

Tomasz Bryndal

Powodzie błyskawiczne w małych zlewniach karpackich – wybrane aspekty zarządzania ryzykiem powodziowym

Streszczenie

Ryzyko powodziowe oznacza kombinację wystąpienia powodzi oraz jej negatywnych skutków. Ogół działań związanych z ograniczaniem skutków powodzi dla zdrowia ludzkiego, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej wchodzi w obręb tzw. zarządzania ryzykiem powodziowym. W artykule omówiono czynniki wpływające na poziom ryzyka powodziowego. Wykazano, że poziom ryzyka powodziowego, związanego z powodziami błyskawicznymi w małych zlewniach karpackich, można obniżyć przede wszystkim poprzez działania na rzecz ograniczenia tzw. ekspozycji oraz wrażliwości na powódź. Wykazano, że odpowiednio prowadzone działania planistyczne w obrębie zlewni, mogą przyczynić się do ograniczenia poziomu ryzyka powodziowego związanego z ekspozycją. W tym kontekście omówiono znaczenie map zagrożenia i ryzyka powodziowego. Zwrócono uwagę na konieczność prowadzenia tzw. edukacji powodziowej będącej u podstaw podejmowania skutecznych działań na rzecz ograniczenia wrażliwości na powódź.

Słowa kluczowe: Karpaty; mapa ryzyka powodziowego; powódź błyskawiczna; ryzyko powodziowe

Flash flood in small Carpathian catchments – selected aspects of flood risk management

Abstract

Flood risk is a combination of flooding and its negative consequents. Generally, activities aimed at reducing the negative consequences of flooding on human health, environment, cultural heritage and economic activity are related to flood risk management process. The article discusses the factors affecting the flood risk level. It was proved that lower flood risk level may be achieved by reducing the exposure and susceptibility to flooding. Spatial planning within the catchment is one of the most important methods allowing for reducing the exposure to flooding. In this context, the role of flood hazard and flood risk maps was discussed. It was emphasised that education related to floods is the key element for flood susceptibility mitigation.

Key words: the Carpathians; flood risk map; flash flood; flood risk

Wprowadzenie

Karpaty są regionem, w którym często występują gwałtowne wezbrania (Ostrowski i in. 2012). Przyczyniają się do tego uwarunkowania opadowe (Lorenc i in. 2012), jak również cechy terenu, które wpływają na parametry fizjograficzne zlewni i sprzyjają szybkiej transformacji opadu w odpływ (Bryndal 2008, 2011, 2014b).

Gwałtowne wezbrania formowane są najczęściej przez lokalne, krótkotrwałe i intensywne opady deszczu. Opady te występują zwykle na czole przemieszczającego się frontu chłodnego (Parczewski 1960) i obejmują obszar kilkudziesięciu km² (Starkel 2011). Powodują one gwałtowne wezbrania w zlewniach karpaccich, o powierzchni mniejszej od 35,2 km² (Bryndal 2008, 2014a, b). Wezbrania uformowane w wyniku tego typu opadów deszczu trwają kilka godzin (Gil 1998), a czas koncentracji nie przekracza trzech godzin (Bryndal i in. 2010a, b, c).

Gwałtowne wezbrania praktycznie zawsze powodują straty gospodarcze, czyli przekształcają się w powódź. Gwałtowny spływ powierzchniowy po stokach powoduje silną erozję gleb oraz zniszczenia w obrębie infrastruktury drogowej. Uformowana fala wezbraniowa przemieszcza się ze znaczną prędkością, stanowiąc zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi (Izmailów i in. 2004; Konieczny i in. 2012), a rozlewając się w obrębie dna doliny powoduje znaczne szkody gospodarcze. Ze względu na krótki czas trwania zjawiska oraz wysokie natężenie przepływu maksymalnego, gwałtowne wezbrania są często określane mianem powodzi błyskawicznych (ang. *flash flood*). Powodzie tego typu stanowią istotny problem dla lokalnych samorządów, które najczęściej samodzielnie muszą uporać się z likwidacją szkód powodziowych. Dla przykładu, straty po powodzi, jaka wystąpiła w źródłowej części zlewni Małoszówki (3 km²) w gminie Pałecznicza w 2000 r., stanowiły prawie 18% jej rocznego przychodu. Powódź w zlewni Wątoka 27 czerwca 2009 r. spowodowała straty, które w przeliczeniu na 1 km² powierzchni zlewni, sięgały prawie 100 tysięcy zł.

Powodzie błyskawiczne występują w różnych regionach Karpat prawie każdego roku (Bryndal i in. 2010a, b, c; Ostrowski i in. 2012). Prawdopodobnie, ze względu na ich lokalny charakter poświęca się im stosunkowo niewiele uwagi. Brak świadomości zagrożenia powodziami błyskawicznymi oraz przeświadczenie, że prawdopodobieństwo ich wystąpienia na danym obszarze jest stosunkowo niskie powoduje, że zaniedbuje się działania mające na celu ograniczenie ich negatywnych skutków.

Ogół działań mających na celu zmniejszenie negatywnych konsekwencji powodzi wchodzi w obręb tzw. zarządzania ryzykiem powodziowym. Ryzyko powodziowe oznacza zaś najczęściej kombinację prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi i związanych z nią potencjalnych negatywnych konsekwencji dla zdrowia i życia ludzkiego, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej (Dyrektywa 2007/60/WE). Jakie działania można podjąć, aby ograniczyć ryzyko powodziowe? W niniejszym artykule omówiono działania oraz wybrane metody, które, zdaniem autora, pozwalają najskuteczniej zarządzać ryzykiem powodziowym, związanym z występowaniem powodzi błyskawicznych w małych zlewniach karpaccich. Dokonano tego w oparciu o badania popowodziowe prowadzone przez autora (Bryndal 2003; Bryndal i in. 2010a, b, c), analizę literatury przedmiotu oraz dokumentacji, w oparciu o którą prowadzona jest obecnie ochrona przed powodziami.

Ryzyko powodziowe – zagrożenia ogólne

W ostatnich latach można zaobserwować zmianę w podejściu do ochrony przed powodzią. Stopniowo odchodzi się od obowiązującej przez lata mało efektywnej filozofii „ochrony przed powodzią” na rzecz filozofii „ograniczenia ryzyka powodziowego” (Konieczny i in. 2012; Merz i in. 2012) i zarządzania nim. Znalazło to swoje odzwierciedlenie w ustawodawstwie na poziomie europejskim (Dyrektywa 2007/60/WE) oraz krajowym (Ustawa Prawo Wodne... 2001; Ustawa o planowaniu... 2001).

Doświadczenia związane z prowadzeniem ochrony powodziowej wykazały, że całkowita ochrona przed powodzią jest niemożliwa i należy ją prowadzić z uwzględnieniem rachunku ekonomicznego. Należy podejmować decyzje, które pozwolą zminimalizować wielkość strat powodziowych, czyli ograniczyć ryzyko powodziowe. Poziom ryzyka powodziowego jest uwarunkowany wpływem czynników związanych z: zagrożeniem (ang. *hazard*), ekspozycją (ang. *exposure*) i wrażliwością na powódź (ang. *vulnerability*) (Kron 2002; Konieczny i in. 2012). Zagrożenie powodziowe jest najczęściej postrzegane przez pryzmat wielkości kulminacji wezbrania. Wezbrania o większej kulminacji są postrzegane jako bardziej niebezpieczne, powodujące wzrost poziomu ryzyka powodziowego. Uważa się, że metodą pozwalającą na ograniczenie poziomu ryzyka powodziowego jest podejmowanie działań na rzecz zwiększenia retencyjności zlewni (Gutry-Korycka i in. 2003; Konieczny i in. 2012). Ekspozycja na powódź jest związana z działalnością człowieka oraz cechami środowiska naturalnego w strefie zagrożonej zalaniem podczas wezbrania. Podstawową metodą ograniczającą ekspozycję na powódź są odpowiednio prowadzone działania planistyczne w zlewni, zwłaszcza w obrębie dna doliny. Trzeci czynnik ryzyka powodziowego, czyli wrażliwość na powódź, określa w jakim stopniu ludzie i obiekty są przygotowani do powodzi i zdolni do odbudowy po powodzi. Ryzyko powodziowe, związane z wrażliwością można ograniczyć poprzez: zabezpieczenia budynków narażonych na zalanie, budowę systemów ostrzegania przed powodzią oraz reagowania na powódź, szeroko pojętą edukację powodziową oraz systemy ubezpieczeń powodziowych (Monz, Grunfest 2002; Konieczny i in. 2012; Merz i in. 2012).

Zarządzanie ryzykiem powodziowym w małych zlewniach karpackich

Powodzie błyskawiczne są zjawiskiem głównie lokalnym. Analiza rozmiarów 85 zlewni karpackich, w których wystąpiły tego typu zjawiska wykazała, że dziewięćdziesiąt procent zlewni miało powierzchnię z przedziału 3,6–25,9 km², przy średniej równiej 10,2 km² (Bryndal 2014a, b). Warto podkreślić, że specyfika tego typu wezbrań, przejawiająca się w gwałtownym przebiegu zjawiska, które występuje w zlewni o bardzo małych rozmiarach powoduje, że metody pozwalające na ograniczenie poziomu ryzyka powodziowego są dosyć ograniczone. Poniżej omówiono te z nich, które, według autora, w największym stopniu pozwalają obniżyć poziom ryzyka powodziowego, związanego z występowaniem powodzi błyskawicznych w małych zlewniach karpackich.

Ograniczenie zagrożenia

Powszechnie uważa się, że działania mające na celu wzrost retencyjności zlewni przyczyniają się do obniżenia kulminacji wezbrania, a tym samym do ograniczenia poziomu zagrożenia powodziowego. Retencyjność zlewni można zwiększyć przy pomocy metod technicznych (zabudowa hydrotechniczna) oraz metod wspomagających wzrost tzw. naturalnej retencyjności zlewni (retencja obszarów leśnych, dolinnych, rolnych, zabudowanych). Ich charakterystykę czytelnik może odnaleźć w bogatej literaturze przedmiotu (m.in. Łoś 1994; Ryszkowski i Kędziora 1996; Gutry-Korycka i in. 2003; Ciupa 2009; Konieczny i in. 2012; Mioduszeński i in. 2012). Tutaj ograniczono się do przedstawienia konkluzji wynikających z analizy wpływu tych metod na obniżenie poziomu ryzyka powodziowego w odniesieniu do powodzi błyskawicznych.

Zwiększenie retencyjności zlewni poprzez stosowanie metod technicznych w postaci zabudowy hydrotechnicznej jest rozwiązaniem drogim i często mało skutecznym. Zbiorniki retencyjne czy też suche zbiorniki przeciwpowodziowe, budowane na małych ciekach tylko nieznacznie pozwalają zredukować falę wezbraniową. Po pierwsze zamykają one zbyt mały fragment zlewni, aby skutecznie zmniejszyć falę powodziową. Po drugie, zbiorniki takie są szybko wypełniane osadami. Ogranicza to ich sprawność operacyjną oraz wpływa na wysokie koszty utrzymania ich w tzw. gotowości (Beuselinc i in. 2000). Działania na rzecz odbudowy lub zwiększenia naturalnej retencyjności zlewni tylko w niewielkim stopniu mogą przyczynić się do złagodzenia kulminacji fali wezbraniowej. Potwierdzają to liczne badania nad mechanizmami formowania odpływu podczas krótkotrwałych i intensywnych opadów deszczu, prowadzone w karpaccich zlewniach eksperymentalnych lub na poletkach doświadczalnych (Figuła 1956; Słupik 1972, 1973, 1981; Froehlich, Słupik 1986; Gil 1998; Homa 1994).

Możliwości redukcji fali wezbraniowej, a tym samym ograniczenie poziomu ryzyka powodziowego podczas powodzi błyskawicznych w małych zlewniach karpaccich są niezbyt duże. Co więcej, ocena możliwości transformacji opadu w odpływ oraz analiza cech fizjograficznych zlewni, w których wystąpiły powodzie błyskawiczne wskazuje, że są one predysponowane na formowanie gwałtownych wezbrań (Bryndal 2008 2011, 2014b). Większą uwagę należy zatem poświęcić działaniom oraz metodom pozwalającym obniżyć poziom ryzyka powodziowego poprzez ograniczenie ekspozycji i wrażliwości na powódź.

Ograniczenie ekspozycji na powódź

Stefan Ziemnicki po powodzi w Piaskach Szlacheckich w 1956 r. (Ziemnicki 1956) sformułował wniosek, że w małych zlewniach najskuteczniejszą metodą ochrony przed negatywnymi skutkami powodzi błyskawicznych jest przestrzeganie zasady „odsunięcia ludzi od wody”. Podstawową metodą ograniczającą ekspozycję na powódź jest odpowiednio prowadzone planowanie przestrzenne w obrębie zlewni, ze szczególnym uwzględnieniem obszarów położonych w obrębie dna doliny. Ponieważ planowanie przestrzenne musi uwzględniać odpowiednie zapisy ustawowe warto przeanalizować, czy i w jakim stopniu obecnie istniejące uregulowania

prawne pozwalają zmniejszyć poziom ryzyka powodziowego poprzez działania na rzecz ograniczenia ekspozycji. Powodzie błyskawiczne występują w małych zlewniach, dlatego największy wpływ na ograniczenie ekspozycji mają władze lokalne, te zaś w opracowywanych dokumentach planistycznych muszą uwzględniać aspekty związane z zagrożeniem powodziowym. Obowiązek ten nakłada na nie Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Ustawa o planowaniu... 2003) oraz Ustawa Prawo Wodne (Ustawa Prawo Wodne 2001). Zgodnie z ustawą o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, zarówno w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy (art. 10, ust. 2, pkt 11), jak również w planie miejscowym zagospodarowania przestrzennego (art. 15, ust. 2, pkt 7) należy uwzględnić obszary szczególnego zagrożenia powodzią. Obszary te zostały przedstawione na mapach zagrożenia i ryzyka powodziowego (art. 88d i 88e, Ustawy Prawo Wodne; Rozporządzenie Ministrów... 2013). W jakim stopniu mapy te mogą przyczynić się do ograniczenia poziomu ryzyka powodziowego? Analiza opracowanych już map ryzyka i zagrożenia powodziowego, planów zagospodarowania przestrzennego gmin, jak również doświadczenia zebrane podczas prowadzonych badań popowodziowych skłaniają do wniosku, że wykorzystanie tych map tylko częściowo może przyczynić się do obniżenia poziomu ryzyka powodziowego związane go z powodziami błyskawicznymi w małych zlewniach karpackich. Składają się na to dwa elementy.

Pierwszy związany jest ze stopniem pokrycia obszaru Karpat mapami zagrożenia i ryzyka powodziowego. Mapy te zostały opracowane dla „obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi”, wydzielonych podczas prac związanych z tzw. Wstępną oceną ryzyka powodziowego – WORP (Raport... 2011). Zgodnie z metodą (Raport... 2011) obszary narażone na niebezpieczeństwo powodzi zostały wydzielone z „obszarów potencjalnie zagrożonych występowaniem powodzi”; te zaś, zostały zlokalizowane i zidentyfikowane głównie na podstawie:

- 1) studiów ochrony przeciwpowodziowej oraz innych dokumentów zawierających mapy zalewów,
- 2) informacji o powodziach historycznych i wyników ankiet przeprowadzonych w gminach,
- 3) analizy geomorfologicznej,
- 4) analizy wpływu urządzeń wodnych na bezpieczeństwo powodziowe (Raport... 2011).

Wydaje się, że podejście zastosowane podczas przeprowadzania WORP dało bardzo dobre efekty w odniesieniu do tzw. znaczących powodzi, które wystąpiły w większych zlewniach, w wyniku opadów rozlewnych lub kilkugodzinnych opadów ulewnych. Analizując dokumentację WORP można zauważyć, że w Załączniku II, w którym zestawiono dane dotyczące znaczących powodzi historycznych i powodzi prawdopodobnych (ponad 4900 przypadków); tzw. powodzi błyskawicznych (symbol A31), wyróżniono zaledwie 10 (Raport... 2011). Najprawdopodobniej lokalny charakter oraz nieliczne informacje o tzw. powodziach błyskawicznych spowodowały, że w pierwszym etapie prowadzenia WORP powodzie błyskawiczne zostały uwzględnione tylko w niewielkim stopniu. W rezultacie, obecnie, mapy ryzyka i zagrożenia powodziowego zostały przygotowane dla głównych rzek karpackich oraz ich większych dopływów (Raport... 2011). Spora część małych zlewni, a w tych

występują najczęściej powodzie błyskawiczne, nie ma przygotowanych wyżej wymienionych map.

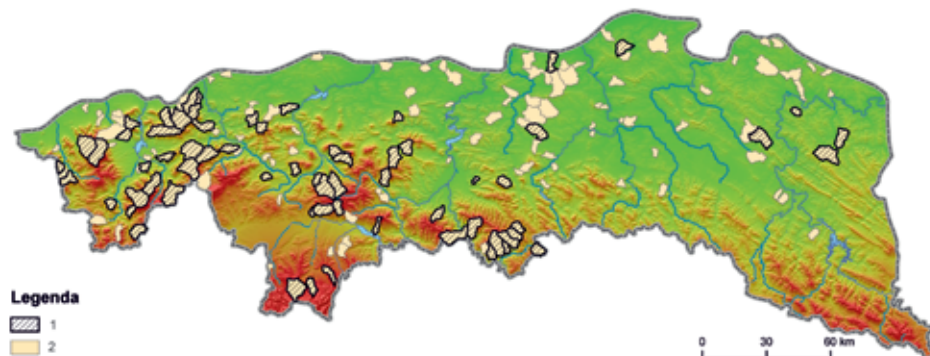
Drugi element dotyczy zasięgu obszarów zagrożonych powodzią. Mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego zostały przygotowane dla trzech scenariuszy powodzi. Znaczony jest zasięg stref zagrożenia powodzią odpowiadający przepływowi tzw. wody pięćsetletniej ($Q_{\max 0,2\%}$), stuletniej ($Q_{\max 1\%}$) i dziesięcioletniej ($Q_{\max 10\%}$). W lokalnych dokumentach planistycznych uwzględnia się obszary znajdujące się w zasięgu tzw. wody stuletniej i na tych terenach (art. 88l ust. 1, Ustawy Prawo Wodne) zabrania się wykonywania robót oraz czynności utrudniających ochronę przed powodzią lub zwiększających zagrożenie powodziowe. Warto jednak podkreślić, że w małych zlewniach podczas gwałtownych wezbrań stosunkowo często występują przepływy maksymalne wyższe od tzw. wody tysiącletniej (Cygan i in. 1997; Niedbała, Soja 1998; Bryndal i in. 2010a, b, c). Uwzględnienie w dokumentach planistycznych strefy wody 1% pozwala ograniczyć straty związane z małej i średniej wielkości powodziami i tylko nieznacznie przyczynia się do zmniejszenia poziomu ryzyka związanego z występowaniem powodzi błyskawicznych.

Jakie zatem można zaproponować rozwiązania, aby ograniczyć ekspozycję na powódź a przez to obniżyć poziom ryzyka powodziowego? Wydaje się, że wiele zależy od świadomości zagrożenia powodziami błyskawicznymi, jaką mają mieszkańcy oraz władze lokalne.

Ponieważ wiele małych zlewni nie posiada map zagrożenia i ryzyka powodziowego lokalne władze muszą same podjąć decyzje związane ze sposobem zagospodarowania obszarów położonych w dnie małych zlewni. Jeżeli w danej zlewni odnotowano wcześniej przypadki powodzi błyskawicznych, a nie określono w niej obszarów narażonych na niebezpieczeństwo powodzi (brak map), to lokalne władze mogą się zwrócić do właściwego dyrektora regionalnego zarządu gospodarki wodnej o opinię na temat zagrożenia powodziowego. Ten zaś (art. 88m, Ustawy Prawo Wodne) dla tych obszarów może wprowadzić odpowiednie ustalenia służące ochronie przed powodzią na drodze aktu prawa miejscowego. Do oceny poziomu zagrożenia powodziowego można również wykorzystać opracowanie T. Bryndala (2014b), w którym na podstawie analizy możliwości transformacji opadu w odpływ przeprowadzono identyfikację małych zlewni karpackich bardziej podatnych na formowanie gwałtownych wezbrań, a następnie w zlewniach tych dokonano oceny poziomu zagrożenia powodziowego (Bryndal 2014b). Przestrzenne rozmieszczenie tych zlewni zaprezentowano na ryc. 1.

Podejmowane przez lokalne władze decyzje nie zawsze muszą oznaczać wyłączenie obszarów spod zabudowy, co wiązałoby się z koniecznością wypłacenia odszkodowań za utratę wartości gruntu. Pewnym rozwiązaniem może być opracowanie zaleceń pozwalających obniżyć ekspozycję na powódź. Przeprowadzone badania popowodziowe wskazały, że poziom wody, jaki występował w dnie doliny rzadko przekraczał 1 m. Można sformułować zalecenia, w myśl których nie dopuszcza się np. budowy domów z podpiwniczeniem lub wskazuje się konieczność wyniesienia poziomu mieszkalnego na określoną wysokość. Warto dodać, że praktyki takie są często stosowane przez mieszkańców w zlewniach, w których wystąpiły w przeszłości powodzie błyskawiczne (np. zlewnia Wątoku). Nowe domy są wyniesione ok. 1–1,5 m powyżej powierzchni terenu, są pozbawione podpiwniczenia. W takich przypadkach, straty powodziowe będą zdecydowanie niższe. W zlewniach, w których istnieją

opracowane mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego, do sformułowania tych zaleceń można wykorzystać informacje o rzędnych tzw. wody pięćsetletniej.



Ryc. 1. Rozmieszczenie zlewni podatnych na formowanie gwałtownych wezbrań, w których zdiagnozowano znaczący i średni poziom ryzyka powodziowego. Objasnienia: 1 – zlewnie, dla których opracowano dotychczas dokumentację ochrony przeciwpowodziowej, 2 – zlewnie podatne na formowanie gwałtownych wezbrań

Źródło: Na podstawie Bryndał 2014b.

Ograniczenie wrażliwości na powódź

Ograniczenie wrażliwości dotyczy działań związanych z przygotowaniem mieszkańców do powodzi. Szczególnie ważna jest szeroko pojęta edukacja powodziowa, prowadzona zarówno wśród tzw. decydentów, jak również wśród mieszkańców. Powinna być ona nastawiona na uświadamianie zagrożenia związanego z powodziami błyskawicznymi oraz sposobów przygotowania na powódź i reagowania na nią (Konieczny i in. 2012).

Prowadzone przez autora badania pozwalają na sformułowanie wniosku, że mieszkańcy małych zlewni generalnie nie mają świadomości zagrożenia powodziowego. Powódź kojarzy im się najczęściej z dużymi rzekami karpackimi. Ma to swoje dalsze konsekwencje. Rzadko podejmuje się działania związane z przygotowaniem na powódź, jak np. zabezpieczanie budynków przed zalaniem, czy też wykup dodatkowego ubezpieczenia na wypadek powodzi. Mieszkańcy dotknięci powodzią najczęściej nie wiedzą w jaki sposób zachować się podczas zdarzenia (np. jak zabezpieczyć swój dobytek, gdzie się ewakuować), co w rezultacie potęguje straty powodziowe. Wydaje się, że to właśnie lokalne władze powinny podjąć szerokie działania związane z edukacją powodzią. Działania informacyjne i edukacyjne powinny być odpowiednio ukierunkowane do określonych grup odbiorców np. mieszkańców zagrożonych powodzią, pozostałej społeczności lokalnej, instytucji odpowiedzialnych za prewencję i reagowanie w czasie zagrożenia (najczęściej OSP) oraz instytucji mogących realizować w praktyce edukację powodziową np. szkoły (Konieczny i in. 2012).

Do obniżenia poziomu ryzyka powodziowego w pewnym stopniu może również przyczynić się budowa lokalnych systemów ostrzegania przed powodziami.

Coraz niższe koszty budowy tego typu systemów powodują, że są one coraz szerzej wykorzystywane w zarządzaniu ryzykiem powodziowym. Systemy te sygnalizują niebezpieczeństwo powodzi po przekroczeniu ustalonego stanu wody w cieku, czy też określonej sumy opadu. W Karpatach system taki funkcjonuje w powiatach: ropczycko-sędziszowskim, jasielskim, mieleckim i dębickim. Został on utworzony staraniem władz powiatu ropczycko-sędziszowskiego w 2007 roku, a rozbudowany w 2010 r. Stan wody w cieku monitorowany jest przy pomocy echosond, zamontowanych na mostach. Po przekroczeniu poziomu wody, określonego jako ostrzegawczy lub alarmowy, do operatorów systemu wysyłany jest komunikat SMS. Dostęp do tych danych jest również realizowany z poziomu strony internetowej (<http://www.wisloka.prospect.pl/>). Lokalny system osłony powodziowej funkcjonuje również w gminie Brzesko, przy czym system ten oprócz stanów wody wykorzystuje informacje o opadach deszczu (Konieczny i in. 2012).

Obecnie działający w Polsce system ochrony przed groźnymi zjawiskami hydrologicznymi i meteorologicznymi należy do jednych z najlepszych na świecie (Ceran i in. 2008; Tuszyńska 2010), jednakże wydawane obecnie komunikaty o zagrożeniach są generowane głównie na poziomie województw. W przypadku powodzi błyskawicznych jest to informacja zbyt ogólna. Lokalne systemy ostrzegania przed powodzią pozwalają na szybszą reakcję służb kryzysowych, co w przypadku tego typu powodzi jest bardzo ważne.

Podsumowanie

Niewielkie rozmiary zlewni powodziowej, charakter opadów powodujących wezbrania oraz mechanizmy formowania fali powodziowej powodują, że zarządzanie ryzykiem powodziowym jest procesem dosyć trudnym. W procesie tym wiele zależy od świadomości związanej z zagrożeniem powodzią błyskawicznymi. Zarządzanie ryzykiem powodziowym musi być przemyślanym zbiorem działań, prowadzonych przy zastosowaniu odpowiednio dobranych metod. Muszą się one koncentrować przede wszystkim na ograniczeniu ekspozycji oraz wrażliwości na powódź.

Ograniczenie ekspozycji wymaga przemyślanych działań prowadzonych przy założeniu, że każda mała zlewnia może być miejscem wystąpienia powodzi błyskawicznej.

Opracowane dla obszaru Karpat mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego pozwalają tylko częściowo ograniczyć ekspozycję i w ten sposób obniżyć poziom ryzyka powodziowego związanego z powodzią błyskawicznymi. W wielu małych zlewniach brakuje tego typu map. W kolejnych aktualizacjach, a te mają być prowadzone co sześć lat, mapy zagrożenia i ryzyka powodziowego powinny być opracowywane dla coraz mniejszych zlewni. Zlewnie, które są predysponowane na formowanie gwałtownych wezbrań i w których zdiagnozowano znaczący poziom zagrożenia powodziowego (Bryndal 2014b), powinny być objęte przygotowaniem takiej dokumentacji w pierwszej kolejności.

Zgodnie z art. 88d, ust. 1, pkt. 1 Ustawy Prawo Wodne, na mapach zagrożenia powodziowego można zaznaczyć obszar, na którym istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia ekstremalnego. Strefa taka powinna być wyznaczana przede wszystkim w małych zlewniach. W jej wyznaczeniu można nawiązać do koncepcji

maksymalnego wiarygodnego wezbrania (Ozga-Zielińska i in. 2003) lub posłużyć się wzorami określającymi przebieg tzw. krzywych obwiedni dla maksimów przepływu i odpływu jednostkowego, jakie mogą wystąpić w małych zlewniach karpackich podczas powodzi błyskawicznych (Bartnik, Jokiel 2012; Bryndał 2014a).

W dokumentach planistycznych należy w większym zakresie uwzględnić informacje o rzędnych wód o prawdopodobieństwie przekroczenia 0,2% celem formułowania zaleceń pozwalających obniżyć ekspozycje na powódź.

W obniżeniu ryzyka powodziowego istotne są również działania związane z szeroko pojętą edukacją powodziową, ukierunkowane na wzrost świadomości związanej z powodziami błyskawicznymi, przygotowaniem na powódź oraz sposobami postępowania podczas powodzi. Inicjatorami tych działań powinny być władze lokalne.

Istotnym atutem jest fakt, że najczęściej władze lokalne są podmiotem, który poprzez odpowiednie planowanie przestrzenne, edukację powodziową, budowę lokalnych systemów ostrzegania i reagowania na powódź mogą oddziaływać na poziom ryzyka powodziowego i nim zarządzać.

Literatura/References

- Bartnik, A., Jokiel P. (2012). Geografia wezbrań i powodzi. Łódź: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Łódzkiego.
- Beuselinck, L., Steegen, A., Govers, G., Nachtergaele, J., Takken, I., Poesen, J. (2000). Characteristics of sediment deposits formed by intense rainfall events in small catchments in the Belgian Loam Belt. *Geomorphology* 32, 69–82.
- Bryndał, T. (2003). Wylesione zlewnie w Gromniku (Pogórze Rożnowskie), jako przykłady zlewni generujących lokalną powódź. W: J. Lach (red.), *Dynamika zmian środowiska geograficznego pod wpływem antropopresji*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe UP, 15–24.
- Bryndał, T. (2008). Parametry zlewni, w których wystąpiły lokalne powodzie. *Annales UMCS*, sec. B, 63, 177–200.
- Bryndał, T. (2011). Identyfikacja małych zlewni podatnych na formowanie gwałtownych wezbrań na przykładzie Pogórza Dynowskiego, Strzyżowskiego i Przemyskiego. *Przegląd Geograficzny*, 83, 1, 5–26.
- Bryndał, T. (2014a). Parametry hydrologiczne gwałtownych wezbrań opadowo-nawałnych w małych zlewniach, w polskiej, słowackiej i rumuńskiej części Karpat. *Przegląd Geograficzny*, 86, 1, 5–21.
- Bryndał, T. (2014b). Identyfikacja małych zlewni podatnych na formowanie gwałtownych wezbrań w Karpatach Polskich (Identification of small catchments prone to flash flood generation in the Polish Carpathians). Kraków: Wydawnictwo Naukowe UP.
- Bryndał, T., Cabaj, W., Suligowski, R. (2010a). Gwałtowne wezbrania potoków Kisielina i Niedźwiedz w czerwcu 2009 r. (Pogórze Wiśnickie). W: M. Barwiński (red.), *Obszary metropolitarne we współczesnym środowisku geograficznym*. Łódź: Wydział Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego, 337–348.
- Bryndał T., Cabaj, W., Suligowski, R. (2010b). Hydrometeorologiczna interpretacja gwałtownych wezbrań małych cieków w źródłowej części Wielopolki w dniu 25 czerwca 2009 roku. W: A. Magnuszewski (red.), *Hydrologia w ochronie i kształtowaniu środowiska*. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 69, 81–91.

- Bryndal, T., Cabaj W., Gębica P., Krocak, R. (2010c). Gwałtowne wezbrania spowodowane nawalnymi opadami deszczu w zlewni potoku Wątok (Pogórze Ciężkowickie). W: T. Ciupa, R. Suligowski (red.), *Woda w badaniach geograficznych*. Kielce: Instytut Geografii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, 307–319.
- Ciupa, T. (2009). Wpływ zagospodarowania terenu na odpływ i transport fluwialny w małych zlewniach na przykładzie Sufragańca i Silnicy. Kielce: Wydawnictwo Uniwersytetu Jana Kochanowskiego.
- Ceran, M., Markiewicz, M., Ozga-Zieliński, B., Sasim, M., (2008). Ilościowe prognozy meteorologiczne i hydrologiczne jako podstawa do oceny stanu zagrożenia ekstremalnymi zjawiskami hydrologicznymi. W: M. Maciejewski, S. Ostojki (red.), *Ekstrema pogodowe w Polsce*. Warszawa: IMGW, 67–81.
- Cygan, M., Czulak, J., Niedbała, J., Niedbała, J. (1997). Przeptywy kulminacyjne i wielkość odpływu fali powodziowej w dorzeczu górnej Nidzicy w dniach 15/16 września 1995 roku. Warszawa: Dokumentacja Geograficzna IGiPZ PAN, 8, 43–53.
- Dyrektiva Parlamentu Europejskiego i Rady 2007/60.WE z dnia 23 października 2007 r. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L. 228, Bruksela, 27–34.
- Figuła, K. (1966). Badania nad gospodarką wodną zlewni górskich zalesionych i nie zalesionych, cz. II Kształtowanie się odpływów w zlewniach potoków Biała Woda i Czarna Woda. *Rocznik Nauk Rolniczych*, 118–D, 51–87.
- Froehlich, W., Słupik, J. (1986). Rola dróg w kształtowaniu spływu i erozji, w karpaccich zlewniach fliszowych. *Przegląd Geograficzny*, LVIII, (1–4), 67–85.
- Gil, E. (1998). Spływ wody i procesy geomorfologiczne w zlewniach fliszowych podczas gwałtownej ulewy w Szymbarku w dniu 7 czerwca 1985 roku. Dokumentacja Geograficzna, 11, 85–107.
- Gutry-Korycka, M., Nowicka, B., Soczyńska, U. (red.). (2003). Rola retencji zlewni w kształtowaniu wezbrań opadowych. Warszawa: Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego.
- Homa, A., Osuch, B. (1994). Rozpoznawcze badania retencyjności ściółki leśnej. *Czasopismo Techniczne*, 4–B, 20–35.
- Izmałow, B., Kamykowska, M., Krzemień, K. (2004). Geomorfologiczna rola katastrofalnych wezbrań w transformacji górskiego systemu korytowego na przykładzie Wilszni (Beskid Niski). W: B. Izmałow (red.), *Przyroda – Człowiek – Bóg*. Kraków: Wydawnictwo Naukowe UJ, 69–81.
- Konieczny, R., Siudak, M., Bogdańska-Warmuz, M., Madej, P., Walczykiewicz, T. (2012). Opracowanie systemu zapobiegania i sposoby ograniczenia skutków powodzi oraz zasad funkcjonowania systemu ostrzeżeń. W: H. Lorenc (red.), *Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo*. Tom 3, *Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju*. Warszawa: Wydawnictwo IMGW-PIB, 281–303.
- Kron, W. (2002) Flood risk, hazard, exposure, vulnerability. W: B. Wu, Z.Y. Wang, G. Wang, G.G.H Huang, H. Fang, J. Huang (red.), *Flood defense*. New York: Science Press, 33–72.
- Kron, W. (2012). Changing flood risk – a re-insurance’s viewpoint. W: Z.W. Kundzewicz (red.), *Changes in flood risk in Europe*. Wallingford, Oxfordshire: SCS Press, IAHS Special Publication 10, 459–477.
- Lorenc, H., Cebulak, E., Głowicki, B., Kowalewski, M. (2012). Struktura i występowanie intensywnych opadów deszczu powodujących zagrożenie dla społeczeństwa, środowiska i gospodarki Polski. W: H. Lorenc (red.), *Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo*. Tom 3, *Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju*. Warszawa: Wydawnictwo IMGW-PIB, 7–32.

- Łoś, J.A. (1994). Roślinność w inżynierii wodnej, możliwości i trudności w zastosowaniu. *Gospodarka Wodna*, 6, 134–140.
- Merz, B., Kundzewicz, Z.W., Delgado, J., Huncheda, Y., Kreibich, H. (2012). Detection and attribution of changes in flood hazard and risk. W: Z.W. Kundzewicz (red.), *Changes in flood risk in Europe*. Wallingford, Oxfordshire: SCS Press, IAHS Special Publication 10, 435–458.
- Mioduszewski, W., Kowalewski, Z., Kubrak, E., Kaczmarczyk, M. (2012). Hydrauliczna ocena oddziaływania polderów na wezbrania powodziowe na przykładzie Wisły środkowej. *Gospodarka Wodna*, 9, 375–381.
- Montz, B.E., Grunfest, E. (2002). Flash flood mitigation: recommendations for research and applications. *Natural Hazard*, 4, 15–22.
- Niedbała, A., Soja, R. (1998). Odpływ z opadu nawalnego w dniu 18 maja 1996 roku w Sułozowej. Dokumentacja Geograficzna IGIPZ PAN, 11, 31–38.
- Ostrowski, J., Czarnecka, H., Glowacka, B., Krupa-Marchlewska, J., Zaniewska, M., Sasim, M., Moskwicki, T., Dobrowolski, A. (2012). Nagłe powodzie lokalne (flash flood) w Polsce i skala ich zagrożeń, W: H. Lorenc (red.), *Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo*. Tom 3, *Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju*. Warszawa: Wydawnictwo IMGW-PIB, 123–149.
- Ozga-Zielińska, M., Kupczyk, E., Ozga-Zieliński, B., Suligowski, R., Niedbała, J., Brzeziński, J. (2003). Powodziogenność rzek pod kątem bezpieczeństwa budowli hydrotechnicznych i zagrożenia powodziowego. *Materiały Badawcze IMGW, Hydrologia i Oceanologia*, 29.
- Parczewski, W. (1960). Warunki występowania nagłych wezbrań na małych ciekach. *Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej*, 8, (3), 1–159.
- Raport z wykonania wstępnej oceny ryzyka powodziowego, (2011). Pozyskano z: <http://www.kzgw.gov.pl/pl/Wstepna-ocena-ryzyka-powodziowego.html>, dostęp 2014–13–01.
- Rozporządzenia Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego (Dz.U. z 2013 r. poz. 104).
- Ryszkowski, I., Kędziora, A. (1996). Mała retencja wodna w krajobrazie rolniczym. *Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu*, 289, 217–225.
- Słupik, J. (1972). Spływ powierzchniowy na stokach górskich Karpat fliszowych. *Gospodarka Wodna*, 8, 290–294.
- Słupik, J. (1973). Zróżnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich. Dokumentacja Geograficzna, 2, 1–117.
- Słupik, J. (1981). Rola stoku w kształtowaniu odpływu w Karpatach fliszowych. *Prace Geograficzne IGIPZ PAN*, 142, 1–99.
- Starkel, L. (2011). Złożoność czasowa i przestrzenna opadów ekstremalnych – ich efekty geomorfologiczne i drogi przeciwdziałania im. *Landform Analysis*, 15, 65–80.
- Tuszyńska, I. (2010). Możliwości wykorzystania teledetekcji radarowej do badań zdarzeń ekstremalnych. W: M. Maciejewski, S. Ostojki (red.), *Ryzyko w problemach zagrożenia środowiska*. Warszawa: IMGW, 225–238.
- Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym z dnia 27 marca 2003 r. (Dz.U. z 2003 r. Nr 80 poz. 717) z późniejszymi zmianami (Dz.U. z 2012 r. poz. 647, 951, 1445). Pozyskano z: <http://isap.sejm.gov.pl/Download?id=WDU20030800717&type=3>, dostęp 2014–10–03.

Ustawa Prawo Wodne z dnia z dnia 18 lipca 2001 r. (Dz.U. z 2001 Nr 115 poz. 1229) z późniejszymi zmianami (Dz.U. z 2012 r. poz. 145, 951, 1513; Dz.U z 2013 r. poz. 21, 165). Poyzyskano z: <http://isap.sejm.gov.pl/Download?id=WDU20011151229&type=3>, dostęp 2014-10-03.

Ziemnicki, S. (1956). Skutki deszczu nawalnego we wsi Piaski Szlacheckie pod Krasnymstawem. *Gospodarka Wodna*, 11, 476-480.

Notka biograficzna o autorze: Geograf, adiunkt w Zakładzie Geografii Fizycznej Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Zainteresowania badawcze związane z określeniem naturalnych i antropogenicznych uwarunkowań występowania powodzi błyskawicznych w Polsce, modelowaniem hydrologicznym fal wezbraniowych w małych zlewniach, analizą parametrów fizjograficznych zlewni powodziowych, oceną podatności zlewni na formowanie gwałtownych wezbrań, identyfikacją zlewni podatnych na formowanie gwałtownych wezbrań, oceną ryzyka powodziowego, metodami ograniczenia skutków powodzi błyskawicznych w małych zlewniach.

Biographical note of author: Geographer, assistant professor in the Department of Physical Geography at the Pedagogical University in Cracow. His research interests are related to: determination of natural and anthropogenic conditions of flash flooding in Poland; hydrological modeling of flash flood waves in small catchments; analysis of physiographic parameters of catchment affected by flash flooding; evaluation of a catchment's predisposition towards flash flood generation; identification of catchments more prone to flash flood formation; evaluation of flood risk level; methodology of flash flood hazard mitigation in small catchments.

Tomasz Bryndal, dr
Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie
Instytut Geografii
Zakład Geografii Fizycznej
ul. Podchorążych 2
30-084 Kraków
tbryndal@ap.krakow.pl

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009-2014 jako projekt badawczy.