



Wojciech Jankowski

SKUTECZNOŚĆ RÓŻNYCH METOD OCHRONY PRZECIWPOWODZIOWEJ I ICH WPŁYW NA PRZYRODĘ

Efficiency of different methods of flood protection and their impact on nature

ABSTRACT: Omówiono zagrożenia dla przyrody dolin rzecznych, różne metody ochrony przeciwpowodziowej, ich skuteczność oraz wpływ na przyrodę dolin rzecznych. Przy omawianiu poszczególnych metod omawiano trzy aspekty: wpływ na retencję dolinową i na możliwość ochrony przeciwpowodziowej terenów przyległych na danym odcinku doliny, wpływ na możliwość ochrony przeciwpowodziowej terenów leżących niżej w dolinie i zlewni, wpływ na przyrodę.

SŁOWA KLUCZOWE: powódź, ochrona przeciwpowodziowa, przyroda, dolina rzeczna, rzeka

ABSTRACT: The article discusses different flood control measures in terms of their efficiency and threats to the natural environment of river valleys. The analysis included three aspects: impact on water storage capacity of river valleys and protection of floodplain adjacent to a flood control measure, protection of floodplain downstream of the measure and its impact on natural environment.

KEY WORDS: flood, flood protection, nature, river valley, river

Wstęp

Przedstawiana praca jest rozwinięciem opracowania „Czy można pogodzić ochronę przyrody z ochroną przeciwpowodziową” (Jankowski 1997). Układ pracy zaczerpnięto z powyższego artykułu. Tematykę rozwinięto w oparciu o późniejsze własne doświadczenia (liczne ekspertyzy przyrodnicze i Raporty oddziaływania na środowisko inwestycji hydrotechnicznych) i bogatą literaturę. W ciągu ostatnich 20 lat pojawiły się nowe poglądy i nowe podejście do stosowanych metod ochrony przeciwpowodziowej.

Doliny rzeczne są miejscem występowania wielu cennych siedlisk z załącznika I dyrektywy siedliskowej – lasów, łąk, torfowisk, starorzeczy, siedlisk związanych z korytem rzeki, wielu gatunków zwierząt chronionych

i z załączników II i IV dyrektywy siedliskowej oraz i dyrektywy ptasiej. W Polsce, spośród 70 typów siedlisk przyrodniczych ujętych w Załączniku I prawie 30 może występować w dolinach rzecznych lub ich bezpośrednim pobliżu, zaś 12 występuje wyłącznie w dolinach rzek lub mniejszych cieków. Do tych szczególnych siedlisk zaliczamy (Świerkosz 2005):

- 1130 - płytkie ujścia rzek;
- 3150 - starorzeczca;
- 3220 - pionierska roślinność na kamieńcach górskich potoków;
- 3230 - zarośla wierzbowo-wrześniowe na kamieńcach i żwirowiskach górskich potoków (z przewagą wrześni);
- 3240 - zarośla wierzbowo-wrześniowe na kamieńcach i żwirowiskach górskich potoków (z przewagą wierzby siwej);

- 3260 - nizinne i podgórskie rzeki ze zbiorowiskami włosieniczników;
- 3270 - zalewane muliste brzegi rzek;
- 6430 - górskie i niżowe ziołorośla nadrzeczne;
- 6440 - łąki selernicowe;
- *7220 - źródlika wapienne;
- *91E0 - lasy łąkowe i nadrzeczne zarośla wierzbowe;
- 91F0 - łąkowe lasy dębowo-wiązowo-jesionowe.

Występujące tu lasy łąkowe charakteryzują się najwyższą różnorodnością biologiczną (Tomiałojć i Dyrz 1993). Siedliska te i zależne od nich gatunki są zagrożone wieloma elementami działalności człowieka. Dużą część z tych zagrożeń stanowią działania związane z gospodarką wodną, a szczególnie z ochroną przeciwpowodziową i melioracjami - szczególnie z zapewnieniem odwadniania zmeliorowanych upraw (Adamski et al. 2004, Chylarecki et al. 2005). Pogodzenie interesów gospodarczych z potrzebami ochrony przyrody dolin rzecznych, wypracowanie rozwiązań kompromisowych, jest zadaniem trudnym, ale niezbędnym. Zabezpieczenie przed powodzią może być osiągnięte na różny sposób, mniej lub bardziej szkodliwy dla przyrody (Jankowski 1997). Rodzaj zabezpieczenia powinien zależeć od obiektów czy obszarów, które mają być chronione. Należy stosować zasadę, że koszty ochrony obiektu czy ich grup, nie powinny być wyższe od wartości tych obiektów. Do przyrodników należy propagowanie metod ochrony przeciwpowodziowej, które będą korzystne dla przyrody lub jak najmniej szkodliwe (Nawrocki et al. 2009).

Ochrona przeciwpowodziowa powinna być realizowana w całej zlewni. Jej skuteczność zależy od wielu czynników. Pierwszym jest możliwość retencjonowania wody w lasach, gruntach ornych, łąkach i pastwiskach, mokradłach, torfowiskach, w miastach i wsiach, w dolinach rzecznych, a także w zbiornikach różnych typów. Drugim czynnikiem jest czas, na który zdołamy zatrzymać wodę, nim dopłynie do mniejszych i większych cieków. W większości przypadków wzrost retencji, spowolnienie spływu wody w zlewni i w dolinach rzecznych zmniejsza za-

się, wysokość fali powodziowej i skutki powodzi, rzadziej powoduje wydłużenie czasu trwania wezbrania – czyli wydłużenia fali powodziowej (Mioduszecki 2017b). Szybszy spływ fali powodziowej może powodować, jak np. w przypadku Odry, nakładanie się fali powodziowej Odry i jej dopływów.

Działania prowadzone w dolinie rzeki mają duży wpływ na retencję dolinową. Retencja dolinowa polega na czasowym zatrzymaniu wód powodziowych zatapiających dno doliny lub opóźnieniu ich spływu w dół doliny, w stosunku do wód przemieszczających się w korycie. Retencja ta jest tym większa, im większa jest część całkowitej objętości przepływu przenoszona poza korytem oraz im większa jest różnica prędkości wód powodziowych pomiędzy korytem a obszarem pozakorytowym (Wyźga i Radecki-Pawlik 2011). Pełna retencja dolinowa występuje w dolinie nie odciętej wałami i innymi przeszkodami od rzeki, gdzie rzeka może swobodnie rozlewać się po całej dolinie. W dolinach większości rzek w Polsce zmniejszono znacznie retencję dolinową. Obecnie postuluje się wprowadzanie działań rekompensujących ograniczenie dotychczasowej retencji wód powodziowych w dolinach rzek, m.in. w formie polderów (Wyźga i Radecki-Pawlik 2011).

Ochronie przyrody dolin rzecznych szkodzi znacznie partykularne podejście do ochrony przeciwpowodziowej na szczeblu gminnym. Burmistrz czy wójt każdej gminy jest zainteresowany zapewnieniem bezpieczeństwa na swoim terenie – zabudowań, pól ornych, a nawet łąk i pastwisk. Stara się wymusić na administracji wodnej odpowiednie działania (Owczarek-Nowak 2011). Podejmowane są prace regulacyjne, utrzymaniowe, w tym pogłębianie i poszerzanie cieków, wycinka roślinności wodnej i nadwodnej, budowa wałów jak najbliżej cieków, wycinka drzew i krzewów na terenie doliny aż do samego koryta. Prace te powodują spadek różnorodności biologicznej. Mają one za zadanie ochronę fragmentu doliny rzeki na terenie gminy, mimo że jednocześnie takie działania zwiększają znacznie zagrożenie powodziowe w niższej położonych fragmentach doliny i zlewni,

co na ogół na szczeblu gminnym nie jest rozważane. Ponadto na terenie większości gmin brak troski o lokalne retencjonowanie wody. Podobnie, decyzje poszczególnych rolników o zamianie łąk i pastwisk na terenach doliny na pola orne, wykonaniu melioracji odwadniających, zwiększają odpływ z pól w czasie deszczu, zwiększając zagrożenie powodziowe w dole zlewni. Do podstawowych zagrożeń dla siedlisk i gatunków związanych z rzekami i ich dolinami należą:

W samej rzece:

- koncentrowanie w jednym korycie rzek płynących wieloma korytami,
- skracanie długości rzeki przez odcinanie meandrów, prostowanie jej odcinków,
- ujednolicanie przekroju poprzecznego i spadku podłużnego koryt, w tym nadawanie im jednolitego trapezowego kształtu, ujednolicanie powierzchni dna,
- eliminacja naturalnych procesów związanych z przepływem czy oddziaływaniem wód (erozja, sedymentacja, abrazja itp.),
- umacnianie dna i brzegów,
- pogłębianie i poszerzanie koryta, zwężanie (dla potrzeb żeglugi),
- przegradzanie i podpiętrzenie rzeki, gromadzenie jej wód w zbiornikach, funkcjonowanie elektrowni wodnych,
- nadmierny pobór wody z rzeki i jej zlewni,
- zmiany naturalnego rytmu stanów wód – zakłócenia lub eliminacja naturalnych wahań poziomu wody (Żelazo 2015),
- wycinanie roślinności wodnej wynurzonej, zanurzonej i pływającej, rosnącej na skarpach rzeki,
- nadmierna eutrofizacja, zatrucie wód ściekami, nawozami i środkami ochrony roślin, itp.

W dolinie rzeki:

- niszczenie występujących tu siedlisk przez wycinanie lasów, drzew i krzewów, melioracje i odwadnianie torfowisk, mokradeł i łąk, przekształcenia ich w pola orne, uprawy warzyw, sady itp., przeznaczanie gruntów pod budownictwo, drogi itp.

- obniżanie poziomu wód gruntowych właściwych dla występujących tu siedlisk,
- zmiana częstotliwości i długości trwania zalewów dolin rzecznych (Żelazo 2015),
- zmiana rytmu wylewów w cyklu rocznym,
- ujednolicanie rzeźby terenu, odcinanie starorzeczy do rzeki, zasypywanie starorzeczy i oczek wodnych,
- przerywanie ciągłości korytarza ekologicznego (w dolinie i rzece) (Jankowski 1995).

Metodyka

Posłużono się doświadczeniami z własnych prac – ocen wpływu planowanych prac na przyrodę, raportów oddziaływania na środowisko dla wielu prac hydrotechnicznych, jak regulacje rzek, remonty stopni wodnych i budowy zbiorników retencyjnych. Dokonano przeglądu literatury, przeprowadzono analizę skuteczności rozwiązań różnych technicznych metod ochrony przeciwpowodziowej i ich wpływu na ekosystemy dolin rzecznych. Celem pracy jest przedstawienie przyrodnikom różnych metod ochrony przeciwpowodziowej, ich korzyści i wad, w celu umożliwienia znalezienia wspólnego języka przy współpracy z meliorantami i hydrotechnikami i zrozumienia ich argumentów. Natomiast nie jest celem szczegółowe (w rozbiciu na siedliska i gatunki) omawianie skutków przyrodniczych działań przeciwpowodziowych z powodu braku miejsca i z powodu dobrej znajomości przez przyrodników siedlisk i gatunków związanych z dolinami rzeczными.

Działania związane z ochroną przed powodzią można podzielić na prowadzone w korycie rzek, w ich dolinach, w całej zlewni oraz na działania prawne, organizacyjne, edukacyjne itp.

Niżej przedstawiono różne metody ochrony przeciwpowodziowej. Przy omawianiu każdej metody w punktach przedstawiono skutki/efekty ich działania w trzech polach:

1. Wpływ na retencję dolinową i na możliwość ochrony przeciwpowodziowej terenów przyległych na danym odcinku doliny.

2. Wpływ na możliwość ochrony przeciwpowodziowej terenów leżących niżej w dolinie i zlewni.

3. Wpływ na przyrodę.

Wyniki i dyskusja

Omawiane działania związane z ochroną przed powodzią podzielono na prowadzone w korycie rzek, w ich dolinach, w całej zlewni oraz na działania prawne, organizacyjne, edukacyjne.

1. Działania prowadzone w korycie rzeki

1.1. Brak działań - utrzymywanie koryt pozostających w równowadze

Najlepsze dla siedlisk i gatunków rzek i ich dolin są koryta nie zmienione przez człowieka. Wielu autorów pisało o korzyściach braku prac w korycie rzek i ich dolinach, np. Florsheim et al. (2008), Chylarecki et al. (2005). Większość naturalnych koryt pozostających w równowadze ma przepustowość zbliżoną do przepływu o częstości występowania raz na półtora roku (Bojarski et al. 2005). Oznacza to, że w naturalnych ciekach wylewy na teren doliny rzecznej występują średnio co najmniej raz na ponad 1,5 roku. Zakres zasięgu tych wylewów na teren doliny zależy od wielkości przepływu. Koryta o skalnym lub o silnie umocnionym dnie mogą mieć pojemność odbiegającą od tych wartości.

Pozostawienie koryt w stanie naturalnym umożliwia dużą retencję dolinową. Tereny przyległe są często zalewane, mogą być użytkowane jako łąki, pastwiska i lasy. Dzięki retencji dolinowej, spowolnieniu spływu wód, obszary w dole cieków i zlewni są mniej narażone na powódź, mniejsze są tam koszty technicznych metod zabezpieczania przed powodzią. Mogą być zachowane naturalne siedliska jak lasy łęgowe, olsy, starorzecza, torfowiska, wilgotne i zmiennowilgotne łąki z występującymi tam gatunkami roślin i zwie-

rząt, zachowany korytarz ekologiczny doliny rzecznej.

1.2. Regulacja koryta rzeki

Przez wiele lat najczęściej regulacja koryta rzeki polegała na jego pogłębianiu i poszerzaniu, prostowaniu i skracaniu rzeki, odcinaniu meandrów, ujednolicaniu koryta – przekroju poprzecznego i spadku podłużnego, nadawaniu mu trapezowego przekroju, likwidacji wysp, odsypisk, bocznych ramion itp., umacnianiu brzegów, dna, przebudowie rzek płynących wieloma korytami poprzez koncentrowanie ich w jednym korycie, budowie ostróg, tam podłużnych (koncentracja nurtu dla żeglugi) (Forbes et al. 2017). Stosowana na terenie miast zwiększa możliwość szybszego przepuszczenia wód powodziowych.

Regulacja powoduje przyspieszenie odpływu wód z regulowanego odcinka, erozję denną, rzadziej występują wylewy na przyległy obszar doliny, ale zwiększa zagrożenie powodziowe na niżej położonych odcinkach doliny i zlewni. Wynika to ze zwiększenia retencji korytowej, zmniejszenia retencji dolinowej i w rezultacie ze znacznego przyspieszenia spływu wód, co szczególnie przy wysokich ich stanach może doprowadzić do nałożenia się fal powodziowych rzeki głównej i dopływów. Szybszy prąd wody ma bardziej niszczące działanie niż wolny - zwiększa to ryzyko uszkodzenia wałów i wielkich strat po ich przerzuceniu. Dla przyrody ma wybitnie negatywny wpływ. Ujednolicenie koryta powoduje katastrofalny spadek różnorodności biologicznej w zakresie prawie wszystkich grup roślinnych i zwierzęcych zamieszkujących rzekę, ubożenie ekosystemów doliny rzecznej, duże utrudnienie dla przemieszczania się gatunków w górę rzek. Przykładowo – po wykonaniu robót regulacyjnych na śląskim odcinku Odry zaprzestano gniazdowania 38 gatunków ptaków, a znacznie zmalała populacja 28 gatunków (Tomiałojć i Dyrz 1993).

Uwaga: obecnie odchodzi się stopniowo od tak silnie przekształcających rzeki i ich doliny działań i zmierza w kierunku tzw. "ekoregulacji". Ekolodzy proponują wiele działań ograniczających i łagodzących szkodliwość prac regulacyjnych. Proponują np. tylko jed-

nostronną regulację rzeki, czyli pozostawienie jednej części koryta i skarpy niezmienionych (Mioduszewski 2015) wraz z istniejącą tam roślinnością wodną i nadwodną, umacnianie brzegów przy pomocy zabudowy roślinnej - czyli sadzenie drzew, których korzenie będą chronić brzeg przed erozją, używanie opasek faszynowych zamiast narzutu kamiennego itp. (Przyjazne 2006, Żelazo i Popek 2014). Takie rozwiązanie zastosowano m.in. podczas remontu Wrocławskiego Węzła Wodnego, na jednym z odcinków Odry poniżej centrum miasta. Znaczne ograniczenie zakresu prac osiągnięto przy regulacji Bobru w Wojanowie (Jeleński i Mikuś 2016).

1.3. Poszerzanie i pogłębianie koryt - koryta zmodyfikowane o większej pojemności

Jest to rodzaj regulacji poświęcony głównie zwiększeniu pojemności koryta. Stosuje się w rzekach płynących przez miasta oraz zmeliorowane obszary rolnicze - głównie grunty orne. Podstawowym celem jest tu dostosowanie koryta cieku do możliwości gravitacyjnego odprowadzenia wód z obiektu melioracyjnego. Regulacja rzeki ma więc na celu głównie obniżenie zwierciadła wody w rzece poniżej wylotu systemów odwadniających. Drugim celem jest ochrona terenów rolnych przed wylewami rzeki. Projektanci systemów melioracyjnych przyjmowali jako pewnik, że należy jak najszybciej odprowadzić wodę, gdyż każde jej wystąpienie na powierzchni gruntów ornych jest szkodliwe (Mioduszewski 2017a).

Działania te wpływają na wzrost retencji korytowej i zmniejszenie dolinowej. Pogłębienie i poszerzenie koryta rzeki powoduje, że w jej korycie mieści się więcej wody i w czasie wysokich jej stanów rzadziej wylewa się ona poza koryto, w tym na pola orne. Z tego powodu zwiększa się zagrożenie powodzienne na niżej położonych odcinkach doliny i zlewni. Wynika to ze znacznego przyspieszenia spływu wód, co szczególnie przy wysokich ich stanach może doprowadzić do nałożenia się fal powodziowych rzeki głównej i dopływów. Znacznie rzadsze wylewy rzeki na teren doliny w stosunku do sytuacji w stanie natu-

ralnym, prowadzą w konsekwencji do zwiększenia przepływów kulminacyjnych o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia w odcinku cieku poniżej uregulowanego odcinka (Bojarski et al. 2005) i zwiększają szansę na wylanie się wód na teren doliny. Poszerzenie i pogłębienie koryta rzeki prowadzi do spadku poziomu wód, nie tylko przy wysokich jej stanach, ale także przy stanach średnich i niskich. Przy niższych stanach wody, a także po usunięciu drzew nad brzegami może dojść do wzrostu temperatury wody, spadku poziomu tlenu itp. Stwarza to znaczne zagrożenie dla wielu gatunków roślin i zwierząt żyjących w rzece, szczególnie dla ryb (Acerman i Ferguson 2010). Roboty pogłębiarskie lub rozbudowa przekroju koryta powodują zanik bezkręgowców dennych i niszczenie tarlisk (Żelazo 2015). Spadek poziomu wód w rzece powoduje spadek poziomu wód gruntowych na przyległych obszarach doliny, rzadsze wylewy, a w rezultacie tego niekorzystne zmiany w ekosystemie doliny rzecznej, jak np. wysychanie nadrzecznych podmokłych łąk, przesuszenie torfowisk, wysychanie starorzeczcy, przechodzenie lasów łągowych w grądy itp.

1.4. Prace utrzymaniowe na rzekach

Prace te obejmują mniejszy zakres niż typowe prace związane z regulacją rzek. Zwykle jest to tzw. odmulanie dna, wykaszanie i wrywanie roślinności wodnej i nadwodnej, wycinanie drzew na skarpach rzeki i w pobliżu jej koryta, przywracanie korytom rzek jednolitego przekroju poprzecznego, m.in. przez zasypywanie wyrw w brzegach, usuwanie piaszczystych czy żwirowych łąch. Prace te mają na celu zwiększenie przepustowości koryta cieku, ograniczenie podnoszenia poziomu wody (na skutek podniesienia poziomu dna, oporów płynięcia wody powodowanych przez roślinność wodną i nadbrzeżną), umożliwienie odbioru wody z systemów melioracyjnych w dolinie, zapobieganie wylewom wody na grunty orne. W ostatnich latach toczyła się gorąca dyskusja na temat zakresu, celowości i szkodliwości tych prac na przyrodę (Łoś 2017). Dyskusja ta była wywołana m.in. intensyfikacją prac utrzymaniowych w wyniku dopływu środków finansowych z

Unii Europejskiej (Mioduszewski i Gniazdowska 2014). Autorzy ci proponują dokonanie podziału mniejszych rzek na istotne dla rolnictwa i istotne dla środowiska przyrodniczego i odpowiednie do tego prowadzenie lub ograniczenie, a nawet zaniechanie prac utrzymaniowych. Przeciwno pracom utrzymaniom na rzekach protestują organizacje ekologiczne. WWF Polska propaguje hasło „Niszczeniu rzek mówimy NIE” (www.wwf.pl). Opracowana została sieć hydrograficzna Polski ze wskazaniem odcinków rzek, na których prowadzone są prace utrzymaniowe. Jabłońska et al. (2013) oraz Prus et al. (2017a, b) przeprowadzili analizę stosowanych metod prac utrzymaniowych i zaproponowali rozwiązania akceptowalne dla gospodarki i jednocześnie jak najmniej szkodliwe dla przyrody. Podkreślają oni konieczność analizowania w każdym przypadku celowości realizacji prac. W celu przeciwdziałania gromadzeniu się osadów w dnie wyprostowanych rzek w Szkocji (i konieczności ich późniejszego wybierania) proponuje się stosowanie na terenach użytkowanych ornice „pułapek” na osady – w postaci suchych małych zbiorników w górze zlewni (Forbes et al. 2017).

Po wykonaniu prac utrzymaniowych zwiększa się pojemność korytowa cieków, woda szybciej odpływa z tego odcinka, zmniejsza się prawdopodobieństwo wylania wód wezbraniowych na przyległy teren doliny. Zwiększenie retencji korytowej, zmniejszenie retencji dolinowej, przyspieszenie spływu wód wezbraniowych powoduje wzrost zagrożenia na niżej położonych odcinkach doliny. Prace utrzymaniowe powodują znaczne straty w ekosystemie rzeki, szczególnie spadek różnorodności biologicznej - spadek liczby gatunków makrobentosu i ryb (Jabłońska et al. 2013). Zwykle rekolonizacja odcinka rzeki przez gatunki roślin i zwierząt trwa kilka – kilkanaście lat.

1.5. Wycinanie ławek w brzegach koryta

Budowa ławek jest formą zwiększania retencji korytowej przyjazną dla środowiska. Ławki tworzy się wycinając grunt w jednej ze skarp rzeki na poziomie średniej wody lub

niedużej (Lewis i Williams 1984, Wiśniewski i Żelazo 2005). W ten sposób dolna część koryta pozostaje bez zmian, a górna znacznie poszerza się, mieszcząc więcej wody niż uprzednio (Mioduszewski 2015). Woda przy stanach niskich i średnich płynie dolną częścią koryta, a przy wysokich jej stanach więcej wody mieści się w korycie rzeki. Zmniejsza to nieco retencję dolinową, ponieważ mniej wody wylewa się na teren doliny i rzadziej wylewa się na teren doliny. Tereny przyległe, np. pola orne, są rzadziej zalewane, mniejsze są straty gospodarcze. Na niżej położonych odcinkach cieków i zlewni większy przepływ korytowy zwiększa nieco zagrożenie powodziowe, wzrost zagrożenia jest niewielki przy dużych powodziach. Ławka jest częściej okresowo zalewana niż dolina rzeki. Na ławce tworzy się miejsce dogodne dla gatunków typowych dla brzegów rzek, jak np. pałki, trzciny, rdestu ziemnowodnego, tataraku itp., tworzą się miejsca gniazdowania dla ptaków jak np. trzciniak, trzcinniczek, bączek itp. Minusem funkcjonowania koryt z ławkami jest rzadsze zalewanie doliny, co pogarsza funkcjonowanie siedlisk typowych dla dolin rzecznych.

1.6. Zwiększanie retencji dolinowej przez nadbudowywanie koryt rzecznych

Dotyczy koryt o nadmiernej przepustowości (pogłębionych). Metodę tę można stosować w obszarach słabo zagospodarowanych (Przyjazne 2006). Stosuje się ją obecnie na obszarach górskich i podgórskich, na obszarach leśnych, torfowiskowych, wilgotnych łąk itp. Szczególnie cenna jest na źródłiskowych odcinkach cieków, gdzie obserwuje się ograniczenie dostawy rumowiska do koryt. Konieczne jest ponowne umożliwienie akumulacji aluwów w dnach tych koryt, prowadzącej do zmniejszenia pojemności koryt i przywrócenia retencji wód powodziowych w obszarach nadbrzeżnych (Bojarski et al. 2005). Wskazane jest pozostawianie grubego rumoszu drzewnego, jak przewrócone drzewa, gałęzie leżące w poprzek cieków, budowanie sieci progów wykonanych z pni drzew lub belek, ograniczenie pozyskiwania drzew

w obszarze nadbrzeżnym itp. (Wyźga i Ra-decki- Pawlik 2011). Dzięki tym działaniom uzyskuje się zwiększenie retencji dolinowej, korzystne dla przyległych obszarów leśnych, torfowisk, mokradeł. Osiąga się zmniejszenie zagrożenia powodziowego na niżej położonych odcinkach doliny. Zwiększenie uwodnienia terenów przyległych do cieków zapewnia poprawę warunków dla występujących tam siedlisk i gatunków.

1.7. Zwiększanie retencji korytowej poprzez budowę drugiego koryta równoległego do głównego koryta

Rozwiązanie stosowane np. w Niemczech i Wielkiej Brytanii (Forbes et al. 2017). Polega na tworzeniu drugorzędnych bocznych koryt obok głównych koryt. Wykonuje się je w kształcie zbliżonym do naturalnego. Przejmują one część fali powodziowej, dzięki czemu zwiększa się łączna retencja koryta i doliny, zmniejszając częstotliwość wylewów na teren przyległej doliny. Zmniejsza się też zagrożenie powodziowe niżej w dolinie, dzięki spowolnieniu przepływu wód rozdzielonych na 2 koryta i większej retencji korytowej. Nadanie kształtu zbliżonego do naturalnego dodatkowemu korytu, poprawia warunki występowania roślin i zwierząt wodnych oraz rozwoju siedlisk terenów podmokłych, minusem są rzadsze wylewy na teren doliny.

1.8. Zwiększanie retencji korytowej poprzez budowę kanału ulgi

Stosuje się je najczęściej do ochrony miast, prowadząc kanał odchodzący od nurtu rzeki powyżej miasta i wracając do niego poniżej miasta. Wykonuje się też kanały ulgi na meandrujących rzekach, łącząc zbliżone do siebie fragmenty koryta (Wołoszyn et al. 1994, Wiśniewski i Żelazo 2005). Kanały ulgi służą przeprowadzeniu nadmiaru wód. W obu przypadkach możliwe są dwa rozwiązania. Woda płynie kanałem ulgi albo stale (czyli część wody płynie korytem, a część kanałem ulgi), albo tylko w czasie wysokich stanów wody. Zwiększona zostaje retencja korytowa, zmniejszona dolinowa, znaczny spadek zagrożenia powodzią w przyległej dolinie. Kanały takie funkcjonują np. w Racibor-

zu i Opolu. W dole rzeki pojawia się nieco większe zagrożenie na skutek braku retencji dolinowej w rejonie kanału ulgi i głównego koryta rzeki, z drugiej strony rozdzielenie wód na dwa koryta powoduje zmniejszenie prędkości płynięcia wód powodziowych, co zmniejsza nieco zagrożenie niżej w dolinie. Regularny przekrój kanału powoduje, że jako siedlisko ma on małe znaczenie, duże gdy jest to stosowane zamiast innych rozwiązań, jak np. zamiast wycinania lasów czy dużych kęp zadrzewień w dolinie rzeki. Suche kanały ulgi (bez stałego przepływu wody) mogą powodować spadek poziomu wód gruntowych na terenie przyległym, co może wywołać wycofywanie się siedlisk związanych z wyższym poziomem wody. Przy wariacie kanału ulgi z płynącą stale wodą, mogą być zachowane ekosystemy rzeki i jej doliny, ponieważ wokół kanału ulgi z płynącą wodą utrzymuje się wysoki poziom wód gruntowych. Utworzona przez rzekę i kanał ulgi wyspa, może stać się miejscem dogodnym do rozrodu dla wielu zwierząt, np. ptaków, dzięki utrudnionemu dostępowi drapieżników lądowych.

1.9. Przerzut wody

Metoda możliwa do wykorzystania tylko w sprzyjających warunkach hydrograficznych. Używana przy dużych powodziach dla ochrony miast. We Wrocławiu, na jego wschodnim krańcu istnieje kanał przerzutowy wód Odry do rzeki Widawy (która wpada do Odry poniżej Wrocławia). Jego przepustowość to obecnie ok. 300 m³ na sekundę. W czasie powodzi w 1997 r. płynęło nim ok. 300 - 400 m³ wody na sekundę (po zniszczeniu śluzy) (Parzonka i Kosierb 2008). Zwiększa się dzięki temu retencja korytowa (bo obejmuje dwie rzeki). Większa jest też łączna retencja dolinowa (bo obejmuje doliny dwóch rzek). W przypadku rzeki Widawy, tam gdzie było to możliwe, odsunięto wały dalej od rzeki. Działania takie znacznie zwiększają zabezpieczenie miast w przypadku dużych powodzi, zmniejszając straty powodziowe. Utrzymanie wód powodziowych w międzywałach obu rzek powoduje, że zagrożenie powodziowe przenosi się na niższe odcinki doliny. W przypadku gdy pogłębia

się i poszerza koryto rzeki, do której ma być przerzucana część wód powodziowych, spada poziom wód w rzece i wód gruntowych, rzadziej występują wylewy na teren doliny lub międzywala, ze szkodą dla roślinności wodnej i dolinowej oraz występujących tam zwierząt. Przerzut wód pozwala uniknąć długotrwałych podtopień obszaru doliny (zbyt długich), osłabia niszczącą siłę nurtu rzeki - pozwala to zachować ekosystemy doliny rzecznej.

1.10. Przebudowa mostów i przepustów

Bezpieczeństwo mostów w czasie powodzi powinna zapewniać odpowiednia konstrukcja i położenie – tak aby wody powodziowe przechodziły pod nimi, nie spiętrzając się i nie wylewając na teren doliny (Hamilton 1999). Są tu stosowane dwa podstawowe rozwiązania. Pierwsze to podniesienie mostu wysoko nad lustro wody, tak by nawet przy katastrofalnych powodziach znajdował się nad wodą. W celu niedopuszczenia do nadmiernego podpiętrzenia wody przyczółki mostu odsuwa się daleko od koryta rzeki, a filary mostu stojące w rzece lub na trasie wód powodziowych likwiduje się. Drugie rozwiązanie to obniżenie drogi dojazdowej do mostu na terenie doliny rzecznej, poniżej jego poziomu po jednej lub po dwóch stronach, tak że wody powodziowe opływają go z jednej lub z dwóch stron, zalewając drogę, ale nie zalewając mostu (Bajkowski 2015). W czasie powodzi w 1997 r. w Polsce wiele mostów zostało zerwanych z powodu niewłaściwego ich zaprojektowania i wykonania, w tym też z powodu zbyt wąskiego światła mostów (Bojarski et al. 2005). Ze względów przyrodniczych wielokrotnie lepsze jest rozwiązanie polegające na odsuwaniu przyczółków mostów dalej od koryta rzeki. Ekolodzy proponują preferowanie takiego rozwiązania w nowo budowanych i remontowanych mostach. Podobnie na małych ciekach przy przejściach przez drogi stosowane przepusty z betonowych kręgów często miały za małą średnicę i ulegały uszkodzeniu, przy większych przepływach występowało nadmierne spiętrzenie wód oraz ścieśnienie przepływu,

czego wynikiem były ekstremalne prędkości zarówno w przepuszczeniu, jak i u wylotu (Kosiński 2011). Proponuje się tu ich przebudowę na mostki o większej przepustowości wody (Bojarski et al. 2005). Przebudowa mostów znacznie zwiększa bezpieczeństwo terenów przyległych do rzeki. Obniżenie poziomu dróg dojazdowych, w celu uniknięcia niekontrolowanego rozlania się wód powodziowych po dolinie, powinno być połączone z budową wałów lub ich odsunięciem dalej od rzeki. W rezultacie rzadziej będzie dochodzić do wylania wody na teren przyległej doliny na skutek spiętrzenia wody na moście, co z kolei zwiększy zagrożenie powodziowe na niżej położonych odcinkach doliny. Po przebudowie mostu – odsunięciu przyczółków dalej od wody, powstaną dobre warunki dla przemieszczania się zwierząt lądowych, znacznie polepszy się funkcjonowanie korytarza ekologicznego. Przebudowa przepustów rurowych na tradycyjne mostki umożliwi przemieszczanie się organizmów wodnych w głąb cieku.

1.11. Renaturyzowanie rzek

Renaturyzowanie odcinków rzek jest najczęściej prowadzone na szczeblu lokalnym. Przyczynia się do zmniejszenia zagrożenia powodziowego. Działania takie prowadzi się w różnych krajach, powstały podręczniki metodyczne renaturyzacji rzek (Cramer 2012, Żelazo i Popek 2014).

Wykonanie działań renaturyzacyjnych prowadzi do zwiększenia zróżnicowania przekroju poprzecznego i spadku podłużnego koryta rzecznoego, co w rezultacie powoduje spowolnienie przepływu, w wielu przypadkach też zmniejszenie retencji korytowej i zwiększenie retencji dolinowej. Po wykonaniu renaturyzacji zasięg wylewów wód na teren doliny nieco się zwiększa. Spowolnienie przepływu i wzrost retencji dolinowej powoduje zmniejszenie zagrożenia powodziowego na niższych odcinkach doliny rzecznej. Renaturyzacja albo umożliwiała szybką odbudowę siedlisk roślinnych i zespołów zwierząt, albo wprowadzanie roślin i zwierząt jest częścią działań renaturyzacyjnych.

2. Działania prowadzone w dolinie

2.1. Brak działań w obrębie nieprzekształconych dolin

Pozostawienie rzece możliwości rozlewania się po dolinie. Możliwe rozwiązanie przy małym zainwestowaniu na terenie doliny. Tereny zalewowe wskazuje się w dyrektywie powodziowej jako obszary naturalnej retencji. Pozostawienie nieprzekształconej doliny umożliwi uzyskanie pełnej retencji dolinowej. Na terenach przyległych do rzeki częste wylewy ograniczają możliwość intensywnego zagospodarowania, możliwa jest gospodarka pastwiskowa i łąkowa lub leśna. Dzięki dużej retencji dolinowej, spowolnieniu przepływu rozlanych wód i spłaszczeniu fali powodziowej na niższej położonych odcinkach doliny i w dole zlewni nastąpi zmniejszenie zagrożenia powodziowego, niższe koszty ochrony przeciwpowodziowej (Forbes et al. 2017). Dodatkowo korzyści to użytkowanie łąk i pastwisk niesionymi przez rzekę namulami oraz duże oczyszczanie wód rzeki w dolinie poprzez filtrację przez grunt. Rozwiązanie to stwarza szansę na zachowanie naturalnych ekosystemów dolin rzecznych, korytarzy ekologicznych (Jankowski 1995) i utrzymanie reżimu hydrologicznego zbliżonego do naturalnego. Możliwe jest zachowanie warunków do rozrodu wielu gatunków ryb, ptaków wodno-błotnych, szczególnie ważna jest możliwość zachowania rzadkich już lasów łągowych, typowego przekroju poprzecznego doliny z zespołem i zbiorowiskami roślinnymi charakterystycznymi dla kolejnych stref doliny rzecznej. Pozwala to na zachowanie torfowisk, podmokłych łąk, pastwisk, napełnianie wodą, przepłukiwanie starorzeczy, podnoszenie poziomu wód gruntowych w dolinie itp.

Uwaga: możliwe jest tu otaczanie pojedynczych wiosek czy domostw wałem pierścieniowym (Wołoszyn et al. 1994).

2.2. Rozbiórka wałów lub ich odsuwanie, budowa niskich wałów blisko krawędzi doliny

Liczne powodzie na rzekach silnie uregulowanych jak np. Ren, Missisipi, wykaza-

ły, że wysoka woda często nie mieściła się w obszarze międzywału (Żelaziński 2000). Jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu jest odsunięcie wałów jak najdalej od rzeki lub ich rozbiórka na odcinkach, gdzie brak obiektów wymagających ochrony lub blisko jest naturalna krawędź doliny. Łatwiej podjąć taką decyzję po dużej powodzi, gdy i tak większość wałów wymaga dużych remontów (Cramer 2012). W wielu przypadkach wały budowano w sposób systematyczny wzdłuż całej rzeki, także na odcinkach gdzie były lasy, nieużytki, łąki i pastwiska. Rozbiórce lub odsuwaniu wałów zwykle powinna towarzyszyć budowa wałów poprzecznych do osi doliny, by uniemożliwić wodom powodziowym rozlanym po dolinie zalanie też niższej położonych zagospodarowanych fragmentów doliny. Obecnie odsuwanie wałów jest coraz częściej wybieranym rozwiązaniem. Ma ono na celu odzyskanie dawnych terenów zalewowych, gromadzenie na nich wód powodziowych i odbudowanie bardziej naturalnego, dynamicznego reżimu hydrologicznego z okresowymi wezbraniem (Blackwell et al. 2006, Przyjazne 2006). We Francji opracowano całościowy program ochrony rzeki Loary obejmujący odcinkowe odsuwanie wałów, budowę polderów, zbiorników przeciwpowodziowych (Gąsowski i Dobrowolski 2010). W Polsce odsuwanie wałów w dolinie Warty proponował RZGW w Poznaniu (Wiśniewski 2016), a w rejonie Nowego Sącza na Dunajcu Łopuszek i Witkowska (2006). Wał odsunięto ostatnio w dolinie Odry na odcinku Domaszków-Tarchalice na długości ok. 6 km (RDOŚ Wrocław (Gustowska i Rzewuski 2015).

Funkcjonowanie wałów daleko od rzeki zwiększa znacznie retencję dolinową, zmniejsza ryzyko przerwania odsuniętych wałów, niższe są koszty budowy i utrzymanie wałów, mniejsze straty w przypadku przerwania wałów. Ogranicza to możliwość gospodarczego wykorzystania terenów zalewowych do łąk i pastwisk oraz lasów. Zwiększona retencja dolinowa i spowolnienie spływu wód powodziowych na wyżej położonym odcinku doliny ogranicza znacznie ryzyko powodzi na niższej położonych jej odcinkach. Dzięki szerokiej strefie międzywału większość sied-

lisk i gatunków typowych dla dolin rzecznych może być zachowana lub odbudowana, jak i funkcjonowanie korytarza ekologicznego.

Uwaga: podobnym rozwiązaniem jest budowa murków dopiero przed drogą w dolinie (idącą równoległe do rzeki), zamiast pogłębienia rzeki czy budowy wałów przy rzece (Jeleński i Mikuś 2016).

2.3. Budowa dużych wałów blisko rzeki

Według współczesnej wiedzy należy skrajnie ograniczyć budowę wałów do miejsc gdzie absolutnie inaczej nie da się zapewnić ochrony przed wielkimi wezbraniami (np. w miastach). Przykładowo, obecnie we Francji obowiązuje zakaz budowy nowych wałów zmniejszających obszary zalewowe z wyjątkiem budowli chroniących gęsto zabudowane i zagrożone powodzią tereny miejskie (Żbikowski i Żelazo 1996). Obwałowanie odcinka rzeki chroni do pewnych granic tereny do niego przyległe, z drugiej jednak strony powoduje, na skutek zmniejszenia retencji doliny i spadku oporów przepływu, wzrost maksymalnego poziomu fali powodziowej i przyspieszenie jej przebiegu (Clilverd et al. 2016). Konieczność rekompensaty za utraconą retencję spowodowaną budową wałów postulował już Dębski (1958). Wzrost kulminacji będzie tym większy, im bardziej (w wyniku obwałowania) zmniejszą się przekroje koryta wielkiej wody przy takich samych przepływach. Na skutek koncentracji koryta obwałowanego ulegają wzrostowi średnie głębokości oraz prędkości przepływu. Wzrost prędkości jest dodatkowo potęgowany zwiększeniem spadków na skutek skrócenia trasy wielkiej wody oraz zmniejszenia współczynników szorstkości w wyniku stosowanego w przeszłości uporządkowania międzywała. Oprócz zwiększenia prędkości przepływu, skracanie rzeki powoduje, że na jej skróconym odcinku następuje intensywna erozja, pogłębienie dna i w rezultacie przy niskim stanie wody w rzece przesuszenie terenów przyległych (Bobiński et al. 1992). Bardzo duże wały budowano najczęściej w miastach, rzadziej we wsiach. Niestety, duże (wysokie) wały blisko rzeki w wielu przypadkach bu-

dowano też poza miastami, wśród łąk, pól i lasów. W wyniku wybudowania wałów retencja dolinowa zostaje tu zamieniona na wielokrotnie mniejszą retencję tylko między wałami. W przypadku ich przerwania lub przelania wody nad nimi możliwe są katastrofalne straty gospodarcze (o ile za wałami w dolinie są tereny z zabudową). Niżej w zlewni występuje duży wzrost zagrożenia powodziowego na skutek zmniejszenia retencji dolinowej i przyspieszenia spływu wód. Niewielki pas doliny między rzeką a wałem jest zbyt wąski do zachowania zdolnych do trwania fragmentów naturalnych cennych ekosystemów nadrzecznych. Woda występująca z koryta jest spiętrzona przez wały do wyższego poziomu, jej szybkość płynięcia wzrasta, co powoduje niszczenie roślinności i zatapianie zwierząt. Odcięte od okresowych zalewów ekosystemy na zawalu szybko ulegają degeneracji. Wały ograniczają szerokość naturalnego korytarza ekologicznego i stanowią utrudnienie dostępu do rzeki (Żelazo 2015).

2.4. Tworzenie korytarza swobodnej migracji rzeki

Wały zwykle budowano równoległe do koryta rzeki. Obecnie proponuje się, by wały zamiast „podążyć” za rzeką, były budowane lub przebudowywane równoległe do osi całej doliny, tak aby rzeka mogła zmieniać nurt lub nawet meandrować pomiędzy wałami (Bojarski et al. 2005, Cramer 2012). Obszar międzywała zwykle wymaga powiększenia. Zwiększenie retencji dolinowej powoduje lepszą ochronę terenów na zawalu. Uzyskuje się także zwiększenie bezpieczeństwa niżej w dolinie, dzięki nieco większej retencji dolinowej, a z czasem dzięki stopniowym zmianom – zróżnicowaniu kształtu koryta, wzroście roślinności i w rezultacie spowolnienie czasu przepływu wody. W obrębie koryta, które bez interwencji człowieka będzie mogło się renaturyzować, w szerszym międzywału więcej będzie miejsca, lepsze będą warunki siedliskowe dla typowych dla rzek i ich dolin gatunków roślin i zwierząt.

2.5. Budowa wałów o różnej wysokości z każdej strony rzeki

Na wybranym odcinku doliny rzecznej, z jednej strony rzeki celowo nie buduje się wału lub buduje się wał niższy, niż z przeciwnej strony rzeki. Wybierana jest w ten sposób strona doliny, na którą mają się wylać wezbrane wody – tam gdzie spowoduje to znacznie mniejsze straty. Może być stosowane np. gdy wioska jest położona tylko na jednym brzegu rzeki, a pola na drugim (Jermaczek et al. 2014). Działanie takie zwiększa retencję dolinową po jednej stronie rzeki. W ten sposób chroniona jest lepiej druga strona doliny. Dzięki większej retencji dolinowej (niż w przypadku obustronnego wysokiego obwałowania) zwiększa się bezpieczeństwo terenów w dole rzeki. Rozwiązanie takie może być korzystne dla siedlisk i gatunków doliny rzecznej na brzegu z niższym wałem w związku z częstszymi wylewami.

2.6. Budowa dwóch linii wałów

Na najbardziej zagrożonych odcinkach lub w pobliżu szczególnie cennych obiektów można budować drugą linię wałów. Druga linia wałów powinna być wyższa (chronić przed wyższą wodą niż pierwsza, położona bliżej rzeki). W Polsce znajdują się jeszcze fragmenty systemów podwójnych obwałowań - tzw. wały letnie i zimowe (Wołoszyn et al. 1994). Pierwsze niskie wały chroniły przed zbyt częstymi zalewami fragmenty doliny bliżej rzeki. Woda przelewała się przez nie nawadniając dolinę. Natomiast drugie wyższe wały chroniły już wioski położone dalej w dolinie. Niestety z czasem zaczęto podwyższać tylko wały leżące bliżej rzeki, a zaniedbywać lub nawet rozkopywać drugą linię wałów. Pociągnęło to za sobą większe straty w ekosystemach dolin rzecznych oraz większe straty przy dużych powodziach.

Rozwiązanie takie zapewnia dobrą ochronę w czasie małych wezbrań, znaczną przy dużych wezbraniach (jeśli druga linia wałów jest dostatecznie wysoka). Skuteczność ochrony zależy od oddalenia wałów od rzeki i obszaru odciętej wałami doliny oraz od wysokości wałów. Przy odcięciu wałami

położonymi blisko rzeki dużej części doliny następuje wyraźny wzrost zagrożenia powodziowego na niżej położonych fragmentach doliny. Występują częstsze zalewy dużych fragmentów doliny niż w przypadku tylko jednej linii wysokich wałów blisko rzeki. Pozwala to na zachowanie części ekosystemów doliny rzecznej, ale rzadsze wylewy rzeki ograniczane przez pierwszy wał powodują degenerację części środowisk podmokłych między wałami i za drugim wałem. Sprzyja to zamianie łąk i pastwisk na pola orne.

2.7. Budowa wałów poprzecznych do osi doliny – wałów działowych

Wały działowe buduje się na zawalu prostopadle do wału, w głąb doliny. W przypadku przerwania wałów przeciwpowodziowych wały działowe mają za zadanie powstrzymanie spływu wód płynących zawalem (Łoś 2010). Można je budować np. przed miastami (Ruzikowska-Chmiel 2005). Rolę wałów poprzecznych mogą pełnić drogi dojazdowe do mostów położone na nasypie. W przypadku przerwania wału następuje jedynie zalanie przestrzeni powyżej wału działowego lub między nimi. Dzięki wałom działowym napływ wód powodziowych płynących zawalem nie dociera na niżej położone fragmenty zawala. Funkcjonowanie wałów poprzecznych nie ma istotnego wpływu na stan siedlisk i gatunków na zawalu, ponieważ zbyt rzadko zawale jest zalewane, by wytworzyły się na nim siedliska typowe dla doliny rzecznej.

2.8. Budowa wałów okrężnych

Wały okrężne budowane są w przypadku, gdy na dolinie zalewowej nie chronionej wałami znajdują się pojedyncze zabudowania lub grupa zabudowań. Zabudowania takie otacza się wałem. Przykładem takiego rozwiązania jest wał okrężny Mokry Dwór chroniący zakład produkcji wody dla Wrocławia. W przypadku wystąpienia powodzi grupa domów z wałem tworzy wyspę wśród rozlanych wód. Rozwiązanie może okazać się niebezpieczne w przypadku wystąpienia katastrofalnej powodzi i przerwania wału lub przelania się wody przez jego koronę. Potrzebna jest wtedy

szybka ewakuacja mieszkańców. Wał okrężny ma niewielki wpływ na skuteczność ochrony przeciwpowodziowej na niżej położonych częściach doliny (nieznacznie obniżona retencja dolinowa przez wyłączenie z zalewu obszaru wokół zabudowań. Dla ekosystemu doliny rzecznej jest to znacznie lepsze rozwiązanie (okresowe zalewy doliny) niż obwałowanie całej rzeki.

2.9. Obniżenie powierzchni terasy zalewowej

Usunięcie warstwy gleby, żwiru itp. z terenu części doliny czy międzywala spowoduje, że przy nie zmienionym korycie woda będzie wylewała częściej na teren doliny lub międzywala. Prowadzi to do zwiększenia retencji dolinowej w międzywale lub nieobwałowanej dolinie (Lewis i Williams 1984). Należy dodać, że na niektórych odcinkach rzek obwałowanych dochodzi do stopniowego podwyższenia poziomu gruntu na międzywale, jak w przypadku Baryczy koło Żmigrodu. W sposób znaczący zwiększa to zagrożenie powodziowe terenów przyległych.

Obniżenie powierzchni terasy zalewowej powoduje zwiększenie retencji dolinowej. Gdy w dolinie są wały, to uzyskuje się mniejsze zagrożenie dla terenów leżących w dolinie dalej od rzeki. Dzięki większej retencji dolinowej mniejsze jest zagrożenie powodziowe na niżej położonych jej odcinkach. Na etapie obniżania dna doliny, straty w siedliskach mogą być duże, z biegiem lat częstsze wylewy na teren doliny mogą pomóc odbudować siedliska typowe dla doliny rzecznej.

2.10. Retencjonowanie wody w polderach

Budowa polderów jest tańsza od budowy zbiorników zaporowych o podobnej retencji. Budowane są one w dolinie obok rzeki, zwykle w niższych fragmentach cieków. Za wałem położonym blisko rzeki otacza się groblą wybrany fragment doliny. Wodę wpuszcza się przez służę wlotową, a wypuszcza przez wylotową. Budowa polderów jest uważana za ważne rozwiązanie dla ochrony przeciwpowodziowej i ochrony walorów ekologicznych doliny (Blackwell et al. 2006). Część autorów

uważa, że poldery nie mogą spełniać efektywnej roli w ochronie przeciwpowodziowej dużych rzek jak Odra czy Wisła - wynika to z dużej objętości fali powodziowej w stosunku do możliwej do uzyskania retencji powodziowej (Mioduszewski et al. 2012). Gdy polder zlokalizowany jest w depresji w stosunku do rzeki, wodę trzeba odpompowywać. W przeciwnieństwie do zbiorników wielofunkcyjnych ich obszar może między zalewami być użytkowany gospodarczo, jako łąki, pastwiska i lasy. Niestety po II Wojnie Światowej część polderów np. między Opolem a Wrocławiem została inaczej zagospodarowana - powstały na nich wioski, osiedla mieszkaniowe, pola orne itp., które w czasie kolejnych powodzi były chronione przed zalaniem (Nieznański 2003). RZGW Poznań proponuje budowę bardzo dużego polderu Golina w dolinie Warty (Wiśniewski 2016). Poldery zwiększają znacznie retencję dolinową, chronią tereny leżące za nimi dalej od rzeki, pozwalają na retencjonowanie znacznych ilości wody, zmniejszają ryzyko powodziowe na niżej położonych odcinkach doliny. Rozwiązanie bardzo korzystne dla siedlisk i gatunków typowych dla dolin rzecznych. Obok nieobwałowanych odcinków rzek dają możliwości zachowania mało zmienionych ekosystemów dolinowych. Poldery można budować wokół terenów z cennymi ekosystemami wymagającymi okresowych nawodnień jak lasy łęgowe, olsy, wilgotne i zmiennowilgotne łąki, torfowiska. Budowa polderów zabezpiecza cenne przyrodniczo tereny przed niekorzystnym dla nich zagospodarowaniem. Z przyrodniczego punktu widzenia lepszym rozwiązaniem jest, aby zalewanie polderu następowało przy każdym wezbraniu (aby utrzymać wysoką wilgotność zawała i rytm zalewów), a nie - jak jest to najkorzystniejsze z punktu widzenia ochrony przeciwpowodziowej - dopiero w celu ścięcia szczytu fali powodziowej, i to tylko przy dużych powodziach (Łoś 2010). Minusem funkcjonowania polderów jest nieco odmienna częstotliwość (zwykle mniejsza) i okresowość zalewania, niż na odcinkach nieobwałowanych, co może prowadzić do pewnych niekorzystnych zmian w ekosystemach na nich się znajdujących.

Uwaga: tereny dogodne do budowy polderów to także ujścia dopływów, widły rzek, gdzie nie ma miast i wsi, na terenach depresyjnych. Po przeprowadzeniu rachunku strat i zysków należy rozważyć możliwość przeniesienia na wyższe tereny małych wiosek znajdujących się na terenach potencjalnych polderów, lub pozostawienie ich w obrębie polderu, ale otoczonych własnym wałem kolistym.

Funkcjonujące poldery to np. ujście Warty, Nysy Łużyckiej, Buków - na Odrze powyżej Raciborza, Oława - Lipki powyżej Wrocławia. Potencjalnymi miejscami na poldery są m. in. ujścia dopływów Odry - np. Baryczy, Jezierzycy, Stobrawy.

2.11. Budowa suchych zbiorników retencyjnych

Budowane zwykle w górnych fragmentach cieków. Woda przy stanach niskich i średnich przepływa przez nie bez piętrzenia. Zbiornik taki wypełniany jest dopiero przy wysokich stanach wód zwykle raz na kilkanaście lat. W Sudetach funkcjonuje 12 takich zbiorników (Lenar-Matyas et al. 2009). Ich łączna pojemność maksymalna $V_p = 28,57$ mln m^3 . Obecnie zaawansowane są plany wybudowania 4 suchych zbiorników na Nysie Kłodzkiej i jej dopływach w Kotlinie Kłodzkiej i jednego na Kaczawie powyżej Legnicy. Uzyskuje się w ten sposób możliwość dużej retencji dolinowej i ochrony terenów przyległych, znacznie mniejsza ryzyko powodziowe niżej w dolinie rzeki. Jest to jedno z lepszych rozwiązań, ponieważ pozostają niezmienione warunki przepływu dla wody niskiej i średniej. Nie przeszkadza wędrówkom ryb, a powierzchnia zbiornika może być użytkowana jako łąki czy pastwiska, mogą być zachowane starorzecza, zarośla i zadrzewienia wzdłuż koryta rzeki. Nie ma tu potrzeby trwałego zatopienia gruntu, jak w przypadku klasycznych zbiorników retencyjnych. Dolina powyżej zapory czołowej jest zalewana zwykle na kilkudniowy okres. Zalanie następuje częściej i wyższym poziomem wody niż przed budową zbiornika, co może czasami powodować niekorzystne zmiany w występujących tam ekosystemach. Ponadto gromadzenie wód w

czasie wysokich jej stanów, powoduje rzadsze zalania doliny poniżej zbiornika. Dopiero przy dużych falach powodziowych następuje zalanie doliny rzecznej poniżej zbiornika, co może pogorszyć stan występujących tam siedlisk, jak np. wilgotnych łąk, łągów czy starorzeczy. Istnienie zapory czołowej, a czasami także bocznych może pogorszyć funkcjonowanie korytarza ekologicznego doliny rzecznej.

2.12. Budowa dużych wielofunkcyjnych zbiorników retencyjnych

Za duże zbiorniki retencyjne zwykle uważa się zbiorniki o pojemności całkowitej powyżej 5 milionów m^3 i wysokości piętrzenia ponad 5 m. Zbiorniki te przegradzają całą dolinę rzeki. Jedną z ważniejszych funkcji jest ochrona przeciwpowodziowa - chronią przed małymi i średnimi, łagodzą skutki dużych powodzi, przy katastrofalnych powodziach, zawodzą. Ważną ich funkcją jest też podnoszenie i wyrównywanie przepływów niżówkowych (Jankowski 2004). Retencja dolinowa jest tu zastąpiona retencją zbiornikową. Dzięki zbiornikowi można zretencjonować wielokrotnie więcej wody niż w nieobwałowanym odcinku doliny o tej samej długości. Zależy to też od wielkości utrzymywanej rezerwy powodziowej. Zbiornik bardzo zwiększa bezpieczeństwo w dole cieku, na którym jest posadowiony, wpływ jego maleje w dole zlewni (gdzie już dużą rolę mają kolejne dopływy). Może zwiększyć zagrożenie powodziowe w czasie wielkich powodzi (Wawręty i Żelaziński 2006). Raport Światowej Komisji do spraw zapór (WCD 2000) stwierdza, że negatywny wpływ zapór wodnych na środowisko przewyższa skutki pozytywne, a w wielu sytuacjach doszło już do nieodwracalnych strat gatunków i ekosystemów. Zalanie terenu po napełnieniu nowego zbiornika wielofunkcyjnego powoduje najbardziej drastyczne zmiany - łądowe ekosystemy doliny rzecznej giną, a stopniowo zastępują je ekosystemy wodne i wodno-błotne. Wycinane są drzewa, krzewy, zalewane torfowiska, mokradła, zmiennowilgotne łąki, starorzecza itp. (Jankowski 2004). Najgroź-

niejsza dla przyrody jest zmiana naturalnego reżimu hydrologicznego. Zbiornik eliminuje naturalne zalewy dolin rzecznych poniżej zapory (Babiński 2002). Brak zalewów powoduje duże straty w siedliskach i gatunkach dolin rzecznych. Na przykład w dolinie Warty poniżej zbiornika Jezioro nastąpił drastyczny spadek populacji gatunków ptaków wodno-błotnych, w tym wielu z załącznika I dyrektywy ptasiej (Winiński 2016). Wysokie i niskie stany wód w rzece poniżej zbiornika występują w innych porach roku, niż przed jego wybudowaniem. Poniżej zbiornika, na skutek zatrzymywania osadów niesionych przez rzekę w zbiorniku, następuje erozja denną i związany z nią spadek poziomu wód gruntowych w dolinie (Żelazo 2015), rzadsze są wylewy wód. Jeśli zbiornik jest głęboki i następuje stratyfikacja termiczna, a woda jest spuszczana tylko przez upusty denną, to latem temperatura wody w rzece poniżej zbiornika może być znacznie niższa, niż przed budową zbiornika, woda zrzucana ze zbiornika ma inny skład chemiczny niż powyżej zbiornika, często jest silnie zeutrofizowana. Powyższe czynniki powodują katastrofalne zmiany w ekosystemach rzeki i jej doliny. Szczególnie dotknięte są ekosystemy wymagające okresowych zalewów i wysokiego poziomu wód gruntowych, jak lasy łąkowe, olsy, torfowiska, podmokłe łąki. Lasy łąkowe – już bardzo rzadko zachowane, o najwyższej różnorodności biologicznej – stopniowo zmieniają się w lasy grądowe, czyli formacje mniej rzadkie i mniej cenne, z podmokłych łąk po ich przesuszeniu i zamianie na inne zespoły łąkowe znikają rzadkie i chronione gatunki roślin jak np. storczyki. Z samej rzeki znika wiele cennych gatunków ryb i zwierząt bezkręgowych. Upośledzeniu ulega korytarz ekologiczny doliny rzecznej (Jankowski 1995). Turbiny elektrowni funkcjonujących na zbiornikach zabijają dużą liczbę ryb spływających w dół rzeki (Wiśniewski 2005). Zagrożeniem dla organizmów wodnych mogą być płynące ze zlewni zanieczyszczenia pochodzące z rolnictwa, przemysłu, kanalizacji miejskich itp. (Bojarski 2005). Przy wnoszeniu przez wody rzek do zbiornika dużej ilości fosforu i azotu zagrożeniem dla

jego przyrody i rzeki poniżej może być eutrofizacja, zakwity sinicowe.

Po ich utworzeniu mogą wytworzyć się na ich obrzeżach (miejscach okresowo zalewanych) cenne tereny łąkowe dla ptaków wodno-błotnych, jak np. na zbiorniku Jezioro na Warcie (Winiński 2016) czy zbiorniku Goczałkowickim (Betleja et al. 2014). W przypadku wydobywania żwiru spod wody i pozostawiania nadkładu w formie wysp, zbiornik zyskać może nowe cenne miejsce łąkowe dla ptaków wodno-błotnych – np. zbiornik Mietków na Bystrzycy (Orłowski i Gębski 2008). Zbiorniki zaporowe, np. Nyski (Stawarczyk et al. 1996) i Otmuchowski na rzece Nysa Kłodzka, stanowią miejsce żerowania i wypoczynku dla tysięcy ptaków siewkowych w okresie migracji oraz miejsce zimowania dla wielu ptaków wodnych. Istnieje możliwość kompromisowej gospodarki wodą zbiornika. W celu ochrony siedlisk i gatunków typowych dla doliny rzecznej proponuje się w okresie wiosennym kilkudniowe zalewy łąk, pastwisk, lasów łąkowych przy pomocy zwiększonego zrzuwu wody ze zbiornika.

Oprócz budowy zbiorników zaporowych, dokonuje się też rozbiórki zapór w celu renaturyzacji dolin, umożliwienia wędrówek na tarło rybam (Pizzoto 2002). Działania te wpływają pozytywnie na funkcjonowanie korytarzy ekologicznych dolin rzecznych. Zmiana poziomu wód gruntowych wokół rozzebranego zbiornika może doprowadzić do znacznej przebudowy składu gatunkowego roślin i zwierząt.

2.13. Budowa małych wielofunkcyjnych zbiorników retencyjnych

Za małe zbiorniki retencyjne uważa się najczęściej zbiorniki o całkowitej pojemności do 0,1 miliona m³ i do wysokości piętrzenia 5 m. Buduje się je pojedynczo lub w układzie kaskadowym. W olbrzymiej większości są to zbiorniki wielofunkcyjne – służą gromadzeniu wody dla rolnictwa, ludności, celom przeciwpowodziowym (Radczuk et al. 1997). Sieci zbiorników małej retencji proponuje się niekiedy jako alternatywę dla budowy jednego dużego zbiornika.

Sieć zbiorników małej retencji lokowanych w górnych odcinkach rzek i ich dopływów kosztuje mniej (koszty budowy i utrzymania) niż jeden duży zbiornik o tej samej pojemności, zbiorniki małe, gdy pełnią tu rolę zbiorników wody pitnej, znajdują się bliżej poszczególnych małych miast i wiosek, powodują wielokrotnie niższe straty w przypadku awarii lub katastrofy. Małe zbiorniki, szczególnie te lokalizowane w lasach, pełnią też ważną funkcję jako zbiorniki przeciwpożarowe. Na odcinku doliny zajęтым przez zbiornik znacząco wpływa on na zwiększenie retencji gruntowej, lepsza jest ochrona terenów przyległych do zbiornika, dobrze chroniona jest dolina poniżej zbiornika. Małe zbiorniki są znacznie mniej szkodliwe dla ekosystemów dolin rzecznych niż duże zbiorniki, bo mniejszy jest obszar zalewu powyżej zapory czołowej. Poniżej tych zbiorników może dochodzić do erozji dennej wpływającej na zwiększenie pojemności koryta, obniżenie poziomu wody w rzece i wody gruntowej w przyległej dolinie, rzadszych wylewów, ze szkodą dla ekosystemów rzeki i doliny. Małe zbiorniki mogą być cennym siedliskiem dla bezkręgowców jak np. ważki, płazów i ptaków na terenach pozbawionych wód stojących, ale przerywają szlak wędrówek ryb (często istniejące przepławki dla ryb nie funkcjonują prawidłowo). Zbiorniki były czasami lokalizowane na cennych siedliskach jak: torfowiska, podmokłe łąki z wieloma gatunkami chronionymi roślin i zwierząt.

Niekiedy proponuje się lokalizację zbiorników małej retencji nie na rzece, a obok niej, np. w Wielkiej Brytanii (Lewis i Williams 1984). Rzeka nie przepływa przez taki zbiornik, ale zasila go bocznym kanałem, inny kanał służy do spuszczenia wody. Zbiornik taki ma nieco mniejszą zdolność retencyjną niż zbiornik na rzece, ale ma tę zaletę, że nie przerywa szlaku wędrówek ryb na tarło i ciągłości biologicznej rzek.

Instalowanie na zbiornikach retencyjnych elektrowni wodnych zwiększa ich niekorzystny wpływ na przyrodę, a szczególnie na ryby – przerywa lub bardzo utrudnia możliwość wędrówek i przemieszczania się ryb w górę cieku. Niestety wiele tych obiektów nie ma przepła-

wek lub funkcjonują one nieprawidłowo (Żurek 2009). Z drugiej strony w Polsce wykonuje się już pierwsze programy udrażniania rzek dla ryb, tworzenia korytarzy ekologicznych w dolinie rzecznej, np. na Pomorzu Zachodnim dla rzeki Regi (Witkowska et al. 2013).

Znacznie gorszymi z przyrodniczego punktu widzenia są projekty zamiany jezior na zbiorniki retencyjne. Wahanie poziomu wód prowadzą do trwałych uszkodzeń, a nawet zniszczenia całych zespołów i zbiorowisk strefy brzegowej oraz roślin wodnych ukorzenionych (Grobelska 2012).

2.14. Budowa stawów rybnych

Funkcje zbiorników małej retencji pełnią też stawy rybne (Drabiński et al. 2010). Dzięki infiltracji wody ze stawów do przyległych gruntów znacząco zwiększają zasoby retencji gruntowej. Przy zagrożeniu powodziowym na cieku zaopatrującym je w wodę możliwości retencyjne stawów są ograniczone, ale mogą trochę obniżyć zagrożenie powodziowe na niższej położonych fragmentach doliny. Powstają nowe środowiska wodne, szczególnie cenne, gdy jest prowadzona ekstensywna gospodarka rybacka, gdy są na nich wyspy, szerokie pasy trzcin, pałki i innej roślinności wodnej (doskonałe warunki dla ptaków wodnych, płazów), poprawa mikroklimatu, uzupełnianie zasobów wód gruntowych w okresie letnim na terenach przyległych. Potencjalne niekorzystne skutki są małe, chyba że buduje się stawy na terenach cennych przyrodniczo, np. likwiduje wilgotne łąki, lub gdy stawy stają się pułapką ekologiczną na skutek napełniania lub spuszczenia wody w trakcie sezonu łęgowego. Przy intensywnej hodowli ryb wnoszą duże ładunki zanieczyszczeń do cieków poniżej stawów.

2.15. Budowa stopni wodnych

W przeciwieństwie do zbiorników zaporowych nie przegradzają całej doliny, ale tylko koryto rzeczne i jego najbliższe otoczenie. Podstawowym ich zadaniem jest umożliwienie żeglugi oraz znaczne jej uniezależnienie od wahań poziomu wody w rzece. Dodatkowo służą często produkcji energii elektrycznej. Bardzo wysokie koszty budowy.

W związku z wykorzystaniem żegludowym i utrzymywaniem wysokiego piętrzenia ich możliwości retencyjne są niskie. Spiętrzenie wody na stopniach rzecznych często powoduje utratę retencji dolinowej przez ograniczenie zalewu zaporami bocznymi (Żelazo 2015). Zapory boczne chronią przed powodzią tereny przyległe. Na odcinku powyżej stopnia wody rzeki mogą infiltrować do doliny zwiększając retencję gruntową. Na odcinku poniżej stopnia następuje wzrost infiltracji wody z doliny do rzeki. Podpiętrzenie rzeki przez stopień zwiększa ryzyko powodzi na odcinkach niżej położonych - powoduje wzrost prędkości spływu szczytów fal wezbraniowych oraz wzrost ich wysokości i zagrożenia powodziowego. Te zjawiska są wskazywane jako przyczyny wzrostu zagrożenia powodziowego (np. na Renie) (Żelazo 2015). Ponadto stopnie wodne są elementem dróg wodnych, dla utrzymania których pogłębia się rzekę, zwęża się koryto ostrogami lub tamami podłużnymi. Zwiększa to tym samym prędkość przepływu wód powodziowych, zwiększając zagrożenie powodziowe w dole rzeki. Po wybudowaniu stopnia następuje gwałtowna zmiana poziomu wód gruntowych w dolinie. Powyżej stopnia powoduje to nadmierne podtapianie, a nawet konieczność wycinki lasów. Podtapianie jest szczególnie groźne w przypadku starych drzewostanów. Natomiast poniżej stopnia na przestrzeni wielu kilometrów zachodzi spadek poziomu wód gruntowych w dolinie na skutek postępującej erozji dennej (Pływaczyk et al. 2007). Prowadzi to do obniżania poziomu wód w dolinie, co także prowadzi do stopniowego zamierania drzewostanów, przemiany lasów łąkowych w grądy, podsychnania dotychczas wilgotnych łąk, zaniku starorzeczy itp. Możliwe jest stosowanie technicznych środków zmniejszania skali erozji poprzez budowę progów, niecek wypadowych itp. (Kisiel 2011). Stopnie wodne przerywają szlaki wędrówek ryb (choć czasami ryby wpływają do śluz i z barkami dostają się na następny odcinek). Przepławki dla ryb dość często nie są skuteczne (Wiśniewolski 2005). Wszystkie powyższe negatywne skutki są szczególnie silne poniżej ostatniego w kaskadzie stopnia

w dole rzeki. Istnieje możliwość wystąpienia deficytów tlenowych i śnięcia ryb - co zaobserwowano powyżej stopnia Włocławek na Wiśle latem 1986 r., gdzie zginęło wtedy 456 ton ryb (Wiśniewolski 2000). Turbiny elektryczne funkcjonujących na stopniach wodnych zabijają dużą liczbę ryb płynących w dół rzeki (Wiśniewolski 2005).

Uwaga: istnieje możliwość nawadniania doliny poniżej stopnia wodnego z pomocą kanałów pobierających wodę powyżej stopnia i rozprowadzających ją po dolinie poniżej stopnia. Rozwiązanie takie proponuje się dla projektowanego stopnia Malczyce na Odrze (Adamski et al. 1994).

2.16. Wykorzystanie dróg przegradzających dolinę do zwiększenia retencji i spowolnienia odpływu

Istnieje możliwość, szczególnie w górach i na pogórzach, wykorzystania dróg położonych na nasypie, przecinających doliny (Paluch et al. 2005). Proponuje się modyfikację istniejących przepustów pod drogami - zmniejszenie ich przekrojów tak, by hamowały częściowo spływ wód przy wystąpieniu intensywnych opadów, oraz wykonanie przelewów - syfonów w górnej części nasypów, pod powierzchnią drogi do odprowadzenia nadmiaru zgromadzonej wody. Lokalnie rozwiązania takie mogą zwiększyć nieco retencję, przy zastosowaniu wielu takich rozwiązań w zlewni, wpływ może być znaczący. Wiąże się to z okresowymi podtopieniami okolic dróg. Przy wykorzystaniu wielu dróg można uzyskać znaczną dodatkową retencję i spowolnienie odpływu. Zmniejszy to szansę wystąpienia powodzi na terenach niżej położonych oraz utworzy to możliwość podniesienia poziomu wód gruntowych na okresowo zalewanym obszarze i wytworzenia się siedliska dla wilgotnych i zmiennowilgotnych łąk.

2.17. Wycinanie lasów i krzewów w międzywalu

Sposób stosowany do przyspieszenia spływu wód powodziowych, obniżenia poziomu wód powodziowych przechodzących przez odcinek międzywala zarośniętego lasem, za-

drzewieniami, zakrzaczeniami, stosowany też na nieobwałowanych odcinkach. Lasy w dolinie rzecznej retencjonują duże ilości wody, ale spowalniają jej przepływ. Spowalnianie przepływu jest w wielu przypadkach korzystne – np. zmniejsza napór wód na wały (nawet czyni to pas z kilku szeregów drzew). Las rosnący w dolinie rzeki podpiętrza wodę płynącą doliną, jeśli szerokość doliny czy międzywale pozostaje niezmieniona w stosunku do bezleśnego odcinka rzeki. Gdy dolina czy międzywale są dostatecznie szerokie, efekt podwyższenia poziomu wód nie wystąpi lub będzie niewielki. Stachy (2012) oceniając wpływ gajów wierzbowych na spiętrzenie wód wielkich w rzece postuluje opracowanie strategii walki ze skutkami zarastania koryt wielkiej wody. Zapewnienie należytej przepustowości koryt wielkiej wody powinno stać się według niego jednym ze sposobów walki z powodzią. Łoś (2010) dzieli międzywale i dolinę rzecznaną na dwie strefy. W pierwszej przyległej do koryta i mniej więcej do niego równoległej następuje znaczący przepływ wody. Dominuje ona wszędzie tam, gdzie dolina jest zwarta i wąska. Druga strefa jest bardziej zróżnicowana i z reguły nieciągła. Tworzą ją kolejne enklawy w rozszerzeniach doliny, które biorą znikomy udział w transporcie wody. Większe enklawy mogą natomiast odgrywać znaczącą rolę w retencjonowaniu części wezbrań. Autor ten uważa, że należy wycinać drzewa i krzewy w międzywale w strefie pierwszej, a w strefa druga – tam gdzie wały zostały odsunięte od rzeki – może być przeznaczona na łąki i olsy. Pogląd ten nie uwzględnia jednak bardzo wysokich walorów przyrodniczych lasów rosnących w strefie wylewów wód na teren doliny. W przypadku, gdy następuje podpiętrzenie wód przez las, istnieje kilka technicznych możliwości rozwiązania tego problemu (Jankowski 1997). Hydrotechnicy proponują najczęściej wycięcie lasu lub jego części – rozwiązanie to jest zdecydowanie niekorzystne dla ekosystemów dolin rzecznych. Są też możliwe rozwiązania pozwalające zachować przepustowość dolin rzecznych (dla wód powodziowych) i rosnące tu cenne przyrodniczo lasy i zadrzewienia (Jankowski 1997). Dobrą metodą może być poszerzenie

trasy spływu wielkich wód poprzez odsunięcie wałów dalej od rzeki na odcinku leśnym. Podobnym rozwiązaniem jest podwyższenie wałów na odcinku zalesionym i powyżej niego w górę doliny (tak daleko jak sięga efekt podpiętrzenia wody). Możliwe jest też wykonanie kanału ulgi w dolinie rzecznej, dla przeprowadzenia nadmiaru podpiętrzonych przez las wód. Należy rozważać także wykorzystanie faktu podpiętrzenia wody przez las i zlokalizowania w dolinie na jego wysokości polderu napełnianego podpiętrzoną wodą. Innym rozwiązaniem jest wykonanie drugiej linii wałów, wyższej od pierwszej, dowiązanej do pierwszej powyżej i poniżej lasu w dolinie, wykonanie przewałów lub śluz wałowych w pierwszym, niższym wale powyżej i poniżej lasu. W przypadku wysokich stanów wód woda podpiętrzona przez las przeleje się przez przewał wałowy (lokalne obniżenie) lub przepłynie przez śluzę wałową, popłynie między wałami i będzie wlewać się ponownie do koryta rzeki przez przewał wałowy w pierwszej linii wałów poniżej lasu. Uwaga: w ciągu ostatnich 30 lat bardzo dużo łąk i pastwisk w dolinie Odry porosło krzewami na skutek zaprzestania gospodarowania. Ekolodzy akceptują w tych przypadkach konieczność wycinki większości z nich w celu utrzymania drożności międzywala. Nie mogą natomiast zgodzić się na wycinkę podrostu i podszytu na terenie istniejących starych lasów (czyli zamiany lasów w parki). Tam gdzie jest to możliwe należy natomiast popierać odtworzenie w dolinach rzecznych lasów łęgowych. Ocena skutków wycinki lasu w międzywale lub nieobwałowanej dolinie rzecznej jest bardzo niekorzystna dla ekosystemu doliny rzecznej. Wycięcie lasu zmniejsza nieco retencję dolinową, zmniejsza ryzyko zalania terenów na zawału czy w dolinie dalej od rzeki. Zwiększa natomiast zagrożenie na niższych położonych odcinkach doliny. Przy braku drzew w międzywale czy dolinie rzeka nie napotyka oporów przepływu, spływa znacznie szybciej. Za koniecznością zachowania lasów w dolinach rzek przemawia niezwykle wysoka wartość i rola tych lasów, jak np. w dolinie Odry (dominują lasy w wieku ponad 80 lat, bardzo duży udział lasów ponad 100-letnich,

duży ponad 120-letnich) (Tomiałojć i Dyrzc 1993), podpisane przez Polskę konwencje w tym o bioróżnorodności, o ochronie dzikich zwierząt, Dyrektywy habitatowa i ptasia oraz inne.

2.18. Przesiedlenia ludności i przenoszenie zabudowań z najbardziej zagrożonych terenów na tereny wyżej położone

W przypadku powtarzających się powodzi, może to być tańsze rozwiązanie niż budowa, remont, podwyższanie wałów niedających pełnej gwarancji ochrony przed kolejną powodzią. Przeniesienie zabudowań poza obręb doliny zwiększa możliwość retencji w dolinie, ogranicza straty w czasie powodzi. Dotyczy szczególnie domów zalewanych już nawet przy małych powodziach. Niestety brak jest mechanizmów umożliwiających odbudowę w bezpiecznym miejscu (Owczarek-Nowak 2011). Przenoszenie zabudowy sprzyja powiększeniu retencji dolinowej - czyli zmniejszenie groźby powodzi na terenach przyległych, zmniejsza w niewielkim stopniu zagrożenie powodziowe na niżej położonych odcinkach rzek. Działanie takie zwiększa możliwość renaturyzacji fragmentów doliny rzecznej.

2.19. Maksymalne ograniczenie lokalizacji zabudowy w dolinach rzecznych

Należy kształtować odpowiednie zagospodarowanie obszarów nadrzecznych, zapobiegać lokalizowaniu zabudowy na terenach zagrożonych powodzią. Powinno być ono dostosowane do poziomu zagrożenia powodziowego (Owczarek-Nowak 2011). Dla obszaru kraju opracowano mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego. Mają one służyć między innymi ograniczeniu zabudowy terenów zagrożonych powodzią i w rezultacie ograniczeniu strat powodziowych. Gminy powinny nanieść obszary zagrożone powodzią na plany i studia zagospodarowania przestrzennego. Zadanie to wykonała tylko część gmin. Powodem jest obawa przed żądaniem odszkodowań przez

właścicieli gruntów zagrożonych powodzią - za utratę wartości działek położonych w tych strefach. Obecnie coraz powszechniej uznaje się rolę planowania przestrzennego w przeciwdziałaniu powodziom i suszom (Ruzikowska-Chmiel 2005). Kwestia ta nabiera dużego znaczenia, zwłaszcza w kontekście przekształcania gruntów ornych w grunty zabudowane i zurbanizowane, co znacząco wpływa na wzrost odpływu i podnosi przepływy maksymalne w lokalnych ciekach miejskich i podmiejskich (Owczarek-Nowak 2011). Potrzebne są działania nietechniczne ukierunkowane m.in. na zapobieganie utracie retencyjności terenów niezurbanizowanych i rekompensatę utraty naturalnej retencyjności na terenach poddanych urbanizacji. Dotyczy to nie tylko terenów nieobwałowanych i międzywał, ale i zawała w obrębie doliny. Szczególnie istotne jest ograniczenie zabudowy terenów dolinowych leżących w depresjach i widłach rzek. Ograniczenie zabudowy dolin rzecznych powoduje zachowanie większości dotychczasowej retencji dolinowej, sprzyja minimalizacji strat w czasie powodzi, szczególnie katastrofalnych, nie zwiększa zagrożenia powodziowego niżej w dolinie rzecznej. Daje to szanse na zachowanie mało zmienionych ekosystemów dolin rzecznych, korytaryzacji ekologicznych, wobec zmniejszonej obecności i penetracji ludzkiej.

3. Działania prowadzone w całej zlewni

3.1. Wzrost retencji glebowej na terenach zajętych przez rolnictwo

Wzrost retencji na terenach rolniczych można osiągnąć poprzez szereg różnych działań. W skali kraju bardzo duży efekt może dać odbudowa zastawek na rowach melioracyjnych. Według Mioduszeńskiego (1994), w całym kraju pojemność rowów i cieków melioracyjnych podstawowych i szczegółowych przekracza 500 mln m³. Nawet częściowe ich wykorzystanie może w istotny sposób przyczynić się do wzrostu zasobów wodnych. Według tego autora zainstalowanie na systemach drenarskich urządzeń regulujących odpływ wody umożliwi zwiększenie retencji gruntowej w skali kraju o 1 mld m³. Zagro-

zeniem jest niewłaściwe zaprojektowanie i wykonanie części systemów melioracyjnych oraz niewłaściwa ich eksploatacja. Niewiele zmieniło się od roku 1994. Mioduszeński (2017a) pisze: „Prawdą jest, że istniejące systemy melioracyjne nastawione są głównie na odprowadzenie wody. Rolnicy - właściciele szczegółowych systemów melioracyjnych zapominają o swej własności, często niszczą własne budowle, a bardzo rzadko podejmują próby eksploatacji znajdujących się na ich terenie urządzeń wodnych. Aż dziwne, że nawet w okresach suszy rolnik nie zamyka zastawek”.

Wiele melioracji niepotrzebnie wykonywano jako melioracje systematyczne (czyli tam gdzie były potrzebne i niepotrzebne). W ramach tego likwidowano mikrorzeźbę terenu, w zagłębieniach terenu likwidowano lokalne oczka wodne, tereny podmokłe. Znaczna część melioracji, to były melioracje odwadniające, a nie odwadniająco-nawadniające. Osobnym problemem jest niewłaściwe użytkowanie systemów melioracyjnych. Brak zastawek na rowach melioracyjnych lub ich nie obsłużenie powoduje, że w okresie opadów, woda zamiast nasycić profil glebowy, spływa do najbliższych cieków zwiększając zagrożenie powodziowe. Mioduszeński (2017a) proponuje budowanie stałych progów na rowach melioracyjnych ograniczających spływ wód opadowych. Zalecane jest rozważne podchodzenie do wykonywania nowych melioracji, nie prowadzenie melioracji systematycznych. Niezwykle ważna jest rezygnacja z melioracji pozostałych jeszcze torfowisk mających bardzo duże zdolności retencyjne (Acreman i Holden 2013), podmokłych łąk i pastwisk, odtwarzanie ich tam, gdzie to możliwe ze względu na walory przyrodnicze i bardzo dużą zdolność retencjonowania wody (Kostuch 2013). Tam gdzie to możliwe, a szczególnie w szerokich pasach terenu przyległych do cieków, należy odtwarzać lasy łąkowe, olsy, torfowiska, mokradła, podmokłe łąki. Nadprodukcja żywności pozwala już dziś przeznaczyć część wody na potrzeby środowiska przyrodniczego. Zakłada się, że na terenach „nierolniczych”, leśnych i wszędzie tam, gdzie nadmiar wody nie jest

szkodliwy, utrzymujemy wodę w okresach jej nadmiaru możliwie długo (Mioduszeński 2017a). Dobre efekty daje zwiększanie zawartości próchnicy w glebie. Podnosi to znacznie jej pojemność wodną. Można to osiągnąć poprzez wzrost stosowania nawozów organicznych, stosowanie i przeorywanie poplonów, przeorywanie pozostałej po zbiorach słomy itp. Ważne jest stosowanie zabiegów agromelioracyjnych polegających na likwidacji podeszwy płużnej. Podeszwa płużna to zagęszczona i zbita warstwa gleby znajdującej się pod dnem bruzdy między warstwą orną a podorną. Powstaje ona na skutek używania ciężkiego sprzętu do prac rolnych, wieloletniej orki na tę samą głębokość. Jest ona słabo przepuszczalna. Zalecane jest też zwiększanie pojemności wodnej gleb przez głęboką orkę lub spulchnianie gleb zwięzłych i ich wapnowanie. Ważna jest budowa zbiorników małej retencji w zlewni rolniczej, które pomogą też we wzroście różnorodności biologicznej (Mioduszeński 2012), budowa zbiorników małej retencji lub terenów podmokłych na końcu systemów melioracyjnych – przed ujściem do rzeki – w celu spowolnienia odpływu. Tworzenie minimum 10 m szerokości pasów drzew i krzewów na styku pole orne - brzeg rzeki, maksymalne ograniczanie wycinania pasów zadrzewień przy rowach melioracyjnych. W razie konieczności ich konserwacji wycinanie drzew tylko z jednego brzegu. Do innych cennych działań należy też utrzymywanie i odtwarzanie mikrorzeźby terenu, śródpolnych oczek wodnych, prowadzenie orki w poprzek stoku, tworzenie tarasów, zardarnienie lub zalesienie gruntów na stokach o znaczącym nachyleniu, zwiększanie zasilenia zbiorników wód podziemnych przez budowę stawów i studni infiltracyjnych. Podsumowując, im większa retencja na obszarach rolnych, tym wolniejszy z nich spływ wód po opadach do najbliższych cieków. Wszelkie działania zwiększające retencję na gruntach ornych zmniejszają zagrożenie powodziowe w zlewni, jednocześnie wpływa to pozytywnie na przyległe do upraw fragmenty naturalnych i półnaturalnych ekosystemów. Im większa retencja gruntowa, tym mniejsza jest potrzeba stosowania działań technicznych w

dole zlewni jak wały, regulacje itp., co z kolei jest korzystne dla występujących tam ekosystemów. Wzrost retencji na gruntach rolnych może poprawić warunki wodne na terenach przyległych, nie wpływa lub zmniejsza ich zagrożenie powodziowe (w zależności od konfiguracji terenu). Wzrost retencji na terenach rolnych, spowolnienie spływu wód opadowych może być bardzo istotnym czynnikiem ograniczającym wielkość powodzi w niższych partiach zlewni. Zwiększenie retencji na gruntach rolnych jest korzystne dla występujących na nich i na terenach przyległych cennych siedlisk i gatunków – chroni je przed skutkami suszy, zwiększa wilgotność gleby.

3.2. Wzrost retencji na terenach leśnych

Do wzrostu retencji prowadzi wiele różnych działań. Ważną rolę mają prace zwiększające częstotliwość i zakres wylewów wód poza koryta cieków i rowów. Należą do nich przegradzanie koryt poprzez budowę drewnianych lub kamiennych progów, które dodatkowo zmniejszają erozję cieków, pozostawianie przewróconych na ich koryta drzew, wypłykanie ich koryt (Pawlaczyk et al. 2001).

Ważnym wkładem w wzrost lokalnej retencji był realizowany w ostatnich latach duży program tworzenia zbiorników małej retencji, odtwarzania mokradeł, torfowisk, mikrorzeźby terenu – jak np. w Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach (Albertusiak 2011).

Do innego rodzaju prac zwiększających retencję należą dolesienia, szczególnie w terenach górskich i podgórskich. Sprzyja to redukcji ilości wody docierającej do rzek poprzez spowalnianie spływu wody i zwiększenie infiltracji wody do gleby, nie wycinanie drzew rosnących nad ciekami, przebudowa lasów w kierunku zgodności z siedliskiem (bardziej odporne na wpływ czynników zewnętrznych), odchodzenie od monokultur leśnych (mniejsze zdolności retencyjne), maksymalne ograniczenie wielkości zrębów, wprowadzanie i wzbogacanie warstwy runa, podszytu, prowadzenie zwózki ściętych drzew w sposób nie zwiększający erozji, nie niszcząc runa i podszytu, nie tworząc rynien

w dół stoku, stosowanie kolejek linowych do transportu ściętych drzew w górach. W działania te doskonale wpisują się tamy budowane przez bobry, zwłaszcza na rowach melioracyjnych powodujących zbyt intensywne osuszanie zbiorowisk leśnych. Rola tych zwierząt w zwiększeniu możliwości retencyjnych obszarów, zwłaszcza leśnych, jest nie do przecenienia. Wzrost retencji na terenach leśnych może poprawić warunki wodne na terenach przyległych, nie wpływa lub zmniejsza ich zagrożenie powodziowe (w zależności od konfiguracji terenu). Wzrost retencji na terenach leśnych, a szczególnie w górach i na pogórzach, gdzie spada najwięcej deszczu, spowoduje zmniejszenie zagrożenia powodziowego na terenach w dole zlewni. Powyższe działania naprawcze są korzystne dla ekosystemów leśnych, zwiększają różnorodność biologiczną, pomagają zachować lasy łęgowe, torfowiska, i inne, zwiększając odporność lasów.

3.3. Wzrost retencji na terenach jednostek osadniczych - w miastach i wsiach

Wzrost retencji można osiągnąć przez wydłużenie czasu obiegu wody opadowej na terenie miast, a przy okazji pożytecznie ją wykorzystać. Można to osiągnąć poprzez tworzenie zielonych dachów na budynkach osiedlowych, gromadzenie do beczek, małych zbiorników wody spływającej z dachów i wykorzystywanie jej w instalacjach sanitarnych, do podlewania ogrodów itp., tworzenie i odtwarzanie osiedlowych zbiorników i stawów zasilanych wodą tylko w okresie deszczów, tworzenie nowych terenów zielonych, przebudowa części kanalizacji deszczowej z rurowej zakopanej w ziemi na kanały na powierzchni gruntu, zamianę powierzchni nieprzepuszczalnych pokrytych np. betonem jak parkingi, place, płytami azurowymi (Januchta-Szostak 2012). Innym pożytecznym rozwiązaniem mogłoby być wykorzystanie dawnych pól irygacyjnych, jako miejsca gromadzenia wód deszczowych z kanalizacji miejskiej. Możliwe jest wykorzystanie małych zbiorników wodnych do retencji części wód opadowych, których nie jest w stanie przejąć kanalizacja, ani płynące przez miasto

cieki (Staćzyk i Baryła 2016). Taka szansa istnieje np. obecnie we Wrocławiu, gdzie w 2016 r. zaprzestano oczyszczania ścieków na polach irygacyjnych na obszarze ok. 1000 ha. Gromadzenie wody w miastach i wsiach przez wzrost retencji gruntowej i zbiornikowej, spowalnianie jej odpływu, zmniejsza zagrożenie lokalnych podtopień w czasie nawalnych deszczy. Działania te wpływają na zmniejszenie zagrożenia powodziowego w niższej położonych odcinkach dolin rzecznych. Dzięki tworzeniu nowych terenów zielonych i zbiorników wodnych powstają nowe siedliska dla wielu gatunków roślin i zwierząt, mogą być tworzone lokalne korytarze ekologiczne.

4. Inne działania przeciwpowodziowe

Niezbędne jest wprowadzenie dopłat za udostępnienie obszarów rolnych do zalewania. W UE jest możliwość stosowania takich dopłat, jest na to osobna pula pieniędzy. Niestety przed laty Minister Rolnictwa zdecydował, by pieniądze z tej puli przelać na konto dopłat bezpośrednich. Należy rozważyć wyznaczenie w dolinach rzek stref, gdzie powódzie występują częściej niż raz na 10 lat, wprowadzenie prawa, że odszkodowania na tym terenie nie będą wypłacane w przypadkach upraw zbożowych, warzywnych itp. Odszkodowania będą wypłacane tylko za straty w łąkach i pastwiskach (o ile wystąpią). Należy uregulować sprawy odszkodowań za działki na terenach zagrożonych powodzią zaznaczonych w planach i studiach zagospodarowania przestrzennego. Należy też rozważyć rozpoczęcie wykupywania przez administrację wodną minimum 10 m pasów terenu przy korytach rzek, tworzenie tam pasów drzew i krzewów, będzie to też hamować spływ zanieczyszczeń obszarowych w gruntów rolnych. Ruzikowska-Chmiel (2005) proponowała na terenach zalewowych zamianę gruntów ornych na łąki i pastwiska za odszkodowaniem. Należy wprowadzić zmianę w prawie, tak aby wypłacanie dopłat bezpośrednich w rolnictwie było uwarunkowane utrzymywaniem we właściwym stanie systemów melioracyj-

nych, prawidłowym operowaniem systemem zastawek. Mioduszewski (2017b) proponuje: „Każdy właściciel płaci określoną sumę za hektar łąki wyposażonej w sieć rowów odwadniających (uzasadnienie marnotrawstwo wody). Za każdą zbudowaną (istniejącą użytkowaną zastawkę) odlicza mu się określony procent od sumy wyjściowej aż do zera”. Jest to uzasadnione, ponieważ według przepisów warunkiem dopłat bezpośrednich jest utrzymanie gruntów w dobrej kulturze rolnej. Administracja wodna nie powinna być obciążana wypłatami odszkodowań za straty powodziowe. Ubezpieczać powinni się obywatele, a państwo powinno dopłacać do tych ubezpieczeń. Wzorem Niemiec należy zróżnicować stawki ubezpieczeń w zależności od zagrożenia powodziowego.

Streszczenie

Doliny rzeczne są miejscem występowania wielu cennych siedlisk i gatunków. Zabezpieczenie przed powodzią może być osiągnięte w różny sposób, mniej lub bardziej szkodliwy dla przyrody. Dokonano przeglądu literatury, przeprowadzono analizę skuteczności rozwiązań różnych technicznych metod ochrony przeciwpowodziowej i ich wpływu na ekosystemy dolin rzecznych. Omówiono zagrożenia dla przyrody dolin rzecznych. Za największe uznano regulację rzek, budowę dużych zbiorników zaporowych, wałów blisko rzeki, stopni wodnych, wycinanie lasów i krzewów w międzywalu. Wskazano działania mało szkodliwe dla przyrody jak budowa suchych zbiorników retencyjnych, polderów, kanałów ulgi, przerzut wody do innego cieku, przebudowę mostów, renaturyzację rzek, rozbiorę wałów lub odsuwanie ich daleko od rzeki na wybranych fragmentach doliny, tworzenie korytarzy swobodnej migracji rzeki. Wskazano na rolę maksymalnego ograniczenia lokalizacji zabudowy w dolinach rzecznych, wzrostu retencji glebowej na terenach zajętych przez rolnictwo, na terenach leśnych i na terenach jednostek osadniczych, przedstawiono możliwe działania prawne i organizacyjne.

LITERATURA

- ACERMAN M. C., FERGUSON J. D. 2010. Environmental flows and the European Water Framework Directive. *Freshwater Biol.* 55: 32-48.
- ACERMAN M., HOLDEN J. 2013. How wetlands affect floods. *Wetlands* 35: 773-786.
- ADAMSKI P., BARTEL R., BERESZYŃSKI A., KEPEL A., WITKOWSKI Z. (Eds.). 2004. Gatunki zwierząt (z wyjątkiem ptaków). Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny. Ministerstwo Środowiska, Warszawa: 500.
- ADAMSKI A., JAKUBIEC Z., JANKOWSKI W. 1994. Ocena oddziaływania budowy stopnia wodnego Malczyce na środowisko przyrodnicze (Maszynopis). Polskie Towarzystwo Przyjaciół Przyrody „pro Natura”, Wrocław.
- ALBERTUSIAK A. 2011. Działania Lasów Państwowych w zakresie małej retencji. In: Zagadnienia ochrony przeciwpowodziowej oraz perspektywy rozwoju żeglugi śródlądowej. Materiały informacyjne z warsztatów prowadzonych w Krakowie. RZGW Gliwice, RZGW w Krakowie, RZGW Wrocław, Kraków: 102-106.
- BABIŃSKI Z. 2002. Wpływ zapór na procesy korytowe rzek aluwialnych. Wyd. Akademii Bydgoskiej, Bydgoszcz.
- BAJKOWSKI S. 2015. Wpływ mostu Siekierka na warunki przepływu wezbrań na rzece Zwolenka. *Wiad. Melior. Łąk.* 1: 23-29.
- BETLEJA J., KRÓL J., KOHUT J., SCHNEIDER G. 2014. Ptaki zbiornika Goczałkowickiego. *Ptaki Śląska* 21: 5-68.
- BLACKWELL M.S.A., MALTHBY E. GERRITSEN A.L. 2006. Ecoflood guidelines: how to use floodplains for flood risk reduction. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- BOBIŃSKI E., ŻELAZIŃSKI J., BOROWSKI K., KADŁUBOWSKI A., BOCZEK M. 1992. Zasady ochrony przeciwpowodziowej. Polskie Towarzystwo Geofizyczne, Warszawa: 94.
- BOJARSKI A. 2005. Środowiskowe aspekty eksploatacji zbiorników retencyjnych. In: TOMIAŁOJCZAK L., DRABIŃSKI A. (Eds.). Środowiskowe aspekty gospodarki wodnej. Komitet Ochrony Przyrody PAN, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji AR we Wrocławiu, Wrocław: 137-147.
- BOJARSKI A., JELEŃSKI J., JELONEK M., LITEWKA T., WYŻGA B., ZALEWSKI J. 2005. Zasady dobrych praktyk w utrzymaniu rzek i potoków górskich. Ministerstwo Środowiska, Warszawa: 143.
- CHYLARECKI P., ENGEL J., KINDLER J., NIEZNAŃSKI P., OKRUSZKO T., RUTKOWSKI M., WISNIEWSKA M. 2005. Zasady gospodarowania na obszarach Natura 2000 w dolinach rzek. WWF Polska, GWP Polska, Warszawa.
- CLILVERD H.M., THOMPSON J.R., HEPPELL C.M., SAYER C.D., AXMACHER J.C. 2016. Coupled hydrological/hydraulic modelling of river restoration impacts and floodplain hydrodynamics. *River Res. Appl.* 32, 9: 1927-1948.
- CRAMER M. L. (Ed.). 2012. Stream Habitat Restoration Guidelines. Washington Departments of Fish and Wildlife, Natural Resources & Ecology, Washington State Recreation and Conservation Office, Puget Sound Partnership, U.S. Fish and Wildlife Service. Olympia, Washington: 844. Dostęp 10.10.2017. [<http://wdfw.wa.gov/publications/01374/>].
- DĘBSKI K. 1958. Regulacja rzek. cz. IV. Ochrona od powodzi. SGGW, Warszawa.
- DRABIŃSKI A., JAWECKI B., TOKARCZYK-DOROCIĄK K. 2010. Rola stawów w gospodarce wodnej zlewni - Konferencja Naukowa „Wielowymiarowe walory stawowej produkcji ryb”, SGGW Warszawa, 10-11.II.2010.
- FLORSHEIM J. L. MOUNT J. F., CHIN A. 2008. Bank erosion as desirable attribute of rivers. *Bioscience* 58, 6: 519-529.
- FORBES H., BALL K., MCLAY F. 2017. Natural Flood Management Handbook. SEPA Scottish Environment Protection Agency.
- GAŚSOWSKI Z., DOBROWOLSKI A. 2010. Ochrona przed powodzią doliny Loary jako przykład rozwiązań zgodnych z zasadą zrównoważonego rozwoju. *Gosp. Wodna* 3: 103-109.
- GROBELSKA H. 2012. Zmiany zadrzewień w strefie brzegowej jezior w efekcie ich spiętrzania (Zbiornik Pakoski, Noteć Zachodnia). *Prace i Studia Geogr.* 50: 19-27.
- GUSTOWSKA J., RZEWUSKI W. 2015. Domaszków – Tarchalice – odtworzenie naturalnej retencji przeciwpowodziowej doliny Odry. *Gosp. Wodna* 12: 361-363.
- HAMILTON L. 1999. Bridge hydraulics. Routledge Publishers. London.

- JABŁOŃSKA E., KOTKOWICZ M., MANEWICZ M. 2013. Inwentaryzacja oraz ocena skutków przyrodniczych ingerujących w hydromorfologię rzek prac „utrzymaniowych”. Wstępny Raport WWF Polska. Maszynopis. Warszawa.
- JANKOWSKI W. 1995. Funkcja i znaczenie korytarzy ekologicznych. In: JANKOWSKI W., ŚWIERKOSZ K. (Eds.). Korytarz ekologiczny doliny Odry. Stan – Funkcjonowanie – Zagrożenia. IUCN. Warszawa: 185-203.
- JANKOWSKI W. 1997. Czy można pogodzić ochronę przyrody z ochroną przeciwpowodziową. In: SMOLNICKI K. (Ed.). Ekologiczne metody zapobiegania powodziom. Fundacja Oławy i Nysy Kłodzkiej, Wrocław: 56-76.
- JANKOWSKI W. 2004. Współczesne poglądy dotyczące wpływu funkcjonowania zbiorników zaporowych na ekosystemy dolin rzecznych. In: HEESE T., PUCHALSKI W. (Eds.). Bliskie naturze kształtowanie dolin rzecznych. Monografie Wydz. Bud i Inż. Środow. 103, Politech. Koszalińska, Koszalin: 141-156.
- JANUCHTA-SZOSTAK A. 2012. Usługi ekosystemów wodnych w miastach. Zrównoważony Rozwój - Zastosowania 3, 3. Fundacja Sendzimira, Poznań: 91-112.
- JELEŃSKI J., MIKUŚ P. 2016. Zastosowanie przyjaznego środowisku podejścia inżynierskiego do ograniczenia ryzyka powodzi na przykładzie regulacji odcinka rzeki Bóbr w Wojanowie. Gosp. Wodna 4: 101-109.
- JERMACZEK A., PAWLACZYK P., PRZYBYLSKA J. 2014. Ochrona i odtwarzanie naturalnego charakteru rzek i dolin rzecznych na przykładzie rzeki Stobrawy. Wyd. Urzędu Marszałkowskiego Województwa Opolskiego, Opole.
- KISIEL A. Modernizacja dolnego stanowiska stopnia wodnego Łączany na Wiśle w 2001 r. Gosp. Wodna 11: 463-471.
- KOSICKI A. J. 2011. Metody hydraulicznego projektowania przepustów z uwzględnieniem morfologii cieku i wymogów związanych ze swobodnym sływem ryb. Gosp. Wodna 3: 108-117.
- KOSTUCH R. 2013. Znaczenie użytków zielonych w żywieniu zwierząt oraz środowisku przyrodniczym. Wiad. Melior. Łąk. 2: 74-76.
- LENAR-MATYAS A., POULADR C., RATOMSKI J., ROYET P. 2009. Konstrukcja i działanie suchych zbiorników przeciwpowodziowych o różnej charakterystyce i lokalizacji. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich 9: 115-129.
- LEWIS G., WILLIAMS G. 1984. Rivers and Wildlife Handbook: A guide to practices which further the conservation of wildlife on rivers. RSPB, Lincoln.
- ŁAPUSZEK M., WITKOWSKA H. 2006. Wpływ zwiększenia rozstawu wałów na poprawę warunków ekologicznych oraz ochronę przeciwpowodziową. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 4, 2: 89-98.
- ŁOŚ M.J. 2010. Wstępna ocena funkcjonalnego stanu rzek i dolin w świetle ostatniej powodzi. Gosp. Woda 8: 315-321.
- ŁOŚ M. J. 2017. W sprawie wymagań związanych z regulacją małych rzek. Gosp. Wodna 1: 25-28.
- MIODUSZEWSKI W. 2012. Small water reservoirs – their function and construction. J. Water Land Dev. 17: 45-52.
- MIODUSZEWSKI W. 2015. Utrzymanie rzek istotnych dla rolnictwa. Wiad. Melior. Łąk. 1: 17-22.
- MIODUSZEWSKI W. 2017a. Budowle i urządzenia wodne – wymagania rolnictwa i środowiska przyrodniczego. Wiad. Melior. Łąk. 1: 2-9.
- MIODUSZEWSKI W. 2017b. Naturalne metody ograniczania skutków suszy i zagrożenia powodziowego. Wiad. Melior. Łąk. 2: 69-72.
- MIODUSZEWSKI W., GNIAZDOWSKA J. 2014. Utrzymanie rzek istotnych dla rolnictwa na przykładzie województwa mazowieckiego. Wiad. Melior. Łąk. 2: 50-59.
- MIODUSZEWSKI W., KOWALEWSKI Z., KUBRAK J., KACZMARCZYK M. 2012. Hydrauliczna ocena oddziaływania polderów na wezbrania powodziowe Wisły środkowej. Gosp. Wodna 9: 375-381.
- NAWROCKI P., NIEZNAŃSKI P., ŻELAZO J. 2009. Możliwości oraz sposoby rozwiązywania zagadnień problemowych i konfliktowych w gospodarce wodnej. Hydrotechnika XI. Ustroń.
- NIEZNAŃSKI P. 2003. Ekologiczne aspekty ochrony przeciwpowodziowej. Konferencje i Seminaria 5 (49) 03. Kancelaria Sejmu. Warszawa.
- ORŁOWSKI G., GĘBSKI P. 2008. Pojawy rzadkich ptaków na zbiorniku Mietkowskim w latach 1998 – 2005. Ptaki Śląska 17: 49-60.

- OWCZAREK-NOWAK E. 2011. Zagospodarowanie przestrzenne i jego rola w ochronie przeciwpowodziowej. In: Zagadnienia ochrony przeciwpowodziowej oraz perspektywy rozwoju żeglugi śródlądowej. Materiały informacyjne z warsztatów prowadzonych w Krakowie. RZGW Gliwice, RZGW w Krakowie, RZGW Wrocław: 62-72.
- PALUCH L., PAŁCZYŃSKI M., PARUCH A., PULIKOWSKI K. 2005. Zwiększanie retencji i poprawa jakości wód za pomocą opóźniacza odpływu. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.
- PARZONKA W., KOSIERB R. 2008. Hydrogramy fali powodziowej w 1997 w węźle Odra–Widawa. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich 9: 271-281.
- PAWLACZYK P., WOŁĘJKO L., JERMACZEK A., STANKO R. 2011. Poradnik ochrony mokradeł. Wyd. Klubu Przyrodników, Świebodzin.
- PŁYWACZYK L., OLSZEWSKA B., ŁYCZKO W., KLAUS R. 2007. Oddziaływanie stopnia wodnego na Odrze w Brzegu Dolnym na koryto rzeki i warunki wodne w dolinie. Wiad. Melior. Łąk. 3: 106-114.
- PIZZOTO J. 2002. Effects of dam removal on river form and process. BioScience 52: 683-692.
- PRUS P., PAWLACZYK P., POPEK Z. 2017a. Działania minimalizujące negatywne skutki przyrodnicze prac utrzymaniowych na rzekach nizinnych. Wiad. Melior. Łąk. 3: 112-121.
- PRUS P., PAWLACZYK P., POPEK Z. 2017b. Planowanie prac utrzymaniowych na małych rzekach nizinnych – aspekty przyrodnicze i ekonomiczne. Wiad. Melior. Łąk. 3: 122-131
- PRZYJAZNE NATURZE KSZTAŁTOWANIE RZEK I POTOKÓW – PRAKTYCZNY PODRĘCZNIK. 2006. Polska Zielona Sieć. Wrocław – Kraków.
- RADCZUK L., OLEARCZYK D., NALBERCZYŃSKI A. 1997. Retencja zbiornikowa w dorzeczu górnej i środkowej Odry. Gosp. Wodna 4: 113-117.
- RAPORT ŚWIATOWEJ KOMISJI DO SPRAW ZAPÓR (WCD 2000).
- RUZIKOWSKA – CHMIEL A. 2005. Oddać przestrzeń rzekom – jakie są możliwości i korzyści. In: TOMIAŁOJC L., DRABIŃSKI A. (Eds.). Środowiskowe aspekty gospodarki wodnej. Komitet Ochrony Przyrody PAN, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji AR we Wrocławiu, Wrocław: 97-105.
- STACHY J. 2012. Wpływ gajów wierzbowych na spiętrzenie wielkich wód w rzece. Gosp. Wodna 3: 17-109.
- STAŃCZYK T., BARYŁA A. 2016. Zwiększenie retencji wód opadowych przez rekultywację małych zbiorników wodnych. Wiad. Melior. Łąk. 2: 77-80.
- STAWARCZYK T., GRABIŃSKI W., KARNAŚ A. 1996. Migracja siewkowych Charadriiformes na zbiorniku Nyskim i Turawskim w latach 1976 – 1994. Ptaki Śląska 11: 39-80.
- ŚWIERKOSZ K. 2005. Doliny rzek jako integralny element europejskiej sieci ekologicznej Natura 2000. In: TOMIAŁOJC L., DRABIŃSKI A. (Eds.). Środowiskowe aspekty gospodarki wodnej. Komitet Ochrony Przyrody PAN, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji AR we Wrocławiu, Wrocław: 265-273.
- TOMIAŁOJC L., DYRCZ A. 1993. Przyrodnicza wartość dużych rzek i ich dolin w Polsce w świetle badań ornitologicznych. Ochrona przyrody i środowiska w dolinach nizinnych rzek Polski. IOP PAN, Kraków: 13-38.
- WAWRĘTY R., ŻELAZIŃSKI J. (Eds.). 2006. Zapory a powódzie. Wyd. Towarzystwo na rzecz Ziemi. Polska Zielona Sieć. Oświęcim, Kraków.
- WINIECKI A. 2016. Wpływ zbiornika Jezioro na obszary prawem chronionej przyrody. Gosp. Wodna 9: 331-336.
- WIŚNIEWOLSKI W. 2000. Eksploatowane zespoły ryb Zbiornika Włocławskiego przed i po katastrofie ekologicznej. In: Wybrane aspekty gospodarki rybackiej na zbiornikach zaporowych. Materiały Konf. Międzynarodowej Gołysz, 15-16 maj 2000 r.: 152-165.
- WIŚNIEWOLSKI W. 2005. Odtwarzanie ekologicznej ciągłości rzek i szlaków migracji ryb. In: TOMIAŁOJC L., DRABIŃSKI A. (Eds.). Środowiskowe aspekty gospodarki wodnej. Komitet Ochrony Przyrody PAN, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji AR we Wrocławiu, Wrocław: 295-319.
- WIŚNIEWOLSKI J. 2016. Dlaczego powinniśmy zbudować polder Golina na Warcie. Gosp. Wodna 1: 25-30.

- WIŚNIEWSKI S., ŻELAZO J. 2005. Możliwość ograniczenia zalewów w dolinie z uwzględnieniem ochrony zasobów przyrodniczych na przykładzie rzeki Radomki. *Wiad. Melior.* Łąk 1: 10-15.
- WITKOWSKA M., PŁOWENS T., HUMICZEWSKI M. 2013. Niebieski korytarz ekologiczny wzdłuż doliny rzeki Reda. *Wiad. Melior.* Łąk. 4: 175-178.
- WOŁOSZYN J., CZAMARA W., ELIASIEWICZ R., KRĘŻEL J. 1994. Regulacja rzek i potoków. Wyd. Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.
- WWF Polska. Dalszemu niszczeniu rzek powiedz NIE. Dostęp 05.01.2018. [http://www.wwfpl.panda.org/co_robimy/rzeki/dalszemu_niszczению_rzek_powiedz_nie/].
- WYŻGA B., RADECKA-PAWLIK A. 2011. Zasady ochrony przeciwpowodziowej. *Gosp. Wodna* 10: 414-421.
- ŻBIKOWSKI A., ŻELAZO J. 1994. Ochrona przeciwpowodziowa – trudności i perspektywy. *Gosp. Wodna* 5: 98-101.
- ŻELAZIŃSKI J. 2000. Techniczne środki ochrony przeciwpowodziowej i ich zawodność – przykłady polskie i zagraniczne. In: ŻELAZIŃSKI J., WAWRĘTY R. (Eds.). *Przyjazna środowisku strategia ochrony przed powodzią*. Towarzystwo na rzecz Ziemi. Oświęcim: 12-16.
- ŻELAZO J. 2015. O konfliktach i kompromisach w inżynierii i gospodarce wodnej. *Wiad. Melior.* Łąk. 1: 6-16.
- ŻELAZO J., POPEK Z. 2014. Podstawy renaturyzacji. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- ZUREK R. 2009. Ryby płaczą w polskich rzekach. Deklaracje i praktyka. *Gosp. Wodna* 8: 301-305.

Summary

River valleys host numerous endangered habitats and species. Flood control involves different measures with various level of impact on the environment. The article presents a review of publications and an analysis of the efficiency of technical measures for flood control and their impact on river valley ecosystems. Threats to the riverine environment are discussed. The most harmful measures include: resectioning river channels, construction of large dam reservoirs, weirs and embankments, and removal of riparian forests and shrub in inter-levee zones. Among the measures with limited environmental impact there are: construction of dry dams, detention basins and diversion canals, redirecting excess water to other waterbodies, reconstruction of bridges, removal of embankments or placing levees far from bank-tops in selected sections of river valleys, river rehabilitation and creating river channel migration zones. The role of limiting new development on floodplains and increasing water storage capacity of soil on agricultural lands, forests and developed areas is underlined. Relevant legal and organisational measures are proposed.

Adres autora:

Wojciech Jankowski
Polskie Towarzystwo Przyjaciół Przyrody „pro Natura”
54-402 Wrocław, ul. Szkocka 79/23
e-mail: fulical1@wp.pl