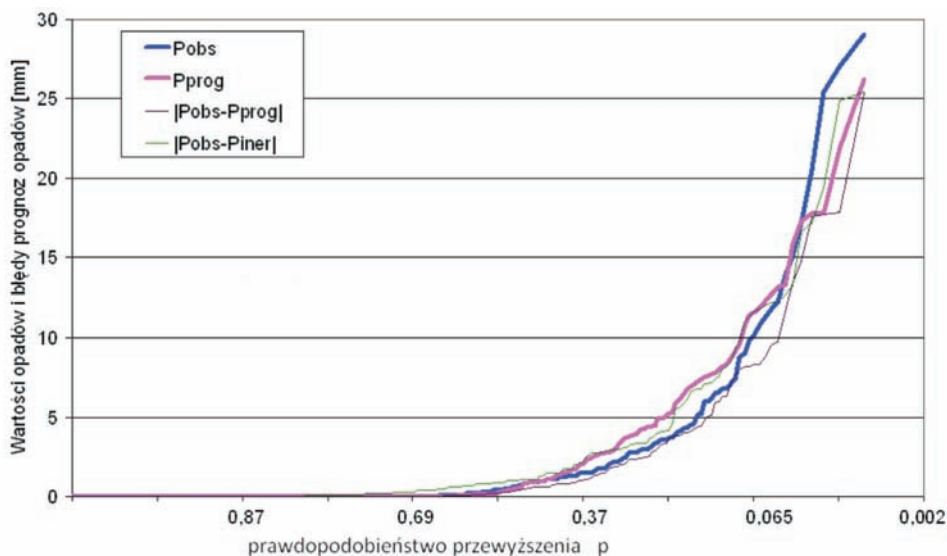
System prognozowania powodzi funkcjonujący w IMGW – PIB spełnia wymagania wymienione w podręczniku [WMO, 2011]. Opiszemy krótko sposób realizacji poszczególnych zadań.

4.1. Dostępność numerycznego modelu prognozy pogody pozwalające w szczególności na prognozowanie hietogramu opadu, czyli ilościową prognozę rozkładu opadów w przestrzeni i w czasie

Aktualnie ilościowe prognozy opadu wykonywane są przez IMGW – PIB dla okresu wyprzedzenia od 48 do 72 godzin przy wykorzystaniu dwóch modeli mezoskalowych (modelu ALADIN i modelu COSMO). Źródłami dodatkowych informacji o możliwym rozwoju procesu opadowego są systemy identyfikacji wyładowań atmosferycznych oraz sieć radarów meteorologicznych. Wyniki działania wymienionych trzech podsystemów są dostępne na serwerze IMGW w postaci map (nie są to wyniki ogólnodostępne dla wszystkich zainteresowanych, natomiast zagwarantowana jest ich dostępność dla organów antykryzysowych). Modele COSMO i ALADIN są źródłem ilościowych prognoz opadów z rozdzielczością przestrzenną i czasową satysfakcjonującą potrzeby modeli prognozy hydrogramu odpływu ze zlewni pracujących na rzecz ochrony przed powodzią. Problem stanowi niedostateczna trafność prognoz opadów. Oczekiwanie użytkowników ilościowych prognoz opadów niestety zdecydowanie przekracza aktualne możliwości nauki i techniki. Użytkownik prognoz oczekuje dokładnej (bezbłędnej) prognozy o okresie wyprzedzenia umożliwiającej podjęcie najlepszej decyzji. W operacyjnej ochronie przeciwpowodziowej użytkownicy oczekują

dokładnej prognozy hietogramu opadu (rozkładu sum opadowych w czasie) uśrednionego dla obszaru zlewni z okresem wyprzedzenia rzędu kilkudziesięciu godzin. Aktualnie są to oczekiwania nierealne. Trafne (tj. bezbłędne) ilościowe prognozy hietogramu dla średniej wielkości zlewni z okresem wyprzedzenia rzędu 2–3 dni są nadal nieosiągalne, zarówno w kraju, jak i zagranicą. Nadzieja na pokonanie tej bariery poprzez zagęszczanie siatki obliczeniowej w hydrodynamicznych modelach atmosfery oraz wykorzystywanie technik telemetrycznych dla oceny warunków początkowych okazała się jak dotychczas iluzją. Wyniki badań nad chaosem deterministycznym [Lorenz 1963] wskazują, że najprawdopodobniej oczekiwania te nigdy nie zostaną spełnione. Wyniki badań, które od lat w tej dziedzinie prowadzili autorzy niniejszej publikacji potwierdzają powyższą tezę [Żelaziński, Mierkiewicz 2008]. Oto jeden z licznych przykładów:

Zbadano empiryczne rozkłady prawdopodobieństwa (ściślej empiryczne funkcje prawdopodobieństwa przewyższenia) sum dobowych opadów zaobserwowanych (Pobs.), opadów prognozowanych modelem COSMO (Pprog), błędów opadów prognozowanych (Pobs – Pprog), błędów prognoz inercjalnych (Pobs. – Piner). Prognoza inercjalna zwana również „prognoza naiwną” polega na przyjęciu założenia, iż w nadchodzącej dobie suma opadów będzie identyczna z sumą opadów zaobserwowanych w dobie ubiegłej. Wyniki uzyskane dla zlewni zbiornika Sulejów na Pilicy przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Zlewnia zbiornika Sulejów, model COSMO-LM14, prognoza opadu na pierwszą dobę. Funkcje prawdopodobieństwa przewyższenia opadu obserwowanego, opadu prognozowanego oraz błędów bezwzględnych opadu prognozowanego z modelu i wg inercji

Analiza przytoczonego wykresu prowadzi do następujących wniosków:

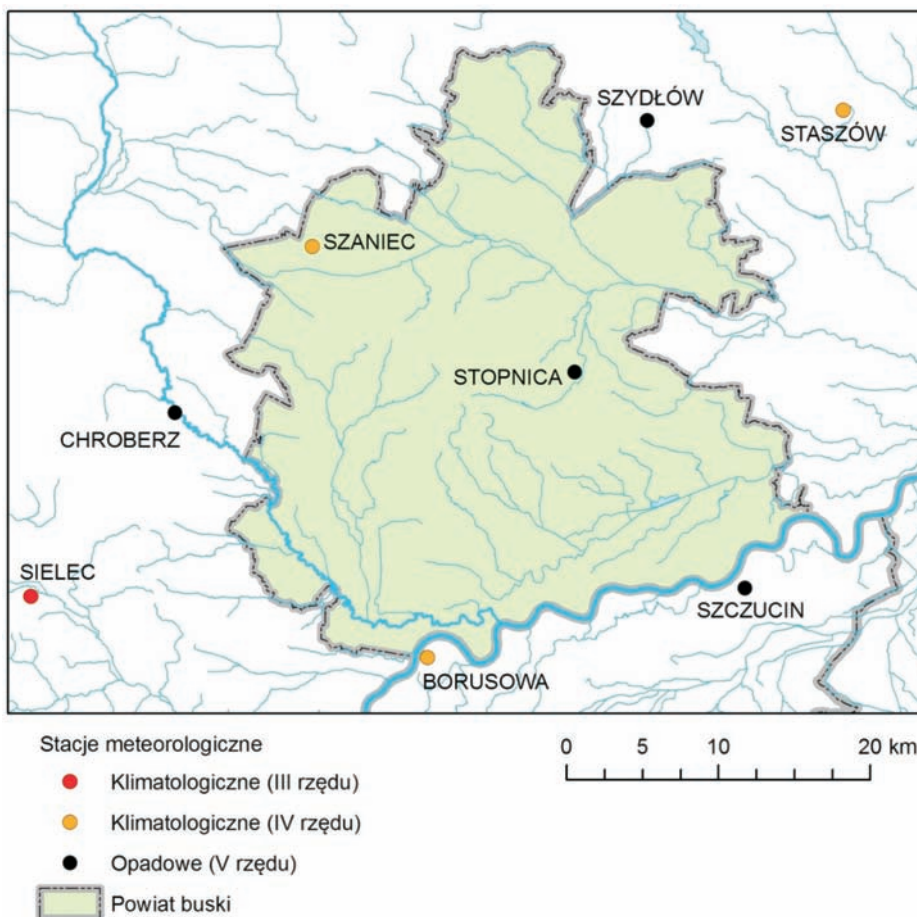
- Rozkłady prawdopodobieństwa opadów obserwowanych są podobne do rozkładów prawdopodobieństwa wartości bezwzględnej błędów prognoz. Inaczej mówiąc, błędy prognoz mają ten sam rząd wielkości, co opady obserwowane;
- Stwierdzono brak istotnych różnic pomiędzy rozkładami błędów prognoz uzyskiwanych z modelu mezoskalowego i błędów prognoz inercyjnych. A zatem prognozy mezoskalowe nie wnoszą istotnej informacji o hietogramie opadów średnich dla zlewni w porównaniu do informacji zawartej w prognozach inercyjnych, czyli podobne oszacowanie hietogramu (biorąc pod uwagę niepewność wyników) można uzyskiwać bez wykorzystywania modelu meteorologicznego, a stosując jedynie prognozę inercyjną;
- Znaczna niepewność ilościowych prognoz opadu i wynikająca z tego faktu niepewność prognoz hydrologicznych wyklucza deterministyczne traktowania prognoz w procesach decyzyjnych. Błędy prognoz IMGW są podobne do błędów prognoz rozpowszechnianych przez wiodące ośrodki zagraniczne. Zasadnicza różnica polega na tym, że zaawansowane służby zagraniczne formułują prognozy w postaci „pęku” przyszłych możliwych realizacji procesu opadowego. Pęk taki reprezentuje niepewność prognozy umożliwiając podejmowanie optymalnych decyzji w warunkach niepewności.

Powyższa, krytyczna analiza **nie wyklucza przydatności aktualnie dostępnych ilościowych prognoz opadów**, tym bardziej, że odbiorcy informacji meteorologicznych i hydrologicznych żądają prognoz deterministycznych. Dla lepszej oceny rozkładu zaistniałych opadów, a zwłaszcza dla stworzenia możliwości krótkoterminowego prognozowania opadów w ostatnich latach, IMGW – PIB zainstalował dwie nowoczesne sieci obserwacyjno-pomiarowe: sieć rejestrującą wyładowania atmosferyczne i sieć radarów meteorologicznych. Wyniki uzyskiwane z tych dwóch systemów są na bieżąco dostępne w Internecie w postaci map. Mapy te umożliwiają śledzenie przemieszczania się na obszarze kraju ośrodków burzowych oraz opadów wraz z orientacyjną (jakościową) oceną intensywności tych opadów. Są to bezcenne informacje dla systemu ostrzeżeń. Wykorzystując jednocześnie kilka rodzajów informacji, można uzyskać krótkoterminową ocenę zagrożenia wystąpieniem groźnych opadów .

4.2. Sieć posterunków opadowych i wodowskazowych z rejestracją manualną lub automatyczną połączonych siecią łączności z ośrodkiem wykonującym operacyjne prognozy

Sieć posterunków wodowskazowych w otoczeniu powiatu Busko przedstawiono na rys. 1, zaś sieć stacji meteorologicznych na rys. 3.

Na terenie powiatu buskiego nie są aktualnie zlokalizowane żadne stacje hydrologiczne sieci IMGW, jednakże możliwe jest określenie charakterystyk hydrologicznych na podstawie pomiarów i obserwacji hydrologicznych na stacjach wodowskazowych Karsy i Szczucin na Wiśle oraz Pińczów i Wiślica (ten ostatni zlikwidowano w 1992 roku) na Nidzie.



Rys. 3. Lokalizacja stacji meteorologicznych

Ważniejsze posterunki opadowe i wodowskazowe eksploatowane przez IMGW – PIB są wyposażone w czujniki z rejestracją cyfrową, a wyniki obserwacji są przekazywane automatycznie w czasie rzeczywistym do stacji zbiorczych. Tak więc system monitorowania zjawisk powodziowych spełnia rygorystyczne wymagania stawiane w podręczniku [WMO, 2011].

4.3. Modele prognozowania powodzi połączone z siecią obserwacyjną eksploatowane w czasie rzeczywistym

4.3.1. Opis modelu eksploatowanego przez IMGW

Z punktu widzenia prognozowania zagrożeń powodziowych pochodzących od Wisły i Nidy niezbędny jest model prognostyczny pozwalający w szczególności na prognozowanie hydrogramów rzędnych zwierciadła wody w kolejnych

przekrojach poprzecznych rzek. Warunek ten spełnia z dostateczną dokładnością model IMGW eksploatowany w operacyjnej służbie prognoz. Jest to jednowymiarowy model hydrodynamiczny oparty na numerycznym rozwiązaniu równań Saint Venant'a, opracowanym w IMGW i nieco odmiennym od modelu HEC opisanego w pracy [10]. Jest to praktycznie jedyny w Polsce model dostosowany do rutynowej pracy w służbie prognoz. Równania Saint Venant'a tworzą nieliniowy układ równań różniczkowych cząstkowych pierwszego rzędu typu hiperbolicznego:

$$\frac{Q}{x} - B \frac{z}{t} - q_B = 0 \quad (1)$$

$$\frac{Q}{t} - \frac{QB}{A} \frac{z}{t} - \frac{Q}{A} \frac{Q}{x} - \frac{Q^2}{A^2} \frac{A}{x} - gA \frac{Q|Q|}{K^2} = 0 \quad (2)$$

Równanie (1) opisuje prawo zachowania masy, a równanie (2) prawo zachowania pędu.

Przyjęto następujące oznaczenia:

- Q – natężenie przepływu [m^3/s],
- t – czas [s],
- z – rzędna zwierciadła wody [m],
- B – szerokość zwierciadła wody [m],
- q – dopływ boczny rozłożony na jednostkę długości [m^2/s],
- A – powierzchnia przekroju czynnego [m^2],
– współczynnik korygujący dla niejednostajnego rozkładu prędkości w przekroju,
- g – przyspieszenie ziemskie [m/s^2],
- K – przepustowość koryta przy jednostkowym spadku [m^3/s],

Zmiennymi niezależnymi w równaniach (1), (2) są t i x , a zmiennymi zależnymi z i Q .

Do numerycznego rozwiązania układu równań (1), (2) wykorzystano metodę niejawną opartą na schemacie Preissmanna. Wykorzystano także naturalną, nie schematyzowaną geometrię koryta.

Przyjęto, że geometria i hydraulika koryta opisana jest przez m przekrojów poprzecznych, w których podane są w postaci tablic zależności $B(z)$, $A(z)$, $K(z)$. Funkcje $B(z)$ i $A(z)$ konstruuje się, wykorzystując zdjęcia niwelacyjne przekrojów poprzecznych koryta (doliny, polderu). Przyjęto, że przepustowość K zależna jest od współczynników szorstkości Manninga, które mogą być zróżnicowane w przekroju poprzecznym i są jedynymi parametrami modelu wymagającymi kalibracji.

Dyskretyzację zmiennych zależnych oraz ich pochodnych opisują następujące równania:

$$f(x,t) = \frac{f_{j-1}^{n-1} + f_j^{n-1}}{2} + \frac{1}{2} (f_{j-1}^n + f_j^n) \quad (3)$$

$$\frac{f}{x} = \frac{f_{j-1}^{n-1} + f_j^{n-1}}{x} + (1 - \alpha) \frac{f_{j-1}^n + f_j^n}{x} \quad (4)$$

$$\frac{f}{x} = \frac{f_{j-1}^{n-1} + f_{j-1}^n + f_j^{n-1} + f_j^n}{2 \cdot t} \quad (5)$$

gdzie:

- x – długość kroku przestrzennego [m],
- t – długość kroku czasowego [s],
- f – wartość funkcji f w j -tym przekroju w chwili n t ,
- α – współczynnik wagowy, $0 < \alpha < 1$.

Stosując wzory (3), (4), (5) do równań (1), (2), dla każdego odcinka między przekrojami, otrzymujemy układ $2m - 2$ równań z $4m - 2$ niewiadomymi. Przyjmując, że znamy rozwiązanie w chwili $t = n \cdot t$, liczba niewiadomych wynosi $2m$. Aby liczba równań była równa liczbie niewiadomych, dodajemy dwa dodatkowe równania stanowiące lewy i prawy warunek brzegowy. Ostatecznie otrzymujemy układ $2m$ równań z $2m$ niewiadomymi, który rozwiązywany jest metodą iteracyjną Raphsona-Newtona.

Aby otrzymać początkowe wartości niewiadomych w chwili $t = 0$ rozwiązywany jest układ równań (1), (2) dla przepływu ustalonego dla rzeki głównej i dopływu. Wpływ warunku początkowego na otrzymane rozwiązanie szybko zanika.

Rozwiązanie równań (1) i (2) wymaga określenia warunków brzegowych, tj. natężenia przepływu na Wiśle w przekroju Karsy i na Nidzie w przekroju Brzegi oraz krzywej natężenia przepływu na Wiśle w Szczucinie.

Wynikami symulacji są: rzędne zwierciadła wody, natężenia przepływów i prędkości przepływów w kolejnych przekrojach poprzecznych koryta.

Kalibracja i eksploatacja opisanego modelu wymaga specjalistycznej wiedzy i doświadczenia oraz operacyjnego dostępu do danych obserwacyjno-pomiarowych z dorzecza górnej Wisły. Jest to zadanie niewykonalne w ramach LSOP powiatu Busko i w praktyce jedyną możliwością jest wykorzystanie wyników otrzymanych z opisanego modelu eksploatowanego przez IMGW – PIB.

4.3.2. Ocena modelu eksploatowanego przez IMGW ze względu na potrzeby LSOP powiatu Busko – pożądane uzupełnienia

Kalibracji modelu eksploatowanego przez IMGW dokonano, wykorzystując wyniki niwelacji przekrojów poprzecznych doliny Wisły i Nidy oraz obserwacje hydrogramów stanów wody z ostatnich wielkich powodzi (1997, 2001, 2010). Ponieważ podczas powodzi 2010 roku wystąpiły najwyższe zaobserwowane stany wody, można przypuszczać, że model IMGW dokładnie opisuje proces transfor-

macji fal powodziowych Wisły i Nidy oraz zjawiska cofkowe na ujściowym odcinku Nidy. Szczególne znacznie dla LSOP powiatu Busko mają wyniki niedawno wykonanych pomiarów niwelacyjnych przekrojów poprzecznych dolin rzecznych. Na przekrojach tych uwidocznione są rzędne wałów z centymetrową dokładnością. Jest to istotna różnica w stosunku do rzędnych wykorzystywanych w opracowaniu [10], gdzie rzędne wałów oceniono, wykorzystując cyfrowy model terenu (autorzy tego opracowania nie dysponowali najnowszymi wynikami pomiarów niwelacyjnych). Ponieważ model IMGW jest modelem prognozy krótkoterminowej wykorzystującej wyniki obserwacji hydrologicznych [Lambor 1960], można oczekiwać dużej dokładności prognozy maksymalnych rzędnych zwierciadła wody i możliwości prezentacji maksymalnych rzędnych wody na tle aktualnych rzędnych obwałowań. Takie porównanie ma podstawowe znaczenie dla LSOP – umożliwia bowiem identyfikację odcinków wałów zagrożonych przelaniem się wód powodziowych.

5. Konieczność bezpośredniej, bieżącej współpracy pomiędzy IMGW, a Lokalnym Systemem Ostrzeżeń i Prognoz (LSOP)

5.1. Potrzeba powołania LSOP

Lokalny System Prognoz i Ostrzeżeń jest niezbędny, bowiem system ogólnokrajowy nie może dostarczyć wszystkich informacji potrzebnych na poziomie lokalnym. Niemniej LSOP musi działać w ścisłym powiązaniu z ogólnokrajowym systemem IMGW, ponieważ na poziomie lokalnym nie jest realne opracowywanie wszystkich ostrzeżeń i prognoz wymagających dostępności olbrzymiej liczby danych obserwacyjnych oraz wykorzystywania złożonych modeli symulacyjnych. Potrzeba i zadania LSOP są szczegółowo dyskutowane w opracowaniach: [OSIRIS, 2000; IMGW, Oddział Kraków, 2001; IMGW, Kraków OSIRIS 2002; IMGW Oddział Kraków 2005].

Konieczne jest zapewnienie w drodze stosownych porozumień niezawodnej operacyjnej transmisji potrzebnych wyników obserwacji, prognoz i ostrzeżeń z IMGW do LSOP, a następnie przetwarzanie tych informacji na poziomie lokalnych dla potrzeb lokalnych.

5.2. Konieczność uzupełniania zakresu obserwacji i prognoz wykonywanych przez IMGW przez działania LSOP

Stwierdzono, że podstawowym brakiem informacji dostarczanej przez system IMGW – PIB jest ograniczenie liczby przekrojów poprzecznych koryt rzecznych, dla których możliwa jest wizualizacja napełnienia koryta, a w szczególności porównanie aktualnych/prognozowanych rzędnych zwierciadła wody z rzędnymi obwałowań. Takie porównanie ma podstawowe znaczenie dla LSOP, umożliwia bowiem identyfikację odcinków wałów zagrożonych przelaniem się wód powodziowych. Pełne wykorzystanie tej podstawowej informacji wymaga:

- Uzyskania w drodze umowy operatora LSOP z IMGW – PIB dostępu do prognoz hydrogramów rzędnych zwierciadła wody dla wszystkich wykorzystywanych przekrojów poprzecznych dolin rzecznych (aktualnie prognozy rozpowszechniane są tylko dla przekrojów wodowskazowych i to w postaci stanów wody, a nie rzędnych nad poziomem morza).
- Wykonania dla potrzeb LSOP oprogramowania pozwalającego na wizualizację profili podłużnych rzędnych zwierciadła wody na tle rzędnych obwałowań.
- W przypadku ponownego uruchomienia obserwacji na wodowskazie Wiślica na Nidzie obserwacje z tego wodowskazu powinny być wykorzystywane w modelu IMGW.

Powyższe stanowi propozycję o podstawowym znaczeniu dla koncepcji LSOP w Busku-Zdroju.

Ponadto proponuje się włączenie do sieci monitoringu opadowego pracującego na potrzeby LSOP pow. Busko co najmniej trzech pracujących posterunków: Borusowo, Szaniec, Szczucin.

Analiza ustnych i pisemnych informacji uzyskanych podczas wizyty w Busku oraz opisu istniejących posterunków wodowskazowych prowadzi do wniosku o rozważenie:

- Przywrócenia funkcjonowania zlikwidowanego wodowskazu Wiślica na Nidzie. Jest on potrzebny ze względu na kontrolę poziomu cofki wywoływanej na Nidzie przez wezbrania Wisły.
- Zainstalowanie nowego wodowskazu na jednym z małych cieków charakteryzujących wezbrania i powodzie lokalne wywołane intensywnymi opadami na terenie powiatu.

6. Przetwarzanie i prezentacja wyników na rzecz użytkowników LSOP, tj. organów antykryzysowych powiatu Busko. Adresaci informacji dostarczanej przez LSOP

Operator LSOP i jego obowiązki

Potrzeba istnienia Lokalnego Systemu Prognoz i Ostrzeżeń (LSOP) jako zaplecza informacyjnego operacyjnych działań przeciwpowodziowych na szczeblu lokalnym jest bezdyskusyjna. Starosta Powiatowy w Busku – Zdroju zaproponował, aby LSOP zlokalizować w Komendzie Powiatowej Straży Pożarnej. Jest to propozycja zasadna, bowiem podczas ostatnich powodzi Straż Pożarna była główną służbą zajmującą się skutecznie operacyjną ochroną ludności i mienia. Propozycja ta wymaga akceptacji ze strony Komendanta Powiatowego z pełną świadomością obowiązków związanych z pełnieniem funkcji operatora LSOP. Oto lista najważniejszych obowiązków operatora:

- **Okres normalny**
 - Okres normalny definiuje się jako okres, w którym:

- Brak przekroczenia stanów ostrzegawczych i stanów alarmowych na wodowskazach Karsy i Szczucin na Wiśle oraz Pińczów na Nidzie. (Odpowiednie charakterystyki stanów podano w poniższej tabeli):

Rzeka	Wodowskaz	Km biegu	Stan ostrzegawczy	Stan alarmowy
Wisła	Karsy	166,0 (756,84 wg MPHP)	450 cm	650 cm
Wisła	Szczucin	194,1 (728,89 wg MPHP)	460 cm	660 cm
Nida	Pińczów	56,8 (61,56 wg MPHP)	240 cm	300 cm

- Brak ostrzeżeń o możliwości przekroczenia stanów ostrzegawczych i alarmowych na wyżej wymienionych wodowskazach (ostrzeżenia takie publikowane są na Platformie wymiany operacyjnych danych hydrologiczno – meteorologicznych – **Monitor IMGW – PIB** (zwaną dalej Platformą...))
- Brak ostrzeżeń o możliwości pojawienia się w obszarze Powiatu Busko-Zdrój intensywnych opadów (ostrzeżenia takie publikowane są na Platformie...).

W okresie normalnym obsługa LSOP wymaga codziennego o godzinie 8 (czasu UTC – czasu, w którym pracuje IMGW – PIB) zaangażowania jednego pracownika (zwanego dalej Operatorem LSOP) w wymiarze około godziny. Ze względu na urlopy, choroby, konieczność pełnienia służby w dni ustawowo wolne od pracy i inne utrudnienia w komendzie powinno być co najmniej dwóch przeszkolonych pracowników. Szkolenie Operatorów LSOP powinno być przeprowadzone w wybranej komórce IMGW – PIB zajmującej się obsługą Platformy... Termin, zakres i miejsce stażu wymaga uzgodnienia z IMGW – PIB.

W okresie braku zagrożeń powodziowych Operator LSPO w godzinach porannych powinien wykonać następujące czynności:

- Wykorzystując Internet, połączyć się z Platformą...
- Pobrać z Platformy... następujące informacje: sumy opadowe (godzinowe i dobowe) z wybranych posterunków opadowych (lista posterunków wymaga uzgodnienia z IMGW – PIB); wysokości opadów prognozowanych dla obszaru powiatu przez IMGW – PIB; stany wody zaobserwowane w ciągu ostatniej doby na posterunkach Karsy i Szczucin na Wiśle oraz Pińczów na Nidzie; stany wody prognozowane dla wyżej wymienionych posterunków.
- Opracować raport wykorzystując wybrany standard (CSV, EXCEL, WORD) i zapisać raport w pamięci komputera.
- **Okres ostrzegawczy**
 - Okres ostrzegawczy definiuje się jako okres, w którym:
 - W ostatniej dobie wystąpiły na terenie powiatu Busko-Zdrój intensywne opady (suma dobową opadu > 30 mm), a na Platformie... pojawiło się

ostrzeżenie o możliwości wystąpienia w następnej dobie intensywnych opadów.

- Na co najmniej jednym z wodowskazów: Karsy, Szczucin na Wiśle lub Pińczów na Nidzie nastąpiło przekroczenie stanu ostrzegawczego.
- Prognozy hydrologiczne dostępne na Platformie... sygnalizują przekroczenie stanów ostrzegawczych na wyżej wymienionych wodowskazach

W okresie ostrzegawczym operator LSOP powinien wykonać następujące czynności:

- Wykorzystując Internet, połączyć się z Platformą...
- Pobrać z Platformy... następujące informacje: sumy opadowe (godzinowe i dobowe) z wybranych posterunków opadowych (lista posterunków wymaga uzgodnienia z IMGW – PIB); wysokości opadów prognozowane dla obszaru powiatu przez IMGW – PIB; stany wody zaobserwowane w ciągu ostatniej doby na posterunkach Karsy i Szczucin na Wiśle oraz Pińczów na Nidzie; stany wody prognozowane dla wyżej wymienionych posterunków.
- Opracować raport wykorzystując wybrany standard (CSV, EXCEL, WORD). Wprowadzić do Raportu komunikat o konieczności przejścia ze stanu normalnego do stanu ostrzegawczego i zapisać raport w pamięci komputera.
- Przesłać Raport do wszystkich zainteresowanych osób i instytucji z sugestią wprowadzenia stanu ostrzegawczego dla służb antykrzysowych. Lista adresowa odbiorców jest zawarta w opracowaniu Urzędu Powiatowego w Busku-Zdroju, 2012 [13].
- Zawiadomić Komendanta Powiatowego Straży Pożarnej o konieczności zwiększenia częstości pobierania informacji z Platformy... i tworzenia stosownych raportów. Dodatkowe terminy to godziny 15 i 23 (czasu UTC). Niezbędne jest ustalenie nazwisk operatorów LSOP i kolejności dyżurów.
- Podczas każdego kolejnego dyżuru należy powtórzyć opisane wyżej czynności.
- Stan ostrzegawczy odwołujemy (przechodząc do stanu normalnego) jeśli ustąpiły wszystkie przyczyny wymienione w podanej wyżej definicji okresu ostrzegawczego.
- **Okres alarmu powodziowego**
 - Okres alarmu powodziowego definiuje się jako okres, w którym:
 - Na co najmniej jednym z wodowskazów: Karsy, Szczucin na Wiśle lub Pińczów na Nidzie nastąpiło przekroczenie stanu alarmowego.
 - Prognozy hydrologiczne dostępne na Platformie... sygnalizują przekroczenie stanów alarmowych na wyżej wymienionych wodowskazach.

W okresie alarmu powodziowego operator LSOP powinien wykonać następujące czynności:

- Wykorzystując Internet, połączyć się z Platformą...

- Pobrać z Platformy... następujące informacje: sumy opadowe (godzinowe i dobowe) z wybranych posterunków opadowych (lista posterunków wymaga uzgodnienia z IMGW – PIB); wysokości opadów prognozowane dla obszaru powiatu przez IMGW – PIB; stany wody zaobserwowane w ciągu ostatniej doby na posterunkach Karsy i Szczucin na Wiśle oraz Pińczów na Nidzie; stany wody prognozowane dla wyżej wymienionych posterunków.
- **Dokonać wizualizacji napełnień koryta Wisły pomiędzy Karsami, a Szczucinem oraz koryta Nidy pomiędzy Pińczowem, a ujściem Nidy do Wisły z wykorzystaniem wszystkich przekrojów poprzecznych koryt rzecznych funkcjonujących w modelu hydrodynamicznym IMGW – PIB.**
- **Jeżeli porównanie prognozowanych rzędnych zwierciadła wód Wisły i Nidy z rzędnymi obwałowań tych rzek wykaże możliwość osiągnięcia lub przekroczenia przez poziomy wód poziomów wałów należy uznać, że wystąpienie powodzi jest zdarzeniem bliskim pewności. Należy wówczas przejść do działań właściwych dla stanu powodzi opisanych dalej.**
- Stworzyć raport wykorzystując wybrany standard (CSV, EXCEL, WORD). Wprowadzić do Raportu komunikat o konieczności przejścia do stanu alarmowego i zapisać raport w pamięci komputera. W raporcie podkreślić konieczność patrolowania stanu wałów Wisły i Nidy w celu identyfikacji przecieków i podjęcia działań ochronnych. Podkreślić konieczność powiadomienia o zagrożeniu instytucji i ludności z terenów zagrożonych. Adresy i sposoby rozpowszechniania informacji są podane w dokumencie pt.: „Powiatowy plan zarządzania kryzysowego” opracowanym przez Starostwo Powiatowe w Busku-Zdroju.
- Przesłać Raport do wszystkich zainteresowanych osób i instytucji z sugestią konieczności wprowadzenia stanu alarmu powodziowego dla służb antykryzysowych.
- Zawiadomić Komendanta Powiatowego Straży Pożarnej o konieczności zwiększenia częstości pobierania informacji z Platformy... i tworzenia stosownych raportów. Terminy przygotowywania kolejnych Raportów to godziny 8; 11; 14; 17; 20; 23; 2; 5; (czasu UTC) . Niezbędne jest ustalenie nazwisk operatorów LSOP i kolejności dyżurów.
- Podczas każdego kolejnego dyżuru należy powtórzyć opisane wyżej czynności.
- Stan alarmowy odwołujemy (przechodząc do stanu ostrzegawczego, lub normalnego) jeśli ustąpiły wszystkie przyczyny wymienione w podanej wyżej definicji okresu alarmowego/ostrzegawczego.
- **Okres powodzi**
 - Okres powodzi definiujemy jako okres, w którym:
 - Wskutek intensywnych opadów na terenie powiatu Busko-Zdrój oraz niedostatecznej przepustowości koryt małych cieków i rowów meliora-

cyjnych woda zalewa użytki rolne, lokalne drogi piwnice i najniższe kondygnacje budynków mieszkalnych i gospodarczych.

- Wskutek awarii obwałowań Wisły i Nidy następuje zalanie terenu skutkujące znacznymi szkodami gospodarczymi oraz zagrożeniem życia.
- Wskutek porównania prognozowanych rzędnych zwierciadła wód Wisły i Nidy z rzędnymi obwałowań tych rzek stwierdzamy, że możliwość osiągnięcia lub przekroczenia przez poziomy wód poziomów wałów należy uznać za zdarzenie o prawdopodobieństwie wystąpienia bliskim pewności.

Uwagi:

- Źródłem pewnej informacji o wystąpieniu powodzi są mieszkańcy terenów zalanych i służby antykryzysowe.
- Źródłem bliskiej pewności informacji o wystąpieniu powodzi jest Platforma... Należy podkreślić, że ogłaszając fakt zaistnienia powodzi w oparciu o prognozę możemy wywołać **fałszywy alarm**. Jest to nieunikniona cena dążenia do możliwie wczesnej identyfikacji zagrożenia.

W okresie powodzi operator LSOP powinien wykonać następujące czynności:

- Wykorzystując Internet, połączyć się z Platformą...
- Pobrać z Platformy... następujące informacje: sumy opadowe (godzinowe i dobowe) z wybranych posterunków opadowych (lista posterunków wymaga uzgodnienia z IMGW – PIB); wysokości opadów prognozowane dla obszaru powiatu przez IMGW – PIB; stany wody zaobserwowane w ciągu ostatniej doby na posterunkach Karsy i Szczucin na Wiśle oraz Pińczów na Nidzie; stany wody prognozowane dla wyżej wymienionych posterunków.
- **Dokonać wizualizacji napełnień koryta Wisły pomiędzy Karsami, a Szczucinem oraz koryta Nidy pomiędzy Pińczowem, a ujściem Nidy do Wisły z wykorzystaniem wszystkich przekrojów poprzecznych koryt rzecznych funkcjonujących w modelu hydrodynamicznym IMGW – PIB.**
- Stworzyć raport wykorzystując wybrany standard (CSV, EXCEL, WORD). Wprowadzić do Raportu komunikat o konieczności przejścia do stanu powodzi i zapisać raport w pamięci komputera. W raporcie podkreślić konieczność ewakuacji ludności i inwentarza zgodnie z zasadami podanymi w opracowaniu: PLAN EWAKUACJI (PRZYJĘCIA) LUDNOŚCI, ZWIERZĄT I MIENIA II STOPNIA NA WYPADEK MASOWEGO ZAGROŻENIA oraz podkreślić konieczność patrolowania stanu wałów Wisły i Nidy w celu identyfikacji przecieków i podjęcia działań ochronnych. Podkreślić konieczność powiadomienia o zagrożeniu instytucji i ludności z terenów zagrożonych. Adresy i sposoby rozpowszechniania informacji są podane w dokumencie przywołanym wyżej oraz dokumencie pt.: „Powiatowy plan zarządzania kryzysowego” opracowanym przez Starostwo Powiatowe w Busku-Zdroju.

- Przesłać Raport do wszystkich zainteresowanych osób i instytucji z sugestią konieczności ogłoszenia stanu powodzi.
- Zawiadomić Komendanta Powiatowego Straży Pożarnej o konieczności zwiększenia częstości pobierania informacji z Platformy... i tworzenia stosownych raportów. Terminy przygotowywania kolejnych Raportów to godziny 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 2; 4; 6 (czasu UTC). Niezbędne jest ustalenie nazwisk operatorów LSOP i kolejności dyżurów.
- Podczas każdego kolejnego dyżuru należy powtórzyć opisane wyżej czynności.
- Stan powodzi odwołujemy (przechodząc do stanu alarmowego, ostrzegawczego, lub normalnego) jeśli ustąpiły wszystkie przyczyny wymienione w podanej wyżej definicji okresu powodzi.

7. Potrzeby w zakresie szkolenia operatorów LSOP (w tym staże w IMGW), służb antykryzysowych, edukacji mieszkańców terenów zagrożonych

Zawarty w pkt. 6 opis zadań operatora LSOP dobitnie świadczy o konieczności intensywnego szkolenia. Oprogramowanie Platformy... jest „przyjazne użytkownikowi” nie mniej sprawne wykonywanie wszystkich obowiązków wymaga wiedzy i doświadczenia. Wiedzę należy uzyskać poprzez staże w IMGW – PIB. Skuteczne wykorzystanie tej wiedzy w sytuacji operacyjnej wymaga treningu. Realne działania w okresie powodzi związane są ze stresem. Pokonanie stresu wymaga doświadczenia i nie można czekać na kolejną powódź aby doświadczenie uzyskać. Wypróbowanym przez wojsko sposobem uzyskiwania niezbędnego doświadczenia są **gry decyzyjne ze wspomaganie komputerowym**. Zorganizowanie takiej gry w sposób pozwalający realistycznie symulować sytuację zagrożenia wymaga wiedzy i wyobraźni. Proponuje się nawiązanie współpracy z wojskowymi specjalistami np. z Wojskowej Akademii Technicznej (WAT). Współautor niniejszego opracowania brał udział w grze decyzyjnej, której przedmiotem była powódź na Żuławach zorganizowane we współpracy organów antykryzysowych, IMGW i specjalistów z WAT. Było to bardzo pożyteczne i pouczające doświadczenie. Proponuje się nawiązanie do tego wydarzenia poprzez organizację gry decyzyjnej na obszarze powiatu Busko.

Specyficznym problemem jest edukacja społeczności zamieszkującej tereny zagrożone powodzią. Podejmowane w tym zakresie próby nie napawają optymizmem. Mieszkańcy terenu zagrożonego zazwyczaj nie godzą się na ewakuację obawiając się kradzieży. Prowadzi to do dramatycznych sytuacji w przypadku przewrania wału. Wszyscy pamiętają jak telewizja pokazywała ewakuację helikopterami ludzi chroniących się na dachach zalanych budynków. Przełamanie tych uprzedzeń, niestety nie bezzasadnych, wymaga długotrwałego procesu edukacyjnego. Być może objęcie edukacją młodzieży szkolnej doprowadzić może w perspektywie do racjonalnych zachowań społeczności zamieszkującej tereny zagrożone powodzią.

Zakończenie

Przedstawiona koncepcja systemu ostrzeżeń i prognoz dla powiatu Busko ma na celu ułatwienie zarządzania kryzysowego w warunkach zagrożenia powodziowego. Koncepcja jest spójna i kompleksowa. Obejmuje szereg zagadnień dotyczących zadań systemu ostrzeżeń i prognoz, zagrożeń powodziowych powiatu Busko, których główną przyczyną jest potencjalna awaria wałów w czasie dużego wezbrania. Działanie przedstawionego systemu wymaga korzystania z krajowego systemu monitoringu i prognoz stąd istnieje uzasadniona merytorycznie konieczność współpracy IMGW z LSOP powiatu Busko. Bardzo ważnym elementem systemu jest także potrzeba szkolenia w zakresie edukacji powodziowej nie tylko operatorów LSOP, służb antykryzysowych, ale również mieszkańców terenów zagrożonych co będzie skutkowało lepszymi efektami zarządzania kryzysowego poprzez minimalizację strat powodziowych.

Literatura

- [1] Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 października 2007 r. w sprawie Oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim (zwana potocznie Dyrektywą Powodziową – DP).
- [2] IMGW Kraków; OSIRIS: *Edukacja i informacja przeciwpowodziowa w gminach. Badania ankietowe gmin poszkodowanych w czasie powodzi w 1997 r.*, Projekt OSIRIS, raport wewnętrzny (maszynopis), 2001.
- [3] IMGW Kraków; OSIRIS: *DVDO05 Report – Prototype of Lokal-Level Decision-Making aid Tool (K2)* Projekt OSIRIS (maszynopis), 2002.
- [4] IMGW, Oddział Kraków: *Zdążyć przed powodzią. Przewodnik metodyczny na temat lokalnych systemów monitoringu i ostrzeżeń powodziowych*, 2005.
- [5] OSIRIS: *Internal Task A1 Report on the Analysis of flood risk management societal aspects*, Projekt OSIRIS (maszynopis), 2000.
- [6] Klemeš V. (1986b): *Dilettantism in Hydrology: Transition or Destiny?* *Wat. Resour. Res.*, Vol. 22, No. 9, pp. 177S - 178S.
- [7] Kochanek K., Strupczewski W.G., Bogdanowicz E., Feluch W., Markiewicz I.: „Application of a hybrid approach in nonstationary flood frequency analysis – a Polish perspective”, *International Conference “Advanced Methods for Flood Estimation in a Variable and Changing Environment”*. (Proceedings of the Mid-term COST Action ES0901 held at Volos, Greece, October 24th -26th, 2012).
- [8] Lambor J.: *Metody prognoz hydrologicznych*. Wyd. Kom. i Łącz. Warszawa, 1960.
- [9] Lorenz E.N.: *Deterministic non-periodic flow*. *J. Atmos. Sci* 20, 1963, 131–140.
- [10] SGSP, 2012: *RAPORT II z realizacji w okresie 01.10–15.12 2012 r. zadania: „Przeprowadzenie analizy istniejących i dostępnych procedur opracowywania prognoz zagrożenia i ochrony dla terenów i obiektów na wytypowanym obszarze Polski (w ramach zadania P1.1), w uzgodnieniu z pozostałymi uczestnikami konsorcjum”*. (wykonywanego w ramach produktu: „P2.1 Opracowanie metod i przygotowanie

- prognoz dla terenów wymagających szczegółowej ochrony na wytypowanym obszarze chronionym”). Umowa Nr 664/RF2/12 z dnia 18.06.2012.
- [11] Starostwo Powiatowe w Busku-Zdroju. „Powiatowy plan zarządzania kryzysowego”.
 - [12] Strupczewski W.G., Kochanek K., Feluch W.: On Nonstationary Flood Frequency Analysis. *IUGG 2007 Perugia*. Session HW3008 Changes to Hydrological Extremes and Water Quality, 2007.
 - [13] Urząd Powiatowy w Busku-Zdroju: *Katalogu zagrożeń powodziowych powiatu buskiego*, 2012.
 - [14] World Meteorological Organization: Manual on flood forecasting and warning, *WMO-No. 1072*, 2011 edition.
 - [15] Żelaziński J., 1999: Catastrophic flood in the Odra river basin: experience gained during and after the flood. *La Houille Blanche, Revue Internationale del Eau*. No 3/4 – 2000, s. 103–109.
 - [16] Żelaziński J.: Skutki ignorowania zasady maksymalnej niepewności w ochronie przeciwpowodziowej. W materiałach konferencji: *Cywilizacja i Żywioty*, Seria: Monografie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 2007.
 - [17] Żelaziński J., Mierkiewicz M.: Ensemble predictions in hydrology: necessity, preparation and using in water management decision processes. W materiałach sympozjum: *PREVISIONS HYDROMETEOROLOGIQUES* Lyon, 18-19 November 2008.