

Rozdział 3

Waldemar Mioduszeowski

Zjawiska ekstremalne w przyrodzie – susze i powodzie

Wprowadzenie

Zasoby wodne, kształtowane głównie przez opady atmosferyczne i ewapotranspirację, charakteryzuje duża zmienność w przestrzeni i czasie. W naszych warunkach klimatycznych największe przepływy w ciekach (największe zasoby wód powierzchniowych) występują wiosną, natomiast najmniejsze jesienią i zimą. Stosunek maksymalnego do minimalnego średniego miesięcznego odpływu na terenie kraju wynosi 2,6. W przypadku niektórych rzek stosunek ten jest znacznie większy i może być dwucyfrowy, np. dla potoków górskich i małych cieków nizinnych [Kłęski... 1993; DYNOWSKA 1993], a dla przepływów chwilowych, np. dla Wisłoki stosunek minimalnego do maksymalnego przepływu wynosi 1:1000. Duża zmienność opadów atmosferycznych i przepływów w ciekach powoduje, że występują okresy szkodliwego niedoboru wody, a jednocześnie na tych samych obszarach zdarzają się wezbrania, powodujące znaczne szkody powodziowe w dolinach rzek.

Lata 70. i 80. ubiegłego stulecia należały do lat stosunkowo suchych. Na terenie prawie całego kraju obserwowano obniżenie poziomu wód podziemnych i zmniejszenie przepływów w rzekach, co spowodowało, że w niektórych regionach wystąpił dotkliwy brak wody nawet na potrzeby komunalne. Ocenia się, że susza, jaka wystąpiła w 1992 r., spowodowała zmniejszenie plonów w rolnictwie o co najmniej 20% w porównaniu z latami średnimi. W lipcu 1997 r. wystąpiła natomiast klęska powodzi, która spowodowała niewymierne straty gospodarcze i społeczne [Powódź..., 1998]. Powódzie, choć o mniejszym zasięgu, wystąpiły w kilku ostatnich latach (np. 2010 i 2011). Również znacznie podniósł się poziom wód podziemnych, co sprawiło, że wiele obiektów budowlanych zostało podtopionych.

Niekorzystne oddziaływanie wody na człowieka może wynikać zarówno z „nadmiaru”, jak i „niedoboru” wody. Ekstremalne zjawiska przyrodnicze są

przyczyną wielu klęsk żywiołowych, a największe w skali świata zagrożenia są związane z wodą (tab. 1).

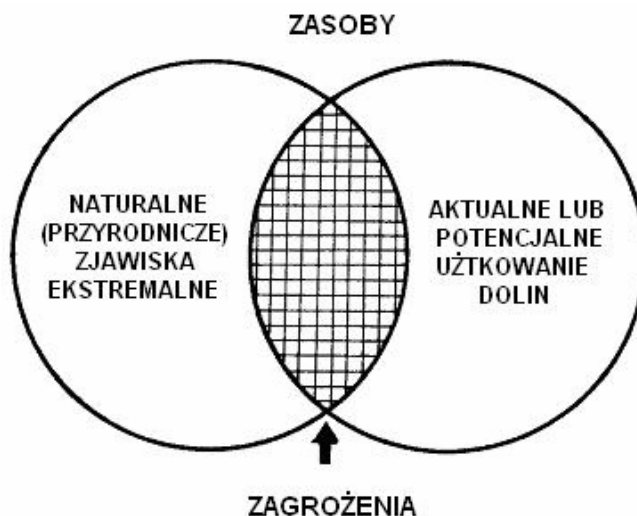
Tabela 1

Straty spowodowane przez ekstremalne zjawiska przyrodnicze [dane FAO]

Zjawiska ekstremalne	Udział w stratach (%)		
	Szkody istotne	Straty w zasiedleniu	Śmiertelność
Tropikalne sztormy	30	20	19
Powodzie	32	32	26
Trzęsienia ziemi	10	4	13
Susze	22	33	3
Inne klęski	6	11	9
Razem	100	100	100

Najbardziej widocznymi i odczuwalnymi zagrożeniami w naszej strefie klimatycznej są powodzie. Pierwsze wzmianki o powodziach na terenie Polski dotyczą 988 r. [STRUPCZEWSKI za MOSIEJ i CIEPIEŁOWSKI 1994]. Mniej informacji można znaleźć na temat skutków susz, co wynika z mniejszego rozmiaru szkód powodowanych przez susze w naszym klimacie. Według Okruszko [1997] klęski głodu w Europie występowały z reguły w latach mokrych, podczas których następowało zabagnienie uprawianych rolniczo terenów. Na skutek tych klęsk, jeszcze w XIX stuleciu w naszym kraju zmarły tysiące ludzi z głodu, a dziesiątki tysięcy wyemigrowało do Ameryki Północnej. Nie odnotowano natomiast w Polsce klęski głodu spowodowanej suszą, choć takie klęski zdarzały się na Ukrainie i w Rosji.

Zdaniem wielu autorów [ŻELAZIŃSKI i WAWRĘTY 2001] powodzie i susze powinny być traktowane jako naturalne zjawiska przyrodnicze. Zjawiska te mogą być postrzegane jako zagrożenie tylko wtedy, gdy negatywnie oddziałują na ludzką działalność gospodarczą. I jedynie w tym kontekście można rozważać kwestię nadmiaru lub deficytu wód. „Naturalne zjawiska ekstremalne” stają się „zagrożeniami”, gdy powodują wymierne straty ekonomiczne (rys. 1).



Rys. 1. Naturalne zagrożenie jako zależność zjawisk przyrodniczych i gospodarczego użytkowania dolin rzecznych

W wielu przypadkach działalność człowieka spowodowała poważne przekształcenia naturalnego cyklu hydrologicznego. Niewłaściwa gospodarka wodna, budowa dużych systemów odwadniających i obwałowań rzek, utwardzanie powierzchni gruntu (ulice, place itd.) zmniejszyły naturalną pojemność retencyjną w dorzeczach. Przez to zwiększyła się intensywność i częstość powodzi [Powódź... 1998] oraz zagrożenia wynikające z braku wody. Budowa zbiorników wodnych, regulacja rzek itp. ograniczyły zalewy niezbędne do zachowania naturalnego charakteru wielu dolin rzecznych [ŻBIKOWSKI i ŻELAZO 1993]. Spowodowało to niekorzystne przekształcenia ekosystemów bezpośrednio zależnych od wody. Z drugiej jednak strony, w wyniku ludzkiej działalności gospodarczej, powstały też cenne obiekty techniczno-przyrodnicze (np. niektóre stawy rybne, otwarte przestrzenie łąkowe). Ich zachowanie wymaga ochrony zarówno przed nadmiarem, jak i niedostatkim wód.

Powódzie

Zgodnie z definicją podaną w Dyrektywie Unii Europejskiej, „powódź” oznacza czasowe pokrycie wodą terenu, który normalnie nie jest pokryty wodą [Dyrektywa... 2005]. Definicja ta obejmuje powódzie wywołane przez rzeki, potoki górskie, okresowe ciekł wodne oraz powódzie sztormowe na obszarach wybrzeża, natomiast może nie uwzględniać powodzi wywołanych przez systemy kanalizacyjne, lokalne utrzymywanie się wód deszczowych na powierzchni terenu itp.



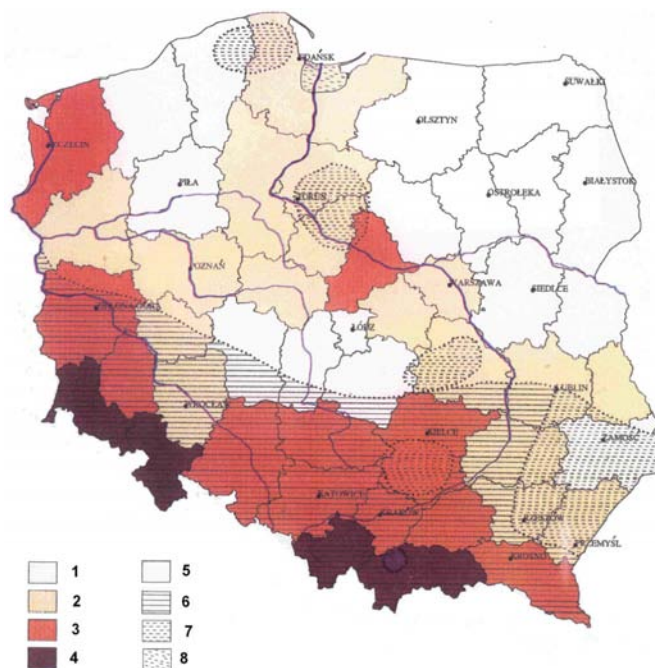
Fot. 1. Duże opady w okresie wegetacyjnym i związane z tym zalanie doliny powodować może straty w plonach (łąki i pastwiska w dolinie Brzozówki)

Powódź ma zwykle gwałtowny przebieg, wiąże się z przerwaniem obwałowań i zalewami doliny, powodującymi straty ekonomiczne i społeczne [Kłęski... 1993; Manual... 1992]. Istnieje wiele różnych klasyfikacji wysokich stanów wód i powodzi. Tabela 2 zawiera uproszczoną klasyfikację z podziałem na rodzaje i typy powodzi oraz charakterystykę wysokich przepływów. Jak widać, powódzie może powodować wiele czynników. Rysunek 2 przedstawia rozkład występowania różnych typów powodzi w Polsce [CIEPIEŁOWSKI 1994] oraz stopień zagrożenia powodziami. Najbardziej zagrożone są południowe regiony kraju (powódzie związane z opadami deszczu w dorzeczu górnej Odry i Wisły) oraz obszary depresyjne, w tym Żuławy [MIODUSZEWSKI i PASTERNAK 1995], zagrożone w wyniku wysokich stanów wody w morzu. Powódzie związane z roztopami i ulewami są charakterystyczne dla środkowej części Polski. Powódzie o zasięgu lokalnym powodowane wylewami małych rzek, jak np. w Kotlinie Kłodzkiej w 1997 r., przynoszą globalnie mniejsze straty niż powódzie obejmujące dorzecza wielkich rzek [Powódź... 1998], przy czym w niewielkich dorzeczach straty ekonomiczne na jednostkę powierzchni są zwykle większe.

Tabela 2

Klasyfikacja wysokich stanów wód i powodzi

Rodzaj powodzi	Typ powodzi	Źródła wysokich stanów wód	Charakterystyka
Morski	sztormowy	wiatr, zmiany ciśnienia, układ niżowy, fale sztormowe	dynamiczne, zależne od siły i kierunku wiatru
Kontynentalny	długotrwałych opadów	opady w dorzeczu	o dużym zasięgu, długotrwałe
	ulewnych deszczy	lokalne ulewy, burze termiczne w dorzeczu	gwałtowne, o małym zasięgu, krótkotrwałe
	zatorowy	podniesienie poziomu wody w związku z zatorami ryżowymi / lodowymi	dynamiczne, o zasięgu lokalnym
Mieszany (morsko-kontynentalny lub kontynentalno-morski)	sztormowo-zatorowy	wiatr, temperatura, układy ciśnienia nad powierzchnią mórz, warunki termiczne nad powierzchnią lądów	dynamiczne i złożone w związku z nakładaniem się na siebie czynników oddziałujących na rzekę, jak i na morze
	sztormowo-roztopowy		
	sztormowo-opadowy		
Katastrofy	kataklizm	zniszczenie budowli hydrotechnicznych	gwałtowne, możliwe oddziaływanie innych czynników powodujących wysokie stany wód
	wojna (terroryzm)	celowe przerwanie wałów lub zniszczenie budowli hydrotechnicznych	
	zalewy sterowane	woda kierowana jest na wyznaczone wcześniej obszary	zasięg ograniczony do obszaru wyznaczonych terenów



Rys. 2. Regionalizacja powodzi w Polsce [CIEPIEŁOWSKI 1992].

Skala zagrożeń: 1 – b. mała, 2 – mała, 3 – duża, 4 – b. duża. Typy powodzi: 5 – wiosenne, 6 – letnie, 7 – letnie na skutek deszczy nawalnych, 8 – obszary polderowe

W ostatnich latach podejście do ochrony przed powodzią ulega pewnym zmianom. Tak zwana dyrektywa powodziowa UE wprowadza pojęcie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim [Dyrektywa... 2005]. „Ryzyko powodziowe” oznacza kombinację prawdopodobieństwa wystąpienia powodzi i związanych z nią potencjalnych negatywnych konsekwencji dla zdrowia ludzkiego, środowiska, dziedzictwa kulturowego oraz działalności gospodarczej. Dopiero rozpoznanie ryzyka umożliwia podejmowanie działań w celu ograniczenia skutków powodzi, w tym poprzez zarządzanie tym ryzykiem. Dyrektywa zobowiązuje kraje członkowskie m.in. do ustalenia obszarów o zróżnicowanym ryzyku powodziowym. Bardzo generalnie ryzyko to można sklasyfikować w trzech podstawowych grupach, jak podano to w tabeli 3.

Tabela 3

Generalna ocena ryzyka powodzi

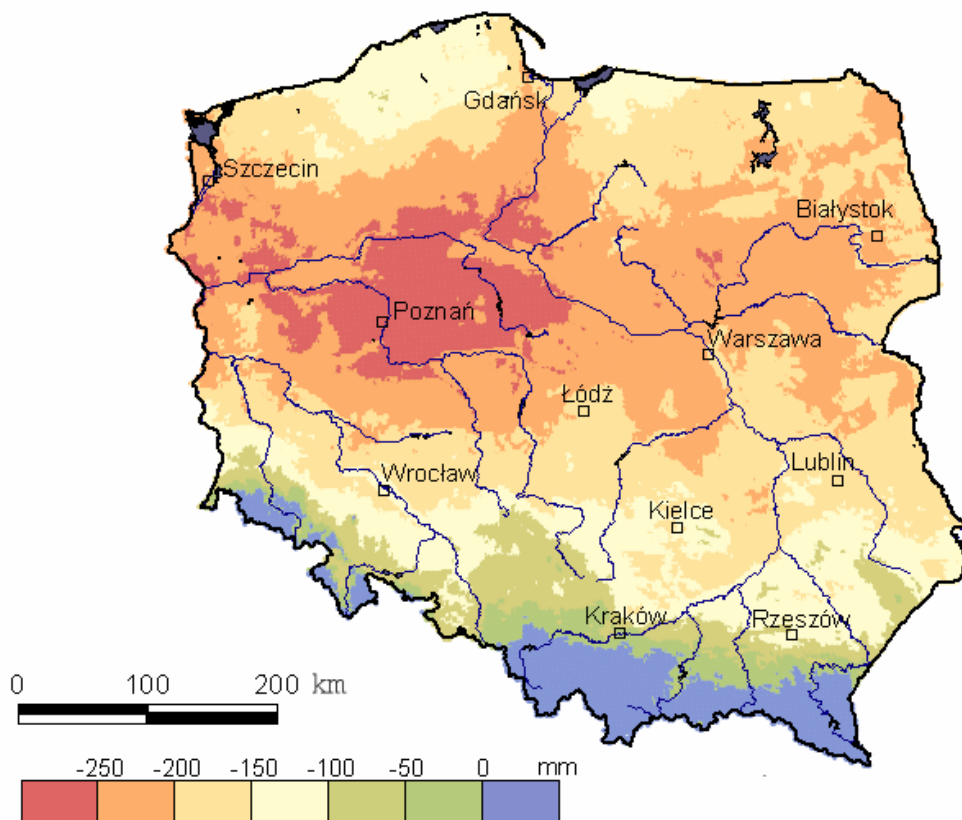
Kategoria	Opis	Występowanie
I	Bardzo wysokie – zagrożenie życia, zalewy budynków mieszkalnych i gospodarczych, niszczenie autostrad i głównych mostów	Obwałowane rzeki w miastach i terenach zamieszkałych, zabudowane doliny pozbawione ochrony
II	Umiarkowane – straty głównie w rolnictwie (zmniejszenie plonów), niszczenie lokalnych dróg i mostów	Użytkowane rolniczo lub pozbawione ochrony doliny rzeczne, brak zabudowań mieszkalnych i przemysłu na zalewanym obszarze
III	Niskie – niewielkie straty ekonomiczne, miejscowe uszkodzenia dróg i infrastruktury rzecznej	Pozbawione ochrony doliny rzeczne, zalewany obszar pokryty roślinnością lub pastwiskami, drogi i mosty o znaczeniu lokalnym

Zaprezentowane powyżej klasyfikacje (tab. 2 i 3) nie wyczerpują złożoności problemów wynikających z wzajemnych powiązań pomiędzy działalnością gospodarczą człowieka i ekstremalnymi zjawiskami przyrodniczymi. W każdym jednak przypadku należy dokonać indywidualnego wyboru odpowiednich metod kontroli powodzi, pozwalających na pogodzenie względów gospodarczych z ochroną środowiska naturalnego.

Zagrożenia wynikające z niedoboru wody

W wielu regionach występują często dotkliwe susze atmosferyczne, hydrologiczne lub glebowe powodujące znaczne straty w gospodarce narodowej, a zwłaszcza w rolnictwie [KOŹMIŃSKI 1986]. Występowaniem susz szczególnie zagrożone są rejony środkowej Polski, o czym świadczy m.in. klimatyczny bilans wodny [KOWALCZAK i in. 1997; JOKIEL 2004] przedstawiony na rysunku 3 [STUCZYŃSKI i DĘBICKI, W: MIODUSZEWSKI i DEMBEK 2009; KACA 1993]. W okresie 1959-1990 wydzielono ogółem 21 susz atmosferycznych [KOWALCZAK

i in. 1997]. Sumaryczny czas ich trwania wyniósł 107 miesięcy, co stanowi ponad 22% analizowanego okresu. Podobnie o zagrożeniach dla produkcji rolnej świadczą niedobory wodne roślin uprawnych, które oblicza się jako różnicę ewapotranspiracji i opadu atmosferycznego, z uwzględnieniem retencji glebowej. W tabeli 4 przedstawiono przykładowo wielkości niedoborów wodnych roślin uprawnych dla trzech wybranych rejonów [ŁABĘDZKI 1997; KACA 1993].



Rys. 3. Klimatyczny bilans wodny w okresie kwiecień – wrzesień

Z przedstawionych danych wynika, że brak (niedobór) wody może stanowić poważną barierę w intensyfikacji produkcji roślinnej. Dotyczy to szczególnie środkowego regionu Polski. Należy stwierdzić, że niezbędne będą coraz powszechniejsze nawodnienia w celu utrzymania produkcji rolnej na wysokim poziomie.



Fot. 2. Susza może doprowadzić do całkowitej degradacji gleby

Tabela 4

Niedobory wodne roślin uprawnych (mm) o prawdopodobieństwie wystąpienia 50% i 20%
[BAK i ŁABĘDZKI 2002]

Rodzaj upraw	Rodzaj gleb	Rejony					
		poznański		białostocki		krakowski	
		50%	20%	50%	20%	50%	20%
Użytki zielone	organiczne	160	250	56	112	25	75
Pszenica ozima	bardzo lekkie	187	256	108	153	86	143
	ciężkie	108	175	32	71	19	58
Buraki cukrowe	bardzo lekkie	319	321	109	176	103	171
	ciężkie	139	239	32	71	19	58
Ziemniaki	bardzo lekkie	162	250	67	125	65	121
	ciężkie	88	168	12	53	0	40
Kukurydza	bardzo lekkie	184	276	84	147	83	145
	ciężkie	108	194	19	70	14	61
Lucerna	bardzo lekkie	148	227	57	105	35	85
	ciężkie	70	143	7	35	0	27

Zagrożenia niedoboru wody występują nie tylko w rolnictwie. W wielu regionach kraju, a zwłaszcza w obszarach górskich i podgórskich, gdzie znajdują się małe zasoby wód podziemnych, obserwuje się okresowe występowanie dotkliwych deficytów wody na potrzeby przemysłu i zaopatrzenia ludności. Braki wody mają miejsce również na obszarach o naruszonym bilansie wodnym, tj. w rejonach o bardzo intensywnym poborze wody (np. część woj. kieleckiego) lub w rejonach silnie odwodnionych (np. przy kopalniach odkrywkowych).

Podstawy ochrony przed ekstremalnymi zjawiskami przyrodniczymi

Człowiek osiedlał się i rozwijał swą działalność na zagrożonych zalewami obszarach w dolinach rzek z wielu powodów. Unikał terenów o słabych glebach i obszarów zagrożonych suszą. Był świadom ryzyka, lecz prawdopodobnie nie widział innej drogi społecznego i gospodarczego rozwoju. Żyzne gleby (mady) w dolinach rzek, dostępność wody tworzyły dobre warunki do rozwoju gospodarczego. Rolnictwo w dolinach rzek pozwalało na produkcję żywności, bez potrzeby nawodnień i nawożenia, dla zwiększającej się liczby ludności. Stąd wzięła się potrzeba podjęcia działań mających na celu ochronę sadyb i plonów przed niszczącą siłą wody. Złożone zależności między człowiekiem i środowiskiem naturalnym można w dużym uproszczeniu zgrupować w dwa podstawowe typy działań na rzecz ochrony przed ekstremalnymi zjawiskami, jakimi są powodzie i susze:

A – przystosowanie naturalnych procesów przyrodniczych do wymogów ludzkiej działalności, tj. modyfikacja naturalnej zmienności warunków klimatycznych, w tym dynamiki przepływów rzecznych na danym obszarze za pomocą środków technicznych.

B – przystosowanie działalności gospodarczej do naturalnych zjawisk przyrodniczych, tj. taka organizacja ludzkiej działalności, aby nie powstawały straty materialne w czasie występowania zjawisk ekstremalnych.

Dostosowanie działalności człowieka do występujących zjawisk ekstremalnych jest trudne, a nawet w wielu przypadkach niemożliwe do realizacji. Zasada ta stanowić może natomiast pewną ideę, pozwalającą na ukierunkowanie podejmowanych działań ochronnych. Dla celów praktycznych można z grupy działań B wydzielić dodatkową podgrupę, jako:

C – akceptacja strat powodowanych przez zjawiska naturalne. Zakłada się tu, że jeśli nie można uniknąć powodzi lub suszy, to należy skupić się na minimalizacji strat materialnych.

Zaprezentowane założenia mają swoje odbicie w różnorodnych metodach ochrony przed powodzią (tab. 5). Faktem jest jednak, że przekształcenie naturalnego reżimu hydrologicznego wymaga stosowania metod technicznych (grupa A w tabeli 5), które w istotny sposób modyfikują naturalne warunki przyrodnicze.

Przystosowanie człowieka do zmiennych warunków przyrodniczych wymaga niekiedy pogodzenia się z faktem występowania strat powodziowych, a ich ograniczenie wymaga sprawnego systemu monitoringu i odpowiedniego zarządzania ryzykiem powodziowym. Należy zwrócić uwagę, że oprócz czynnej ochrony, np.

w postaci budowy wałów przeciwpowodziowych, już w średniowieczu człowiek stosował również ochronę bierną (dostosowywał się do spodziewanych stanów wód). Do dnia dzisiejszego widoczne są ślady budownictwa Olendrów, którzy tworzyli niewielkie wzniesienia i dopiero na tych sztucznych pagórkach posadowili swoje domy. W latach późniejszych zapomniano o takich możliwościach ochrony przed powodzią. Dzisiaj można znaleźć w literaturze ideę budowy obiektów na palach w dolinach rzek. Nie znajduje to jednak większego uznania [SCHULTZ 2008].

Ochrona przed powodzią w Polsce

W praktyce stosowano dotąd głównie techniczne środki ochrony przeciwpowodziowej (wymienione w pierwszej kolumnie tabeli 5). Najpowszechniej wykorzystywanym środkiem, w przeszłości, jak i obecnie jest budowa obwałowań. Pozostałe metody stosuje się rzadziej. Część największych miast nad Odrą chronionych jest przez kanały ulgi. Wrota przeciwsztormowe stosowane są rzadko. Posiadamy kilka dużych zbiorników przeciwpowodziowych na południu kraju. Wszystkie te obiekty wspomagają jedynie działanie obwałowań.

W Polsce istnieje ponad 8 000 km wałów przeciwpowodziowych, które w zróżnicowanym stopniu chronią ponad 1 mln ha, co stanowi 3,4% powierzchni kraju. Szacuje się, że budowa obwałowań zmniejszyła powierzchnię zalewanych obszarów dolinowych o 25%. Łączna długość wałów przeciwpowodziowych równa jest 13,1% całkowitej długości rzek w kraju. Naprawa i utrzymanie obwałowań są niezwykle kosztowne. Nakłady na ten cel są znacznie niższe od rzeczywistych potrzeb. Analizy wykazały, iż przelanie wód przez koronę obwałowań było powodem 34% przypadków ich przerwania (zbyt mała wysokość wałów przeciwpowodziowych w stosunku do poziomu wód lub miejscowe osiadanie gruntu pod obwałowaniem). W pozostałych 66% przypadków przerwanie wałów nastąpiło z powodu ich złego stanu technicznego (mała gęstość podłoża, przecieki).

Tabela 5

Metody ochrony przed powodzią

A – Przystosowanie naturalnych procesów do wymogów ludzkiej działalności	B – Przystosowanie działalności gospodarczej do powodzi	C – Minimalizacja strat
Regulacja rzek Kanały ulgi Obwałowania Stacje pomp Zbiorniki retencyjne Poldery Suche zbiorniki Wrota przeciwsztormowe	Zarządzanie w dolinie, wyznaczenie stref zagrożenia powodziowego Regulacje prawne: prawo budowlane, projektowanie urządzeń Systemy ostrzegania i informacji Zarządzanie i odpowiednie użytkowanie terenu w dorzeczu Zwiększenie pojemności retencyjnej zlewni (mała retencja)	Ubezpieczenia od powodzi Rządowa pomoc finansowa dla ofiar powodzi Edukacja

Tabela 6 zawiera dane liczbowe na temat obwałowań w poszczególnych województwach. Chronią one od 0,2% województwa podlaskiego i 0,6% województwa łódzkiego do 9,0% i 7,2% powierzchni województw lubuskiego i małopolskiego. W Polsce ochroną objęte są zarówno niezamieszkałe tereny rolnicze, jak i obszary miejskie. Nie istnieją dane liczbowe na temat stanu zabudowy ani gęstości zaludnienia na chronionych przez obwałowania obszarach. Warto zauważyć, że obwałowania to jedyne zastosowane środki ochrony przeciwpowodziowej w wielu dużych miastach nad Odrą i Wisłą, jak i w wielu dolinach niewielkich rzek.

Tabela 6

Długość obwałowań, powierzchnia chronionych obszarów, długość rzek wg danych WZMiUW – stan z 31.12.2002 [BORYS 2002]

Województwo	Całkowita pow. (ha)	Rzeki i strumienie (km)	Długość obwałowań (km)	Stosunek dł. wałów do dł. rzek	Obszar chroniony przez obwałowania (ha)	Stosunek pow. obszaru chronionego do całk. (%)	Obwałowania wymagające modernizacji	
							km	%
Dolnośląskie	1 994 776	4 848	1 339	27,6	143 545	7,2	487	36,4
Kujawsko-pomorskie	1 796 972	3 037	181	6,0	40 658	2,3	3	1,7
Lubelskie	2 511 448	4 510	196	4,3	27 222	1,1	88	44,9
Lubuskie	1 398 444	1 940	815	42,0	129 863	9,3	376	46,1
Łódzkie	1 821 911	3 526	163	4,6	10 655	0,6	74	45,4
Małopolskie	1 514 410	3 401	1 009	29,7	108 370	7,2	307	30,4
Mazowieckie	3 559 780	7 242	679	9,4	116 255	3,3	165	24,3
Opolskie	941 247	2 791	369	13,2	43 797	4,7	55	14,9
Podkarpackie	1 792 628	3 728	611	16,4	71 170	4,0	271	44,4
Podlaskie	2 017 958	3 816	32	0,8	4 818	0,2	0	0,0
Pomorskie	1 829 288	3 684	650	17,6	140 992	7,7	185	28,5
Śląskie	1 229 404	2 436	326	13,4	18 391	1,5	148	45,4
Świętokrzyskie	1 167 234	2 688	347	12,9	50 057	4,3	96	27,7
Warmińsko-mazurskie	2 420 295	6 163	438	7,1	37 596	1,6	171	39,0
Wielkopolskie	2 982 559	6 271	764	12,2	70 858	2,4	307	40,2
Zachodniopomorskie	2 290 148	4 475	544	12,2	50 507	2,2	102	18,8
Polska	31268 502	64 556	8 463	13,1	1 064 754	3,4	2835	33,5

Ekosystemy rzek i stref przybrzeżnych cechuje wysoka różnorodność biologiczna, a doliny rzeczne stanowią cenne korytarze ekologiczne. Odizolowanie części dolin rzecznych za pomocą obwałowań lub wstrzymanie okresowych zalewów w związku z regulacją rzek i budową zbiorników zaporowych spowodowało zmiany reżimu hydrologicznego i utratę części walorów przyrodniczych dolin. Obecnie użytkowanie, jak i zagrożenie powodziowe dolin obwałowanych rzek jest bardzo zróżnicowane. Stąd też wynika zróżnicowanie stopnia ingerencji środków ochrony przeciwpowodziowej w środowisko, jak i możliwości pogodzenia interesów gospodarczych z ochroną przyrody.

Wiele obwałowań chroni przed zalaniem tereny niezabudowane użytkowane rolniczo. Intensywność użytkowania gruntów na tych obszarach jest zróżnicowana. Zalewanie pastwisk i łąk, szczególnie ekstensywnie użytkowanych, w celu zmniejszenia wysokości fali powodziowej wydaje się być rozsądnym rozwiązaniem. Z tego powodu niektóre chronione obecnie doliny mogą być zamieniane na zalewane poldery w celu ograniczenia fal wezbraniowych. Możliwe jest również zwrócenie rzeki części doliny poprzez odsunięcie wałów przeciwpowodziowych od koryta. Spowoduje to obniżenie zwierciadła wód wielkich, a jednocześnie stanowić będzie realizację postulatów zwiększenia biologicznej różnorodności na tarasach zalewowych.

Część polskich rzek pozbawiona jest technicznych urządzeń ochrony przed powodzią lub są one nieliczne. Przykładem takiej rzeki jest górny bieg Narwi. W dolinie tej rzeki znajdują się głównie łąki i pastwiska. Wiosenne powodzie nie powodują więc poważnych strat ekonomicznych. Dolina Narwi jest dobrym przykładem właściwego planowania przestrzennego jako podstawowej metody ochrony przeciwpowodziowej.

Metody ograniczania skutków susz i powodzi

Stosowane metody ograniczania skutków powodzi zostały scharakteryzowane wcześniej. Ograniczenie skutków suszy to głównie prowadzenie nawodnień z wykorzystaniem wód podziemnych lub powierzchniowych (zbiorniki wodne, przepływy bieżące cieków). W dalszej części ograniczono się do omówienia metod związanych z poprawą bilansu wodnego zlewni, które są zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, a jednocześnie pozwalają na zmniejszenie zarówno skutków susz, jak i powodzi.

Spełnienie warunków zrównoważonego rozwoju wymaga zwrócenia większej uwagi na drugą metodę (tab. 5) zapobiegania zagrożeniom, tj. dostosowanie działalności człowieka do warunków przyrodniczych [MIODUSZEŃSKI 2004]. Intensywne wykorzystywanie zasobów przyrody, w tym wodnych, umożliwiło rozwój cywilizacyjny i gospodarczy człowieka, lecz również spowodowało niekorzystne zmiany w środowisku oraz pogorszenie struktury bilansu wodnego (zwiększenie częstotliwości występowania ekstremalnych zjawisk hydrologicznych).

Odbudowa retencji wodnej zlewni wydaje się być, spośród wszystkich metod poprawy bilansu wodnego i ograniczenia zagrożeń powodowanych suszą

i powodzią, metodą najbardziej przyjazną środowisku przyrodniczemu i spełniającą warunki zrównoważonego rozwoju [IGNAR 2005; MIODUSZEWSKI 1999]. Należy jednak zwrócić uwagę, że przy obecnym stanie zagospodarowania zlewni i dolin rzecznych oraz dużej gęstości zaludnienia, nie wydaje się możliwa pełna odbudowa zdolności retencyjnych zlewni oraz ograniczenie skutków zjawisk ekstremalnych, poprzez dostosowanie się człowieka do tych zjawisk (np. wysiedlenie ludzi z terenów zagrożonych powodzią, zwiększenie retencji tam, gdzie może to powodować podtopienia budowli itp.).

Pod pojęciem kształtowanie zdolności retencyjnych zlewni rzecznej rozumie się szeroki zakres działań planistycznych, organizacyjnych i technicznych powodujących poprawę jakościową i ilościową zasobów wodnych na skutek spowolnienia obiegu wody w zlewniach rzecznych. Woda, w okresach jej „nadmiaru”, retencjonowana jest w glebie, warstwach wodonośnych, zbiornikach wodnych i na powierzchni terenu. Tak retencjonowana woda w terminie późniejszym zasila ciek i jest wykorzystywana przez rośliny.

Poprawa retencyjności zlewni nie wprowadza istotnych zmian w naturalnym reżimie wód, lecz jedynie niezbędne korekty, pozwalające na poprawę bilansu wodnego, bez zachwiania biologicznej równowagi ekosystemu. Proekologiczne działania w zakresie stymulowania małej retencji w pewnym stopniu mogą spowodować odtworzenie (renaturyzację) niektórych elementów systemu wodnego, zniekształconego dotychczasową gospodarczą działalnością człowieka.



Fot. 3. Stawy śródpolne zasilane wodami z systemów drenarskich poprawiają strukturę bilansu wodnego

Występuje wiele rodzajów i form retencji naturalnej i sztucznej, współzależnych i powiązanych ze sobą [MIODUSZEWSKI 1999; MIODUSZEWSKI i DEMBEK 2009]. W sposób uproszczony możliwy jest podział retencji na następujące formy (tab. 7):

- krajobrazowa (siedliskowa),
- glebowa,
- wód gruntowych i podziemnych,
- wód powierzchniowych.

Można wyróżnić wiele metod oddziaływania na strukturę bilansu wodnego w małych zlewniach. Większość tych metod polega na spowolnieniu obiegu wody w zlewni poprzez retencionowanie wód powierzchniowych i wilgoci glebowej oraz wód podziemnych. Zwiększa się w ten sposób zdolność retencyjną zlewni. Następuje zamiana szybkiego odpływu wód powierzchniowych na powolniejszy gruntowy.

Tabela 7

Systemy i metody kształtowania zasobów wody w obszarach wiejskich

Zasoby wodne	Systemy i metody
Retencja krajobrazowa (siedliskowa)	Systemy kształtujące właściwą strukturę użytkowania gruntów poprzez: <ul style="list-style-type: none"> - układ pól ornych, użytków zielonych, lasów, użytków ekologicznych, oczek wodnych, - zalesienia, tworzenie pasów ochronnych, zadrzewień, zakrzaczeń, tworzenie bruzd i tarasów, - zwiększenie powierzchni mokradeł, torfowisk, bagien.
Retencja glebowa	Systemy uprawowe kształtujące gospodarowanie wodą w profilu gleby: <ul style="list-style-type: none"> - poprawa struktury gleby, zabiegi agromelioracyjne, wapnowanie, prawidłowa agrotechnika, odpowiedni płodozmian, zwiększenie zawartości próchnicy w glebie.
Wody gruntowe i podziemne	Systemy uprawowo-melioracyjne ograniczające odpływ powierzchniowy: <ul style="list-style-type: none"> - ograniczenie spływu powierzchniowego, - zwiększenie przepuszczalności gleb, - zabiegi przeciwozyjne, fitomelioracyjne i agromelioracyjne, - regulowanie odpływu z sieci drenarskiej, - stawy i studnie infiltracyjne, w tym dla odprowadzania wód deszczowych uszczelnionych powierzchni.
Wody powierzchniowe	Hydrotechniczne systemy rozrządu i magazynowanie wód: <ul style="list-style-type: none"> - małe zbiorniki wodne, - regulacja odpływu ze stawów, oczek wodnych, - gromadzenie wody w rowach melioracyjnych, kanałach itp., - retencionowanie odpływów z systemów drenarskich, - zwiększenie retencji dolinowej.

Systemy małej retencji, łącznie z małymi zbiornikami, zaliczane są do tzw. retencji niesterowalnej, w odróżnieniu od dużych zbiorników, w których możliwe jest regulowanie pojemnością użyteczną, w zależności od potrzeb i warunków klimatycznych (np. utrzymywanie pojemności powodziowej, świadome zwiększanie przepływów niskich). Z punktu widzenia gospodarki wodnej „mała retencja” jest niekontrolowaną, automatycznie działającą retencją o pojemności trudnej do określenia [MIODUSZEWSKI 1999; KOWALEWSKI 2003]. Zwiększenie retencji krajobrazowej, glebowej czy też gruntowej wpływa na zmianę obiegu wody w zlewni, obniża stany powodziowe w rzece i w wielu przypadkach podwyższa przepływy niżówkowe, jednak procesu tego nie można regulować dowolnie. Zwiększenie retencji niesterowalnej powoduje wzrost potencjalnej możliwości gromadzenia wody w okresach jej nadmiaru i dłuższego przetrzymywania w glebie, warstwie wodonośnej lub na powierzchni terenu, w sposób przyjazny dla środowiska przyrodniczego.



Fot. 4. Zalewy wiosenne dolin łąkowych są warunkiem zachowania walorów przyrodniczych i nie przynoszą strat plonów użytków zielonych (dolina Biebrzy)

Duże znaczenie w bilansie wodnym zlewni odgrywają siedliska hydrogeniczne, a szczególnie torfowiska. Wywierają wpływ na wielkość i dynamikę przepływu wody w ciek, położenie wód gruntowych, wielkość zasobów wodnych. Naruszenie naturalnych stosunków wodnych siedlisk hydrogenicznych powoduje istotne zmiany reżimu hydrologicznego zlewni. Oddziaływanie torfowisk na przepływy w rzece

objawia się poprzez zmniejszenie przepływów wód wielkich (spłaszczenie fali powodziowej) na skutek wolniejszego odpływu wody z obszarów zalewowych. Spowodowane jest to dużą szorstkością hydrauliczną i retencją powierzchniową mokradel fluwiogenicznych. Z doświadczeń kanadyjskich wynika, że przy 10% udziale powierzchni torfowiska w stosunku do powierzchni całej zlewni następuje redukcja fali powodziowej o około 30-40% [VERRY 1988].

Istotny wpływ na zdolności retencyjne zlewni rzecznej odgrywa sposób zagospodarowania i użytkowania zlewni, jak np. układ pól ornych, użytków zielonych i lasów, stosowane zabiegi przeciwerozyjne i agromelioracyjne poprawiające strukturę gleby, roślinne pasy ochronne, zakrzaczenia. Duży wpływ na obieg wody wywierają również tereny leśne [CIEPIEŁOWSKI i DĄBKOWSKI 1995]. Szczególnie widoczny jest efekt oddziaływania lasu na zmniejszenie fali powodziowej w obszarach górskich o glebach słabo przepuszczalnych. Na obszarach nizinnych, a szczególnie w zlewniach zbudowanych głównie z przepuszczalnych gruntów piaszczystych, wpływ lasu na redukcję fali powodziowej będzie znacznie mniejszy. W niektórych przypadkach zalesienie terenów infiltracyjnych może spowodować zmniejszenie zasilania zbiorników wód podziemnych.

Podsumowanie

Nierównomierny rozkład zasobów wodnych w przestrzeni i czasie, ekstremalne wydarzenia jak powodzie i susze są naturalnymi zjawiskami przyrodniczymi. O zagrożeniach czynnikiem wodnym można mówić dopiero, gdy naturalne zjawiska wpływają ujemnie na działalność gospodarczą człowieka i jego zdrowie. Dopiero na tle działalności człowieka można mówić o nadmiarze czy braku wody. Działalność gospodarcza człowieka, nieprawidłowe gospodarowanie zasobami wodnymi zwiększa stopień zagrożenia powodowanego czynnikiem wodnym i wówczas zagrożenie to odnosi się również do naturalnego środowiska przyrodniczego.

Człowiek od bardzo dawna podejmował różnorakie prace w celu ograniczenia klęsk żywiołowych, jakimi są powodzie i susze. Budował wały przeciwpowodziowe, zbiorniki wodne, systemy melioracyjne (nawadniające i odwadniające). Aktywność gospodarcza człowieka, jak wycinanie lasów, tworzenie monokultur rolnych, kanalizacja rzek itp. przyczyniły się w wielu przypadkach do zmniejszenia naturalnej zdolności retencyjnej zlewni rzecznych. Wykorzystywanie zasobów przyrody, w tym wodnych, umożliwiło rozwój cywilizacyjny i gospodarczy człowieka, lecz również spowodowało niekorzystne zmiany w środowisku.

Dlatego dzisiaj podejmowane są działania polegające na dostosowaniu aktywności człowieka do występujących zjawisk przyrodniczych, tzn. takie zagospodarowanie i użytkowanie terenu, aby występujące zjawiska przyrodnicze w możliwie małym stopniu oddziaływały ujemnie na życie i działalność gospodarczą człowieka.

Przy obecnym stanie zagospodarowania zlewni i dolin rzecznych oraz dużej gęstości zaludnienia nie jest możliwe znaczne ograniczenie skutków zjawisk

ekstremalnych poprzez dostosowanie się człowieka do tych zjawisk (np. wysiedlenie ludzi z terenów zagrożonych powodzią). Nadal dużą rolę pełnią i pełnić będą urządzenia techniczne, zarówno do ochrony przed powodzią, jak i przed suszą, a w tym regulacja stosunków wodnych dla potrzeb rolnictwa. Natomiast celowe jest możliwie szeroko podejmowanie działań przyczyniających się do poprawy struktury bilansu wodnego zlewni rzecznych, co prowadzi jednocześnie do zmniejszenia wielkości wezbrań (ograniczenia powodzi) i podwyższenia przepływów niżówkowych (ograniczenia skutków suszy). Do takich metod należą działania techniczne i nietechniczne wchodzące w zakres małej retencji. Odtworzenie zdolności retencyjnych zlewni to również ograniczenie niekorzystnych skutków przyrodniczych i hydrologicznych dotychczasowej działalności człowieka oraz przystosowanie się do globalnych zmian klimatu.

Piśmiennictwo

- BAK B., ŁABĘDZKI L. 2002. Assessing drought severity with the relative precipitation index (RPI) and the standardised precipitation index (SPI). *Journal of Water and Land Development*.
- BORYS M. 2002. Stan wałów przeciwpowodziowych przed powodzią 2001. *Gospodarka Wodna*, 2: 63-70.
- CIEPIEŁOWSKI A. 1992. Determination of typical flood hydrograms in small lowland catchment areas. *Estudos de Engenharia civil, Universidade de Coimbra, Portugalia*, 5(2).
- CIEPIEŁOWSKI A., DĄBKOWSKI L. 1995. Problemy małej retencji w lasach. *Sylvan*, 139(11).
- DYNOWSKA I. (red.), 1993. *Zmiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim.
- IGNAR S. (red.), 2005. *Nietechniczne metody ochrony przed powodzią*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- JOKIEL P. 2004. *Zasoby wodne środkowej Polski na progu XXI wieku*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- KACA E. (red), 1993. *Problemy gospodarowania wodą w rolnictwie w świetle suszy 1992 roku*. Materiały Seminaryjne IMUZ Falenty nr 33.
- Kłęski żywiolowe, 1993. *Prognoza, zapobieganie*. IMiGW, Warszawa, ss. 136.
- KOWALCZAK P., FARUT R., KAPIŃSKA-KASPRZAK M., KUŹNICKA M., NAGAR P. 1997. *Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji*. Materiały Badawcze. IMiGW, Warszawa.
- KOWALEWSKI Z. 2003. *Wpływ retencjonowania wód powierzchniowych na bilans wodny małych zlewni rolniczych*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozpr. Nauk. Monogr. nr 6.
- KOŹMIŃSKI C. 1986. *Skutki posuch i nadmiaru opadów oraz efekty nawadniania w produkcji roślinnej*. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych, 268.

- ŁABĘDZKI L. 1997. Potrzeby nawodnień użytków zielonych, uwarunkowania przyrodnicze i prognostyczne. Rozprawa habilitacyjna. IMUZ Falenty, ss. 128.
- Manual on Non-Structural Approaches to Flood Management, 1992. ICID (New Delhi), ss. 242.
- MIODUSZEWSKI W. 1999. Ochrona i kształtowanie zasobów wodnych w krajobrazie rolniczym. Wydawnictwo IMUZ Falenty: ss. 126.
- MIODUSZEWSKI W. 2004. The idea of flood protection in Poland. Journal of Water and Land Development 7.
- MIODUSZEWSKI W., DEMBEK W. (red.), 2009. Woda na obszarach rolniczych. Warszawa: Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.
- MIODUSZEWSKI W., PASTERNAK A. 1995. Ochrona przeciwpowodziowa na obszarze Żuław. Inżynieria Morska i Geotechnika 6: 274-279.
- MOSIEJ J., CIEPIEŁOWSKI A. (red.), 1996. Ochrona przed powodzią. IMUZ Falenty: 1-262.
- OKRUSZKO H. 1997. A woda płynie do morza. Nauka i Przyszłość 9: 28-29.
- Powódź w dorzeczu górnej Wisły w lipcu 1997 roku, 1998. Materiały Konferencji Naukowej. Kraków: Wyd. PAN ss. 306.
- SCHULTZ B. 2008. Water management and flood protection of the polders in the Netherlands under the impact of climate change and man-induced changes in land use. Journal of Water and Land Development ss. 71-94.
- VERRY E.S. 1988. Wetlands and Water. Water quality Bull. Manag. Wetland p.1, vol. 13.
- ŻELAZIŃSKI J., WAWRĘTY R. (red.), 2001. Jak chronić przed powodzią i zachować przyrodę dolin rzecznych. Towarzystwo na rzecz Ziemi, Oświęcim.
- ŻBIKOWSKI A., ŻELAZO J. 1993. Ochrona środowiska w budownictwie wodnym. Materiały Informacyjne. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.

Waldemar Mioduszewski

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Falenty
Al. Hrabaska 3
05-090 Raszyn
e-mail: w.mioduszewski@itep.edu.pl