



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki



MARTA ŁAPUSZEK

PODSTAWY REWITALIZACJI DOLIN RZECZNYCH



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej

PODSTAWY REWITALIZACJI DOLIN RZECZNYCH

MARTA ŁAPUSZEK

PRZEWODNICZĄCY KOLEGIUM REDAKCYJNEGO WYDAWNICTWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tomasz Kapecki

PRZEWODNICZĄCA KOLEGIUM REDAKCYJNEGO WYDAWNICTW DYDAKTYCZNYCH

Agata Zachariasz

REDAKTOR DYSCYPLINY - Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

Magdalena Jaremkiewicz

RECENZENT

Andrzej Wolak

KOORDYNATOR PROJEKTU

Ksenia Ostrowska

REDAKTOR WYDAWNICZY I KOREKTA

Agnieszka Filosek

SKŁAD I ŁAMANIE

Anna Basista

PROJEKT OKŁADKI

Anna Basista

Tekst został opublikowany w ramach projektu „REG – region uczący się”.

Dofinansowanie z Europejskiego Funduszu Społecznego: 11 371 329,89 PLN

© Copyright by Politechnika Krakowska, Kraków 2023

© Copyright by Marta Łapuszek, Kraków 2023



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

eISBN 978-83-67188-37-1

5 ark. wyd.

Wydawnictwo PK, ul. Skarżyńskiego 1, 31-866 Kraków; 12 628 37 25, fax 12 628 37 60

wydawnictwo@pk.edu.pl

www.wydawnictwo.pk.edu.pl

Adres korespondencyjny: ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



SPIS TREŚCI

1. Wstęp.....	5
2. Przekształcenia dolin rzecznych na przestrzeni wieków: geneza i przykłady.....	6
3. Rzeka i jej dolina jako korytarz ekologiczny; charakterystyka, procesy.....	21
3.1. Czynniki fizyczne i chemiczne cieków i ich wpływ na organizmy wodne	41
3.2. Wskaźniki oceny stanu ekologicznego cieków.....	58
3.3. Rola torfowisk i mokradeł w dolinie rzecznej.....	64
3.4. Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny	71
4. Rewitalizacja i renaturyzacja: dlaczego są konieczne?	82
5. Planowanie przedsięwzięć rewitalizacji/renaturyzacji doliny rzecznej.....	90
6. Działania w obrębie koryta cieków	94
7. Działania w strefie brzegowej	110
8. Działania na terenie zalewowym.....	120
9. Działania w obszarze zlewni.....	136
10. Efektywność procesu rewitalizacji/renaturyzacji	153
11. Rewitalizacja przekształconego odcinka potoku górskiego: materiały do projektu.....	164
11.1. Zakres opisu technicznego projektu	165
11.2. Wymiarowanie koryta potoku górskiego.....	168
11.3. Przykład rysunków.....	187

1. WSTĘP

W ciągu lat zrealizowano w Polsce i w wielu krajach inwestycje związane z renaturyzacją i rewitalizacją rzek i ich dolin. Jak wykazują doświadczenia opisane w literaturze światowej i krajowej, nie jest możliwe wypracowanie jednej słusznej i sprawdzonej metody postępowania przy realizacji projektu renaturyzacji i rewitalizacji dolin rzecznych.

Rzeka stanowi liczne ekosystemy rozwijające się na szerokości całej swej doliny, jest zbiorowiskiem zróżnicowanej roślinności i organizmów zwierzęcych. Rzeka jest też elementem zlewni, której to sposób zagospodarowania oddziałuje na ekosystem rzeczny. Dlatego podejmując zagadnienie rewitalizacji i renaturyzacji doliny rzecznej, należy brać pod uwagę możliwość rewitalizacji również w obszarach zlewni zagospodarowanych w zróżnicowany sposób.

Treści zawarte w skrypcie pozwalają na zapoznanie się ze specyfiką funkcjonowania rzeki i jej doliny jako zbiorowiska zróżnicowanych ekosystemów i zależności między nimi.

W kolejnej części przedstawiono wybrane techniki oraz sposoby renaturyzacji i rewitalizacji rzeki w obrębie jej koryta, strefy brzegowej, następnie jej doliny zalewowej oraz obszaru jej zlewni, w której można wyróżnić tereny leśne, rolnicze, narażone na erozję powierzchniową, wreszcie różny stopień jej zurbanizowania. W skrypcie przedstawiono też możliwości oceny jakości i efektywności działań renaturyzacyjnych.

W końcowej części książki znajdują się materiały dotyczące wymiarowania koryta w procesie renaturyzacji potoku górskiego wraz z przykładem rysunków rozwiązań projektowych.

2. PRZEKSZTAŁCENIA DOLIN RZECZNYCH NA PRZESTRZENI WIEKÓW: GENEZA I PRZYKŁADY

Doliny rzeczne i rzeki ze względu na swe znaczenie gospodarcze od tysiącleci były przedmiotem przekształceń dostosowawczych do bieżących potrzeb mieszkańców. Rzeki jako źródło wody pitnej umożliwiały rozwój cywilizacyjny, zaopatrując ludność w żywność, wpływając na rozwój rolnictwa, hodowlę zwierząt oraz transport towarów. Rzeki stanowią też zagrożenie dla nieustannie rozwijającej się infrastruktury ze względu na pojawiające się wezbrania niosące często zniszczenia. Dlatego zagospodarowanie terenów nadrzecznych systemami ochrony przed powodzią stało się z czasem koniecznością.

Zagospodarowanie dolin rzecznych i rzek na tle wydarzeń i potrzeb cywilizacyjnych w neolicie

Liczba ludności	Postęp cywilizacyjny	Wykorzystanie rzek	Zmiany klimatu
10.000–9.000 5 milionów	Pierwsza uprawa pszenicy i jęczmienia, len, domy	Osiedlenie wzdłuż rzek i nad zbiornikami wodnymi; łodzie	Wycofywanie się z lodowacenia Duża wilgotność
8.000–7.000 5 milionów	Miasta, uprawa: bób, groch, (papryka, fasola – Ameryka, ryż – Chiny)	Utworzenie Morza Czarnego (potop?), nawadnianie, wyrąb lasu	Jak wyżej; Sahara zamieszkała, powolne osuszanie
6.000 7 milionów	Epoka kamienna, uprawa bawełny, winorośli (Afganistan)	Duże systemy irygacyjne, transport rzeczny, wyrąb lasów	Powrót do klimatu wilgotnego
5.000 14 milionów	Zjednoczenie Egiptu, uprawa soi, prosa i sorga; piwo	Regulacja rzek w celu nawadniania, kanały. Zapory wodne, wodociągi, kanalizacja	Silne osuszanie, sawanna na Saharze
4.000 27 milionów	Epoka brązu, wielkie cywilizacje (oliwki, brzoskwinie, morele, wino)	Systemy zaopatrzenia w wodę, kanalizacja miast	Pustynnienie
3.000 27 milionów	Epoka żelaza, rozwój Grecji, Rzymu, cywilizacje Ameryki	Akwedukty, duże kanały (chiński 1600 km), silne nawadnianie	Krótki okres lekko wilgotny, potem szybkie pustynnienie
2.000–1000 170–370 milionów	Upadek Rzymu Średniowiecze, żegluga,	Młyny wodne, obwałowania, miasta z fosami	Pustynnienie pasa zwrotnikowego, ocieplenie

(Witkowska H., *Materiały do wykładu, KGiGW, PK*)

Pierwsze osadnictwo wzdłuż rzek i zbiorników wodnych

- *W dolinie żyznego półksiężyca IX tysiąclecie p.n.e.*
- *Na terenach obecnej Turcji, Iraku, Iranu VIII tysiąclecie*
- *7500 lat p.n.e w Chinach*
- *7 tys. p.n.e. w Pakistanie i Europie południowo-wschodniej*
- *6200 lat p.n.e. w Dolinie Gangesu*
- *5500 lat p.n.e. w Europie Środkowej*
- *4500 lat p.n.e. w Europie Północnej*
- *4500 lat p.n.e. W Ameryce Południowej*

(Witkowska H., *Materiały do wykładu*, KGiGW, PK)

Mezopotamia

(łąd między rzekami: Tygrysem i Eufratem)

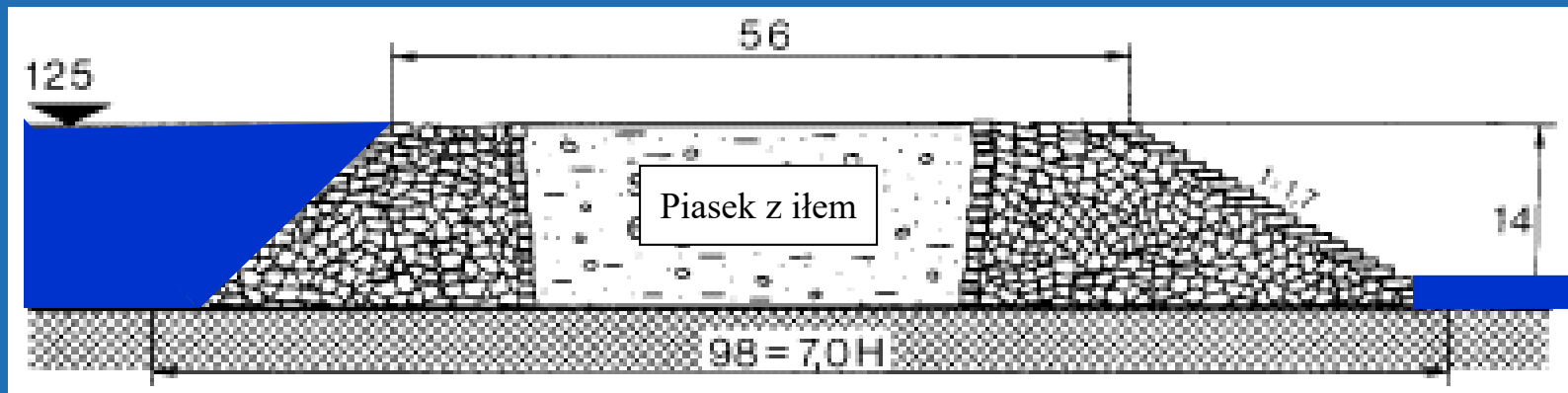
Nieregularne przepływy w obu rzekach wymagały systemów magazynujących wodę

- Prace nawadniające od VI tysiąclecia p.n.e.
- Kolejne cywilizacje – doprowadzenie wody do miast, akwedukt (do Niniwy 80 km długi i 20 m średnicy)
- Prawo wodne – kodeks Hammurabiego
- Zapory i zbiorniki
- Powoli następuje zasalanie ziemi i wysuszenie

(Witkowska H., *Materiały do wykładu*, KGiGW, PK)

Zapory w starożytności

OKRES	OBIEKT
4-tysiące B.C.	Java, Jordania Północna 5-metrowe zapory kamienne
Okolo 2600 B.C.	Saad al Kafara, na południe od Kairu zapora 14-metrowa zniszczona w czasie budowy przez powódź
Okolo 700 B.C.	Król Ourartou Rusa i król asyryjski Sanherib budowali małe zapory w celu zaopatrzenia w wodę
Okolo 550 B.C.	Marib, Yemen zapora w celu irygacyjnym legendarnej krainy królowej Saby, była eksploatowana przez 1200 lat
Starożytny Rzym	Wiele zapór na terenie imperium. Poza kamiennymi zapory łukowe
	Najstarsza zapora Egipt 2700 p.n.e. (rekonstrukcja)



(Witkowska H., *Materiały do wykładu*, KGiGW, PK)

ZAPORY W CZASACH NOWOŻYTNYCH

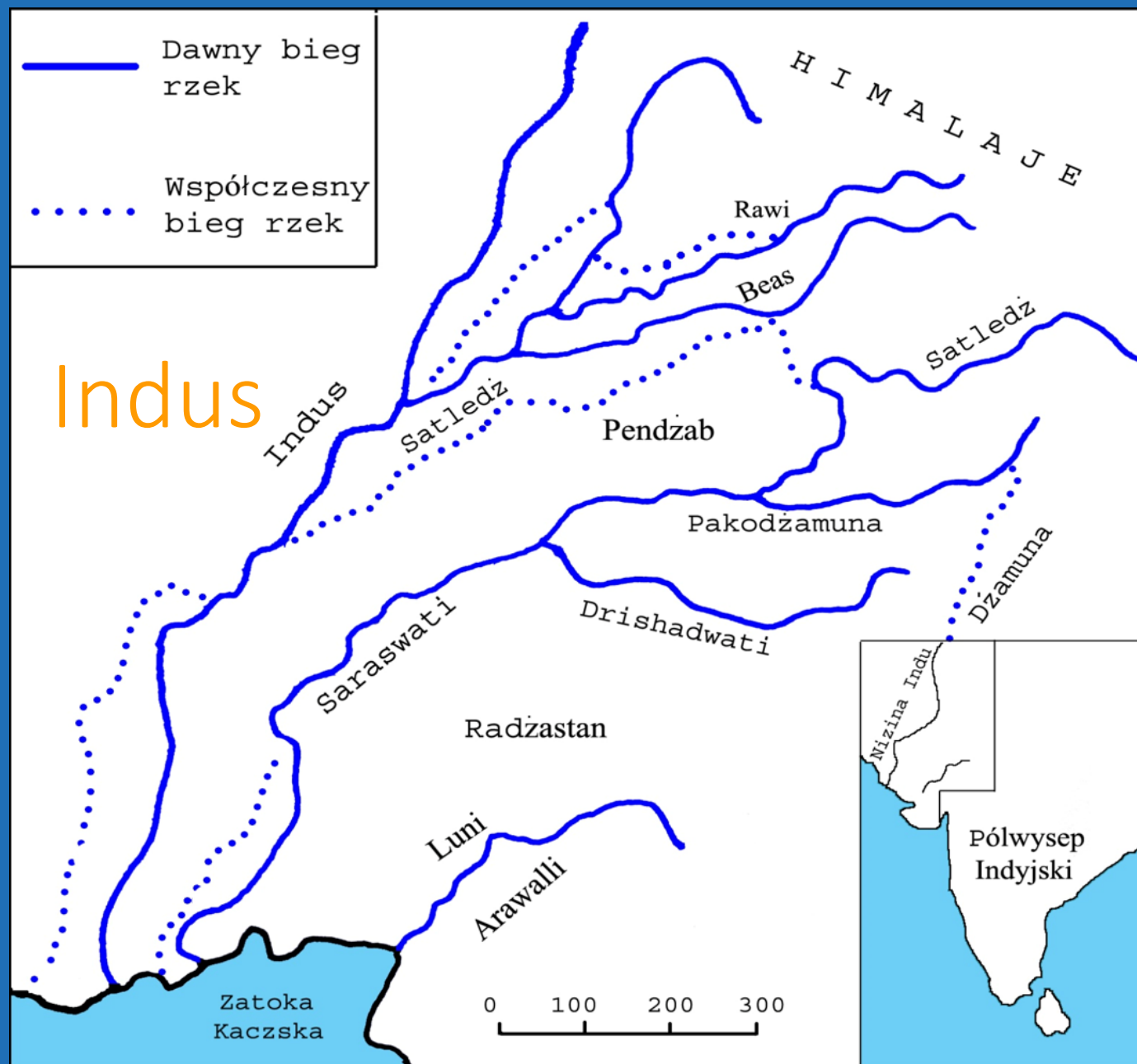
OKRES	OBIEKT
XV wiek	Europa: małe zapory budowane dla młynów wodnych oraz w celu tworzenia stawów rybnych (np. staw Bommer, koło Kreuzlingen, 1460)
1695	Roche (VD): zapora 8-metrowa do spławiania drewna opuszczona, zniszczona w 1945
XIX wiek	Francja: pierwsze opracowania teoretyczne dotyczące wielkich zapór
1872	Fribourg, zapora Pérolles: pierwsze zastosowania betonu
1920	Montsalvens (FR): pierwsza zapora łukowa w obu kierunkach

PRZYCZYNY ZMIANY BIEGU RZEK

1) tektoniczny
(zmiana biegu rzek
źródłowych)

2) klimatyczny
(wzrost
temperatury
powietrza, susza)

3) hydrologiczny
(odcięcie odcinków
źródłowych
z powodu
lokalizacji ujęć
wody)



(Witkowska H., *Materiały do wykładu*, KGiGW, PK)

Grecja i Rzym

- Grecja – duże prace teoretyczne: Tales, Archimedes i inni, jednocześnie wyrąb lasów i zmiana stosunków wodnych, kanał koryncki
- Rzym – akwedukty, zapory wodne, koncepcja pierwszego młyna wodnego, wodociągi i kanalizacje, kanały



(Fot. Łopuszek M.)

Czasy nowożytne

- Średniowiecze – młyny wodne, udrażnianie rzek, ochrona przeciwpowodziowa, miasta warownie otoczone fosami
- Kontynuacja starożytnych melioracji przez Arabów: akwedukty– tunele, systemy zaopatrzenia miast; woda użyta do chłodzenia budynków, fontann itp.
- Duże projekty irygacyjne Czyngis-chana
- Renesans: prace Leonarda da Vinci – kanały wodne
- Od XVI w.: rozwój żeglugi rzecznej, kanały śluzy żeglugowe, skracanie biegu rzek, intensywna ochrona przeciwpowodziowa
- XIX–XX w.: intensywna zabudowa rzek i zlewni
- Koniec XX w.: renaturyzacja i rewitalizacja rzek i dolin rzecznych

DROGI WODNE EUROPA XV–XX w.

Odra – jazy powyżej Wrocławia od XIV w.

Północne Włochy szereg kanałów łączących główne miasta

Intensywny rozwój dróg wodnych w Anglii do XIX w.

Drogi wodne we Francji

CANAL
DU MIDI



XVIII w. Kanał Królewski Bug – Dniepr

XIX w. Połączenia: Sekwana – Ren, Elba – Odra.

XX w. Kanał Ren – Dunaj

XIX w. ROZBUDOWA KANAŁÓW:

- Europa – Ren, Rodan, Odra (od końca XVIII w.),
- Stany Zjednoczone – Potomac, Erie Canal, Ohio...
- Kanał Sueski
- Kanał Panamski

(Witkowska H., *Materiały do wykładu, KGiGW, PK*)

OCHRONA PRZECIWPOWODZIOWA

- Pierwsze tysiąclecie naszej ery: budowa obwałowań (Chiny, Indie)
- Początki budowy bulwarów (Paryż, IX w.)
- Średniowiecze: budowa obwałowań na głównych rzekach Europy
- Polska: czasy Kazimierza Wielkiego: początek intensywnych prac na rzece Wiśle w celu ochrony miasta przed częstymi podtopieniami, kontynuowane do początku XX wieku



Widok koryta „Starej Wisły” przed jej zasypaniem (1870 r.)

(http://www.starykrakow.com.pl/dawne-rzeki/rzeki_i_stawy.htm)

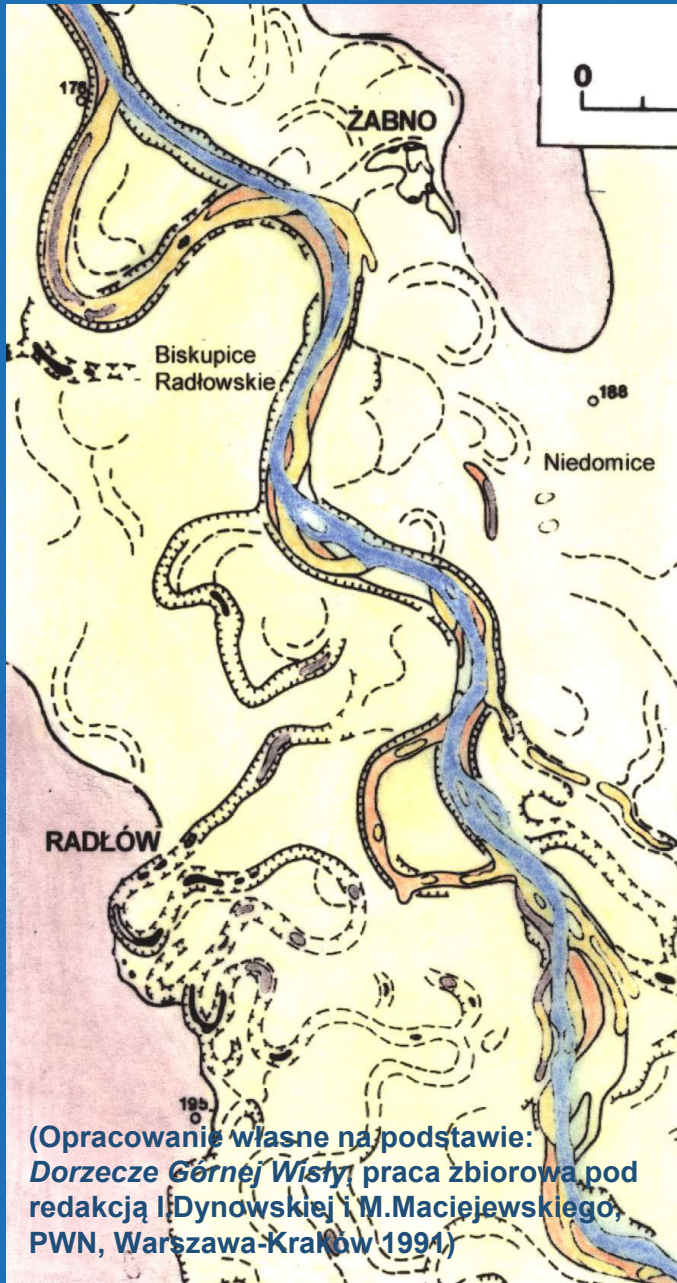


Znaki powodziowe na elewacji klasztoru siostr Norbertanek w Krakowie (UM Kraków)

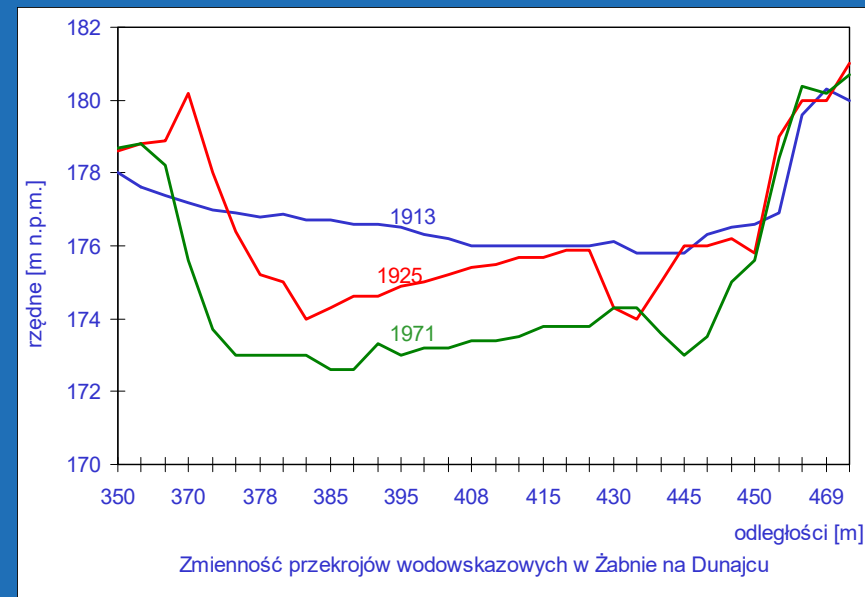
- XVI w.: zaznaczenie powodzi na Wiśle w Krakowie
- XIX w.: intensywna budowa wysokich obwałowań na głównych rzekach Europy

XIX w.: intensywne skróty biegu rzek

Skutki: Erozja wodna → Erozja liniowa → Erozja denna



(Opracowanie własne na podstawie: *Dorzecze Górnej Wisły*, praca zbiorowa pod redakcją I. Dynowskiej i M. Maciejewskiego, PWN, Warszawa-Kraków 1991)



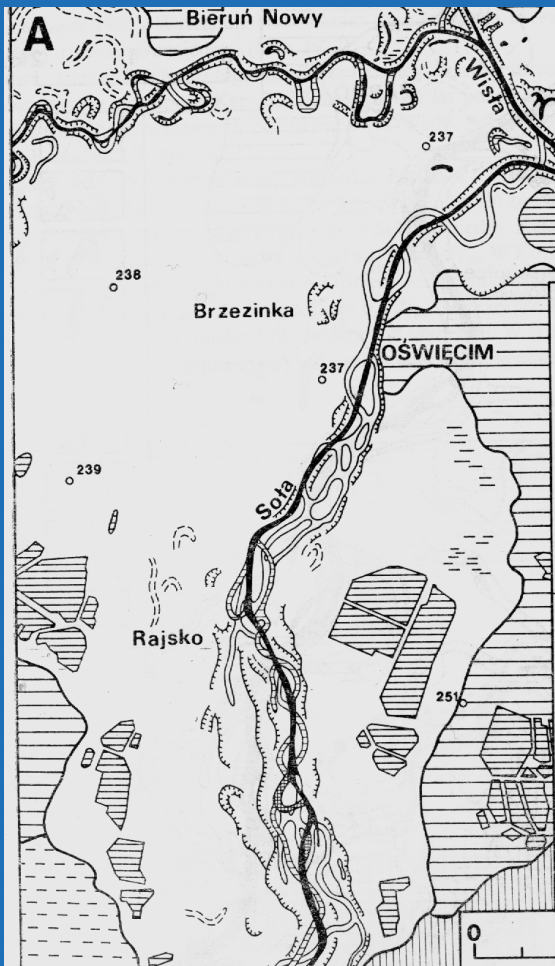
(Opracowanie własne: Łapuszek M.)



(Fot. Łapuszek M.)

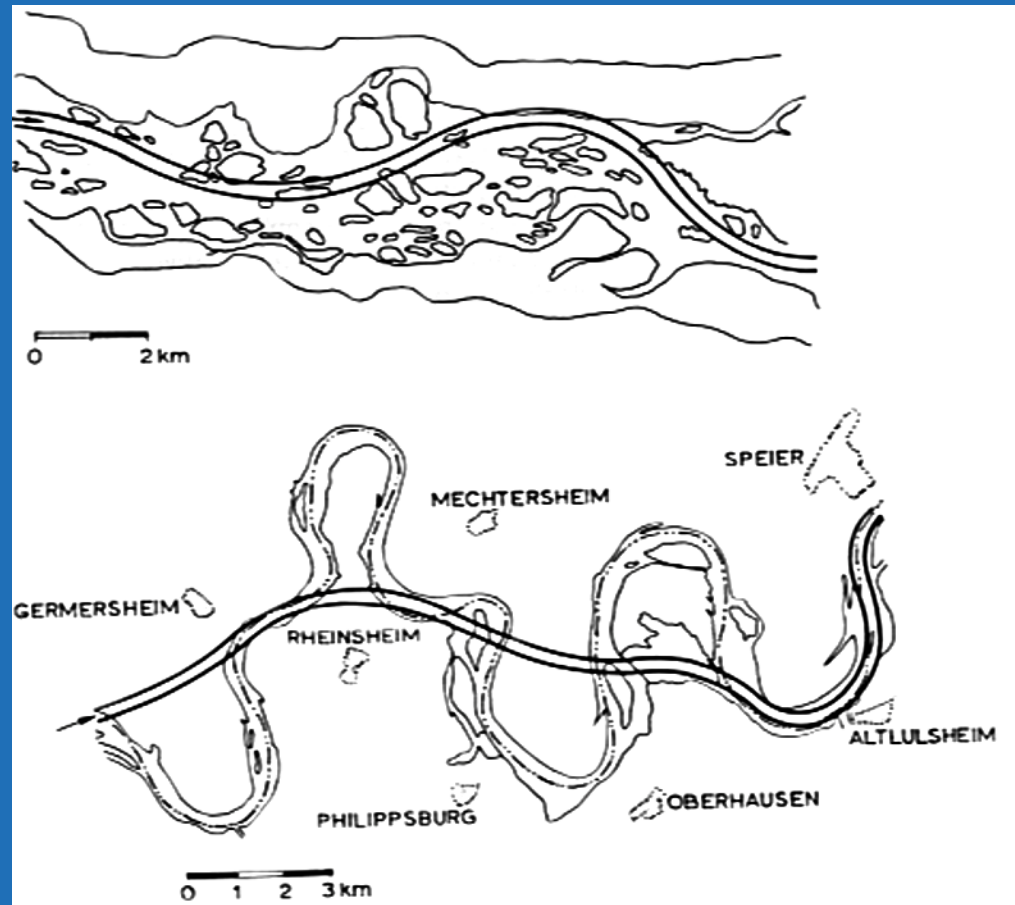
XIX w.: intensywne skróty biegu rzek

Skutki: Erozja wodna → Erozja liniowa → Erozja denna



Zmiany biegu rzeki Soły w latach 1855–1975
w okolicy Oświęcimia

(*Dorzecze Górnej Wisły, praca zbiorowa*
pod redakcją I. Dynowskiej i M. Maciejewskiego,
PWN, Warszawa-Kraków 1991)



Regulacja rzeki Ren (XIX wiek)

(Jansen P.Ph., van Bendegom L., van den Berg J., de Vries M., Zanen A.,
Principles of River Engineering, wyd. Pitman, 1979)

Jak wykazują wieloletnie obserwacje, duża ingerencja w korycie rzeki obok korzyści gospodarczych wywołała szereg nieodwracalnych zmian odczuwalnych również w dolinie ciek. Przekształcone koryta rzeczne w wyniku przegradzających je obiektów hydrotechnicznych oraz skrótów biegów rzek na długich odcinkach połączonych z zawężeniami i schematyzacją koryt spowodowały:

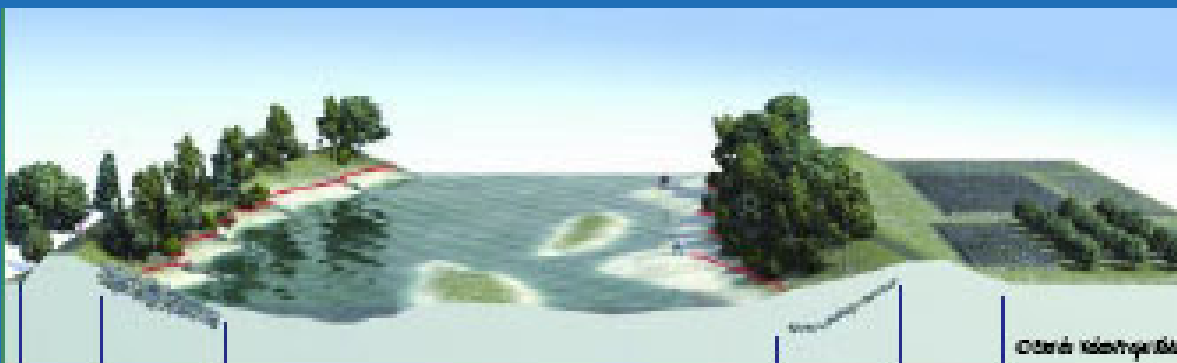
- zwiększenie spadku dna na długości ciek, zwiększenie prędkości przepływu, nadmierną erozję denną i boczną, obniżenie poziomu wód gruntowych, wysuszenie terenów przybrzeżnych, zanik roślinności,
- zawężenie lub całkowitą likwidację terenów zalewowych, przyspieszenie przebiegu oraz wzrost kulminacji fali powodziowej, stwarzające duże zagrożenie dla terenów zlokalizowanych na drodze ich przemieszczania się,
- degradację siedlisk organizmów wodnych i od wody zależnych.

Lata 80. XX w. dały początek przekształceniom rzek i ich dolin zmierzającym do przywrócenia im funkcji przyrodniczych przy jednoczesnym zachowaniu funkcji gospodarczych, co jest niezwykle trudnym zadaniem.

Lata 80. XX w.: renaturyzacja i rewitalizacja dolin i koryt rzecznych



Renaturyzacja – warunki sprzyjające naturze i zwiększające bezpieczeństwo



Możliwość renaturyzacji rzeki przez urozmaicenie koryta oraz rozszerzenie terenów zalewowych

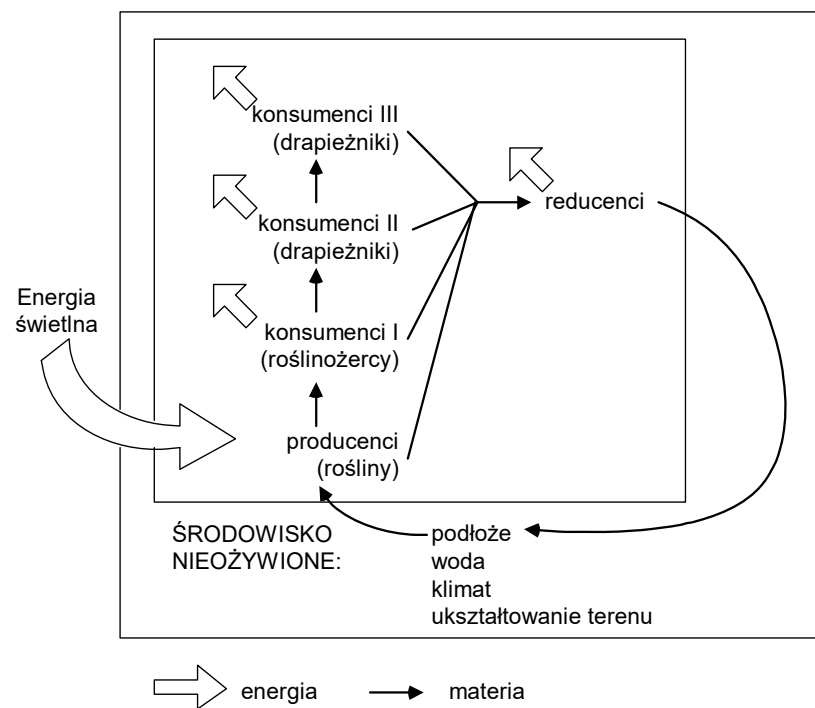
(Witkowska H., *Materiały do wykładu, KGiGW, PK*)

3. RZKA I JEJ DOLINA JAKO KORYTARZ EKOLOGICZNY; CHARAKTERYSTYKA, PROCESY

Rzeki stanowią bogaty zbiór często skrajnie różniących się od siebie środowisk. Wraz z rozwojem badań i pogłębianiem wiedzy z zakresu procesów ekologicznych, geomorfologicznych i hydrologicznych oraz z zakresu zależności i związków między czynnikami biotycznymi i abiotycznymi powstały nowe koncepcje, takie jak „ciągłość rzeki” (*river continuum*) i „spirala biogenów” (*nutrient spiralling*). Podstawy wiedzy z tego zakresu obecnie są niezbędne w działalności związanej z utrzymaniem i rewitalizacją koryt rzecznych¹.

¹ Allan J. David, *Ekologia wód płynących*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.

Składniki ekosystemu (na podstawie: Allan J. David, *Ekologia wód płynących*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1998)



Do funkcjonowania **biocenozy** niezbędne są czynniki abiotyczne, w których organizmy mają odpowiednie warunki do bytowania, czyli pobierania potrzebnych składników (np. sole mineralne, woda, powietrze, światło itp.). Biocenoza wraz z nieożywioną częścią środowiska tworzy podstawową, samowystarczalną jednostkę zwaną **ekosystemem**. Samowystarczalność ta wynika z różnorodności organizmów [54].

Populacja: organizmy reprezentujące jeden gatunek, żyjące na określonym terenie, kontaktujące się swobodnie i krzyżujące.

Biocenoza: poszczególne populacje oddziałujące na siebie, a żyjące w tym samym środowisku, na określonym terenie, stanowiące pewien układ wyższego rzędu.

Biotop: wielogatunkowy zespół organizmów wzajemnie powiązanych i żyjących w określonym środowisku.

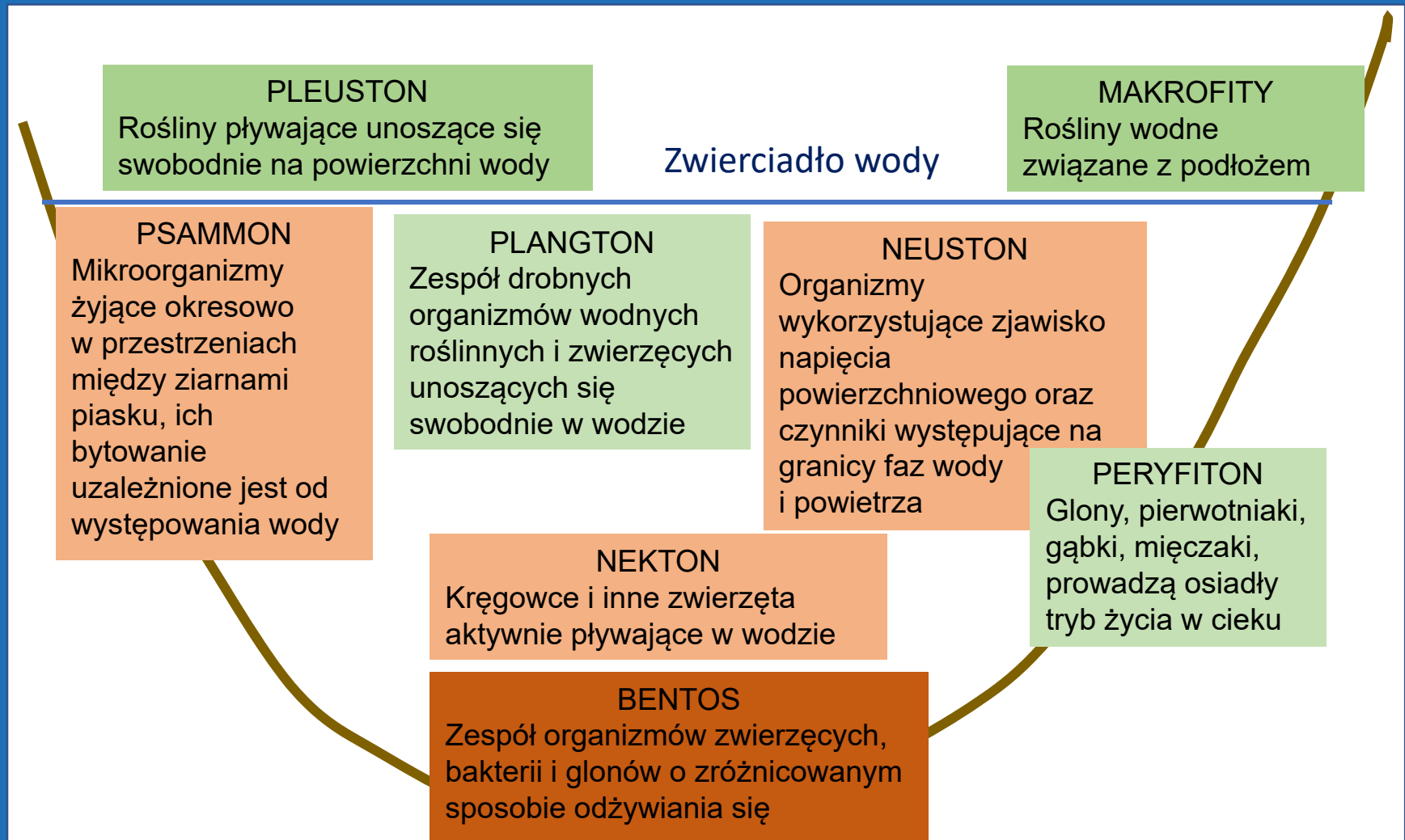
Zależności troficzne (pokarmowe): główne zależności, którymi są połączone ze sobą poszczególne populacje w biocenozie.

Biom: jednostka ekologiczna najwyższego rzędu, na którą składają się całe zespoły ekosystemów określonego obszaru geograficznego. Jest to region biologiczny posiadający charakterystyczne cechy morfologiczne, wynikające z dominacji określonej formacji roślinnej oraz charakterystycznej dla niej fauny.

Wszystkie biomy kuli ziemskiej wyznaczają strefę występowania życia, czyli **biosferę**.

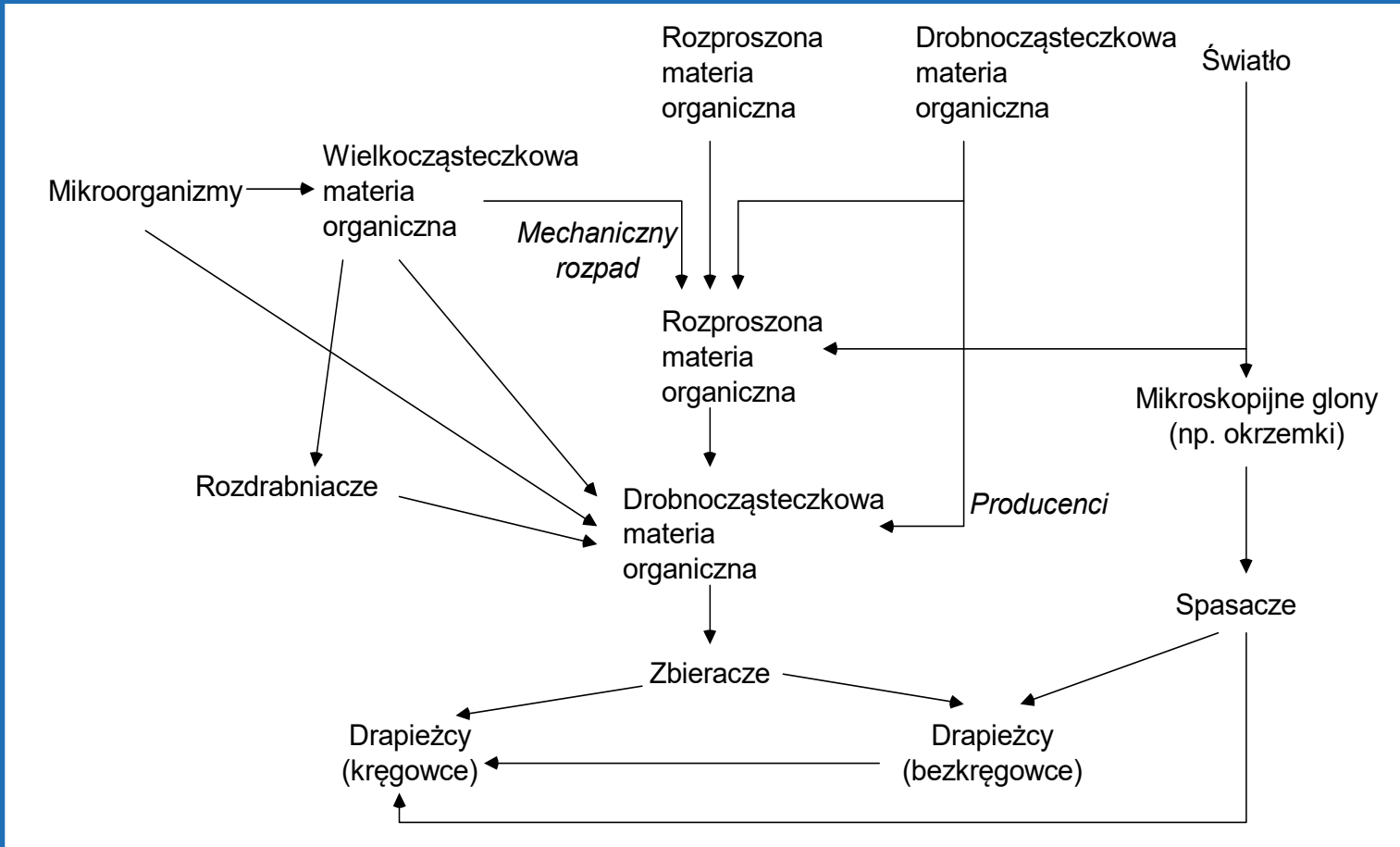
Zespoły organizmów występujące w systemach rzecznych

(Opracowanie własne na podstawie: Allan J. David,
Ekologia wód płynących, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1998)



Typowe zależności troficzne w ciekach

(Opracowanie własne na podstawie: Allan J. David,
Ekologia wód płynących, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1998)



Zróżnicowana w czasie dostępność pokarmu odgrywa kluczową rolę w obserwowanych sezonowych i przestrzennych zmianach liczebności poszczególnych grup funkcjonalnych organizmów. Charakterystyka rzeki (wielkość, rodzaj podłoża, hydrologia, roślinność), która zmienia się na jej długości (kontinuum rzeki), też ma duży wpływ na to, który ze szlaków przepływu energii jest dominujący, co przekłada się bezpośrednio na funkcjonowanie organizmów.

Grupy bezkręgowców najczęściej występujące w ciekach:

- **Rozdrabniacze:** żywiące się liśćmi, mikroorganizmami (grzyby).
- **Rozdrabniacze-zgryzacze:** żywiące się grubocząsteczkową materią organiczną, mikroorganizmami (grzyby).
- **Filtratory:** żywiące się mikroorganizmami (bakterie, peryfiton).
- **Zbieracze:** żywiące się drobnocząsteczkową materią organiczną i mikroorganizmami (bakterie, organiczne mikrowarstwy).
- **Spasacze:** żywiące się peryfitonem (w szczególności okrzemkami i organicznymi warstwami), makrofitem.

Drapieżce: żywiące się zwierzętami

(Allan J. David, *Ekologia wód płynących*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1998)

Zróznicowana w czasie dostępność pokarmu odgrywa kluczową rolę w obserwowanych sezonowych i przestrzennych zmianach liczebności poszczególnych grup funkcjonalnych wymienionych wyżej bezkręgowców.

Charakterystyka rzeki (**rodzaj podłoża, hydrologia, roślinność**), która zmienia się na jej długości (kontinuum rzeki), też ma duży wpływ na to, który ze szlaków przepływu energii jest dominujący, co przekłada się bezpośrednio na funkcjonowanie organizmów od wody zależnych.



W rzekach występują prawie wszystkie grupy kręgowców, jednak najważniejszym ich przedstawicielem są ryby.

Większość ryb zamieszkujących rzeki i potoki odżywia się bezkręgowcami, niektóre żywią się rybami przez znaczną część życia, a niektóre są roślinożerne.

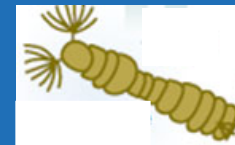
Ze względu na sposób odżywiania się ryb rzecznych, można je podzielić następująco:

- **Rybożerne:** zjadające ryby oraz duże, czasem też małe bezkręgowce;
- **Bentosożerne:** zjadające bezkręgowce;
- **Bentosowe** (larwy owadów);
- **Ryby żywiące się bezkręgowcami** występującymi na wszystkich głębokościach;
- **Ryby żywiące się fito- i zooplanktonem;**
- **Ryby roślinno- i detrytusożerne**, zjadające peryfiton i detrytus z obszarów przydennych;
- **Ryby żywiące się pokarmem unoszącym się na powierzchni wody i w toni wodnej** (owady lądowe, zooplankton oraz unoszone bezkręgowce denne);
- **Ryby żywiące się zróżnicowanym pokarmem roślinnym i zwierzęcym.**



Ze względu na fakt, iż poszczególne elementy ekosystemu są powiązane przede wszystkim zależnościami troficznymi, niedobór któregośkolwiek z nich może wpłynąć na zmniejszenie lub nawet całkowity zanik liczebności innych osobników.

(Allan J. David, *Ekologia wód płynących*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1998)



Cechy morfologiczne koryt rzecznych:

Procesy fluwialne: procesy wpływające na morfologię (ukszałtowanie) koryta rzeki i jego doliny zalewowej. Najważniejszą rolę w przebiegu tych procesów odgrywa:

- przepływ wody,
- transport rumowiska rzecznoego.

Procesy te zależą od:

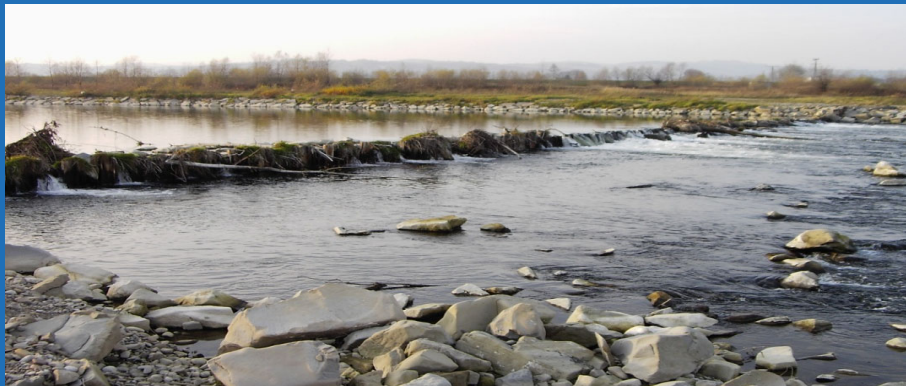
- reżimu hydrologicznego rzeki,
- czynników antropogenicznych.

Wzajemne oddziaływanie na zasadzie sprzężenia zwrotnego:

Warunki (parametry)
przepływu wody
i transportu rumowiska



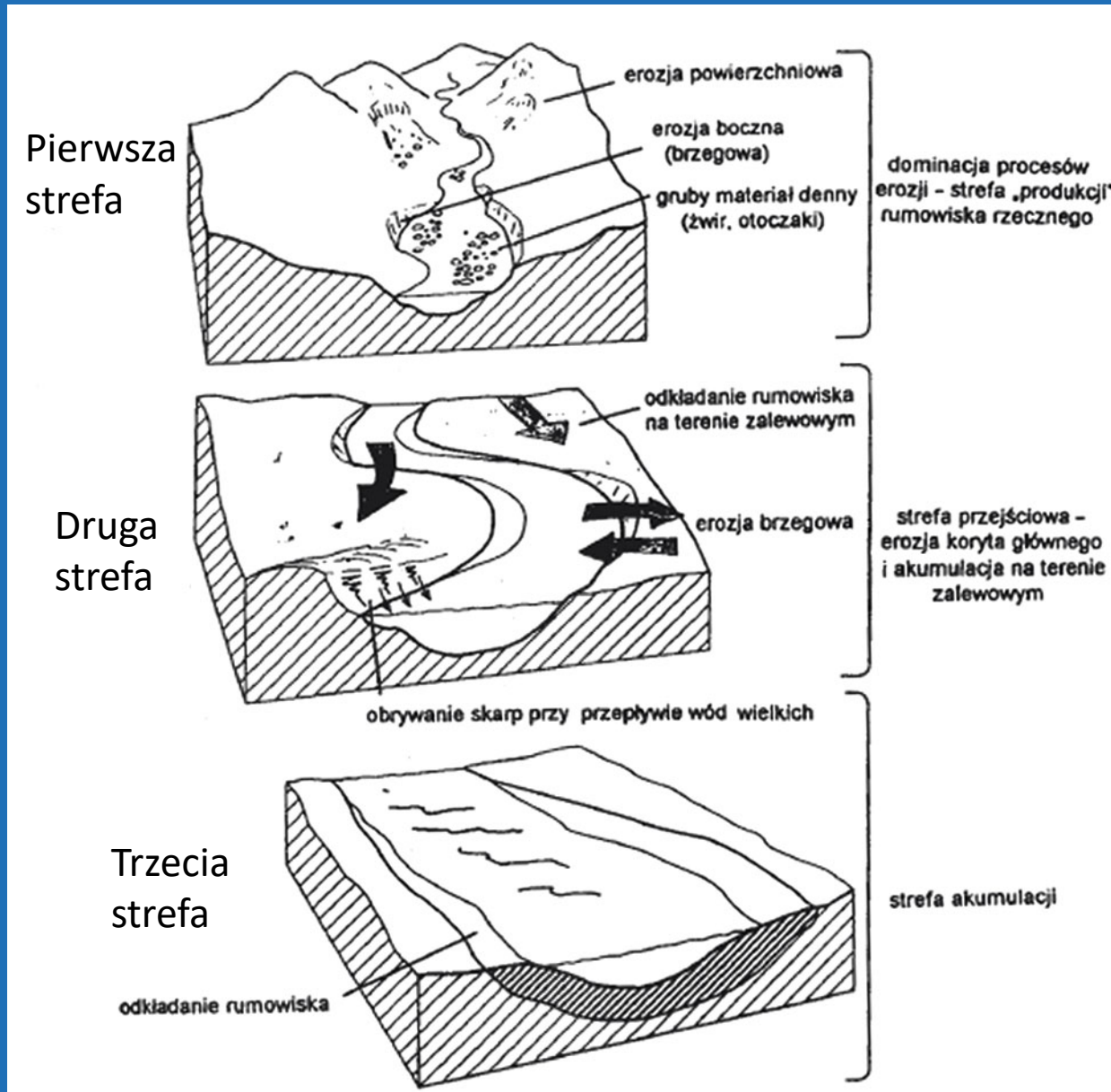
Charakterystyka
morfologiczna
koryta i doliny rzeki



(Fot. Łapuszek M.)

Lokalizacja procesów fluwialnych o przeważającej intensywności na długości ciek

(za: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)



Pierwsza strefa

dostarcza do sieci koryt rzecznych materię w postaci wód podziemnych i powierzchniowych, a z nimi związki rozpuszczalne oraz stałe cząstki mineralne i organiczne. Zazwyczaj kojarzona jest ona z szeroko pojmowanymi obszarami (zlewniami) źródłowymi cieków. Stąd jest to strefa ciągłej ewolucji i najszybszego rozrostu systemu rzecznego.

Dominują w niej przemienne występujące okresy odpływu wody i okresy posuszne oraz procesy degradacyjne (wietrzenie, denudacja, erozja) w obrębie środowiska (systemu) stokowego, a zatem następuje produkcja i przygotowywanie materii do późniejszego, dalszego transportu rzeczno-ego. Natomiast procesy retencyjne i akumulacyjne mogą mieć jedynie charakter chwilowy, choć niekiedy liczony nawet w dziesiątkach i więcej lat.

Druga strefa

systemu rzeczno-ego pełni rolę tranzytową, w której koryta rzeczne są głównymi drogami transportu energii i materii w obrębie dorzecza.

Przy stabilnym, dobrze wykształconym korycie rzeczno-ym dostawa wody i materiału transportowanego jest równa ich odprowadzaniu ze zlewni.

Strefa systemu korytowego jest wrażliwa na zdarzenia występujące w systemie stokowym.

Trzecia strefa

kojarzona z ujściami rzek, dominującą rolę pełni w niej procesy akumulacji wynoszonej materii z obszaru dorzecza, a więc z systemu stokowego i korytowego.

Płynący z wodą materiał rzeczno-ny jest odkładany w postaci stożków aluwialnych, równin aluwialnych lub delt.

Każdy z tych zespołów form jest silnie uzależniony od wielkości i częstotliwości przepływu wody i ładunku materiału rzeczno-ego. Strefa ta występuje pod względem przestrzennym albo w zbiornikach wodnych (jeziorach, morzach, oceanach), albo w korytach rzeczno-ych wyższego rzędu taksonomicznego (głównej rzece).

Klasyfikacja koryt rzecznych

Najczęściej klasyfikacja jest sporządzana na podstawie czynników morfologicznych, które tworzą ciek i zapewniają jego stabilność:

- wielkość zalegającego rumowiska (d),
- spadek podłużny (J , S),
- przepływ (Q),
- wielkość koryta.

Współczynnik Łochina ν wyraża stosunek miarodajnej średnicy ziaren (d_m) do różnicy zwierciadła wody (s) na długości 1 km:

$$\nu = 1000 \cdot \frac{d_m}{s}$$

Współczynnik Altunina γ opisuje dokładniej charakter koryta poprzez uwzględnienie jego szerokości, spadku i przepływu korytotwórczego:

$$\gamma = \frac{B \cdot J^{0,2}}{Q^{0,5}}$$

Liczba Froude'a
(tutaj: obliczona dla przepływu korytotwórczego):

$$Fr = \frac{\alpha \cdot u^2}{g \cdot h_e}$$

gdzie:

- α – współ. energii kinetycznej (wspł. nierównomiernego rozkładu prędkości przepływu, współ. Saint-Venanta),
- u – średnia prędkość przepływu [m/s],
- h_e – średnia głębokość [m].

(Jarocki W., *Ruch rumowiska w ciekach*, Wydawnictwo Morskie, Gdynia 1957)

Współczynniki charakteryzujące rzekę

Charakter rzeki	v	Y	Fr
Górska	> 7	$< 0,75$	$> 0,5$
Podgórska	6–7	0,75–0,9	0,3–0,5
Równinna	5–6	0,9–1,0	0,2–0,3
Nizinna	< 5	$> 1,0$	$< 0,2$

Charakterystyka koryt rzecznych

Typ koryta	Średni zakres parametrów		
	Spadek [%]	Dm [mm]	Współczynnik Manninga
Piaszczysty	$< 0,1$	< 2	0,01–0,04
Żwirowy	0,05–0,5	10–100	0,02–0,07
Kamienisty	0,5–5	> 100	0,03–0,2
Wodospadowy	> 5	zmiennie	0,1–5

(Thorne C. R., Hey R. D., Newson M. D., *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 1997)

Charakterystyka koryt rzecznych

Rzeka nizinna:

- koryto wytworzone jest zwykle w bardzo szerokiej dolinie,
- koryto zbudowane jest z drobnych piasków oraz namulów mineralno-organicznych,
- dno koryta jest często porośnięte roślinnością wegetującą latem, co utrudnia spływ wód,
- woda płynie bardzo spokojnie, często lustro wody jest niemal idealnie gładkie.

Rzeka równinna:

- koryto cieką biegnie z reguły w dolinie zalewowej,
- koryto często meandruje w obszarze doliny zalewowej,
- koryto zbudowane jest z drobnych żwirów, grubych, średnich i drobnych piasków,
- zwierciadło wody zachowuje przy stanach normalnych względnie równomierny spadek,
- w czasie wezbrań może występować turbulencja i nierównomierność przepływu na szerokości koryta.

Rzeka góraska:

- koryto głęboko wcięte w teren, o bardzo nieregularnych kształtach,
- brzegi zbudowane są z bloków skalnych otoczonych zwartym, gruboziarnistym gruntem lub też z bloków spękanego masywu skalnego, występują często nawisy skalne,
- dno zbudowane jest z grubych kamieni, głazów, otoczaków,
- woda płynie ruchem wzburzonym, zwierciadło wody jest nierówne,
- ogólny spadek zwierciadła wody jest zbliżony do krytycznego, wezbrania wód podczas występowania deszczów są gwałtowne, a w czasie dłuższej posuchy stany wód są bardzo niskie.

Rzeka anastomozująca – czasami zwana rzeką warkoczową. Płynie równocześnie wieloma korytami, o stałym przebiegu. Koryta rozdzielone są wyspami porośniętymi trwałą roślinnością, tworząc rozgałęziającą się i łączącą sieć. Rzeki anastomozujące są typowe dla obszarów nizinnych, zazwyczaj tektonicznie obniżanych.

Rzeka podgórska:

- koryto ma kształt względnie regularny,
- doliny zalewowe mają zmienną szerokość, występują najczęściej obustronnie,
- brzegi koryta zwykle są strome, często zbudowane są z głazów i kamieni oblepionych gliną (tj. z materiałów pochodzących z wietrzenia skał osadowych),
- dno cieką zbudowane jest zwykle z otoczaków, żwirów gruboziarnistych, pomiędzy którymi zalega piasek gruboziarnisty,
- zwierciadło wody nie ma gładkości,
- spadek podłużny zwierciadła wody jest zwykle mniejszy od krytycznego.

Potok górski:

Artykuł 9.1. Ustawy Prawo Wodne podaje: „Ilekroć w ustawie jest mowa o:

Potokach górskich – rozumie się przez to cieką naturalne o łącznych poniższych cechach:

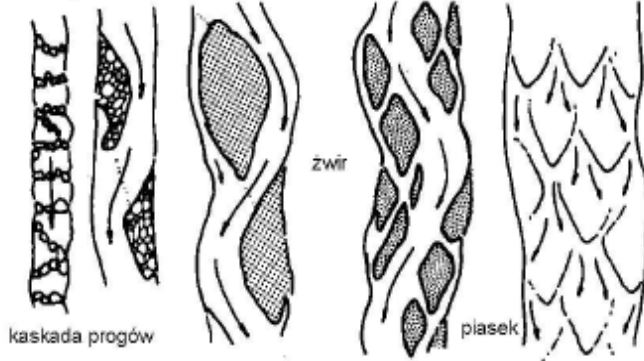
- a) powierzchnia zlewni jest nie większa niż 180 km²,
- b) stosunek przepływu o prawdopodobieństwie wystąpienia 1% do przepływu średniego z wielolecia jest większy niż 120,
- c) spadek zwierciadła jest nie mniejszy niż 0,3%”.

Zależności między czynnikami kształtującymi koryto a układem koryta w planie

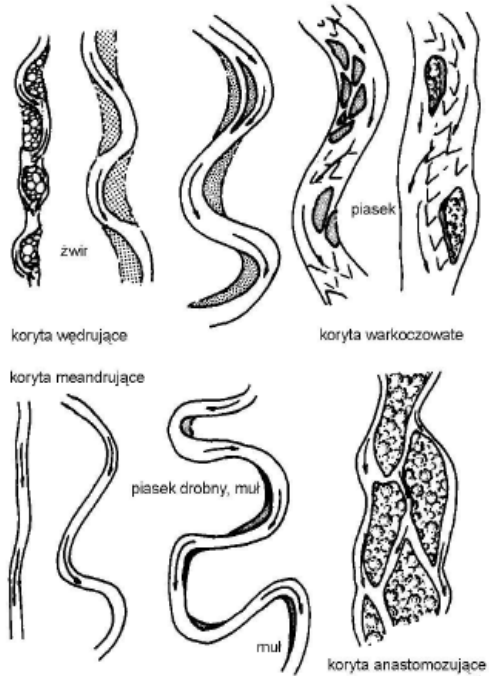
ZMNIEJSZANIE SIĘ STABILNOŚCI KORYTA →

WZROST DOPŁYWU RUMOWISKA →

Koryta zdominowane rumowiskiem wleczonym
otoczaki, kamienie



↑ Wzrost spadku koryta
↑ Spadek stabilności koryta
↑ Wzrost średnicy cząstek sedimentacyjnych

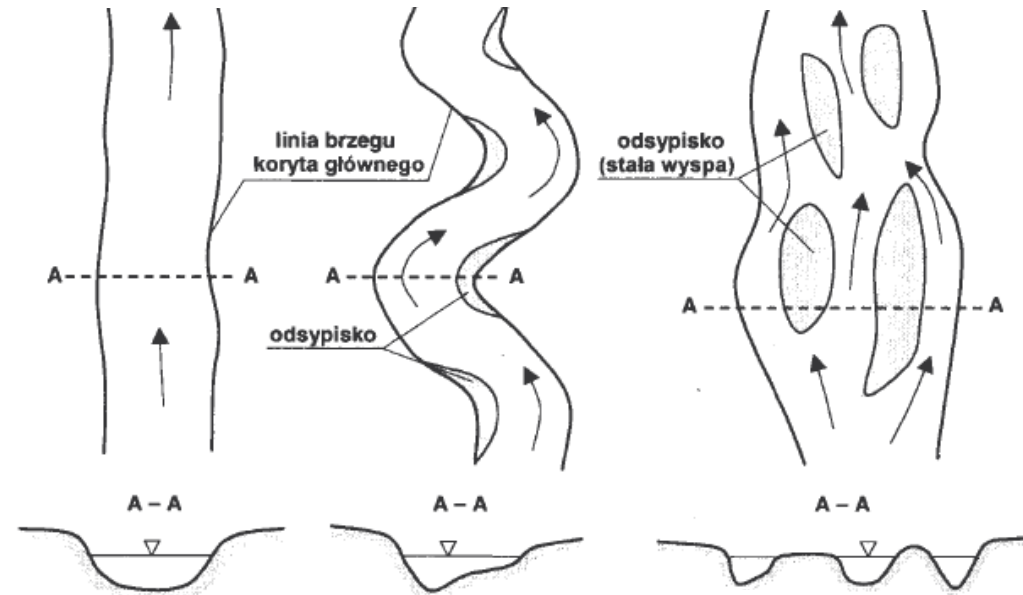


Koryta zdominowane rumowiskiem unoszonym

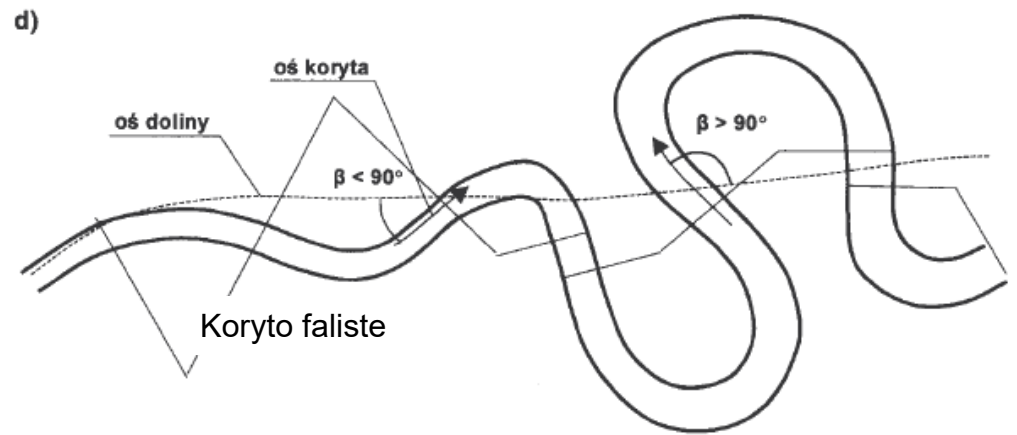
Koryto prostoliniowe

Koryto meandrujące

Koryto roztokowe



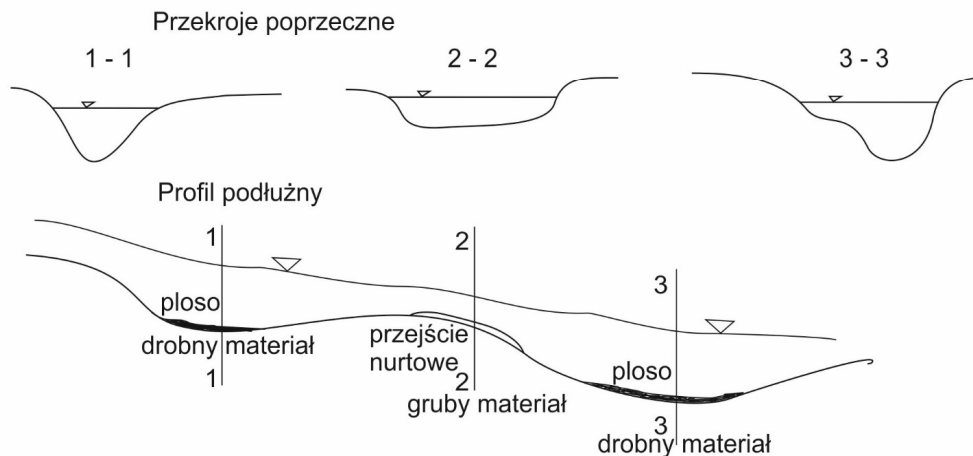
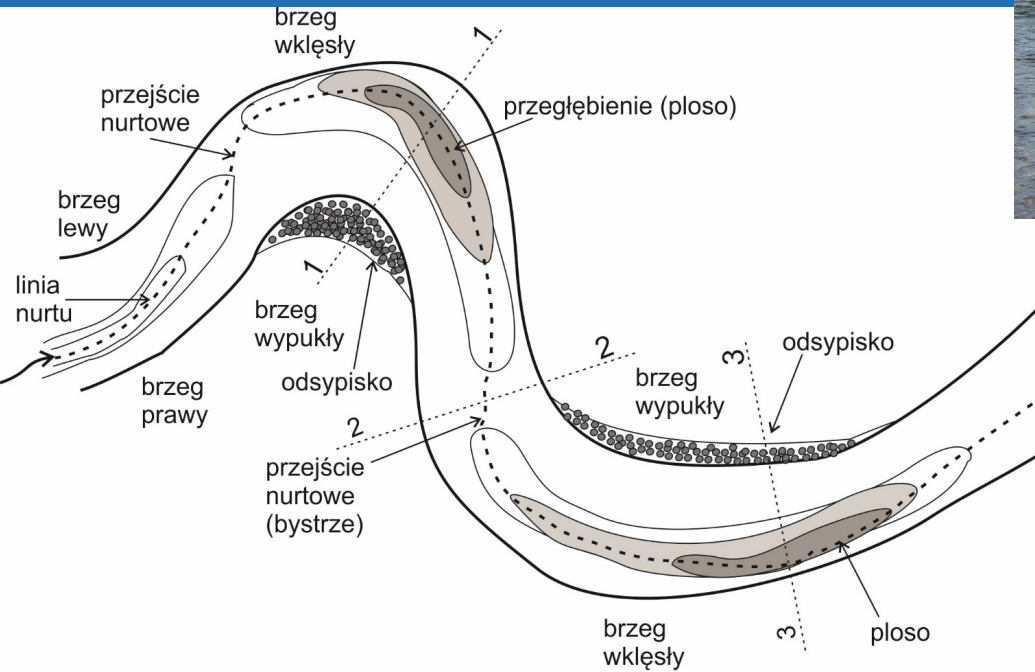
Właściwy meander



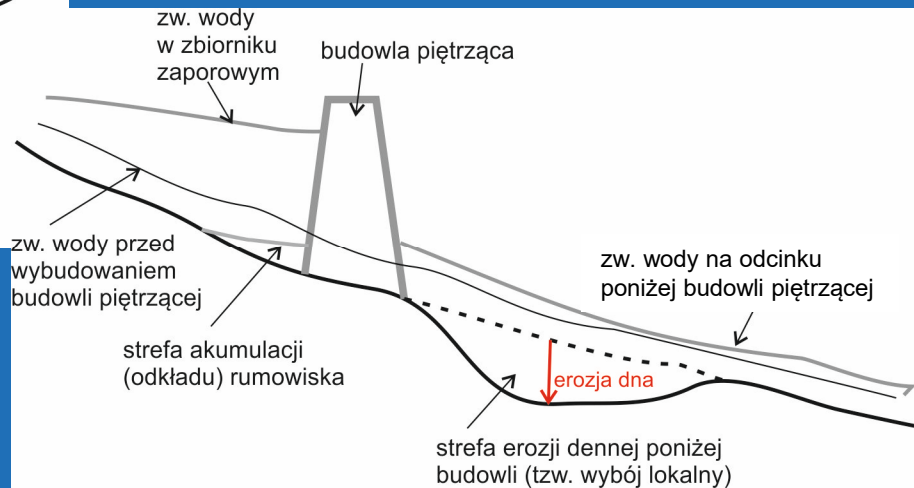
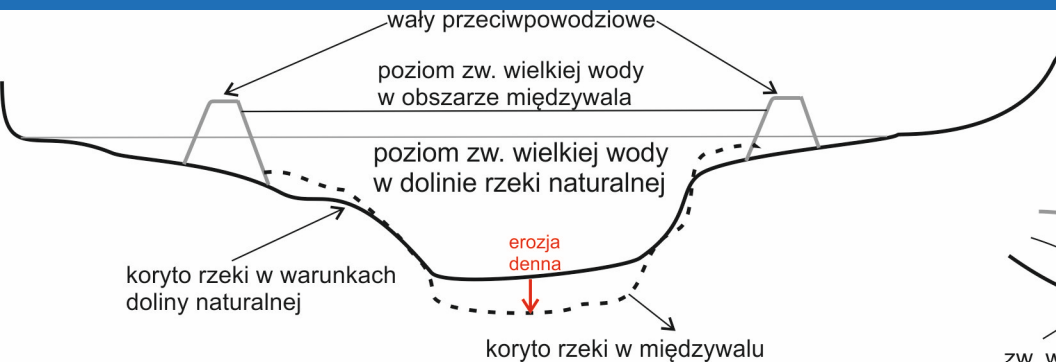
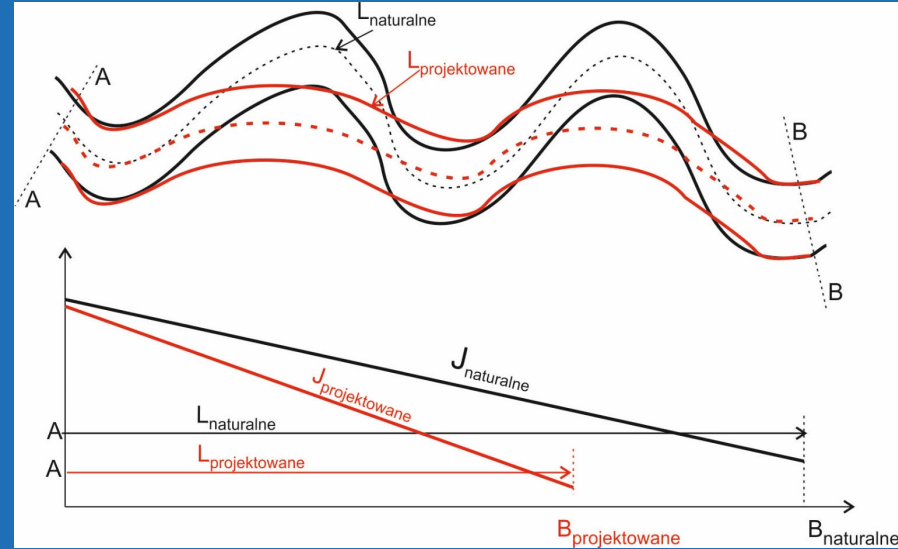
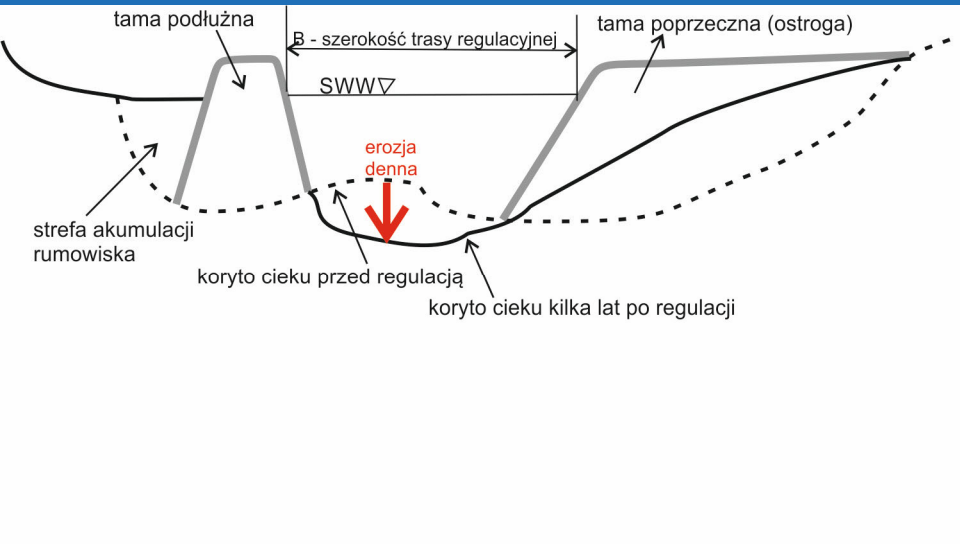
(za: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Z układem rzeki w planie związana jest topografia jej dna.

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)



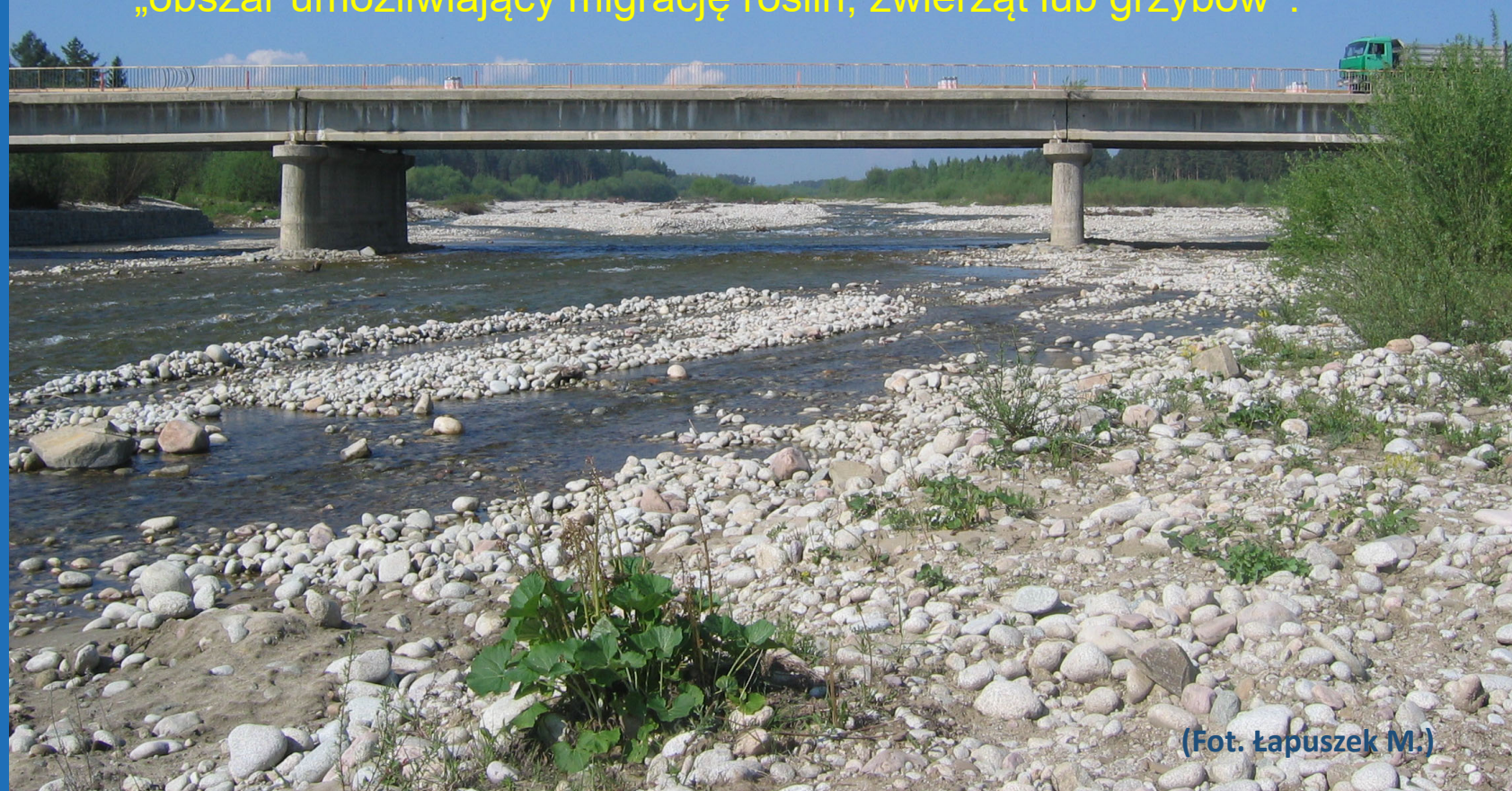
Morfologia rzek uregulowanych (Opracowanie własne)



Rzeka – dolina – korytarz ekologiczny (*stream corridor*)

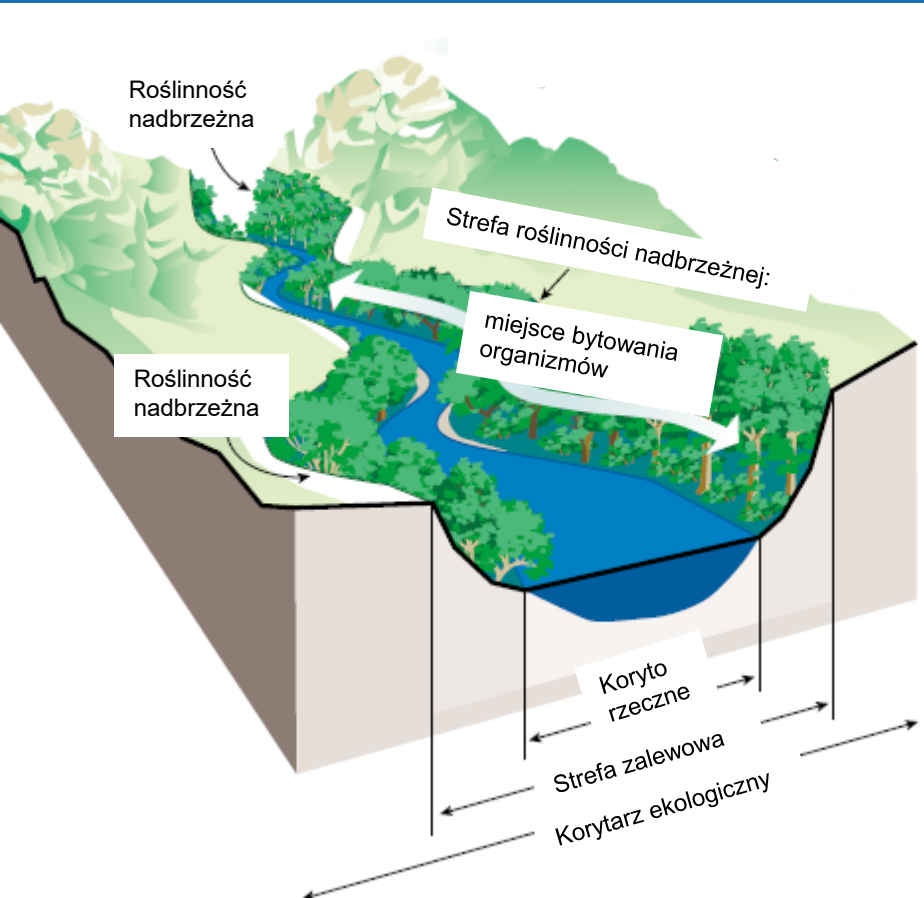
Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. Nr 92 z 2004 r., poz. 880) podaje, że korytarz ekologiczny to:

„obszar umożliwiający migrację roślin, zwierząt lub grzybów”.

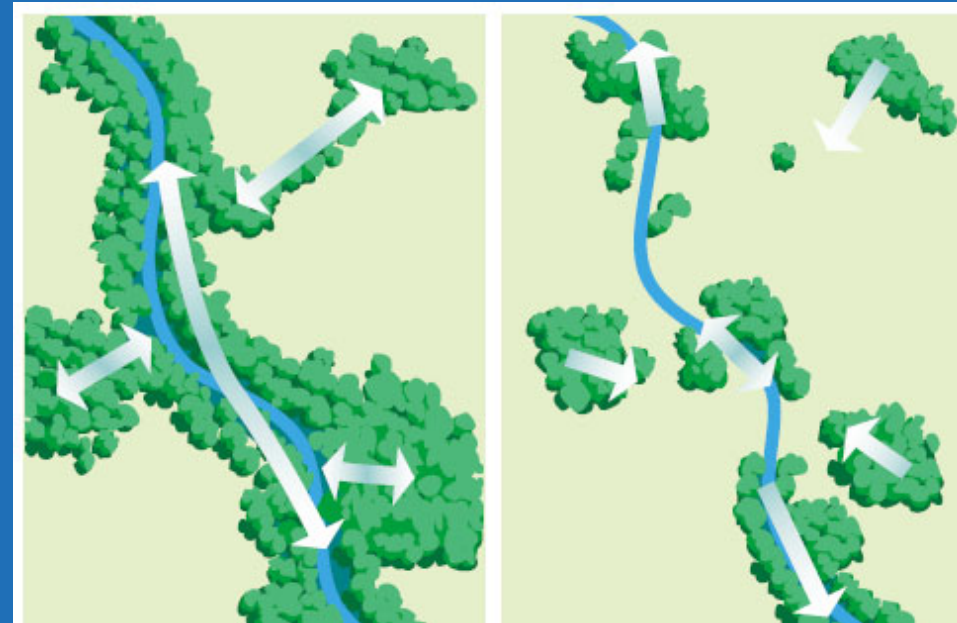


(Fot. Łapuszek M.)

Rzeka – dolina – korytarz ekologiczny (*stream corridor*)



Korytarz ekologiczny ciągły: umożliwia swobodne, dwukierunkowe (w górę i w dół) wędrówki organizmów wodnych.



(Opracowanie własne na podstawie: *Stream corridor restoration*, the National Engineering Handbook, USDA 2001)

brzegi koryta częściowo ubezpieczone za pomocą materiału naturalnego, zastosowane ubezpieczenia nie są szczelne i umożliwiają kontakt z wodami gruntowymi



brzegi koryta częściowo ubezpieczone elementami biotechnicznymi



koryto całkowicie naturalne, brzegi nieubezpieczone



brzegi koryta częściowo ubezpieczone elementami biotechnicznymi



(Fot. Łopuszek M.)

**Korytarz ekologiczny częściowo ciągły:
do udrożnienia w pierwszej kolejności.**

**Przegrody fragmentujące częściowo ciągłe
korytarze: pojedyncze progi i stopnie
regulacyjne o wysokości powyżej 0,3 m,
systematyczna zabudowa progowa i zapory
przeciwrumowiskowe.**

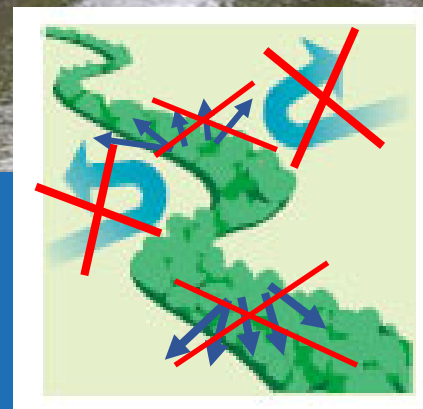


**Po udrożnieniu korytarz umożliwiający
jednokierunkowe (w górę i w dół)
wędrówki organizmów wodnych.**



(Fot. Łapuszek M.)

Korytarz ekologiczny nieciągły:
całkowicie uniemożliwiający wędrówki
organizmów wodnych,
do udrożnienia w dalszej kolejności



- prosta geometria dna,
- całkowicie nieprzepuszczalne podłoże i brzegi,
- teren przylegający do ciek jest szczelny – minimalna retencja dolinowa.

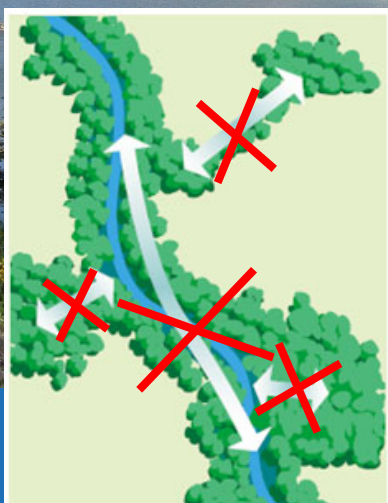
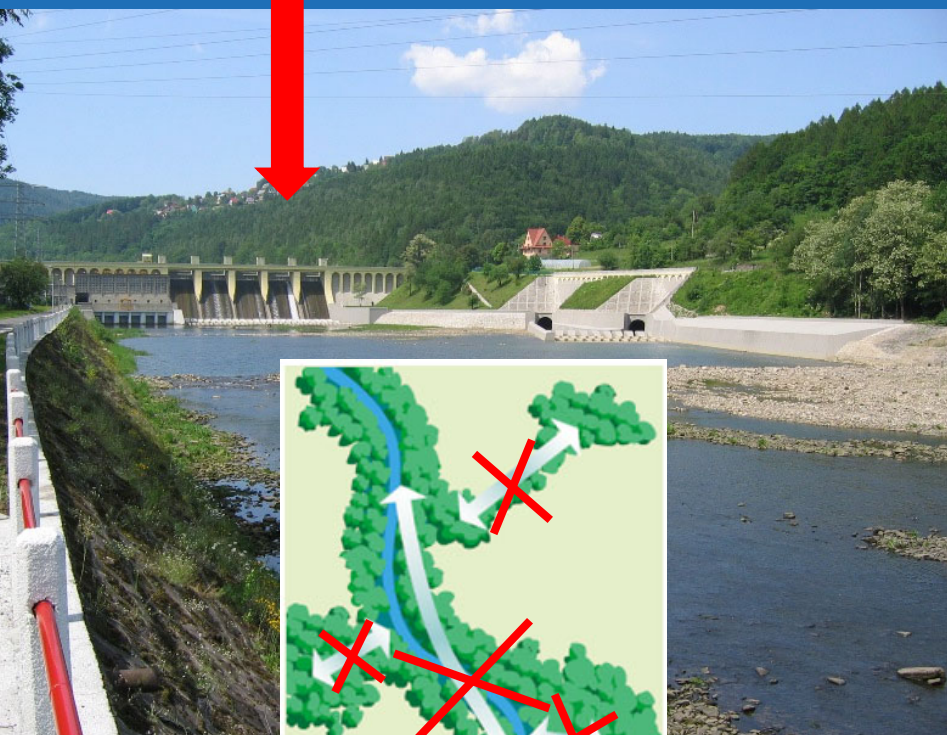
Możliwe występowanie organizmów:

- składniki biofilmu bentosowego (bakterie, algi, grzyby, mchy),
- bezkręgowce pełzające po płaskich powierzchniach, rzadko ryby.

(Fot. Łapuszek M.)

albo

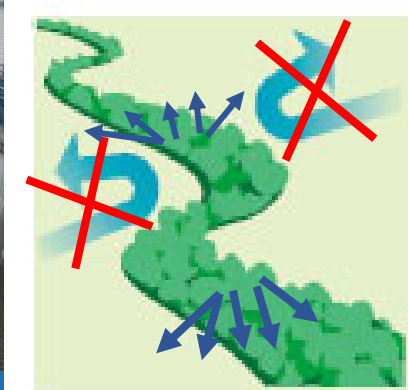
nieemożliwy do udrożnienia
ze względu na warunki techniczne lub brak
uzasadnienia przyrodniczego.
Ten status mają np. niektóre zbiorniki retencyjne.



(Opracowanie własne na podstawie: *Stream corridor restoration*, the National Engineering Handbook, USDA 2001)

Korytarz ekologiczny nieciągły:

- szczelna zabudowa brzegów,
- kontakt z wodami gruntowymi poprzez nieuszczelnione dno,
- zabudowa jedno- lub dwustronna brzegu,
- tereny przybrzeżne mają zdolność retencyjną,
- dobre warunki bytowania dla zbiorowisk bezkręgowców i dla gatunków ryb żerujących w środowiskach porowatych.
- rozbudowany i urozmaicony,
- wydzielone korytko małej wody koncentruje niskie przepływy i utrzymuje minimalne napełnienie,
- wprowadzony dodatkowy materiał (kamień i żwir) do betonowego koryta,
- teren przybrzeżny nie jest szczelny,
- istnieje możliwość zatrzymania wód opadowych w dolinie,
- dobre warunki bytowania dla zbiorowisk bezkręgowców i dla gatunków ryb żerujących w środowiskach porowatych.



(Fot. Łapuszek M.)

(Opracowanie własne na podstawie: *Stream corridor restoration*, the National Engineering Handbook, USDA 2001)

3.1. CZYNNIKI FIZYCZNE I CHEMICZNE CIEKU I ICH WPŁYW NA ORGANIZMY WODNE

Podłoże

Dna potoków i rzek górskich tworzą głazy i otoczaki. Reżim przepływu oraz rodzaj materiału skalnego tworzącego dno cieku decyduje o składzie mineralnym osadów. Oprócz tego na dnie cieku występuje detrytus (martwa materia organiczna) w formach od mikroskopijnych rozmiarów do fragmentów drzew. Na dnie cieku mogą też występować zakorzenione rośliny, na przykład glony oraz niektóre zwierzęta. W części dna i brzegów koryta występują też obiekty pochodzenia antropogenicznego (obiekty hydrotechniczne, ubezpieczenia dna i brzegów), na elementach których mogą osiedlać się organizmy.

Przeważająca większość makrobezkręgowców zasiedlających rzeki i potoki żyje w ścisłym związku z podłożem. Dna potoków górskich zbudowane z głazów i otoczków umożliwiają rozwój i schronienie faunie. Na przykład niektóre larwy chrząszczy występują w dolnych częściach skał pod kamieniami w nurcie rwącym, a larwy motyli żyją w kryjówkach, które tworzą w zagłębieniach na powierzchni skał. Organizmy, którym konieczne do rozwoju jest przytwierdzenie do podłoża, potrzebują stabilnego, odpornego na rozmycie dna cieku (dno kamienne). Dowiedziono, że niektóre populacje ulegają znacznej redukcji na skutek przepływów wezbraniowych, a ponowne ich odnowienie wymaga czasu.

Podłoże zbudowane z piasków jest uważane za niekorzystne w szczególności dla makrobezkręgowców, ponieważ jest ono niestabilne, ciasne upakowanie ziaren utrudnia zatrzymywanie detrytusu oraz ogranicza dostępność tlenu. Mimo to w podłożu takim również żyją gatunki, którym udało się dostosować.

W podłożu występują też gatunki fitofilne bezkręgowców, których bytowanie uzależnione jest od roślin wodnych. Przykładem takich organizmów są swobodnie żyjące niektóre gatunki chruścika, które wykorzystują do bytowania mchy.

Gatunki ryb oraz innych rzecznych kręgowców, które bytują w rzekach i potokach, charakteryzuje skłonność do występowania w ściśle określonych typach podłoża. Część ryb (głowacze) preferuje podłoża o grubym żwirze na głębokości kilku centymetrów. Jednak większość gatunków ryb bytuje na lub ponad dnem cieku, lub jest związana z różnorodnymi podłożami. Występują też gatunki ryb, które wymagają specyficznego rodzaju podłoża. Jednak przeważająca część gatunków ryb żyjących w ciekach, podczas tarła oraz przez określony czas po wylęgu, wymaga podłoża, które zapewni im wymagane warunki do przeżycia i rozwoju. Najlepszym podłożem do rozmnażania dla ryb żyjących w ciekach są głazy oraz grube żwiry, w obrębie których istnieje możliwość znalezienia bezpiecznych dla złożenia ikry miejsc (kryjówek), z których nie zostanie ona wypłukana przez płynącą wodę.

W rzekach nizinnych stabilnym podłożem jest najczęściej drewno występujące w postaci zatopionych, powalonych pni i konarów. Jak wykazują wyniki badań i obserwacji, na powierzchni pni skupia się ponad połowa biomasy bezkręgowców zasiedlających środowisko koryta rzeki².

² *Ibidem.*

Wpływ osadów dennych na bioróżnorodność organizmów bytujących w środowisku rzecznym

Na obszarze Polski dominują skały osadowe powstałe w czwartorzędzie w wyniku procesów lodowcowych i polodowcowych.

Utwory aluwialne powstają w wyniku odspajania, a następnie przemieszczania się pod wpływem płynącej wody w cieku cząstek mieszaniny skał i gruntu, tworząc tzw. **rumowisko rzeczne**.

W korytach cieków może zalegać materiał organiczny pochodzenia naturalnego, będący produktem rozkładu np. zatopionych gałęzi, konarów drzew, liści. Tworzą one tzw. detrytus, który stanowi podłoże, na którym rozwijać się mogą niektóre organizmy. Materiał ten stanowi też źródło pokarmu dla organizmów cudzożywnych.

Produktem nieustannych procesów erozji i akumulacji przebiegających w obszarze zlewni są rozmywalne mineralnymi utworami osadowymi osady aluwialne, w których wcięte są współczesne koryta rzeczne.

Grunty organiczne (np. torfy) oraz organiczno-mineralne występują w dolinach rzecznych, które ukształtowane zostały w wyniku małej prędkości przepływu wody oraz odcięcia dopływu wody, co spowodowało powstanie zastoisk i obszarów bezodpływowych.

Rodzaj materiału korytowego, a właściwie jego zróżnicowanie jest istotnym czynnikiem wpływającym na bogactwo organizmów wodnych w korycie cieku.

Podłoże daje możliwość organizmom tworzenia kryjówek i zagrzebywania się, chronienia się przed drapieżnikami, stanowi też źródło pokarmu

Podłoże stabilne
(głazy, kamienie)



Możliwość bytowania glonów

Podłoże luźne



Możliwość bytowania roślinności wodnej wymagającej ukorzenienia w podłożu

Podział rumowiska według normy (PN-EN ISO 14688-1)

Grunty	Frakcje	Symbol	Wymiary cząstek [mm]
Bardzo gruboziarniste	Duże głazy (<i>Large boulder</i>)	LBo	> 630
	Głazy (<i>Boulder</i>)	Bo	> 200–630
	Kamienie (<i>Cobble</i>)	Co	> 63–200
Gruboziarniste	Żwir (<i>Gravel</i>)	Gr	> 2,0–63
	Żwir gruby (<i>Coarse gravel</i>)	CGr	> 20–63
	Żwir średni (<i>Medium gravel</i>)	MGr	> 6,3–20
	Żwir drobny (<i>Fine gravel</i>)	FGr	> 2,0–6,3
	Piasek (<i>Sand</i>)	Sa	> 0,05–2,0
	Piasek gruby (<i>Coarse sand</i>)	CSa	> 0,5–2,0
	Piasek średni (<i>Medium sand</i>)	MSa	> 0,2–0,63
Piasek drobny (<i>Fine sand</i>)	FSa	> 0,05–0,25	
Drobnoziarniste	Pył (<i>Silt</i>)	Si	> 0,002–0,063
	Pył gruby (<i>Coarse silt</i>)	CSi	> 0,02–0,063
	Pył średni (<i>Medium silt</i>)	MSi	> 0,0063–0,02
	Pył drobny (<i>Fine silt</i>)	FSi	> 0,002–0,0063
	Ił (<i>Clay</i>)	Cl	≤ 0,002



(Fot. Łopuszek M.)



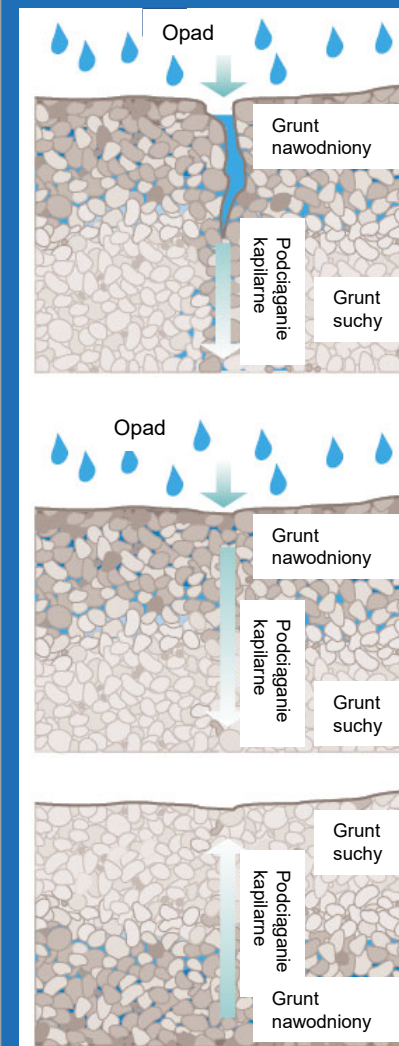
Podział rumowiska ze względu na jego pochodzenie i sposób poruszania się w korycie ciek

(Wołoszyn J. et al., *Regulacja rzek i potoków*, Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław 1994)

Rodzaj rumowiska	Pochodzenie	Sposób poruszania się w korycie	Rodzaj frakcji
Rumowisko unoszone	Denudacja zlewni (spływ powierzchniowy), erozja brzegowa	Unoszone wraz z płynącą wodą w cieku bez kontaktu z dnem	Iły Pyły Piaski drobne, średnie, grube
Rumowisko wleczone	Erozja denna (liniowa), erozja brzegowa	W odpowiednich warunkach hydrodynamicznych przemieszczane po dnie (toczone, przesuwane)	Piaski średnie, grube Żwiry Kamienie Głazy
Rumowisko chwilowo unoszone	Denudacja zlewni, erozja wodna	Przemieszczanie się w sposób skokowy	Ziarna drobne

Podział skał według własności filtracyjnych (PN-EN ISO 14688-1)

Charakterystyka przepuszczalności	Rodzaj skał	Współczynnik przepuszczalności [Darcy]
Bardzo dobra	Rumosz, żwir, żwir piaszczysty, gruboziarnisty, równoziarniste piaski, skały masywne z bardzo gęstą siecią drobnych szczelin	> 100
Dobra	Piaski gruboziarniste, piaski różnoziarniste, piaski średnioziarniste, słabo spojone, piaskowce gruboziarniste, skały masywne z gęstą siecią szczelin	100–10
Średnia	Piaski drobnoziarniste, równomiernie uziarnione, less	10^{-4} – 10^{-5}
Słaba	Piaski pyłaste, gliniaste, muki, piaskowce, skały masywne z rzadką siecią drobnych spękań	10^{-5} – 10^{-6}
Skały półprzepuszczalne	Gliny, namuły, mułowce, iły piaszczyste	10^{-6} – 10^{-8}
Skały nieprzepuszczalne	Iły, łupki, zwarte gliny ilaste, margle ilaste, skały masywne niespękane	$< 10^{-6}$



Przepływ wody w korycie ciek

Prędkość przepływu w korycie jest jednym z najistotniejszych czynników mających wpływ na organizmy żyjące w ciek. Prędkość przepływu oddziałuje na materiał tworzący dno ciek oraz na zasoby pożywienia, transportując i usuwając substancje pokarmowe i biogenne. Prędkość przepływu oddziałuje też bezpośrednio na same organizmy, które poruszają się w nurcie, a także w podłożu i na brzegach koryta. Szczególnie istotne znaczenie ma charakter przepływu w okolicy podwodnych przeszkód oraz przy dnie koryta ciek, ponieważ znacząca część organizmów żyje właśnie w tych miejscach. Niektóre organizmy przystosowały się do zróżnicowanych warunków przepływu panujących w ciek. Przykładem tego mogą być larwy dwóch gatunków chrzączek (rzęd owadów), które żyją w wodach wolno i szybko płynących. Bezkręgowce wodne posiadają liczne cechy anatomiczne, które zwiększają ich zdolność do poruszania się oraz minimalizują ewentualną możliwość porwania ich przez płynącą wodę. Ryby posiadają cechy anatomiczne oraz behawioralne, które umożliwiają im adaptację do poruszania się w warunkach silnego naporu płynącej wody. Ryby często zmieniają swe położenie, aby w ten sposób zapobiec porwaniu przez nurt. W przypadku glonów i mikroorganizmów, żyjących na różnych poziomach płynącej wody, trudno jest sprecyzować wpływ przepływu na te organizmy. Można jedynie stwierdzić występowanie charakterystycznych, odmiennych taksonów w ciekach wolno i szybko płynących. Wiadomo jednak, że w celu zachowania podstawowych procesów biologicznych ekosystemu wodnego konieczne jest występowanie w korycie ciek przepływu nie mniejszego niż tzw. przepływ nienaruszalny. Dlatego w projektowaniu kształtu i wymiarów koryt rzecznych należy uwzględnić wielkość tego przepływu. Jest wiele metod, z pomocą których można określić wielkość przepływu wód gwarantującego założony stan ekologiczny ciek danego regionu wodnego. Często w tych metodach uwzględnia się kryterium hydrobiologiczne oraz rybacko-wędkarskie³.

Temperatura wody i warunki świetlne w ciek

Temperatura wody w ciek jest zmienna zarówno w ciągu roku, jak też dobowo. Ponadto temperaturę kształtują: warunki klimatyczne, wysokość nad poziom morza, występowanie roślinności przybrzeżnej, zasilanie wodą podziemną. Wszystkie te czynniki kształtują temperaturę wody, a w konsekwencji stężenie tlenu w wodzie.

³ Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie zakresu i trybu opracowywania planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy oraz warunków korzystania z wód regionu wodnego z dnia 28 kwietnia 2004 r.

Każdy organizm ma swoje indywidualne wymagania (zakres tolerancji) termiczne i tlenowe, w których może prawidłowo się rozwijać. Obecność tlenu w środowiskach rzecznych nie jest czynnikiem ograniczającym rozwój organizmów. Jednak w pewnych warunkach, szczególnie podczas wystąpienia wysokiej temperatury wody w cieku i wolnym przepływie (na przykład podczas długotrwałych niżówek), może on być czynnikiem decydującym o rozwoju fauny i flory rzecznej.

Dlatego w strefie przybrzeżnej cieku należy zwrócić szczególną uwagę na obecność odpowiedniej roślinności, która w okresie intensywnego nasłonecznienia i przepływów niżówkowych zapewni dobre warunki termiczne i tlenowe organizmom żyjącym w cieku. W dużych rzekach wielkość zacienienia ma nieznaczny wpływ na temperaturę, ponieważ duża masa płynącej wody ma znaczną bezwładność termiczną. Natomiast w przypadku małych potoków i rzek brak zacienienia może wyraźnie wpłynąć na groźny dla organizmów, znaczny wzrost temperatury wody⁴.

⁴ Allan J. David, *Ekologia wód płynących*, *op.cit.*

Wpływ światła słonecznego na funkcjonowanie środowiska rzecznego

Wzrost temperatury w miejscach nasłonecznionych

Fotosynteza roślin

Dogodne warunki krajobrazowe i rekreacyjne

Funkcjonowanie organizmów zwierzęcych posługujących się wzrokiem

Intensywność przenikania światła słonecznego do wody warunkują:

- Klimat
- Topografia terenu
- Gęstość zadrzewienia strefy brzegowej
- Przezroczystość wody
- Gęstość zawiesiny rumowiska unoszonego, planktonu, zanieczyszczeń organicznych w wodzie



Badania wykazują, że optymalny poziom zacienienia powierzchni zwierciadła wody powinien wynosić 80%

BALANS

NADMIAR ŚWIATŁA:
nadmierny rozwój glonów, roślinności makrofitowej



NIEDOBÓR ŚWIATŁA:
Utrudnione warunki rozwoju i funkcjonowania organizmów bytujących w wodzie

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

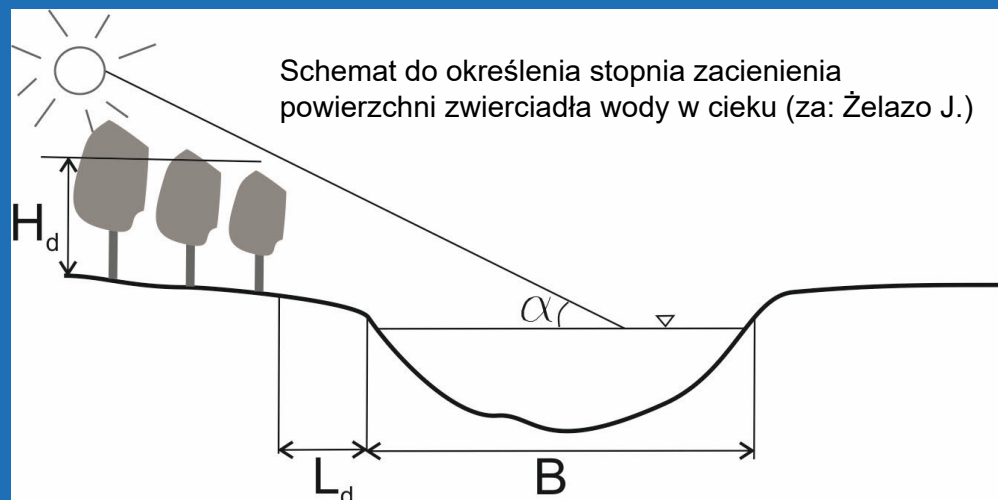
Odpowiedni stopień nasłonecznienia powierzchni wody w cieku jest możliwy do osiągnięcia poprzez rozmieszczenie w pasie brzegowym o określonej szerokości roślinności wysokiej, dobierając jej zagęszczenie i wysokość.

Pomocna w tym może być formuła (Żelazo):

$$S_Z = \frac{S_r}{B} \left[(H_d \operatorname{ctg} \alpha |\sin \varphi|) - \left(L_d - \frac{S_k}{2} \right) \right]$$

gdzie:

- S_r – stopień zagęszczenia pasa roślinnego [%],
- B – szerokość zwierciadła wody brzegowej [m],
- H_d – wysokość roślinności [m],
- α – kąt padania promieni słonecznych [°],
- φ – kąt zawarty między kierunkiem północ-południe a kierunkiem przepływu wody w cieku [°],
- L_d – odległość krawędzi pasa roślinności od linii zwierciadła wody [m],
- d_k – współczynnik zależny od kształtu i zawartości korony drzew/krzewów [0–100%], (określony bezwymiarowo).



Kształtowanie warunków termicznych w ciekach

Promieniowanie słoneczne

Geometria koryta

Temperatura wód dopływających

Pory roku (sezonowość)

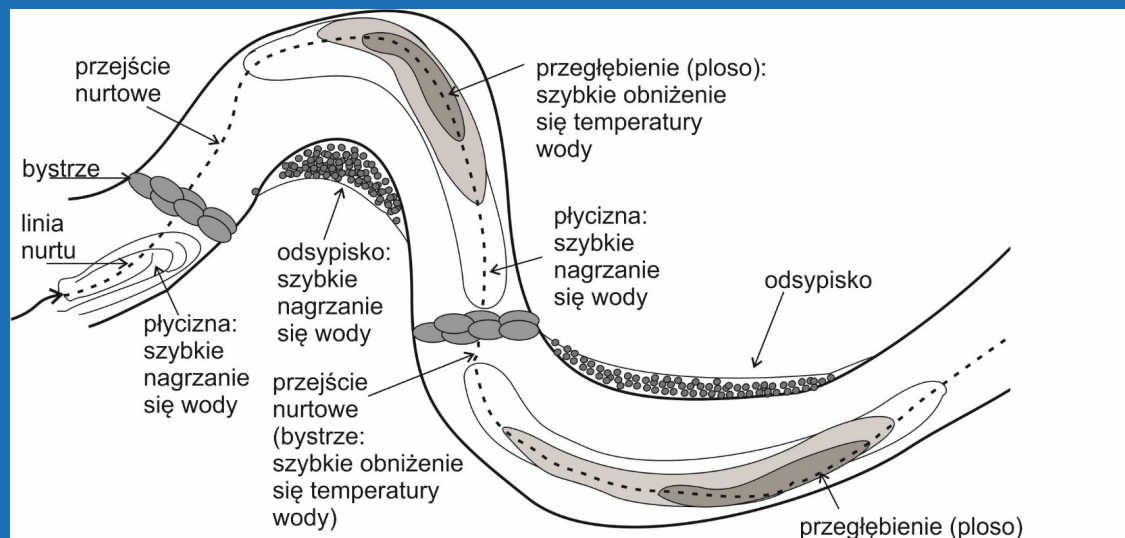
Klimat

Prędkość przepływu wody w cieku

Głębokość zwierciadła wody w cieku

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Kształtowanie warunków termicznych w ciekach



W akwenach typu **stawy, starorzecza, zastoiska, zatoki, oczka wodne** oraz **obiekty małej retencji** rozkład gradientu temperatury wskazuje, że temperatura wody jest tam prawie jednakowa na różnym poziomie głębokości takiego zbiornika. Jednak należy zwrócić uwagę na problem szybkiego wzrostu temperatury wody w akwenu szczególnie latem. Dlatego trzeba zadbać o odpowiednie usytuowanie roślinności zapewniającej odpowiednie zacienienie wokół takiego obiektu.



(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Jakość wody w cieku

Czynniki naturalne, od których zależy obecność substancji naturalnych w wodzie

Rodzaj gleb,
rodzaj utworów
geologicznych

Ukształtowanie
powierzchni zlewni

Warunki meteorologiczne
i ich zmienność sezonowa

Rodzaj zagospodarowania terenu
w obszarze doliny cieku

Na obszarze Polski przeważa charakter
wód wodorowęglanowo-wapniowych
o zróżnicowanym stężeniu.

Ukształtowanie
i przebieg warstw geologicznych

Struktura użytków rolnych

Główne zanieczyszczenia chemiczne wód	Źródła zanieczyszczeń chemicznych
detergenty	gospodarstwa domowe, pralnie, myjnie, przemysł papierniczy, farbiarski, gumowy, szklarski, tekstylny, budownictwo
środki ochrony roślin – pestycydy, nawozy sztuczne (azotany, fosforany)	przemysł chemiczny, rolnictwo i leśnictwo
fenole	przemysł chemiczny, spożywczy, ścieki komunalne, rafinerie, koksownie, gazownie, garbarnie
związki metali ciężkich (Hg, Cd, Cr, Mn, Cu, Fe)	transport samochodowy, ścieki przemysłowe, garbarnie, metalurgia, górnictwo, hutnictwo
węglowodory aromatyczne	petrochemia, przemysł chemiczny
radioizotopy (radanu, strontu)	eksplozje jądrowe, przemysł zbrojeniowy, odpady, ścieki
cyjanki	galwanizernia
benzyna, nafta, olej, ropa naftowa, smary	komunikacja, transport samochodowy i wodny, awarie i katastrofy tankowców, platform wiertniczych, przemysł paliwowo-energetyczny

(Opracowanie własne na podstawie: Allan J. David,
Ekologia wód płynących, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1998)

Wpływ zanieczyszczeń na jakość funkcjonowania fauny i flory wodnej

Nadmiar azotanów i fosforanów

Eutrofizacja (nadmierny zakwit zielenic i sinic oraz makrofitów) wynikająca z nadmiernego tzw. „użyźnienia” środowiska wodnego

Niedobór tlenu w wodzie

Obumarcie glonów w strefie przydennej i dodatkowe „użyźnienie” wody

Śnięcie ryb

Możliwości samooczyszczania wód

BZT₅ (biochemiczne zapotrzebowanie tlenu), czyli ilości tlenu w mg/dm³ potrzebna w czasie 5 dni do całkowitego utlenienia związków organicznych w temperaturze 200°C przez mikroorganizmy tlenowe. Im większa wartość BZT₅ w wodzie, tym bardziej woda jest zanieczyszczona związkami organicznymi.

Zanieczyszczenia organiczne pochodzenia naturalnego

organizmy żywe + tlen rozpuszczony + inne substancje mineralne (nutrienty) = **biodegradacja**

Zanieczyszczenia organiczne pochodzenia antropogenicznego

ulegają biodegradacji, jednak proces ten przebiega bardzo wolno.

Trwałe związki nieorganiczne (nieszkodliwe)

Związki organiczne pobierane przez organizmy do procesów życiowych

Zanieczyszczenia nieorganiczne

Reakcje chemiczne typu:
– utleniania – redukcji
– zobojętniania
– adsorpcji
– sedymentacji

Z dwutlenku węgla i wody bakterie syntetyzują związki organiczne przy użyciu energii pobieranej z rozkładu związków nieorganicznych

Rozkład szkodliwych związków, takich jak np. siarkowodór, sole żelazowe, manganowe

Rośliny wodne i bagienne

fotosynteza

Wzrost ilości tlenu rozpuszczonego w wodzie

Pobór z podłoża i wody związków azotu i fosforu

Saprotrofy (np. niektóre zwierzęta bezkręgowce, larwy owadów rozkładają substancje biogenne gromadzące się na dnach rzek

Powstają proste związki mineralne będące pokarmem dla roślin

(Opracowanie własne na podstawie: Allan J. David, *Ekologia wód płynących*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1998)

Możliwości samooczyszczania wód w ekosystemach naturalnych rzek przebiegają bez zakłóceń, jeśli zapewniona jest następująca równowaga:

Produkcja pierwotna

zachodząca w organizmach autotroficznych



Produkcja wtórna

wykorzystująca do budowy organizmów heterotroficznych wysokoenergetyczne związki organiczne



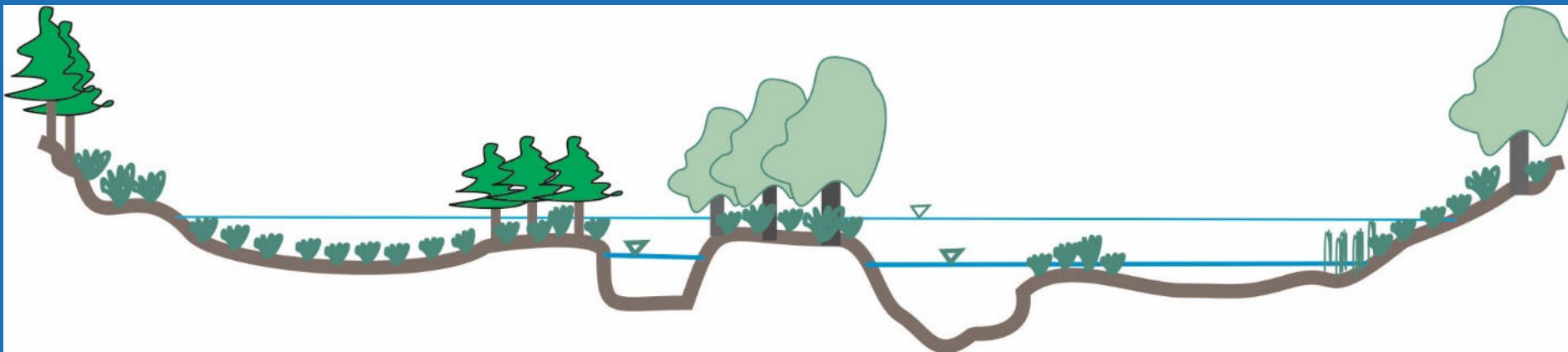
Rozkład materii organicznej

WARUNKI TLENOWE W PROCESIE SAMOOCZYSZCZANIA WODY W CIEKU:

- w wyniku napowietrzenia (reaeracji) cząsteczki tlenu przenikają przez zwierciadło wody do jej toni,
- stężenie tlenu w wodzie w ciągu doby i w ciągu roku,
- rozkład stężenia tlenu w korytach rzecznych jest przeważnie równomierny, jedynie w strefie przydennej mogą występować zmniejszone stężenia tlenu w wodzie,
- zróżnicowane dno o charakterze kaskadowym lub o nierównomiernej linii brzegowej umożliwia lepsze napowietrzenie strugi ze względu na turbulencje przepływu.

ZAKŁÓCENIA:

Przy dopływie z zewnątrz dodatkowej ilości materii organicznej (np. pochodzącej ze spływu powierzchniowego) procesy biodegradacji przebiegają intensywniej, następuje wówczas nadmierne zużycie tlenu zawartego w wodzie, co w rezultacie prowadzi do pogorszenia się jakości wody.



(Opracowanie własne na podstawie: Allan J. David, *Ekologia wód płynących*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1998)

Ochrona zasobów wodnych

(Opracowanie własne na podstawie: Sumorok B. et al., *Rola roślinności w ochronie jakości wód*, [w]: *Woda w krajobrazie rolniczym*, IMUZ, Falenty 2006)

Fitoremediacja: wykorzystanie roślinności w absorpcji i akumulacji zanieczyszczeń

	Zawartość w suchej masie makrofitów [%]: azot/potas	
Makrofity zanurzone	1,80–4,50	0,10–0,80
Makrofity pływające	1,50–7,20	0,60–2,80
Makrofity wynurzone	1,30–3,70	0,10–0,90
Trzcina pospolita	0,94–4,20	0,01–0,50
Pałka wąskolistna	1,20–3,06	0,14–0,50
Pałka szerokolistna	1,01–3,60	0,02–0,49

Ekotony nadbrzeżne:

Obszary przejściowe między dwoma ekosystemami, np.: pole/łąka, ląd/woda.

	Zawartość w suchej masie [%]: azot/potas	
Wierzba biała	1,2–1,38	0,19–0,21
Wierzba krucha	1,24–1,31	0,29–0,33
Wierzba purpurowa	1,06–1,13	0,22–0,25
Wierzba szara	1,03–1,06	0,14–0,16
Wierzba wiciowa	1,32–1,35	0,25–0,27

Rola ekotonu w procesie oczyszczania wód gruntowych dopływających do ciek:

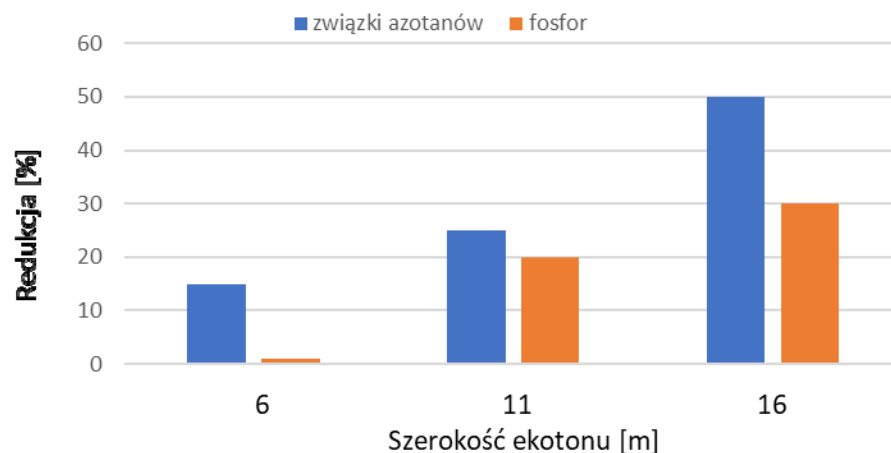


Poprawa jakości wody

Zatrzymanie metali ciężkich

Kumulacja materii organicznej

Zależność stopnia eliminacji biogenów od szerokości ekotonu:



Roślinność jako nierozdzielny element cieków i dolin rzecznych

Warunki w ekosystemach rzecznych i dolin rzecznych są w znaczącym stopniu kształtowane przez występującą w nich roślinność. W biocenozach cieków rośliny pełnią funkcję producentów, dostarczając pokarm i energię organizmom z wyższych poziomów troficznych. Roślinność tworzy struktury zbiorowości o zróżnicowanej strukturze, stanowiąc siedliska i ostoje dla ptactwa wodnego.

Roślinność strefy korytowej cieków i jej funkcja w ekosystemie

Toń wodna	Rośliny wolnopływające nie ukorzenione	Rozwijają się w wodach stojących, odciętych częściami koryt, zatoczkach, stanowią środowisko dla wodnych bezkręgowców (ślimaki, larwy jętki, chrząszcze), stanowią źródło pokarmu dla ptactwa dzikiego.
	Rośliny podwodne wąskolistne	Rozwijają się w płytkich korytach, porastają kępami, uczeplone u ich liści glony stanowią źródło pożywienia dla ryb, są też miejscem składania ikry oraz bytowania dla wielu bezkręgowców.
	Rośliny podwodne szerokolistne	Tworzą warunki dla zróżnicowanego podwodnego środowiska bezkręgowców, glonów, ryb. W okresie letnim zapobiegają nadmiernemu rozwojowi glonów.
	Rośliny o pływających liściach, ukorzenione	Stanowią miejsce bytowania dla ważek i innych owadów.
Skarpa podwodna	Rośliny wąskolistne, wynurzone (brzegowe)	Gatunki trwałe, rosnące w kępach, często wykorzystywane jako żywe sadzonki do umacniania brzegów przed erozją, stanowią schronienie i miejsce żerowania dla drobnych bezkręgowców.
	Rośliny szerokolistne, wynurzone (brzegowe)	W strefie brzegowej tworzą zbitą, gęstą kępę.
	Rośliny „wdzierające się” w koryto ciek	Rosną w terenach zabagnionych i zamulonych strefach brzegowych koryt rzecznych (turzyce, trzcina), stanowią siedlisko dogodnie dla owadów.
Strefa brzegowa	Rośliny wąskolistne, proste, porastające skarpy cieków	Rośliny zróżnicowane gatunkowo, stanowią siedlisko dogodnie dla rozwoju owadów oraz siedlisko do bytowania ptaków i ssaków. Stanowią też pożywienie dla bezkręgowców i ryb, chronią też brzegi koryta rzeki przed rozmyciem.
	Rośliny wąskolistne, płożące się nad wodą, porastające skarpy	Rośliny niskie, miękkie i słabo ukorzenione, stanowią dobre warunki bytowania dla wodnych i bagiennych bezkręgowców, ptactwa. Są też dobrym schronieniem dla małych ssaków.
	Rośliny szerokolistne, proste, porastające skarpy cieków	Stanowią dobre schronienie dla małych ssaków, są miejscem bytowania motyli i owadów żywiących się nektarem kwiatowym.
	Rośliny szerokolistne, płożące się, porastające skarpy cieków	Rośliny bytujące pośród innych gatunków roślin porastających strefy brzegowe koryt rzecznych.

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Roślinność dolin rzecznych i jej funkcja w ekosystemie

Roślinność wysoka strefy brzegowej	Las łęgowy (LŁ)	Porastają strefy brzegowe i zalewowe rzek nizinnych, zajmując obszary żyzne, okresowo zalewane wodą wezbraniową, tworząc tzw. lasy nadrzeczne.
Roślinność wysoka strefy zalewowej	Olsy typowe (OL) Olsy jesionowe (OLJ)	
Roślinność starorzeczy	Roślinność zanurzona, typowa dla wód stojących, a otoczenie starorzecza jest porośnięte roślinnością szuwarową.	
	Miejsce stanowiące dogodne warunki dla bytowania ptactwa wodnego, w starorzeczach odciętych od koryt rzecznych występuje środowisko z dominacją w zbiorniku jednej populacji.	
	Bogactwo flory tego obszaru zależy od charakteru połączenia starorzecza z korytem, co wiąże się z zapotrzebowaniem tego obszaru w wodę. Wówczas występuje bogactwo fauny bezkręgowej i kręgowej, ponadto stanowią siedliska dla rozwoju ryb i płazów.	
Tereny zalewowe	Znaczne zróżnicowanie roślinności daje większe zróżnicowanie fauny w obszarze.	
	Zróżnicowane układy łąkowe, zróżnicowana wysokość traw umożliwiają budowę gniazd przez ptactwo.	
	Łąki podmokłe z niskimi trawami są bogactwem pokarmu dla organizmów bezkręgowych i kręgowców, umożliwia budowę gniazd naziemnych.	
	Obszary częściowo zalewane wodami wezbraniowymi są miejscem rozmnażania wielu gatunków fauny bezkręgowej i kręgowej, których rozród odbywa się w środowisku wodnym.	
	Częściowe zadrzewienie i zakrzaczenie obszarów zalewowych umożliwia powstanie tzw. wysp ekologicznych, między którymi mają miejsce migracje małych ptaków i ssaków.	

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

3.2. WKAŹNIKI OCENY STANU EKOLOGICZNEGO CIEKÓW

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód⁵ wprowadzono pięć klas jakości wód. Klasy te dotyczą wód powierzchniowych naturalnych. W przypadku cieków i zbiorników sztucznych lub silnie zmienionych określa się tzw. potencjał ekologiczny. Dla wód powierzchniowych RDW oraz polskie akty prawne, które ją wdrażają, podają jako wskaźniki do oceny wód stan ekologiczny oraz chemiczny. Stan ogólny wód jest określony poprzez gorszy z dwóch wymienionych wyżej wskaźników.

Stan ekologiczny wskazuje strukturę i funkcjonowanie ekosystemu wodnego. Stan chemiczny wskazuje warunki związane z występowaniem zanieczyszczeń w cieku. Stan chemiczny cieku określa się na podstawie wielkości stężeń następujących substancji szkodliwych dla środowiska wodnego: benzenu, DDT (dwuchlorodwufenylotrójchloroetan), rtęci, kadmu i innych. Stan chemiczny cieku może być klasyfikowany jako dobry, poniżej dobrego lub zły. Przy czym określenie ogólnego stanu jako zły może być niezależne od jego stanu ekologicznego. W przypadku gdy stan chemiczny cieku jest dobry, wówczas ogólny stan cieku może być oceniony jako dobry, jedynie w przypadku, kiedy stan ekologiczny jest co najmniej dobry. W przeciwnym razie ogólny stan cieku jest oceniany jako zły.

Stan ekologiczny wód powierzchniowych jest wyznaczany za pomocą następujących trzech grup elementów wskaźnikowych:

- elementy biologiczne,
- elementy hydromorfologiczne,
- elementy fizyczne i fizyczno-chemiczne.

Wykaz elementów według RDW oraz elementów poszczególnych wskaźników stosowanych w Polsce zestawiono w tabeli (Tab. 3.1). Dobór wymienionych elementów oraz ich wartości graniczne są różne dla poszczególnych typów wód. Wartości graniczne poszczególnych wskaźników muszą być dostosowane do lokalnej typologii wód.

⁵ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód, Dz. U. z 2004 r., Nr 32, poz. 284.

Tabela 3.1. Wykaz elementów stosowanych do oceny stanu ekologicznego cieków⁶.

Wykaz elementów do oceny według Ramowej Dyrektywy Wodnej ⁷	Wykaz wskaźników do oceny stosowanych na obszarze Polski ⁸
Elementy biologiczne	
Fitoplankton	Zawartość chlorofilu
Fitobentos	Wskaźniki okrzemkowe (IO) – wskaźniki stanu ekologicznego środowiska oparte na ocenie występowania w nim taksonów okrzemek o znanej dla danego środowiska tolerancji ekologicznej.
Makrofity	Makrofitowy Indeks Rzeczny: określany na podstawie występowania wybranych makrofitów w środowisku wodnym.
Makrobezkręgowce bentosowe	Dotychczas nie ustalono.
Ichtiofauna	Dotychczas nie ustalono.
Elementy hydromorfologiczne	
Reżim hydrologiczny	Wielkość i dynamika przepływu wody w korycie cieków. Połączenie z wodami podziemnymi.
Ciągłość cieków	Ilość i rodzaj barier. Możliwość migracji organizmów wodnych.
Warunki morfologiczne	Głębokość cieków. Struktura i rodzaj podłoża koryta. Struktura strefy brzegowej. Prędkość wody w nurcie.

⁶ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2009 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych, Dz. U. z 2009 r., Nr 122, poz. 1018.

⁷ Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dz. U. UE L z dnia 22 grudnia 2000 r.).

⁸ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, Dz. U. z 2008 r., Nr 162, poz. 1008.

Elementy fizyczno-chemiczne	
Stan fizyczny	Temperatura wody. Zawiesina ogólna.
Warunki tlenowe i zanieczyszczenie organiczne	Zawartość tlenu rozpuszczonego. BZT ₅ (Biochemiczne Zapotrzebowanie Tlenu): wskaźnik określający ilość tlenu wymaganą do procesu utleniania związków organicznych przez mikroorganizmy (bakterie). ChZT _{Mn} , ChZT _{Cr} (Chemiczne Zapotrzebowanie Tlenu): ilość tlenu pobranego z utleniaczy na utlenienie związków organicznych i niektórych nieorganicznych. Jest to wskaźnik stosowany do oceny miary zanieczyszczenia w wodzie. OWO: jednostka stosowana do określenia biomasy przez określenie ilości węgla organicznego, jaka znajduje się w związkach organicznych.
Zasolenie	Przewodność w 20°C. Występowanie substancji rozpuszczonych. Zawartość siarczanów, chlorków, wapnia, magnezu.
Zakwaszenie	Odczyn
Warunki biogenne	Występowanie: azotu amonowego, azotu azotanowego, azotu Kjeldahla, fosforu ogólnego.
Substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska	Występowanie substancji priorytetowych. Występowanie innych substancji wprowadzonych do wody w dużych ilościach.

W tabeli poniżej (Tab. 3.2) podano definicje pięciu klas jakości wód, które zgodnie z Rozporządzeniem Ministra są obowiązujące na obszarze Polski⁹.

Tabela 3.2. Zestawienie definicji klas jakości wód.

Klasa jakości wód	Rodzaj wskaźnika	Definicja
Stan bardzo dobry	Elementy biologiczne	Skład taksonomiczny wskaźników oraz ich charakter, typ i liczebność odpowiadają warunkom niezakłóconym lub są do tych warunków zbliżone.
	Elementy hydromorfologiczne	Wszystkie wskaźniki odpowiadają warunkom niezakłóconym lub są do nich zbliżone.
	Elementy fizykochemiczne	Wartości wskaźników lub ich stężenia odpowiadają warunkom niezakłóconym lub są zbliżone do tych warunków, nie wskazują na zmiany wynikające z działalności człowieka. Stężenia specyficznych zanieczyszczeń syntetycznych powinny być poniżej poziomu wykrywalności, a specyficzne zanieczyszczenia niesyntetyczne powinny odpowiadać warunkom niezakłóconym.
Stan dobry	Elementy biologiczne	Występowanie niewielkich zmian w składzie i liczebności badanych wskaźników w stosunku do warunków niezakłóconych. Może wystąpić wzrost intensywności zakwitów fitoplanktonu. Ponadto mogą też występować zaburzenia reprodukcji lub rozwoju określonych gatunków ryb, wynikające z działalności człowieka.
	Elementy hydromorfologiczne	Warunki hydromorfologiczne umożliwiają bytowanie organizmów roślinnych i zwierzęcych, których obecność i jakość jest wymagana dla stanu dobrego badanych wód.
	Elementy fizykochemiczne	Poziomy i stężenia odpowiednich wskaźników nie wykraczają poza zakresy ustalone do zapewnienia prawidłowego funkcjonowania określonego typu ekosystemu i dają możliwość spełnienia przez organizmy wymagań określonych dla stanu dobrego badanych wód. Stężenia specyficznych zanieczyszczeń syntetycznych i niesyntetycznych nie przekraczają poziomów ustanowionych do funkcjonowania taksonów właściwych dla danego typu wód, jak również dla innych gatunków, dla których dane są dostępne.

⁹ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2009 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych, *op.cit.*

Stan umiarkowany	Elementy biologiczne	Skład taksonomiczny wskaźników oraz ich charakter, typ i liczebność wykazuje umiarkowane zmiany w stosunku do zbiorowisk specyficznych dla danego typu wód. Może występować stały zakwit fitoplanktonu, powodując zakłócenia innych elementów biologicznych. Fitobentos jest zastąpiony przez skupiska bakterii.
	Elementy hydromorfologiczne	Warunki hydromorfologiczne umożliwiają bytowanie organizmów roślinnych i zwierzęcych, których obecność i jakość jest wymagana dla stanu umiarkowanego badanych wód.
	Elementy fizykochemiczne	Poziomy i stężenia odpowiednich wskaźników nie wykraczają poza zakresy ustalone do zapewnienia poprawnego funkcjonowania określonego typu ekosystemu i dają możliwość spełnienia przez organizmy wymagań określonych dla stanu umiarkowanego badanych wód.
Charakterystyki wód osiągające stan poniżej umiarkowanego		
Stan słaby		Wody wykazują oznaki znacznych zmian wartości biologicznych elementów jakości określonych dla danego typu części wód powierzchniowych. Ponadto, zbiorowiska organizmów w nich występujących różnią się znacznie od tych, jakie powinny tam występować w warunkach niezakłóconych.
Stan zły		Wody wykazują oznaki poważnych zmian wartości biologicznych elementów jakości określonych dla danego typu części wód powierzchniowych. Ponadto, obserwuje się w nich brak odpowiednich populacji biologicznych, jakie powinny tam występować w warunkach niezakłóconych.

W przypadku części cieków silnie zmienionych oraz tzw. sztucznych części wód, podaje się ich potencjał ekologiczny, a nie stan ekologiczny.

Potencjał ekologiczny, w zależności od ocen podanych w tabelach (Tab. 3.1, Tab. 3.2) powyżej wskaźników, może być: dobry i powyżej dobrego, umiarkowany, słaby lub zły. Stan chemiczny części cieków silnie zmienionych oraz tzw. sztucznych części wód określa się jako dobry lub nieosiągający dobrego. Klasyfikacji dokonuje się też na podstawie diagnozy tych wód pod kątem ich stanu chemicznego (tabele powyżej).

Monitoringiem Państwowego Monitoringu Środowiska obejmuje się wody powierzchniowe, które spełniają co najmniej jeden z następujących warunków:

- charakteryzują się powierzchnią zlewni większą niż 2.500 km²;
- charakteryzują się powierzchnią zlewni mniejszą niż 2.500 km², ale są ważne ze względu na dynamikę przepływu wody;
- przekraczają lub stanowią granicę państwa polskiego;
- stanowią podstawę oszacowania wielkości ładunków zanieczyszczeń przekraczających granice państwa lub wprowadzanych do środowiska morskiego Bałtyku.

Lokalizacja i liczba punktów poboru próbek do badań wód w obrębie badanego ciek, jeziora lub sztucznego zbiornika wodnego jest tak ustalona, aby zapewnić:

- reprezentatywność wpływu zagrożeń wywołanych przez punktowe i rozproszone źródła zanieczyszczeń;
- przeprowadzenie oceny wpływu oddziaływań punktowego źródła zanieczyszczeń;
- przeprowadzenie oceny wpływu oddziaływań wielu punktowych źródeł zanieczyszczeń;
- przeprowadzenie oceny wpływu oddziaływań wywieranych przez obszarowe źródła zanieczyszczeń.

Pobieranie próbek do badań wód powierzchniowych prowadzi się zgodnie z odpowiednimi Polskimi Normami¹⁰.

¹⁰ <http://www.gios.gov.pl/pl/component/content/article/8-pms/100-badanie-i-ocena-stanu-rzek> (dostęp: 1.09.2022).

3.3. ROLA TORFOWISK I MOKRADEŁ W DOLINIE RZECZNEJ

Ekosystemy mokradeł i torfowisk stanowiące siedliska, kształtowane przez wody powierzchniowe, gruntowe i opadowe wraz z ich bogatymi zbiorowiskami roślinnymi i populacjami zwierzęcymi, pełnią liczne funkcje. Przede wszystkim regulują obieg wody w zlewni. Retencjonują wody opadowe i roztopowe, opóźniając w ten sposób odpływ powierzchniowy i utrzymując optymalne warunki wilgotnościowe podłoża glebowego. Niektóre mokradła akumulują węgiel i azot, co ogranicza emisję do atmosfery metanu oraz związków azotu i dwutlenku węgla/mokradła i torfowiska pełnią rolę filtrów kształtujących skład chemiczny wód powierzchniowych i gruntowych. Torfowiska i mokradła ze względu na połączenie materii mineralnej, organicznej i wody stanowią cenny biotop o unikalnej florze i faunie. Większość gatunków organizmów bytujących w siedliskach mokradeł i torfowisk umieszczona jest na tzw. czerwonych listach w załączniku do Dyrektywy Siedliskowej (Dyrektywa 92/43/EWG) jako siedliska przyrodnicze podlegające ochronie.

Mokradła: są to albo ekosystemy wodne, albo ziemnowodne.

Ekosystemy wodne:

w administracyjnym podziale nadleśnictw są wydzielane jako wody i wyłączane z gospodarki leśnej, nierzadko wraz z otaczającymi je biocenozami ziemnowodnymi.

Ekosystemy ziemnowodne:

biotopy ziemnowodne, często są przedmiotem użytkowania leśnego.

W klasyfikacji siedlisk leśnych mokradła porośnięte lasem są wyodrębniane jako: bory bagienne (Bb), bory wilgotne (Bw), bory mieszane bagienne (BMb), bory mieszane wilgotne (BMw), lasy mieszane bagienne (LMb), lasy mieszane wilgotne (LMw), olsy (Ol), olsy jesionowe (Olj) i lasy łęgowe (Lł).

Zgodnie z Ustawą o lasach drzewostany, które chronią zasoby wód powierzchniowych i podziemnych, regulują stosunki hydrologiczne w zlewni oraz na obszarach wododziałów, mogą być uznane za lasy ochronne.

(za: Okruszko T., *Hydrologiczne funkcje mokradeł*, [w]: *Woda w krajobrazie rolniczym*, IMUZ, Falenty 2006)

Mokradła: Duża część śródleśnych mokradeł to biocenozy nieleśne

Mokradła charakteryzują się:

- długotrwałą obecnością wody na powierzchni gruntu lub w strefie korzeniowej,
- odrębnością gleb, które w swych cechach fizykochemicznych odzwierciedlają specyficzne warunki wodne,
- występowaniem specyficznej roślinności zaadaptowanej do szczególnych warunków wodnych.



Schemat funkcjonowania mokradła

(Opracowanie własne na podstawie: Okruszko T., *Hydrologiczne funkcje mokradeł*, [w:] *Woda w Krajobrazie rolniczym*, IMUZ, Falenty 2006)

Określenie wielkości retencji wody w mokradłach

Zależna jest od: miąższości pokładów, warunków dopływu i odpływu wody.
Szacuje się, że objętość wody magazynowana w pokładach stanowi równowartość 1/3 opadu.:

$$v = A [m^2] \times 0,333 \times d [m]$$

A – pow. obszaru mokradłowego

d – miąższość mokradła

(za: Okruszko T., *Hydrologiczne funkcje mokradeł*,
[w]: *Woda w krajobrazie rolniczym*, IMUZ, Falenty 2006)



Na obszarze Polski:

Bagna Biebrzańskie (Kotlina Biebrzańska) – w dolinie rzeki Biebrzy z rozległymi bagnami i torfowiskami.

- jest to obniżenie terenu o długości ponad 100 km, zajęte przez torfowiska niskie oraz leśne torfowiska wysokie;
- jedna z największych ostoi dzikiej przyrody w Europie;
- ponad **250 gatunków ptaków**, czyli ponad 80% polskiej awifauny;
- większą część tego terenu zajmuje Biebrzański Park Narodowy, objęty **konwencją ramsarską**, chroniącą obszary wodno-błotne i lęgowiska ptaków.

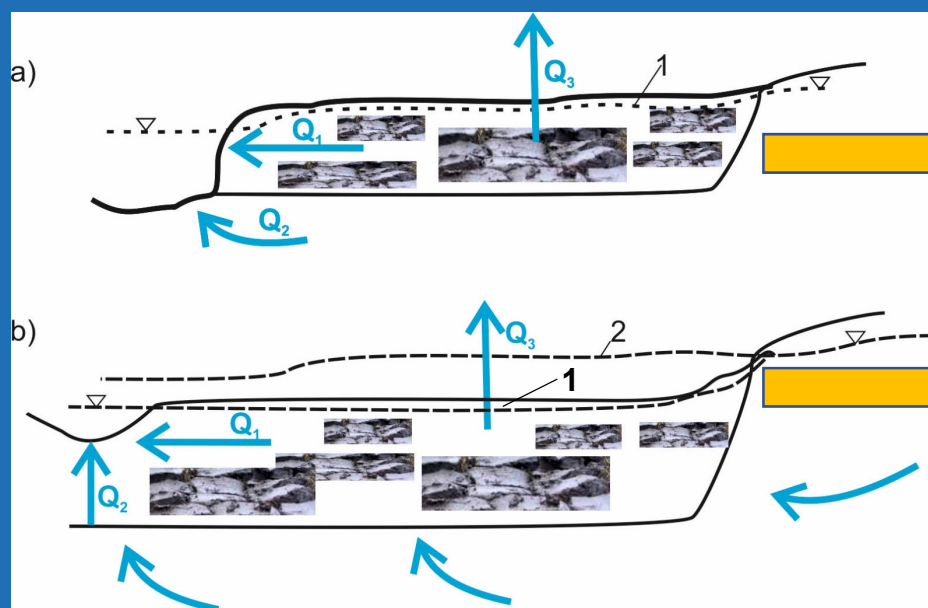
(za: wikipedia, 2022)

Torfowiska

W powiązaniu z mokradłami:

utworzone w glebach bagiennych (mułowe lub torfowe) oraz zabagnieniami (opadowo-glejowe lub gruntowo-glejowe).

Poziom retencji glebowej w torfowisku jest zróżnicowany w zależności od ekologicznego typu torfowiska i miąższości złoża torfowego. Spośród trzech typów torfowisk – niskich, przejściowych i wysokich, największą zdolność gromadzenia wody mają torfowiska wysokie.



Schemat odpływu wody z torfowiska zasilanego wodami:

powierzchniowymi

podziemnymi

gdzie:

Q_1 – odpływ wody z torfowiska

Q_2 – dopływ wody do torfowiska z warstw mineralnych

Q_3 – ewapotranspiracja

1 – swobodny poziom zwierciadła wody

2 – ciśnienie wód naporowych

(Opracowanie własne na podstawie: Mioduszewski W., *Hydrologiczne funkcje mokradeł – rola torfowisk w kształtowaniu zasobów wodnych*, [w]: *Woda w krajobrazie rolniczym*, IMUZ, Falenty 2006)

Torfowiska w Polsce

Torfowiska niskie: należą do najszerzej rozpowszechnionych w Wielkopolsce i całym kraju. Stanowią prawie 93% pow. torfowisk w Polsce.

Warunkuje je obecność wód gruntowych (źródłiskowych) i powierzchniowych.

Występują też na obszarach o małych opadach, co tym bardziej pozwala docenić ich rolę w retencji gruntowej i krajobrazowej.

Średnia miąższość torfowisk niskich: ok. 1,4 m. W ich obrębie tworzą się torfy mchów liściastych, torfy zielne (np. skrzypowy, trzcinowy, turzycowy, kłociowy) lub torf drzewny olszowy.

Torfowiska wysokie: zależne od wód opadowych.

Mają małe zlewnie własne, o mocno utrudnionym odpływie. Zasięgiem obejmują obszary o odpowiedniej proporcji między opadem atmosferycznym a temperaturą.

W Polsce najwięcej jest ich w pasie Pobrzeża Bałtyku, na młodoglacjalnych obszarach pojeziernych (na wododziałach obszarów morenowych, sandrowych, wydmych, krasowych).

Zdolność do zatrzymywania wody zapewnia obecność mchów torfowców.

Pojemność wodna jest bardzo duża:

w stanie wypełnienia wodą ich waga może być nawet dwudziestokrotnie większa od suchej biomasy, średnia miąższość torfowisk wysokich w Polsce wynosi ok. 2,5 m.

Torfowiska przejściowe mają charakter pośredni między torfowiskami niskimi a wysokimi. Średnia miąższość takich torfowisk w Polsce wynosi ok. 1,7 m.

(za: Mioduszewski W., *Hydrologiczne funkcje mokradeł – rola torfowisk w kształtowaniu zasobów wodnych*, [w]: *Woda w krajobrazie rolniczym*, IMUZ, Falenty 2006)

Oczko wodne: w dolinach rzecznych naturalne i kształtowane w miejscach lokalnych przegłębień (zagłębień) terenu wspomagają zachowanie optymalnych warunków wilgotnościowych i stanowią siedliska dla oraganizmów wodnych i od wody zależnych.

Bilans wodny oczka wodnego:

$$P + H_d + H_{io} + H_p + H_{pp} = E_o + H_{ig} + \Delta R_o$$

gdzie:

P – opad

H_d – dopływ drenarski

H_{io} – infiltracja wód gruntowych

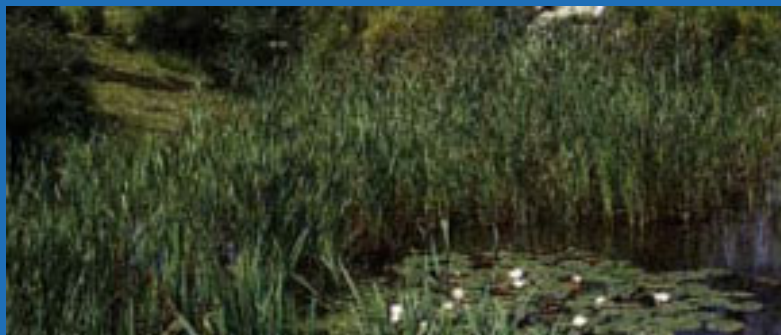
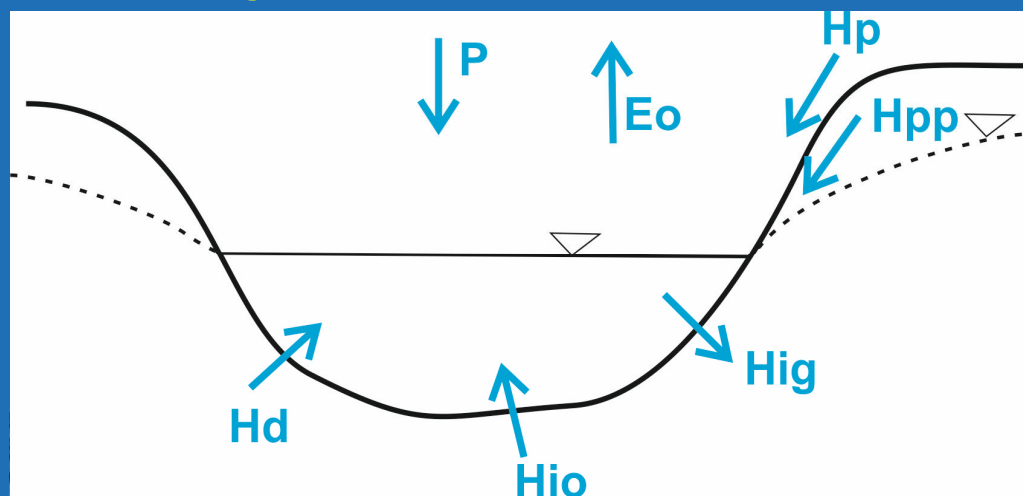
H_p – spływy powierzchniowe

H_{pp} – spływy podpowierzchniowe

E_o – przesiąki z oczka

H_{io} – parowanie

ΔR_o – przyrost retencji w oczku



(Opracowanie własne na podstawie: Bielecka J., *Oczka wodne*, [w]: *Woda w krajobrazie rolniczym*, IMUZ, Falenty 2006)

3.4. ORGANIZMY ZWIERZĘCE W ŚRODOWISKU RZEKI I JEJ DOLINY

Zwierzęta jako organizmy heterotroficzne ze względu na rodzaj zdobywania pokarmu dzielą się na roślinne (konsumenty I rzędu) i drapieżniki (konsumenty II i III rzędu). Niektóre gatunki zwierząt odżywiają się zarówno roślinami, jak również zdobywają pożywienie w wyniku polowania na inne zwierzęta.

Dla środowiska wodnego istotna jest obecność zwierząt tzw. saprofagicznych, żywiących się martwą materią organiczną, gromadzącą się na dnie koryt rzecznych (detrytus). Do tych zwierząt zalicza się: pierwotniaki, pierścienice, drobne skorupiaki, larwy owadów, ryby mułżerne.

Do zwierząt, które są najlepiej przystosowane do oddychania tlenem rozpuszczonym w wodzie, są zaliczane ryby oraz wiele gromad bezkręgowców i larw płazów, które swe początkowe stadium życia prowadzą w wodzie. Kręgowce wodne żyjące na powierzchni wody lub pod wodą oddychają powietrzem atmosferycznym. Zwierzęta kręgowce żyjące w warunkach wodnych i od wody zależne (płazy, gady, ptaki, ssaki) oddychają powietrzem atmosferycznym, ale są też przystosowane do życia w środowisku wodnym.

Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny

Organizmy		Występowanie	Sposób odżywiania	Funkcja w środowisku
Pierwotniaki	Wiciowce, zarodziowce, okrzemki	Dna koryt rzecznych i wód stojących	Drobne glony, cząstki detrytus	Oczyszczanie wód
Bezkręgowce: najliczniejsza grupa zwierząt wodnych gatunkowo i liczebnościowo	Gąbki, jamochłony	W wodach stojących z obfitą roślinnością, prowadzą osiadły tryb życia przytwierdzone do podłoża	Fitoplankton	Oczyszczanie wód poprzez rozkład detrytus przekazywanie energii w łańcuchu pokarmowym
	Płazińce, obleńce	Ciepłe wody stojące z obfitą roślinnością	Plankton roślinny, martwe resztki organiczne	
	Pierścienice (wieloszczety, skąposzczety)	Wody stojące i wolno płynące, muł denny	Detrytus, glony, drobne zwierzęta wodne	
	Małże	Wody stojące i płynące, w osadach piaszczystych i piaszczysto-mulistych	Fitoplankton, detrytus	Oczyszczanie wód poprzez odfiltrowywanie z wody zawiesiny, po czym oddanie jej do podłoża
	Ślimaki i gatunki oddychające skrzelami	Strefa przydenna wód stojących i płynących	Fitoplankton, detrytus	Ze względu na duże wymagania co do jakości wody ślimaki są jednym z wielu wskaźników jej jakości
	Gatunki oddychające powietrzem atmosferycznym (płucodyszne)	Strefa porośnięta roślinnością szerokolistną wód płynących i stojących	Rośliny szerokolistne, martwe zwierzęta	Oczyszczanie wód

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny

Organizmy		Występowanie	Sposób odżywiania	Funkcja w środowisku
Bezkręgowce: Liczna grupa stawonogów	Skorupiaki: małżoraczki	Strefa przydenna głównie wód stojących bogatych w roślinność	Detrytus	Duża wrażliwość na jakość wód, dlatego są jednym z wielu wskaźników jej jakości
	dziesięcionogi (rak rzeczny, stawowy, pręgownicy)	Strefa przydenna, kryjówki z kamienia i korzeni drzew	Owady wodne, ślimaki, małże, płazy	
	Pajęczaki: pająki tropiki	Wody stojące i wolno płynące	Owady wodne	Są pokarmem dla wielu gatunków ryb, są wrażliwe na jakość wód, dlatego są jednym z wielu wskaźników jej jakości
	Owady: larwy jętek	W różnych typach wód, zagrzebują się w mule na dnie lub w osadach dennych, osadzają się na liściach roślin, niektóre żyją na kamieniach i głazach w potokach górskich	Detrytus	
	larwy ważki	W wodzie stojącej lub wolno płynącej, wśród roślinności, czasem też w osadach dennych	Drobne skorupiaki	
	larwy widelnic	W potokach górskich o dużym natlenieniu wody, w dnie między kamieniami	Detrytus, fitoplankton	
	larwy chruścików	We wszystkich rodzajach wód, budują domki, które noszą ze sobą, w razie zagrożenia chronią się w nich	Roślinożerne i drapieżne (detrytus, rośliny wyższe)	
chrząszcze	W wodach stojących i płynących, na powierzchni wody na roślinności wynurzonej lub w mule na płycznach	Roślinożerne (glony) i drapieżne (drobne zwierzęta, np. kijanki, narybek)		

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny: ryby

Ryba	Zapotrzebowanie tlenu
Pstrąg potokowy, tęczak, lipień, łosoś, troć, świnka, głowacz, śliz, kleń, miętus	Duże: 7–10 mg/l O ₂
Brzana, płoć, jelec, okoń, szczupak, sandacz, boleń	Średnie: 5–8 mg/l O ₂
Leszcz, karp, karaś, lin, sum	Małe: 4–7 mg/l O ₂

Sposób odżywiania	Funkcja w środowisku
Roślinożercy, drapieżcy, planktonożercy lub mułozercy.	Przetwarzanie roślin i zwierząt (bezużytecznych z punktu widzenia człowieka) wodnych na wartościowy dla ryb pokarm, stanowią ważne ogniwo w wielu łańcuchach pokarmowych i obiegu substancji organicznych w zbiornikach wodnych
Narybek niemal wszystkich ryb odżywia się glonami, małymi skorupiakami, skąposzczetami, larwami owadów	

Kraina pstrąga i lipienia

Kraina brzany i leszcza

Bieg górny

rzeki i potoku

Bieg dolny

(woda zimna, dobrze natleniona)

(woda cieplejsza)

Kraina	Spadki podłużne cieku [‰]				
	Szerokość koryta potoku górskiego [m]		Szerokość koryta rzeki [m]		
	0–1	1–5	5–25	25–100	100–300
Pstrąga	50–12,5	25–7,5	17,5–6	12,5–4,5	Brak warunków dla bytowania
Lipienia	Brak warunków dla bytowania	7,5–3	6–2	4,5–1,25	0,75
Brzany		3–1	2–0,5	1,25–0,33	0,75–0,25
Leszcza		1–0	0,5–0	0,33–0	0,25–0

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Na długości dużych rzek poszczególne krainy przechodzą stopniowo (płynnie) jedna w drugą

Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny: **ryby**

Gatunki kluczowe w systemie rzecznym:

- gatunki przewodnie (charakterystyczne) dla danej krainy rybnej;
- gatunki objęte polską ochroną prawną wynikającą z Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 28 września 2004 r. w sprawie gatunków dziko występujących zwierząt objętych ochroną (Dz. U. Nr 220 z 2004 r., poz. 2237);
- gatunki, których siedliska są chronione na mocy Dyrektywy Rady Europy 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r., tzw. „dyrektywy siedliskowej” w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory;
- gatunki zagrożone wg Czerwonej Listy Słodkowodnej ichtiofauny Polski.

(za: Jelonek M., *Racjonalna gospodarka rybacka jako narzędzie utrzymania dobrego potencjału wód zbiornika Dobczyce: biomanipulacja*, Prezentacja, RZGW Kraków 2009)

Zarybianie narybkiem na rzece Rabe poniżej zapory w Dobzczych (wiosna 2008)



(Fot. Łapuszek M.)

Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny: **ryby**

Gatunek	Okres tarła [m-ce]	Maks. prędkość wody [m/s]	Wymagane podłoże na tarło		Materiał dogodny dla bytowania			
			żwir	roślinność	kamienie, głazy	żwir	piasek	namuł
Łosoś	X-I	8,0	■	■	■	■	■	■
Lipień	III-V	1,5	■	■	■	■	■	■
Pstrąg	XI-I	4,4	■	■	■	■	■	■
Brzana	V-VII	2,4	■	■	■	■	■	■
Kleń	V-VI	2,7	■	■	■	■	■	■
Okoń	IV-VI	1,5	■	■	■	■	■	■
Szczupak	III-V	1,4	■	■	■	■	■	■
Płoc	IV-VI	1,8	■	■	■	■	■	■
Leszcz	V-VII	0,55-0,65	■	■	■	■	■	■
Karp	V-VII	0,4	■	■	■	■	■	■
Lin	V-VIII	0,45-0,5	■	■	■	■	■	■

gdzie:

preferowane

przeciętne

dostateczne

(Opracowanie własne na podstawie: Levis G. et al., *Rivers and wildlife handbook*, The Royal Society for the Protection of Birds, The Royal Society for Nature Conservation, London 1984)

Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny: ryby

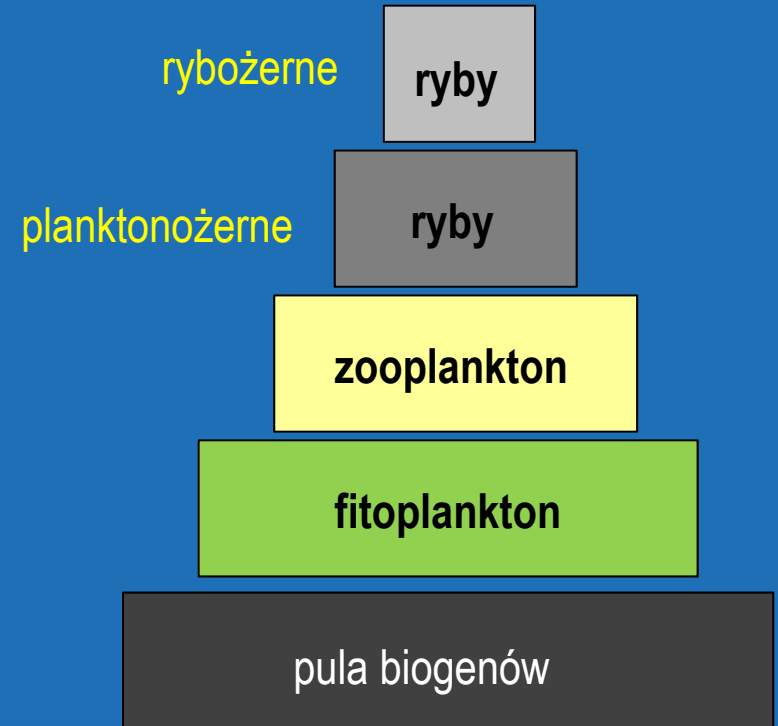
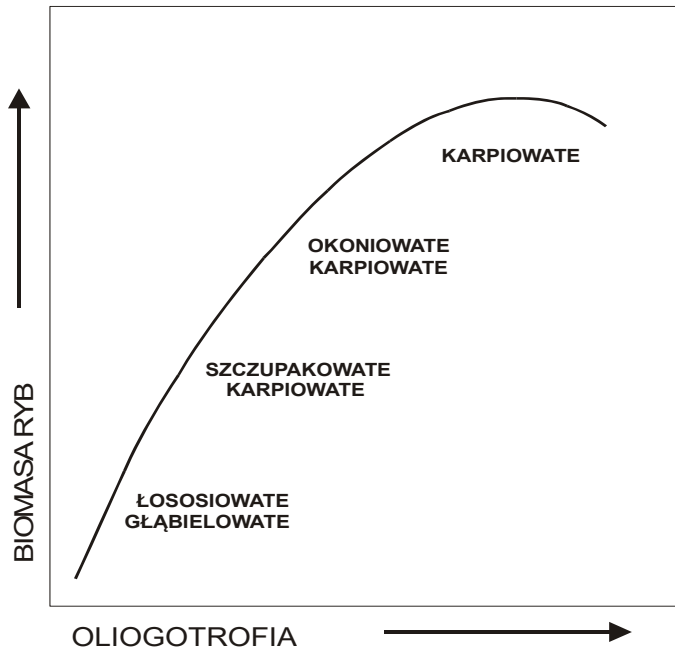
w środowisku zbiorników wodnych w świetle ograniczenia procesu eutrofizacji

(za: Jelonek M., *Racjonalna gospodarka rybacka jako narzędzie utrzymania dobrego potencjału wód zbiornika Dobczyce: biomanipulacja*, Prezentacja, RZGW Kraków 2009)

Ograniczanie rozwoju glonów w zbiornikach może odbywać się w wyniku procesu **biomanipulacji** polegającym na:

zwiększaniu śmiertelności glonów, popieraniu glonożernego zooplanktonu poprzez utrzymywanie dużej liczebności ryb drapieżnych (szczupak, sandacz, sum, boleń) i prowadzeniu intensywnych połowów planktonożernych ryb karpiowatych i okonia.

Sukcesja zespołów ryb, zmiany wielkości produkcji rybackiej w miarę postępu eutrofizacji wód zbiornika (wg Colby'ego i in. 1972)



- prowadzenie selektywnych odłowów małocennych ryb karpiowatych w celu stałego ograniczenia ich liczebności
- zwiększanie wielkości połowów ryb w celu przyspieszenia obiegu materii w zbiorniku (szybsze zużywanie substancji biogenych)
- ochrona ryb drapieżnych, z wyjątkiem starszych roczników, mało efektywnie zjadających drobne ryby planktonożerne
- zarybianie rybami drapieżnymi bytującymi naturalnie w zbiorniku (szczupak, sandacz)

Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny: **płazy**

Organizmy	Występowanie	Sposób odżywiania	Funkcja w środowisku
Z rzędu bezogonowych: żaba, kumak, ropucha, rzekotka drzewna	Składanie skrzeku w warunkach wodnych. Larwy (kijanki) oddychają tlenem rozpuszczonym w wodzie	Larwy owadów i drobne skorupiaki	Ze względu na sposób odżywiania (głównie owady) stanowią jeden z ważniejszych czynników utrzymujących równowagę biologiczną w środowisku.
Z rzędu ogoniastych: traszka, salamandra (żyworodna)	Żyją w pobliżu wód, ponieważ pokarm zdobywają w wodzie	Owady, skorupiaki, ślimaki, płazińce, obleńce, narybek	

Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny: **gady**

Organizmy	Występowanie	Sposób odżywiania	Funkcja w środowisku
Żółw błotny	Niewielkie zbiorniki wód stojących (stawy, starorzecza), małe cieki o dnie mulistym, dna zbiorników wodnych Wymagana czysta woda	Ryby, płazy, bezkręgowce wodne, owady i ich larwy	Ważne ogniwo wielu łańcuchów troficznych, stanowią dużą grupę konsumentów odżywiających się bezkręgowcami (owadami, mięczakami, pierścienicami) oraz drobnymi kręgowcami (rybami, innymi gadami, ptakami i ssakami), są źródłem pokarmu dla wielu zwierząt (głównie ptaków i ssaków).
Zaskroniec	W pobliżu wód stojących i płynących, mokradła	W warunkach wodnych poluje na żaby	

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny: **ptaki**

Rzeki i ich doliny stanowią bogactwo awifauny, której większość to ptaki wędrowne.

Doliny rzek są miejscem rozrodu, rozwoju, odpoczynku i żerowania na szlakach wędrówek ptaków.

W dolinie Wisły występuje 320 gatunków ptaków, w tym 180 gatunków gniazdujących.

Dolina rzeki Biebrzy (**Bagna Biebrzańskie, Kotlina Biebrzańska**) z rozległymi bagnami i torfowiskami jest jedną z największych ości dzikiej przyrody w Europie, w tym ponad **250 gatunków ptaków**, czyli ponad 80% polskiej awifauny.

Jest to obniżenie terenu o długości ponad 100 km, zajęte przez torfowiska niskie oraz leśne torfowiska wysokie.

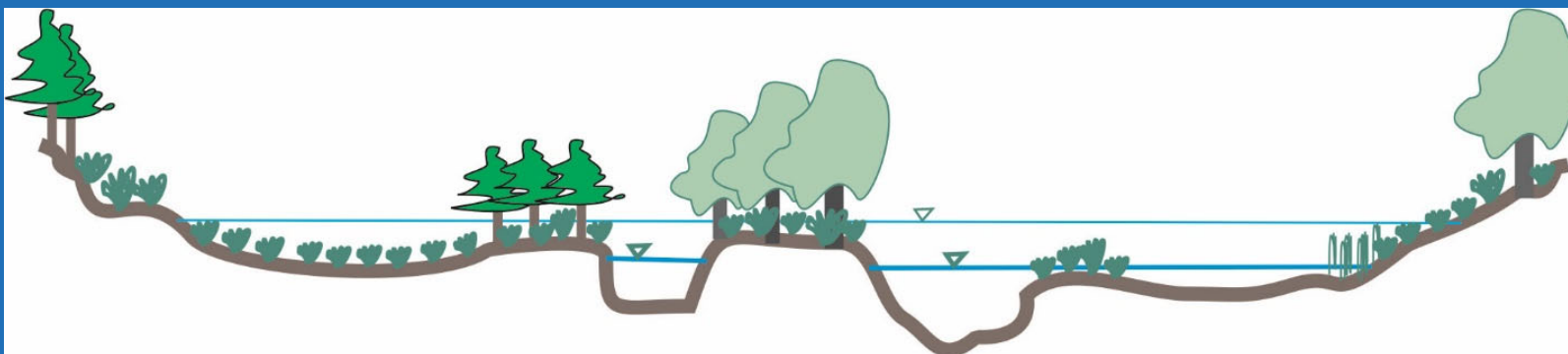
Większą część tego terenu zajmuje Biebrzański Park Narodowy, objęty **konwencją ramsarską**, chroniącą obszary wodno-błotne i lęgowiska ptaków.

Typ siedliska w dolinie rzecznej

Przykłady charakterystycznych gatunków ptaków

Lasy łęgowe oraz kultury wiklinowe

Liczne gatunki wróblowatych,
Ptaki wodne nadrzewne, kolonijne i błotne (kormoran czarny, czapla siwa, bocian czarny)
Ptaki drapieżne (bielik, rybołów, orliki, kanie, błotniaki, dzięcioły)
oraz
Dziuplaki (gołąb siniak, kraska, dudek)
Kaczki gniazdujące w starych drzewostanach zlokalizowanych przy brzegach wód (gągoł, tracz nurogęś)



Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki i jej doliny: **ptaki**

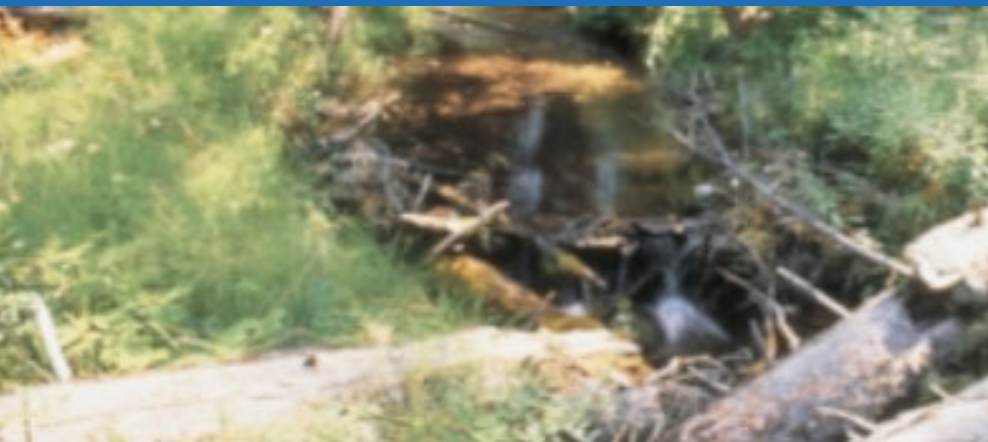
Typ siedliska w dolinie rzecznej	Przykłady charakterystycznych gatunków ptaków
Otwarte akweny wód stojących (jeziora, stawy, odcięte starorzecza), sztuczne zbiorniki wodne, rzeki wolno płynące	Ptaki pływające: perkoz, łyska, łabędź, kaczka, gęś (gniazdujące w zarośniętych roślinnością wodną zatok i starorzeczy) Ptaki żerujące na tych obszarach: rybołów, kormoran, czapla siwa
Piaszczyste brzegi dużych rzek, jezior, stawów, wyspy okresowo zalewane wodą i odsypiska nurtowe	Ptaki żerujące w okresie przelotów: ptaki z rzędu siewkowatych, rybitwy, siewki, mewy, niektóre gatunki brodzieńców (budują gniazda na piskach wysp i odsypisk)
Urwiste skarpy nad brzegami wód stojących i płynących	Zimorodek (buduje gniazda w formie nerek drażonych w miękkim gruncie stromych brzegów), jaskółka brzegówka (buduje gniazda na otwartej przestrzeni nad wodami z brzegami porośniętymi krzewami oraz rzadkimi drzewami)
Biotopy potoków górskich i rzek podgórskich z dnem żwirowym i kamienistym	Ptaki z rzędu wróblowatych: pliszka górską, pluszcz (budują gniazda pod nawisami brzegowymi, w szczelinach skał)
Mokradła	Ptaki z rzędu siewkowatych: kulik wielki, rycyk, batalion, brodziec, niektóre mewy i rybitwy (gniazdują w mokradłach, w akwenach nieporośniętych roślinnością). Ptaki z rzędu żurawinowych: wodnik, kropiatka, zielonka, sporadycznie żuraw (gniazdują w terenach zakrzaczonych i podmokłych obszarach leśnych)
Szuwary i trzcinowiska	Ptaki brodzieńce: bąk, bączek, niekiedy czapla, ptaki z rzędu wróblowatych: trzcinia, rokitniczka, brzęczka
Otwarte tereny zalewowe często użytkowane jako pastwiska z przeznaczeniem na przepływ wód wezbraniowych	Ptaki z rzędu żurawinowych (derkacz), siewkowate (czajka, krwawodziób, rycyk), wróblowate (pliszka żółta, skowronek, świergotek łąkowy), Ponadto miejsce żerowania bociana, żurawia, czapli oraz ptaków drapieżnych

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Organizmy zwierzęce w środowisku rzeki: ssaki

Organizmy	Występowanie	Sposób odżywiania
Rzęsorek rzeczek	Buduje norki, wygrzebuje je w ziemi, bytuje w miejscach porośniętych trawami i turzycami ze zwalonymi pniami drzew, okresowo zalewane wodą wezbraniową	Drapieżnik, polujący na bezkręgowce wodne, żaby, małe ryby
Piżmak	Wody z bogatą roślinnością, tworzy kopce z trzciny i trawy, gdzie zamieszkuje	Rośliny wodne i błotne, małże, skorupiaki
Bóbr europejski	Rzeki i jeziora, obszary lasów łęgowych z roślinnością wodną i przybrzeżną (wierzby, topole), tworzy swe norki jako tzw. żeremia	Kora, łyko, roślinność wodna
Wydra	Czyste wody z obfitością ryb, zamieszkuje wykopywane norki w strefie brzegowej	Ryby, raki, żaby, ptaki wodne, piżmaki

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)



(Fot.: *Stream corridor restoration*, the National Engineering Handbook, USDA 2001)

4. REWITALIZACJA I RENATURYZACJA: DLACZEGO SĄ KONIECZNE?

Rewitalizacja i renaturyzacja: dlaczego są konieczne?

Co rozumiemy pod pojęciem
dobry stan / potencjał ekologiczny wód?

Klasyfikacja stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych.

Dz.U. 2011.258.1549 z dnia 2011.11.29

Status: Akt obowiązujący – wersja od: 29 listopada 2011 r. 14 grudnia 2011 r. 31 grudnia 2017 r.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA

z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych

(Załącznik 1, 2, 3)

Ponad **580** aJCWP (**Jednolitych Części Wód Powierzchniowych w Polsce**) rzecznych została wyznaczona jako „silnie zmienione”, co wymusza potrzebę minimum częściowej renaturyzacji, tak aby poprawa warunków hydromorfologicznych wód umożliwiła osiągnięcie dobrego potencjału ekologicznego.

Rewitalizacja i renaturyzacja: dlaczego są konieczne

(za: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Podstawowe definicje:

Renaturyzacja rzek jest procesem przywracającym rzece, uprzednio uregulowanej lub w inny sposób przekształconej, stanu zbliżonego do naturalnego i istniejącego przed regulacją. Jest to rodzaj działań, których celem jest zlikwidowanie lub ograniczenie przeobrażeń rzeki niekorzystnych z punktu widzenia ochrony środowiska.

Rzeka naturalna: rzeka, której nie zmieniono w wyniku regulacji lub innych przedsięwzięć i której aktualny stan jest następstwem procesów naturalnych oraz w nieznacznym stopniu gospodarczych.



Rewitalizacja rzek to przywrócenie rzece jej funkcji ekologicznych, ożywienie rzeki np. przez wprowadzanie istniejących w niej wcześniej gatunków lub odtworzenie jej właściwości wpływających na życie i rozwój organizmów. Rewitalizacja z reguły dotyczy całkowicie zniszczonych fragmentów cieków, pozbawionych życia biologicznego (wody skażone, cieków obudowane).



Rewitalizacja i renaturyzacja: dlaczego są konieczne?

Zmiany antropogeniczne w obszarze zlewni



Wylesienia

Wylesienia

Wylesienia

Zwiększanie
powierzni
gruntów ornych

Urbanizacja:
wzrost
powierzni
uszczelnionych
i skanalizowanych

- Wzrost spływu powierzchniowego
- Zmniejszenie retencji obszarowej
- Wzrost erozji powierzchniowej

- Obniżenie poziomu wód gruntowych
- Zmniejszenie wilgotności gleby
- Zubożenie flory
- Intensywny ruch rumowiska w ciekach (erozja dna i brzegów)

- Zmniejszenie retencji dolinowej
- Wzrost spływu powierzchniowego
- Wzrost spływu wielkich wód
- Wzrost spływu zanieczyszczeń i materiału gruntowego
- Wzrost transportu rumowiska w ciekach (erozja dna i brzegów)
- Częste podtopienia w strefie dolinowej

Rewitalizacja i renaturyzacja: dlaczego są konieczne?

Zmiany antropogeniczne w obszarze doliny i koryta cieku



- Zanik lasów i siedlisk fauny i flory, wymieranie populacji niektórych gatunków i degradacja wyżej położonych terenów zlewni w wyniku zalania ich spiętrzoną wodą
- Emisja gazów cieplarnianych ze zbiorników w wyniku procesów gnilnych roślinności i napływających substancji zawierających węgiel
- Utrata bioróżnorodności środowisk wodnych w wyniku uniemożliwionej migracji organizmów wodnych w cieku

Zabudowa poprzeczna koryta (jazy, stopnie regulacyjne)

Sztuczne zbiorniki zaporowe

Wylesienia

Wylesienia

Wies

Skróty biegu rzeki

Ciasne obwałowania

Miasto

Urbanizacja: Wzrost powierzchni uszczelnionych i skanalizowanych

Wzrost spadku podłużnego cieku i prędkości przepływu

- Zmniejszenie retencji dolinowej
- Przyspieszenie spływu w korycie rzeki i w międzywał
- Wzrost kulminacji fali i czasu przemieszczania się jej w korycie cieku
- Odcięcie starorzeczy, odnóg od okresowego zasilania wodą
- Odcięcie doliny od możliwości okresowego zalewania wodami wezbraniowymi

- Obniżenie poziomu zwierciadła wody w korycie cieku
- Obniżenie wód gruntowych w strefie dolinowej
- Degradacja biotopów korytowych (dennych i brzegowych)
- Zmniejszenie wilgotności gleby w strefie dolinowej
- Zanikanie mokradeł
- Degradacja biotopów doliny rzecznej

Rewitalizacja i renaturyzacja: dlaczego są konieczne?

ponieważ dają możliwość:

- zarządzania ryzykiem powodziowym (zagrożenie powodzią wywołane przez zbyt głęboko wcięte koryta rzek, brak możliwości rozproszenia energii wody, zagrożenia powodzią wskutek przyspieszonego spływu, braku retencji na terenach zalewowych),
- zmniejszenia zagrożenia suszą powstałą na skutek przyspieszonego odpływu i nieodporność rzek uregulowanych na niżówki wskutek braku zróżnicowania warunków hydromorfologicznych,
- uniknięcia/ograniczenia konieczności powtarzania prac utrzymaniowych (renaturyzacja daje możliwość „samotrzymania się” rzeki w dłuższej perspektywie czasowej),
- odbudowy produktywności rybackiej itp.

(za: https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf, dostęp: 1.09.2022)

ponadto...

Jako działanie w świetle adaptacji do zmian klimatu:

osiągnięcie poprawy retencji korytowej, dolinowej, normalizacja stosunków wodnych w zlewni, ograniczenia emisji CO₂ z mokradeł i torfowisk nadmiernie odwadnianych, przywrócenie różnorodności hydromorfologicznej i ciągłości ekologicznej wód – co w konsekwencji będzie wpływać na poprawę odporności i **adaptację ekosystemów wodnych do zmian klimatu.**

...dodatkowe efekty renaturyzacji:

- poprawa jakości fizykochemicznej wody – wzrost intensywności procesów samooczyszczania się wód w wyniku poprawy stanu hydromorfologicznego oraz stymulacji procesów biochemicznych – ze względu na wzrost liczebności roślinności wodnej i brzegowej oraz niektórych bezkręgowców i bakterii,
- poprawa ilościowa zasobów wodnych – wzrost retencji (poprawa efektywności pracy ujęć wody, nawodnienia rolnicze, rozwój turystyki wodnej itp.),
- poprawa warunków krajobrazowych i rekreacyjnych wód.

(za: https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf, dostęp: 1.09.2022)

Przykłady ekosystemów o różnym stopniu przekształcenia, wymagających podjęcia zróżnicowanych działań renaturyzacyjnych

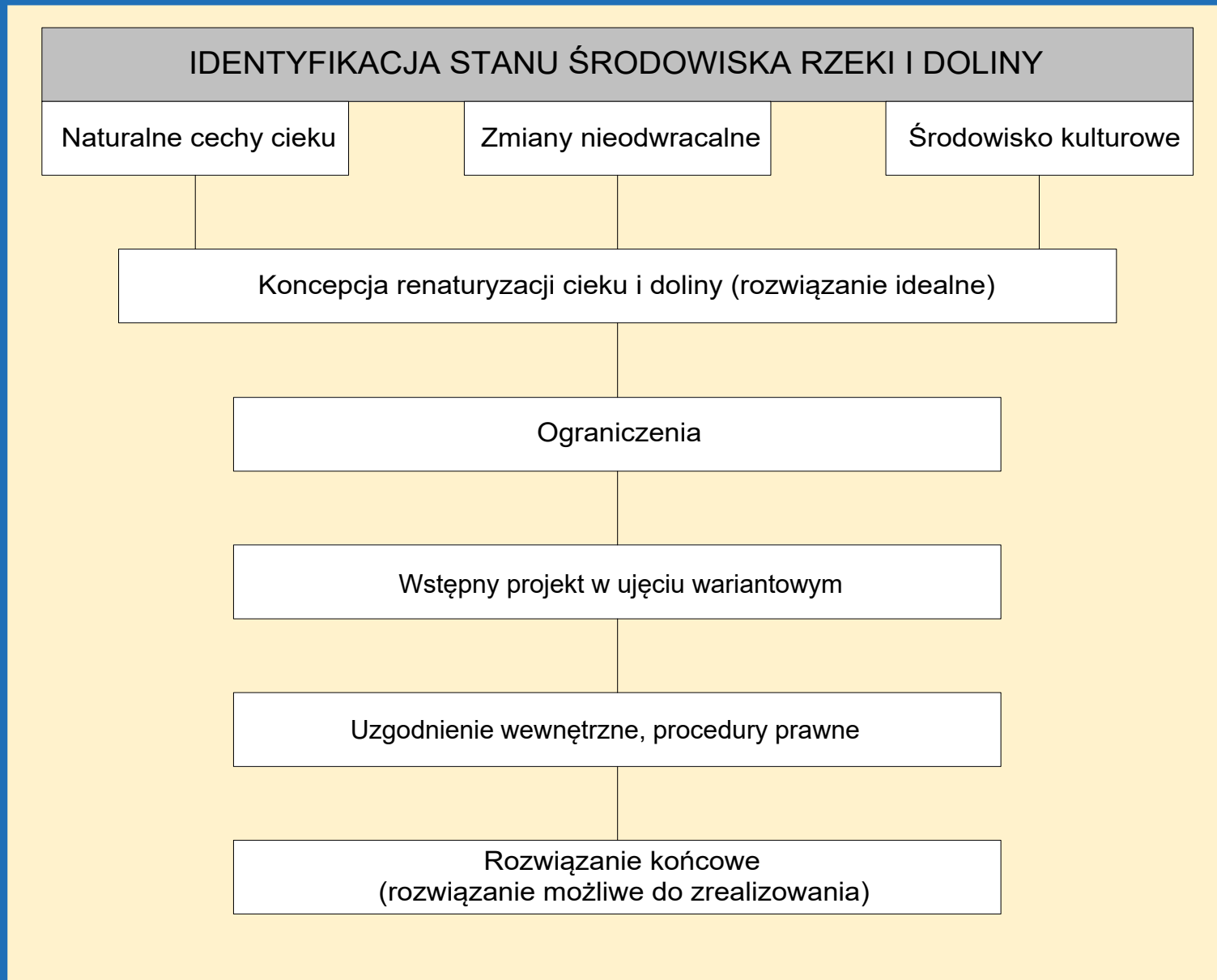


(Fot. Łopuszek M.)



5. PLANOWANIE PRZEDSIĘWZIĘĆ REWITALIZACJI/ RENATURYZACJI DOLINY RZECZNEJ

PLANOWANIE PRZEDSIĘWZIĘĆ REWITALIZACYJNYCH/RENATURYZACYJNYCH



(za: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

PLANOWANIE PRZEDSIĘWZIĘĆ REWITALIZACYJNYCH/RENATURYZACYJNYCH

Koncepcja wstępna renaturyzacji stanowi zwykle wizję rozwiązania idealnego, czyli takiego, które byłoby pożądane w danych warunkach, wynikających z naturalnych cech oraz właściwości rzeki i doliny.

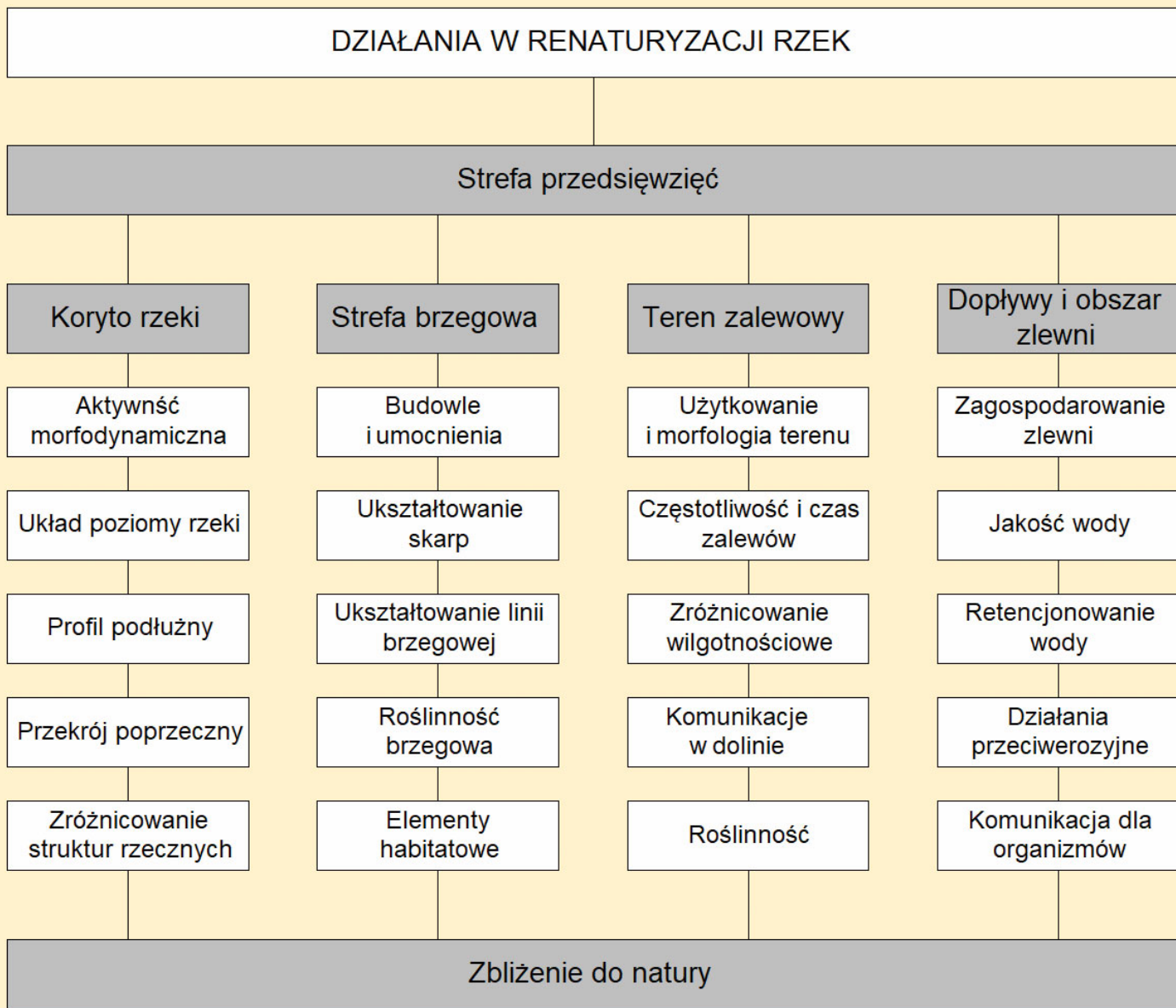
W koncepcji wstępnej nie są brane pod uwagę aspekty polityczne i ekonomiczne. Nie jest uwzględniane obecne użytkowanie terenu, aktualne pozwolenia wodno-prawne, wymagania ochrony przeciwpowodziowej.

Brane są pod uwagę czynniki kategorycznie wykluczające możliwość zmiany obecnego stanu rzeki lub doliny (ważne elementy infrastruktury, zagospodarowanie lub wykorzystanie).

Rozwiązanie idealne (z przyrodniczego punktu widzenia) może być zrealizowane tylko w wyjątkowych przypadkach.

Wstępny projekt jest opracowany w ujęciu wariantowym. Zróżnicowaniu podlegają zarówno różne zakresy renaturyzacji, jak również stopień uwzględnienia ograniczeń. Ta faza kończy się analizą i oceną opracowanych wariantów i rekomendowaniem jednego z nich do realizacji.

Przyjęcie ostatecznej koncepcji przedsięwzięcia renaturyzacyjnego (rozwiązania możliwego do realizacji) następuje po dokonaniu szczegółowych uzgodnień. Uzgodnienia obejmują procedury prawno-administracyjne, własnościowe, ekonomiczne, społeczne itp.



(za: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

6. DZIAŁANIA W OBRĘBIE KORYTA CIEKU

Koryto rzeki

Aktywność morfodynamiczna

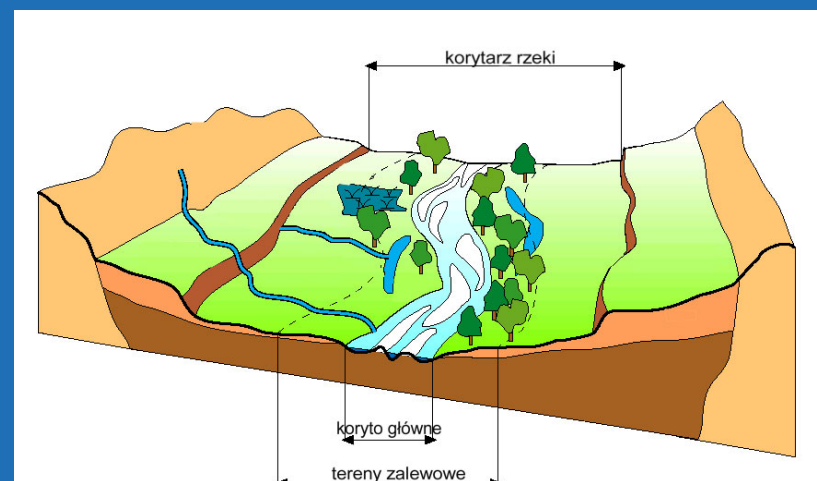
Naturalną cechą rzek są **dynamiczne zmiany położenia dna i brzegów (tzw. migracja koryta pozioma i pionowa)**. Jest to efekt ruchu rumowiska oraz, ściśle z tym ruchem związanych, zjawisk erozji i sedymentacji. Ta aktywność morfodynamiczna rzek prowadzi do dużego **zróźnicowania warunków abiotycznych**, przez co sprzyja rozwojowi organizmów roślinnych i zwierzęcych, zapewnia różnorodność gatunkową, a także wpływa na kształtowanie krajobrazu.

Taki stan jest uwarunkowany następującymi czynnikami:

- **prędkości przepływu** powinny być **większe od granicznych** dla początku ruchu rumowiska;
- zachowana jest **ciągłość przepływu wody i rumowiska**; nie występują spiętrzenia zatrzymujące lub bardzo ograniczające transport rumowiska rzecznoego wzdłuż biegu rzeki;
- **układ poziomy rzeki** jest na tyle **zróźnicowany**, że istnieją warunki do powstawania cyrkulacji poprzecznej, która warunkuje zróźnicowanie kształtu przekrojów poprzecznych;
- **rozkłady prędkości** w przekrojach poprzecznych i wzdłuż biegu rzeki **cechują się zmiennością kierunków i wielkości**.

Przywrócenie lub zwiększenie aktywności morfodynamicznej można osiągnąć poprzez:

- zmiany w ukształtowaniu układu poziomego i profilu podłużnego,
- zmiany sposobu umocnienia brzegów,
- utworzenie w korycie rzeki odpowiednich systemów umożliwiających swobodny przepływ wody.



Układ poziomy rzeki

1. Zróżnicowanie układu poziomego przez włączenie odciętych starorzeczy

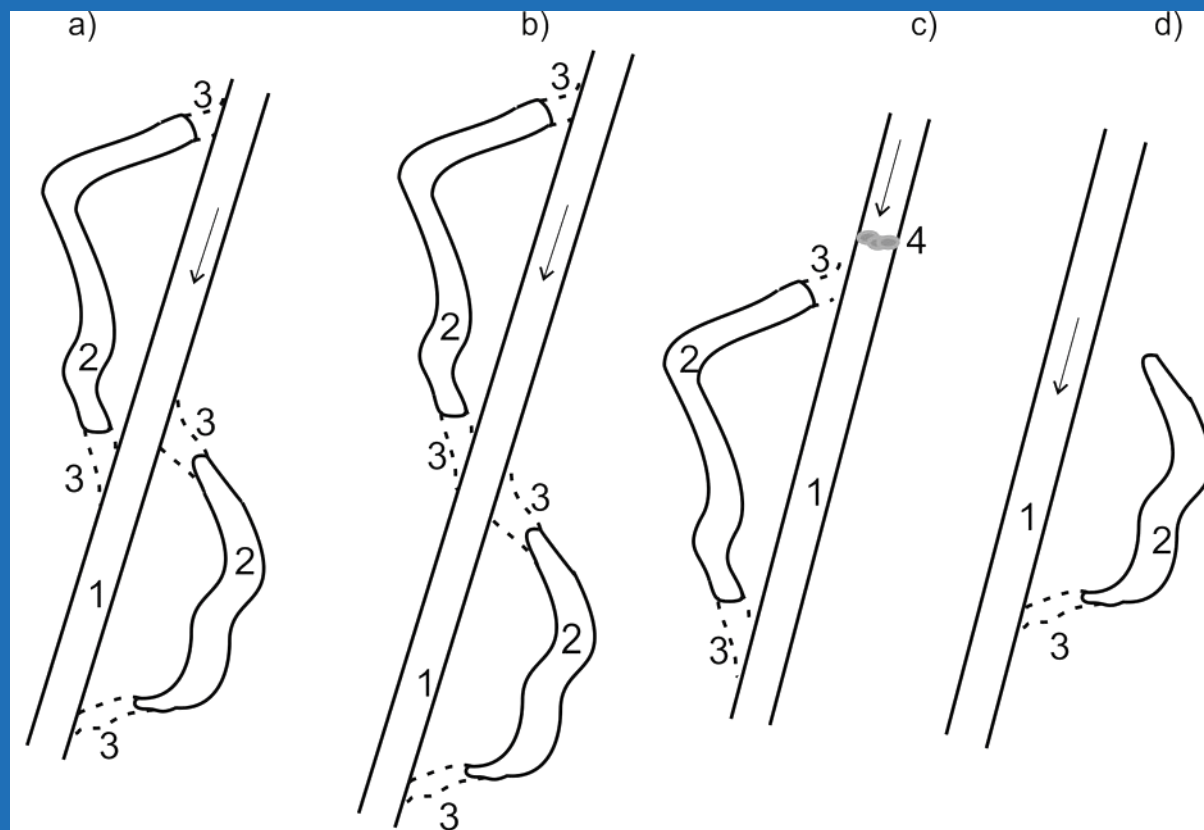
Odzyskanie pozostawionych poza trasą regulacyjną odcinków starego (naturalnego) koryta rzeki i włączenie ich w ekosystem wodny koryta uregulowanego jest jednym z najcenniejszych elementów działań renaturyzacyjnych związanych ze strefą korytową rzek.

Jest to jednak możliwe jedynie w przypadkach, gdy starorzecza zostały zachowane w całości, a koryta uprzednio uregulowane nie są zbyt mocno obniżone w stosunku do starorzeczy.

Możliwość okresowego połączenia starorzecza z korytem uregulowanym poprzez podpiętrzenie wody w korycie uregulowanym za pomocą wybudowania w nim bystrza lub progu kamiennego, jako budowli kierującej wody częściowo do starorzecza.

Odtworzenie meandrowania lub krętości rzeki w warunkach, kiedy nie ma ograniczeń w obszarze doliny.

Koryto rzeki



- 1 – koryto rzeki uregulowanej
- 2 – starorzecze
- 3 – odcinki łączące starorzecze z korytem
- 4 – rampa piętrząca

(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

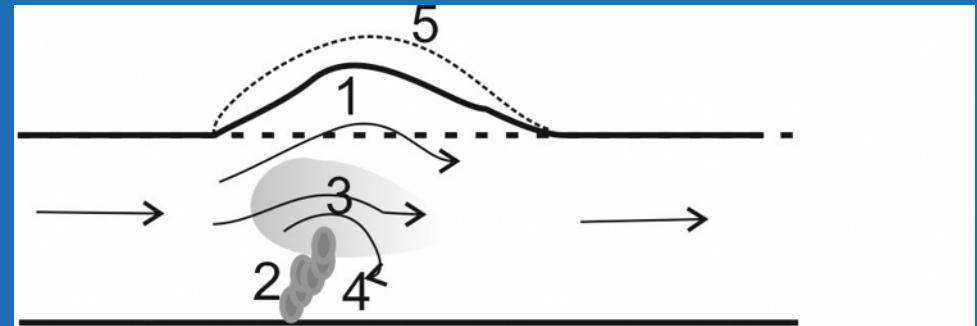
Układ poziomy rzeki

Koryto rzeki

2. Zróżnicowanie nurtu w korycie rzeki o układzie prostoliniowym w planie

Modyfikacja uregulowanego, prostoliniowego koryta przez zmianę przebiegu jego trasy w wyniku wprowadzenia do niego odpowiednich budowli.

W przypadku, kiedy zagospodarowanie terenów przybrzeżnych uniemożliwia rozwinięcie krętego (meandrującego) koryta, przedsięwzięcia przywracające naturalność są ograniczone do przestrzeni samego koryta.



- 1 – zatoczka
- 2 – kierownica (rodzaj ostrogi)
- 3 – strefa rozmycia z powodu znacznych prędkości
- 4 – strefa wypłylenia (małych prędkości)
- 5 – przewidywana strefa brzegu po jego stabilizacji

Wykonanie na jednym brzegu wcięcia (niewielkiej zatoczki), a na przeciwległym deflektora (kierownicy).

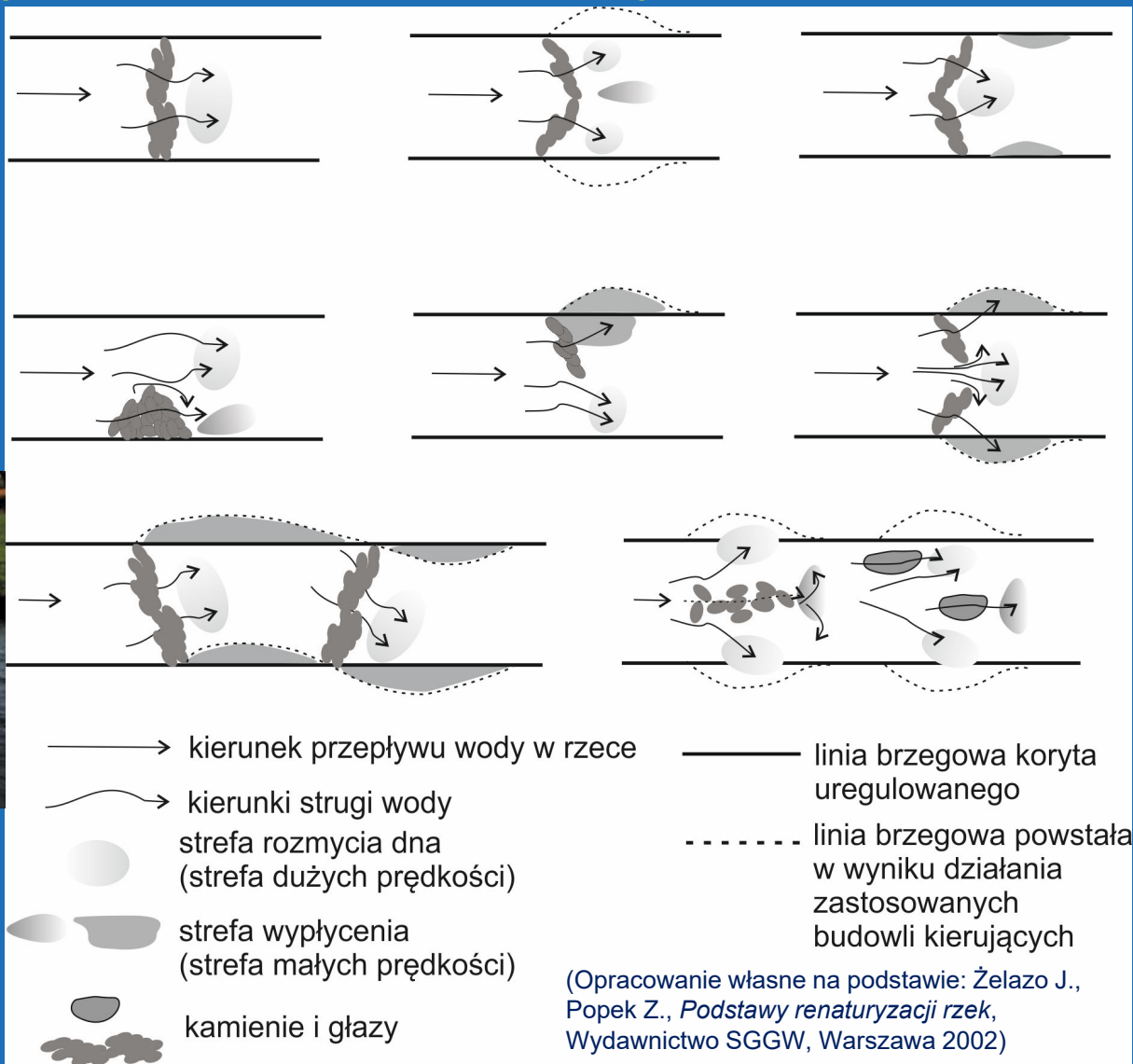
(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Układ poziomy rzeki

Koryto rzeki

2. Zróżnicowanie nurtu w korycie rzeki o układzie prostoliniowym w planie

Wykonanie z materiałów naturalnych (kamień łamany) w korycie niskich (0,2–0,4 m) kierownic, płotków kierujących strumieniem zgodnie z zamierzonym celem.



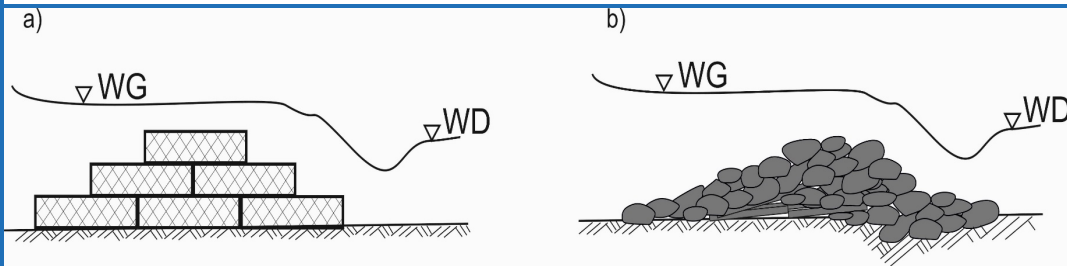
Układ pionowy rzeki

Koryto rzeki

1. Przebudowa konstrukcji stopni piętrzących uniemożliwiających migrację organizmom wodnym.

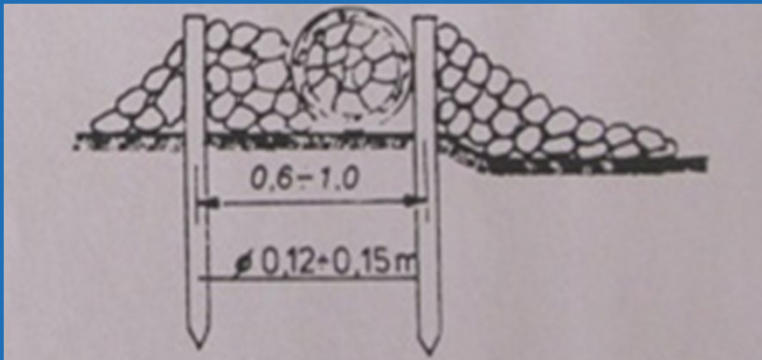
Stopnie (progi) wykonane:

a) z koszy siatkowo-kamiennych, b) z narzutu kamiennego



(Opracowanie własne)

Stopień (próg) wykonany z walców siatkowo-kamiennych, narzutu kamiennego i pali drewnianych



(Fot.: Łapuszek M.)

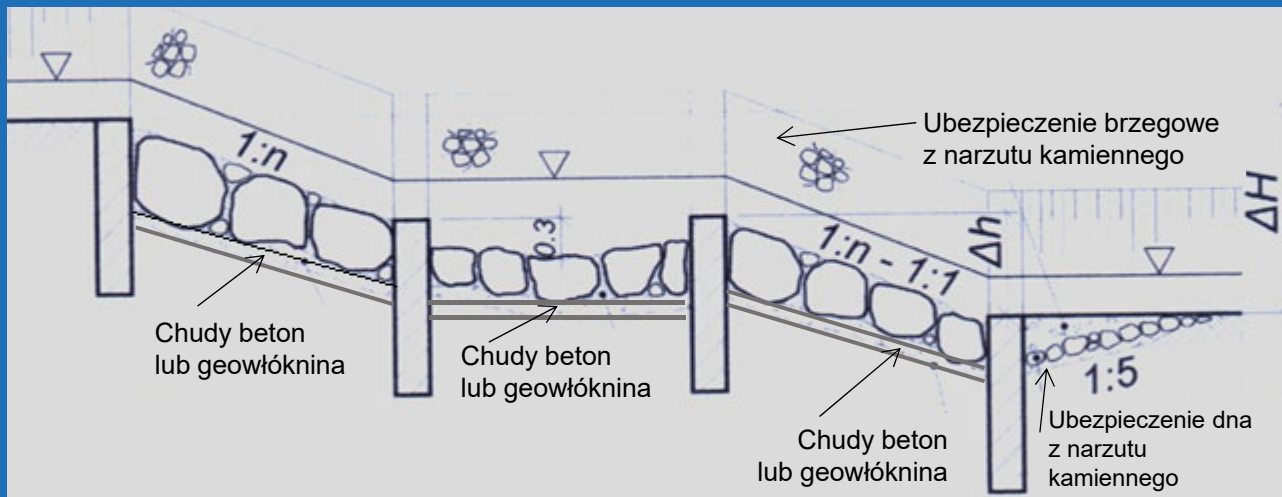
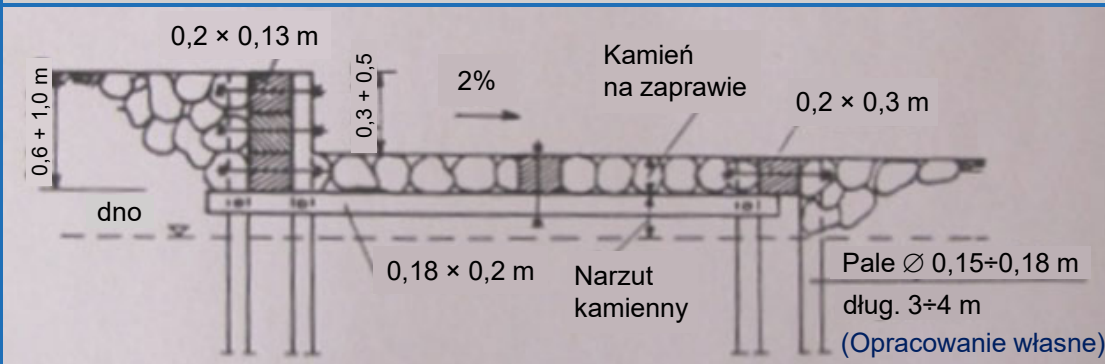


Układ pionowy rzeki

Koryto rzeki

1. Przebudowa konstrukcji stopni piętrzących uniemożliwiających migrację organizmom wodnym.

Stopień (próg) wykonany z narzutu kamiennego na szkieletcie drewnianym

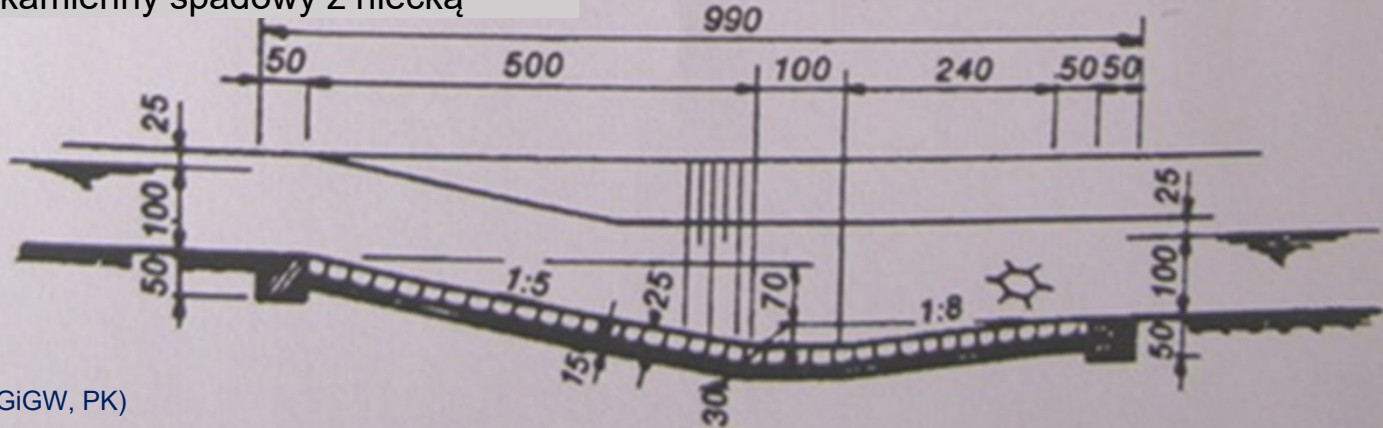


Układ pionowy rzeki

Koryto rzeki

1. Przebudowa konstrukcji stopni piętrzących uniemożliwiających migrację organizmom wodnym.

Stopień kamienny spadowy z niecką



(Materiały IGiGW, PK)



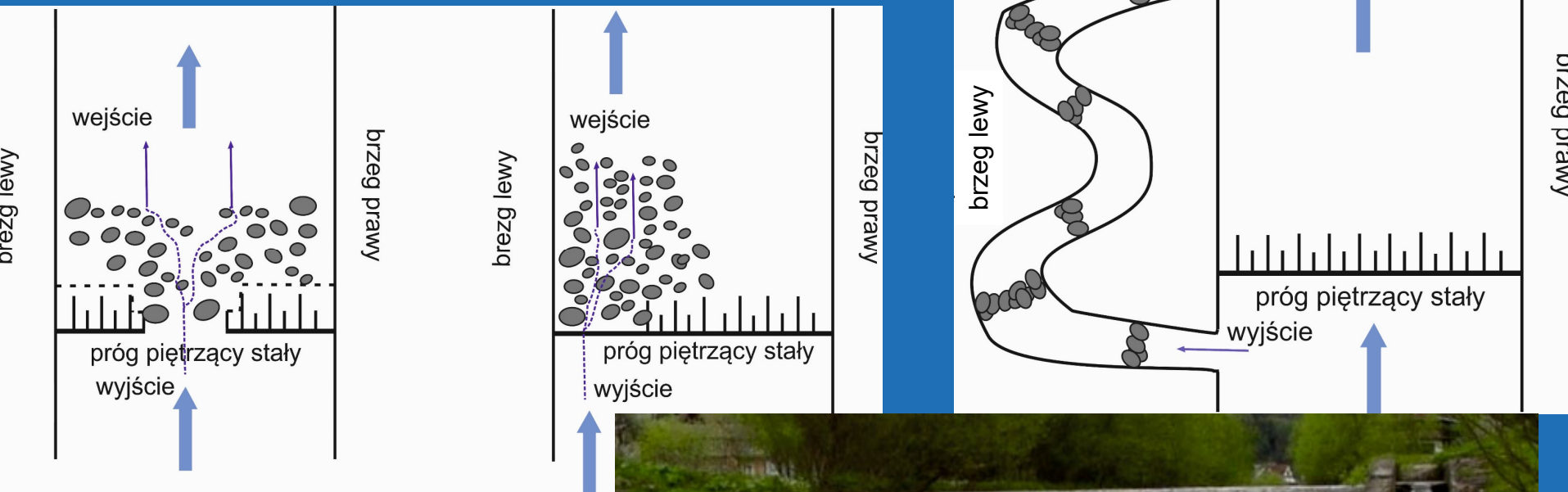
(Fot.: Łapuszek M.)

Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

Układ pionowy rzeki

Koryto rzeki

3. Budowa przepławek lub seminaturalnych bystrotoków umożliwiającą migrację organizmom wodnym.



(Opracowanie własne na podstawie: Jelonek M. et al., *Prezentacja technicznych możliwości przywrócenia wędrówek ryb w rzekach na podstawie wybranych przykładów inwestycji we Francji i Niemczech oraz USA*, Prezentacja, Kraków–Poznań 2008)



Przekrój poprzeczny

Koryto rzeki

Możliwości przekształcania koryt w ich układzie poprzecznym

Kształtowanie nowego, o urozmaiconej geometrii, koryta wykonanego w ramach renaturyzacji, w której przewidziane jest utworzenie nowego koryta rzeki.

Przeobrażenie istniejącego koryta (modyfikacja geometrii).

Rozbudowa przekroju poprzecznego w celu zwiększenia jego przepustowości i urozmaicenie jego geometrii (np. wielodzielność).



(Opracowanie własne)

Przekrój poprzeczny

Możliwości przekształcania koryt w ich układzie poprzecznym

Rewitalizacja koryt wykonanych w formie żłobu betonowego, betonowego z okładziną kamienną:

- możliwość ukształtowania koryta małej wody,
- możliwość zastosowania elementów habitatowych w korycie żłobu.

Warunek: utrzymanie funkcji żłobu, czyli zapewnienie jego przepustowości na bezpieczne przejęcie i przeprowadzenie wód wezbraniowych.

Koryto rzeki

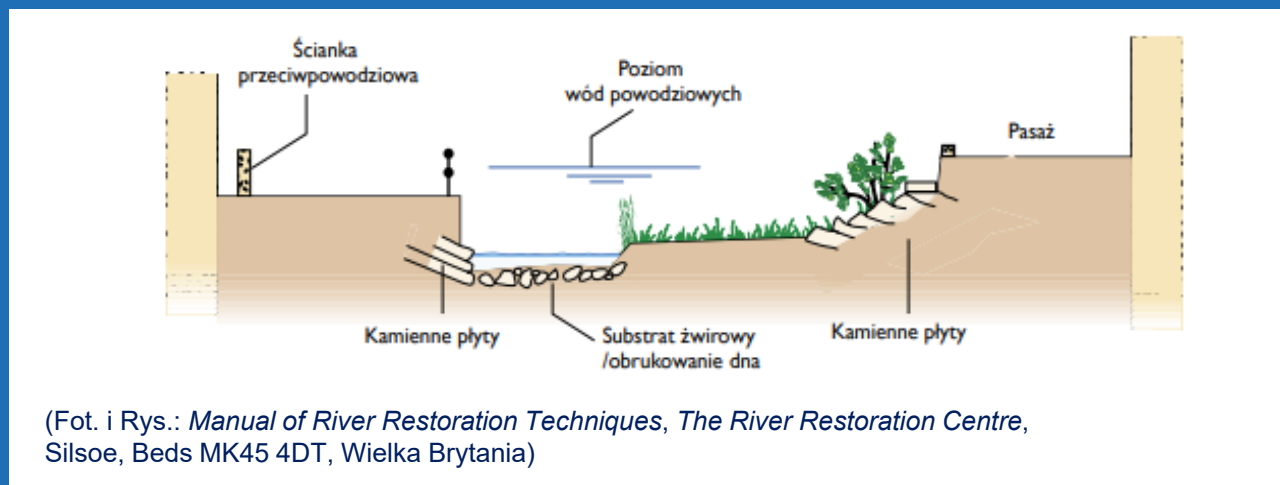


(Opracowanie własne)

Przekrój poprzeczny

Koryto rzeki

Możliwości przekształcania koryt w ich układzie poprzecznym



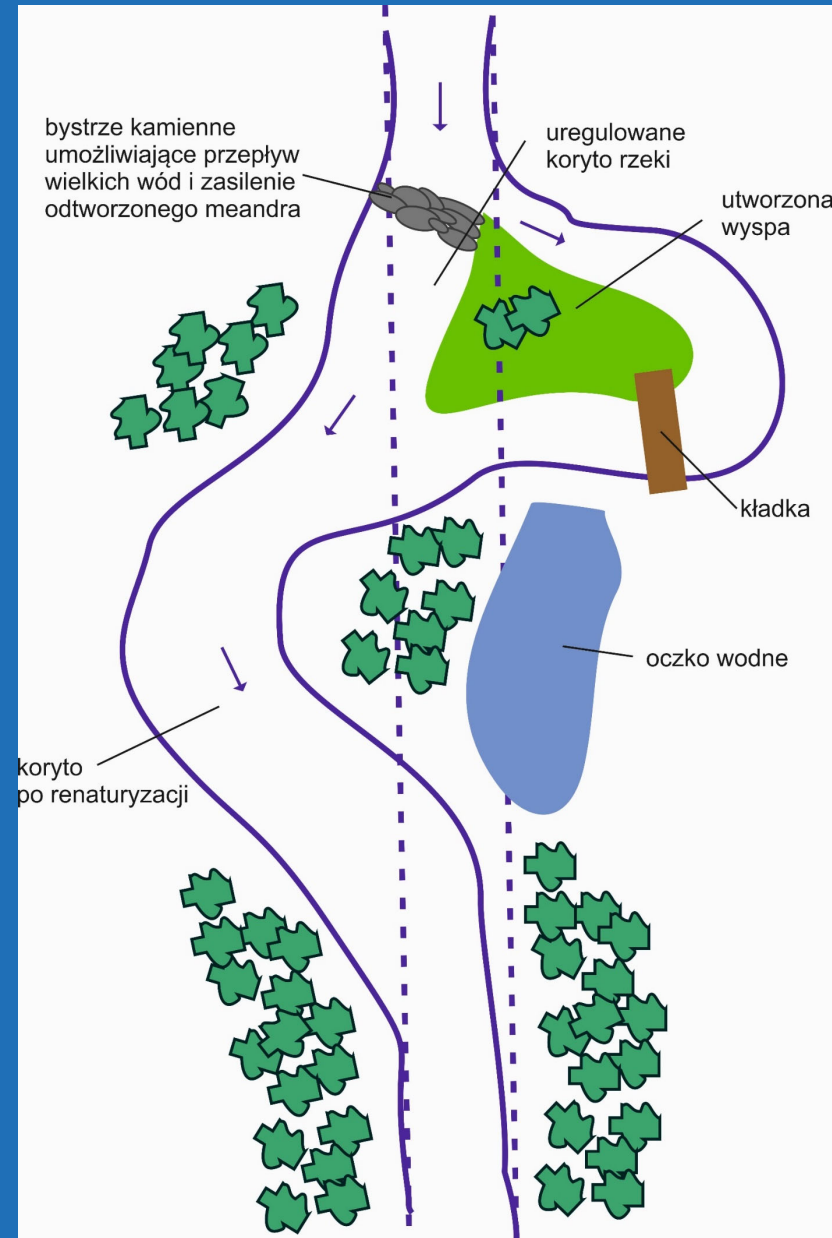
Zróznicowanie struktur rzecznych

Wprowadzenie w strefie korytowej zróżnicowanych struktur dających możliwość powstania zróżnicowanych warunków abiotycznych, od których zależy skuteczność procesów samooczyszczania się wody oraz wytworzenia dogodnych warunków do rozwoju fauny i flory:

- Zatoki,
- Odnogi i miejsca zastoiskowe,
- Wyspy i odsypiska,
- Bystrza i plosa,
- Zróznicowane nachylenia skarp,
- Łączenie koryta z terenami przybrzeżnymi.

(Opracowanie własne)

Koryto rzeki



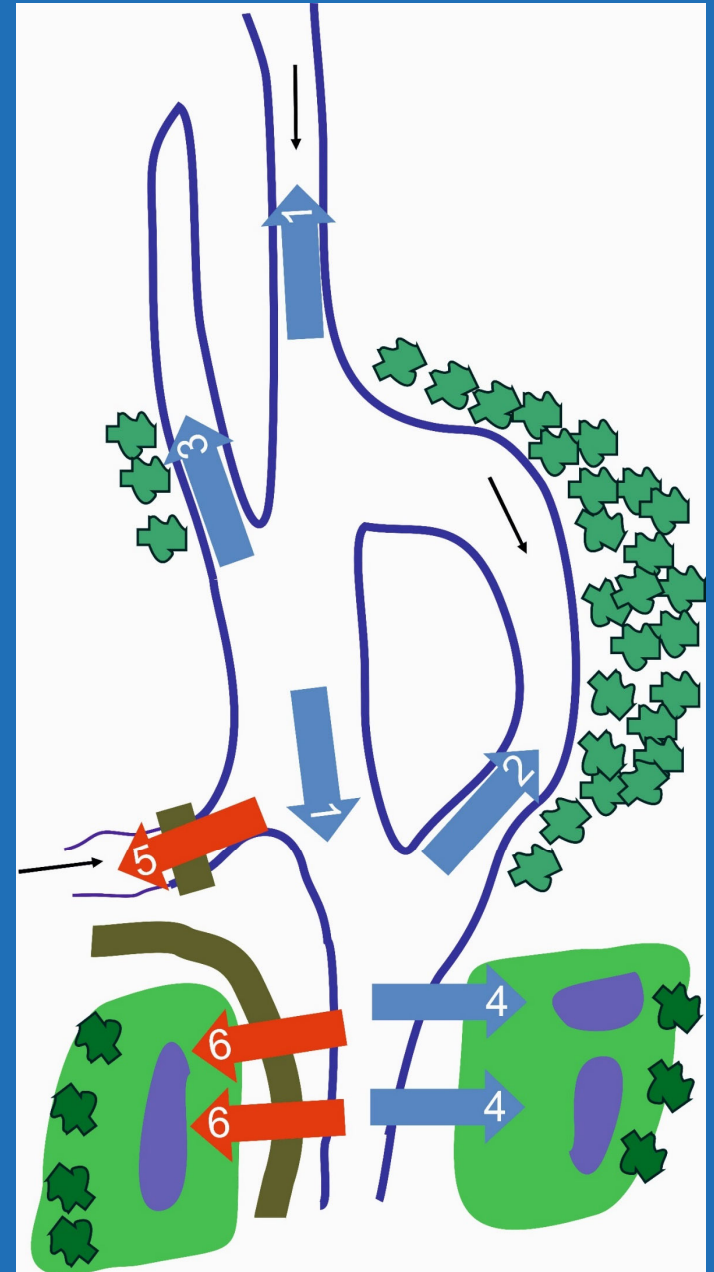
Zróżnicowanie struktur rzecznych

Koryto rzeki

Schematy kierunków migracji ryb:

- 1 – Migracja w celu poszukiwania siedlisk, np. odpowiedniego substratu żwirowego do rozrodu,
- 2 – Migracja ryb do bocznej odnogi koryta rzecznego w celu poszukiwania miejsc do chwilowego odpoczynku,
- 3 – Migracja do bocznej odnogi,
- 4 – Migracja w obszarze zalewowym podczas wezbrań,
- 5 – Brak ciągłości korytarza ekologicznego i brak możliwości migracji,
- 6 – Brak połączenia koryta rzeki z terasą zalewową, starorzeczami, np. z powodu obwałowania.

(Opracowanie własne)



Budowle i umocnienia

Strefa brzegowa

Podstawowym **zadaniem budowli i umocnień brzegowych** jest zapewnienie **trwałości strefy brzegowej** tam, gdzie jest to konieczne, np. przed intensywną erozją zagrażającą lokalnej infrastrukturze.

Jednak budowle i umocnienia, osłaniając brzegi, ograniczają ich rolę przestrzeni życiowej dla fauny i flory.

Dlatego zaleca się, aby:

- umocnienia wykonane z materiałów sztucznych (beton, asfalt) zmienić w procesie rewitalizacji na umocnienia pochodzenia naturalnego (np. kamień, drewno),
- umacniane były jedynie te **fragmenty brzegów**, których ochrona jest niezbędna,
- stosować **umocnienia roślinne** (najlepiej żywe), a jeśli konieczne jest znaczne wzmocnienie brzegu, wówczas stosować **materiały naturalne** (kamień, faszyna itp.),
- wprowadzać do ubezpieczenia wysokiej części brzegu roślinność skarpową, która chroni skarpe przed niszczeniem głównie przez zmniejszenie prędkości przepływu w pobliżu porośniętej skarpy oraz dzięki wzmocnianiu gruntu przez system korzeniowy.

Materiał pochodzenia naturalnego zalecany w wykonywaniu ubezpieczeń brzegowych:

- materiał miejscowy (rumosz, żwir, pospółka) obłożony brukiem;
- kamień łamany;
- walce faszynowo-kamienne (żwirowe) z nadbudową kamienną lub inną;
- elementy siatkowo-kamienne;
- faszyna i kamień.



7. DZIAŁANIA W STREFIE BRZEGOWEJ

Budowle i umocnienia

Rodzaje ubezpieczeń ze względu na materiał, z którego są wykonane:

- **biologiczne:** stosowanie jedynie roślin,
- **biotechniczne:** w skład wchodzi żywe rośliny, np. trawy, wiklina oraz elementy techniczne, takie jak kamień lub drewno,
- **techniczne:** wykonane z faszyny, drewna, kamienia, gabionów itp.

Umocnienia brzegowe – przykłady:

Obsiew:

- 1) w przypadku niedużych prędkości przepływu,
- 2) w górnym pasie skarpy (powyżej poziomu wody średniej rocznej),
- 3) na łukach wypukłych i odcinkach prostych,
- 4) na skarpach, które w początkowym okresie wzrostu traw są sporadycznie zatapiające i prędkość wody nie przekracza 1,0 m/s.



Strefa brzegowa

Czynniki decydujące o doborze ubezpieczeń brzegów:

- rodzaj gruntu, w którym ukształtowane jest koryto,
- prędkość wody w korycie w warunkach zmiennych stanów,
- częstotliwość występowania wysokich stanów i czas ich trwania,
- zmiany poziomu wód gruntowych w stosunku do poziomu zwierciadła wody w cieku,
- prędkość odpływu wód gruntowych, zależna od warunków geologicznych,
- zjawiska atmosferyczne (opady, susze, zjawiska lodowe),
- możliwość uszkodzeń mechanicznych oraz oddziaływanie wód zanieczyszczonych chemicznie.

Brzegosłony:

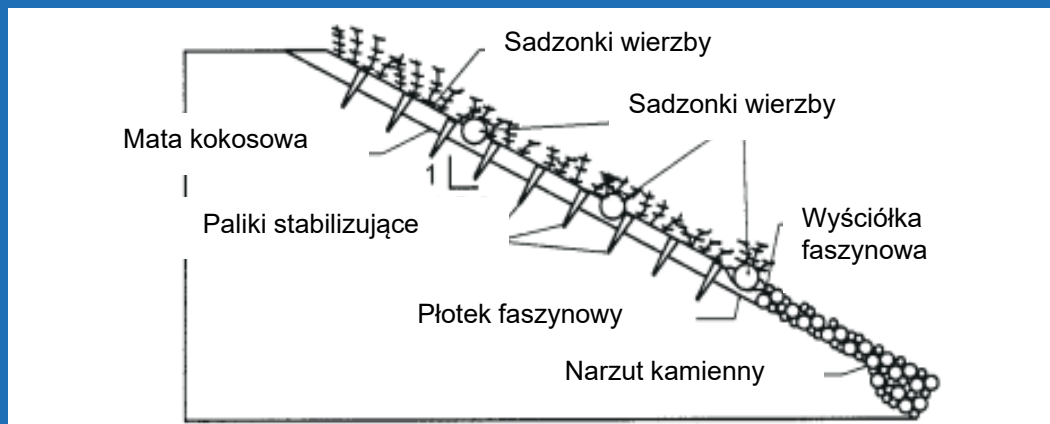
- 1) umocnienie środkowej i górnej części skarpy koryta rzeki o szerokości dna większej niż 5,0 m,
- 2) wykonane z warstwy ściółki wiklinowej (zdolnej do odrastania) lub z kieszek przytwierdzonych palikami do podłoża.



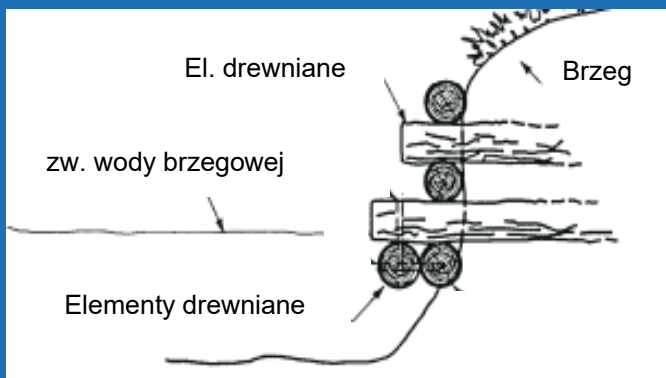
(za: Jędryka E.,
*Proekologiczne budowle
wodne, Poradnik*, Wyd. IMUZ,
Falenty 2006)

Umocnienia brzegowe – przykłady:

Brzegosłn z narzutem kamiennym

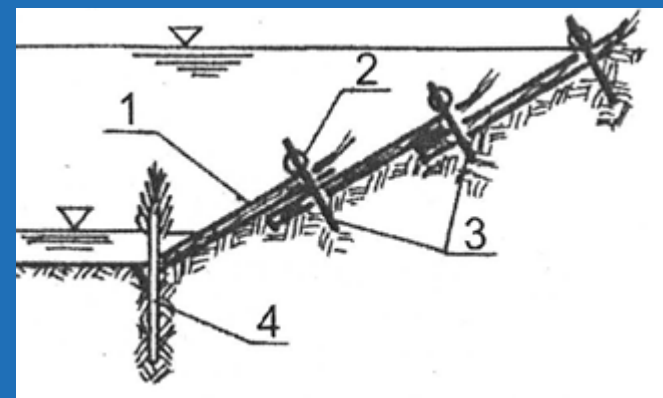


Elementy z bali drewnianych

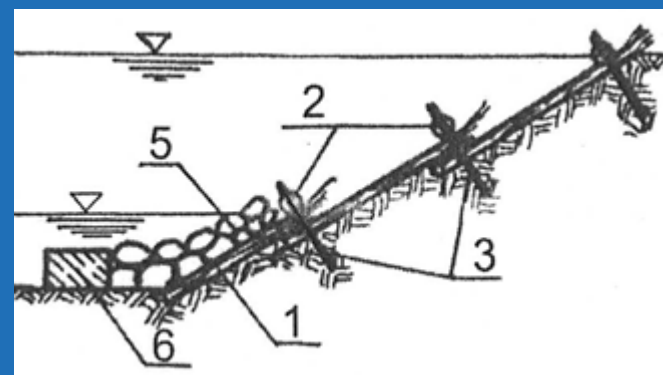


(Opracowanie własne na podstawie: *Streambank and Shoreline protection*, US Department of Agriculture)

Brzegosłn z płotkiem faszynowym



Brzegosłn z narzutem kamiennym

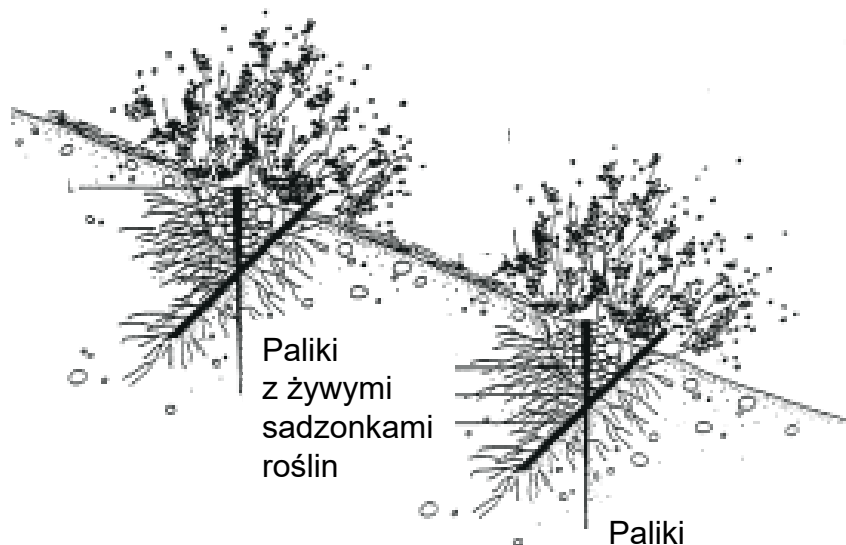


- 1 – wyściółka faszynowa
- 2 – kiszka faszynowa
- 3 – palik
- 4 – płotek faszynowy
- 5 – narzut kamienny
- 6 – element siatkowo-kamienny

(za: Jędryka E., *Proekologiczne budowle wodne, Poradnik*, Wyd. IMUZ, Falenty 2006)

Umocnienia brzegowe – przykłady:

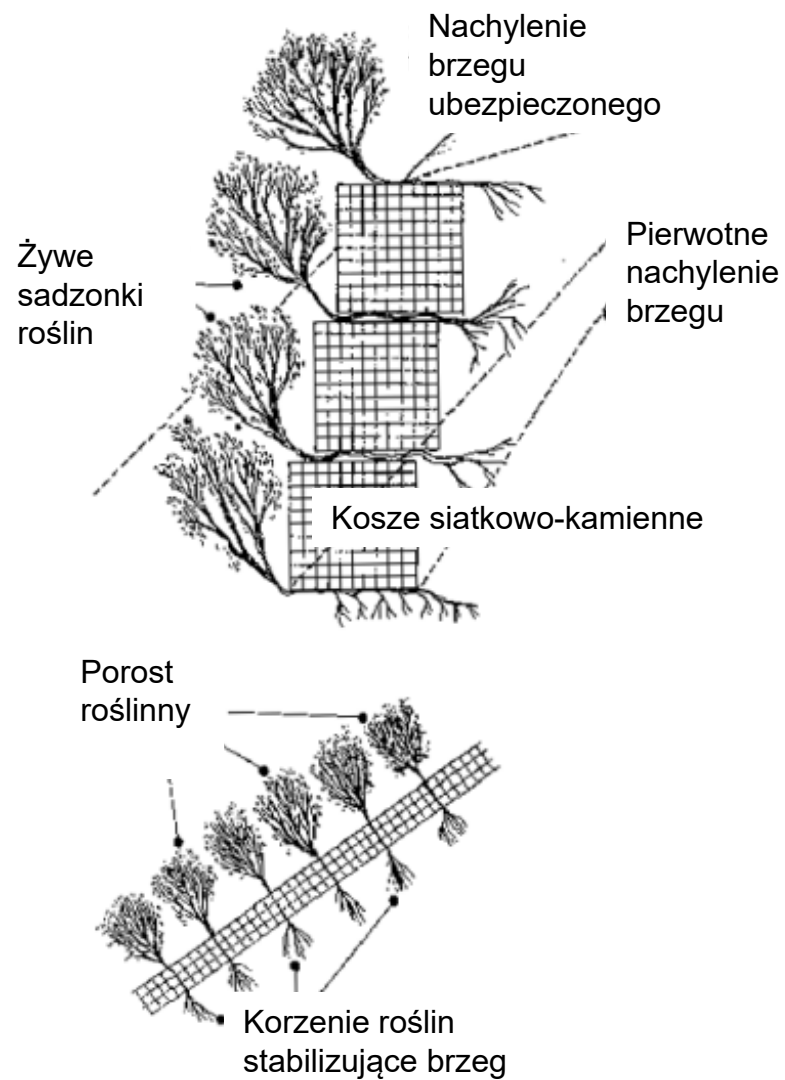
Bioengineering for Streambank Erosion Control



Miejsce na walce faszynowe



Wiązki faszyny



(Opracowanie własne na podstawie: *Streambank and Shoreline protection*, US Department of Agriculture)

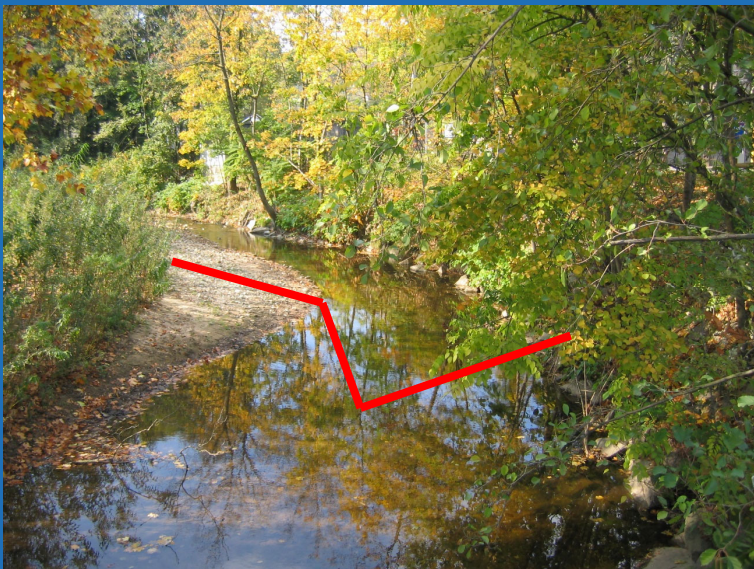
Ukształtowanie skarp

Strefa brzegowa

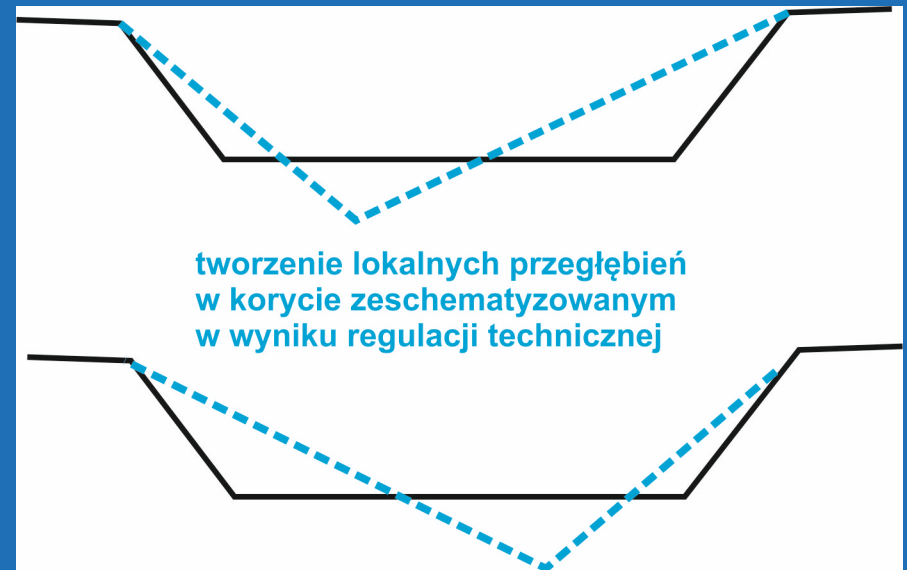
Nieregularność skarp jest cechą charakterystyczną koryt rzek naturalnych (nieuregulowanych).

W renaturyzacji koryt rzecznych należy dążyć do:

- odtworzenia (utworzenia) zróżnicowanych i zmiennych form brzegowych,
- kształtowania zróżnicowanego nachylenia skarp na długości ciekę z uwzględnieniem charakterystyki układu poziomego rzeki,
- formowania skarp łagodnych na brzegach wypukłych umożliwiającą rozwój roślinności brzegowej,
- formowania skarp o nachyleniu mniej łagodnym na brzegach wklęsłych, umożliwiając w ten sposób nawet erozję tego brzegu, jeśli nie zagraża to lokalnej infrastrukturze.



(Opracowanie własne)



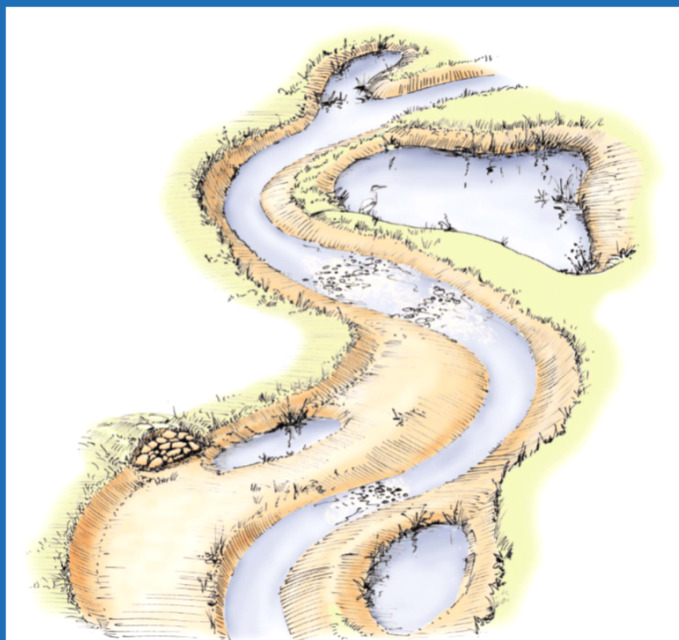
Kształtowanie linii brzegowej

Kształtowanie linii brzegowej rzeki poprzez jej urozmaicenie jest czynnikiem mogącym poprawić warunki życia oraz rozwoju fauny i flory wodnej, i od wody zależnej.

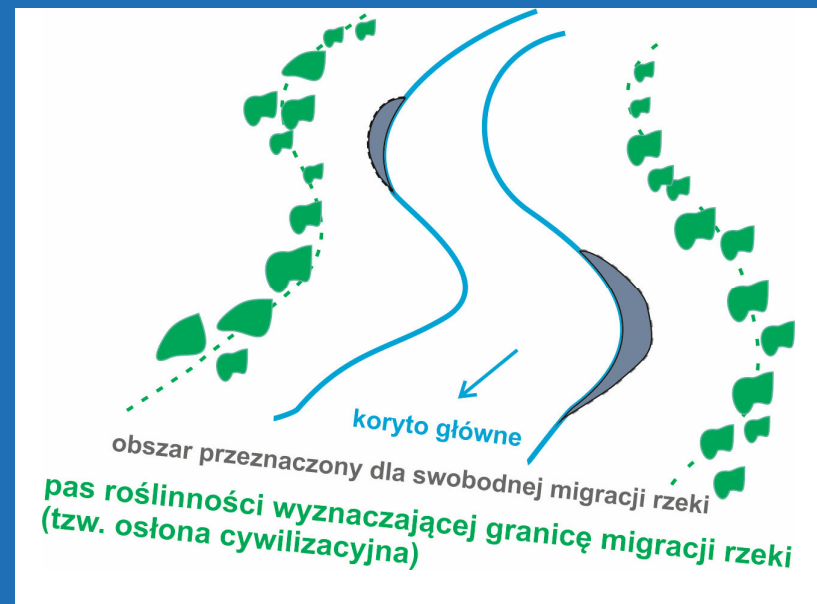
Lokalne zatoczki, wyrwy i inne nieregularności linii brzegowej są miejscem siedlisk organizmów zwierzęcych i roślinnych.

Poprzez zróżnicowanie linii brzegowej możliwe jest inicjowanie dalszego rozwoju (kształtowania) linii brzegowej w wyniku procesów erozja – akumulacja, ale w zakresie dającym bezpieczeństwo lokalnej infrastrukturze.

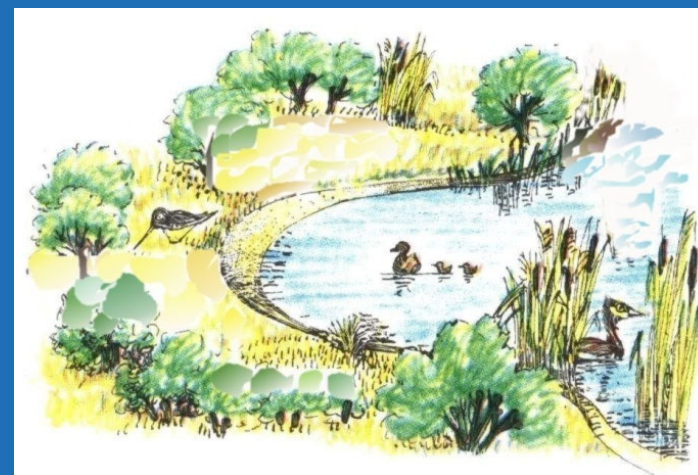
Dlatego taki zakres jest zwykle wyznaczony przez np. pas zieleni (zakrzewienia, zadrzewienia).



Strefa brzegowa



(Opracowanie własne)



(Materiały KGiGW, PK)

Roślinność brzegowa

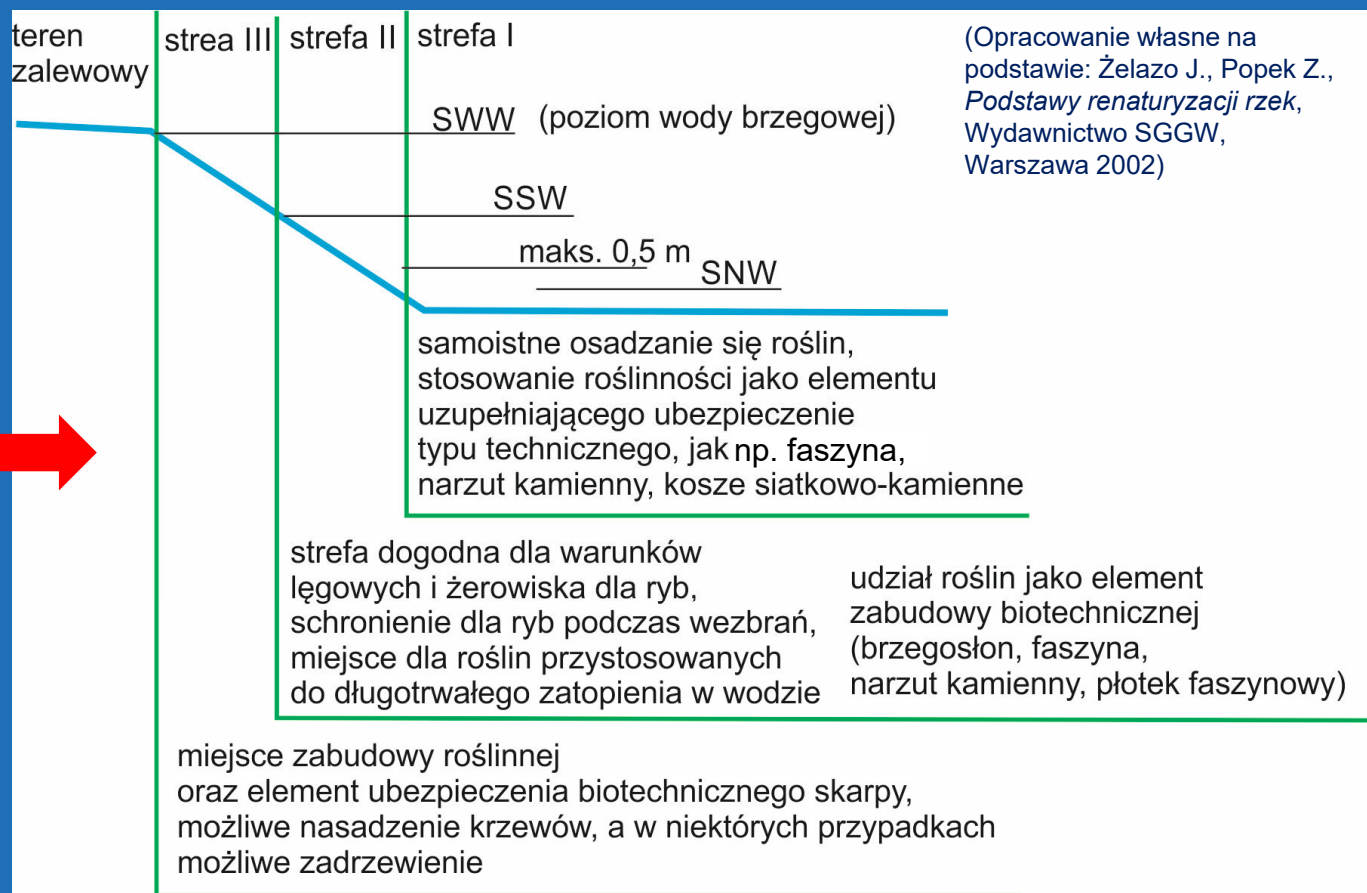
Roślinność brzegowa poprawia warunki stabilności strefy brzegowej, a także poprawia jakość ekotonu nadrzecznego.

Dlatego zaleca się wprowadzanie w istniejącą zabudowę techniczną ubezpieczeń brzegowych odpowiedniej roślinności (jak to przedstawiono na przykładach dotyczących ubezpieczeń brzegowych).

Ponadto w zależności od strefy brzegowej i intensywności zalewu wodą wezbraniową, roślinność należy dobierać tak, aby jej przetrwanie oraz rozwój były możliwe.



Strefa brzegowa



(Opracowanie własne na podstawie: Żelazo J., Popek Z., *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002)

Elementy habitatowe

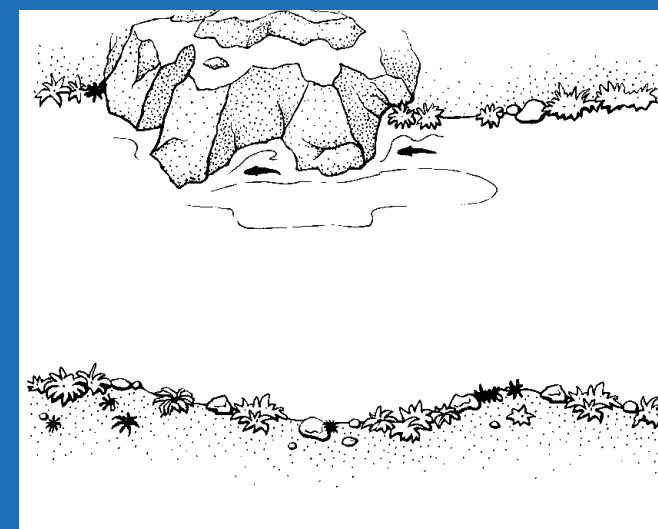
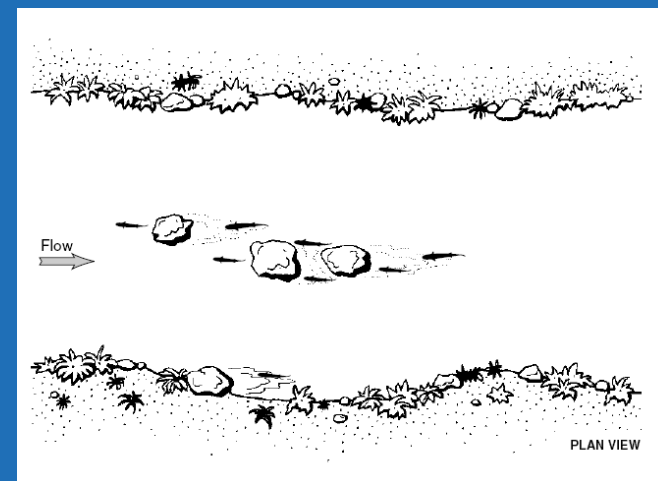
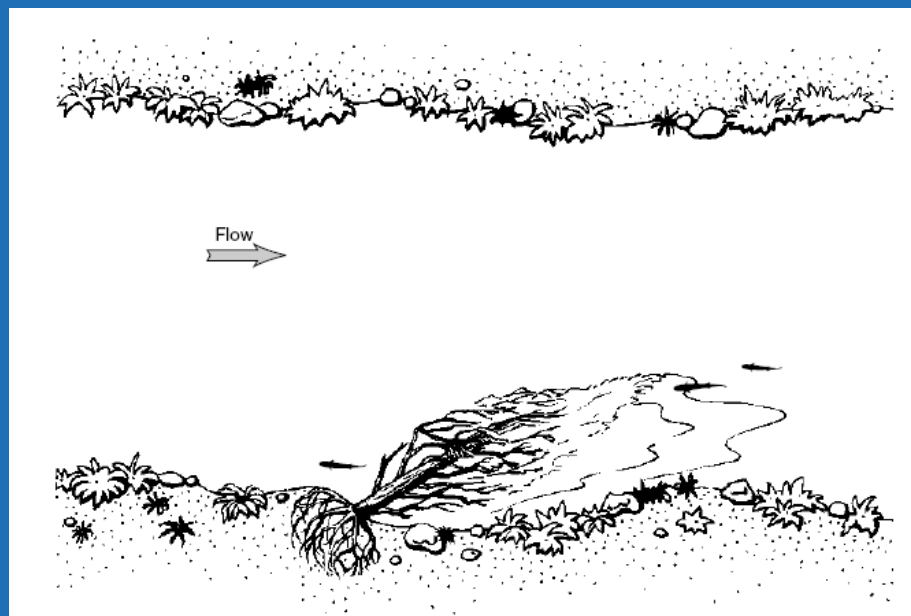
Strefa brzegowa

Elementy habitatowe stanowią przestrzeń bytowania organizmów wodnych.

Głazy, kamienie, odsypiska, przegłębienia, pnie powalonych drzew są miejscem bytowania ryb.

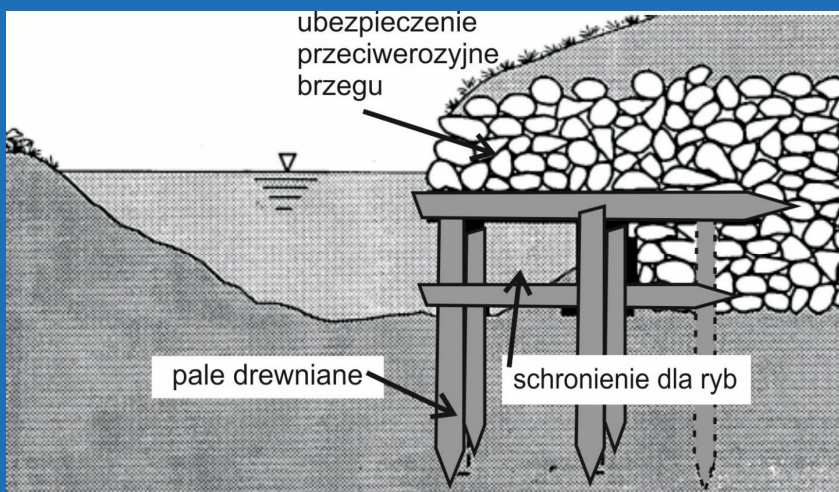
Deflektory (kierownice), bystrza wykonane z materiałów naturalnych (głazy, kamienie) są miejscem bytowania ryb.

(za: https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf, dostęp: 1.09.2022)

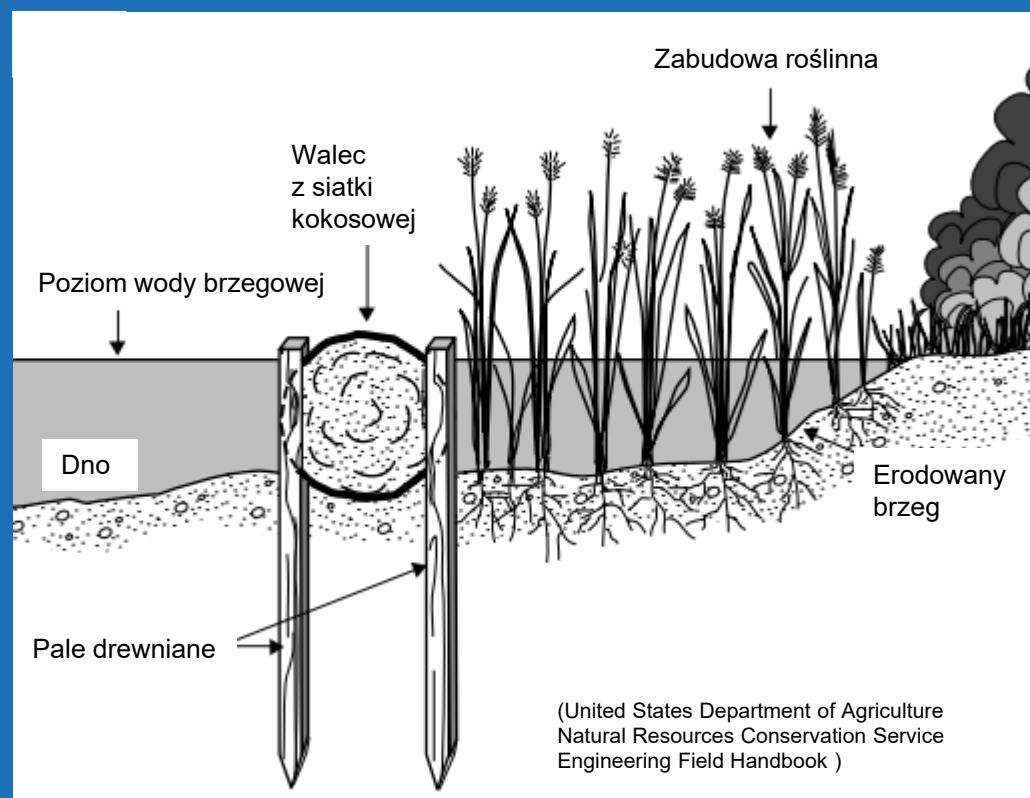


Elementy habitatowe

Umocnienia brzegowe wykonane z materiałów naturalnych (kamień, faszyna, drewno) stanowią doskonałe kryjówki dla ryb i innych organizmów wodnych.



Strefa brzegowa

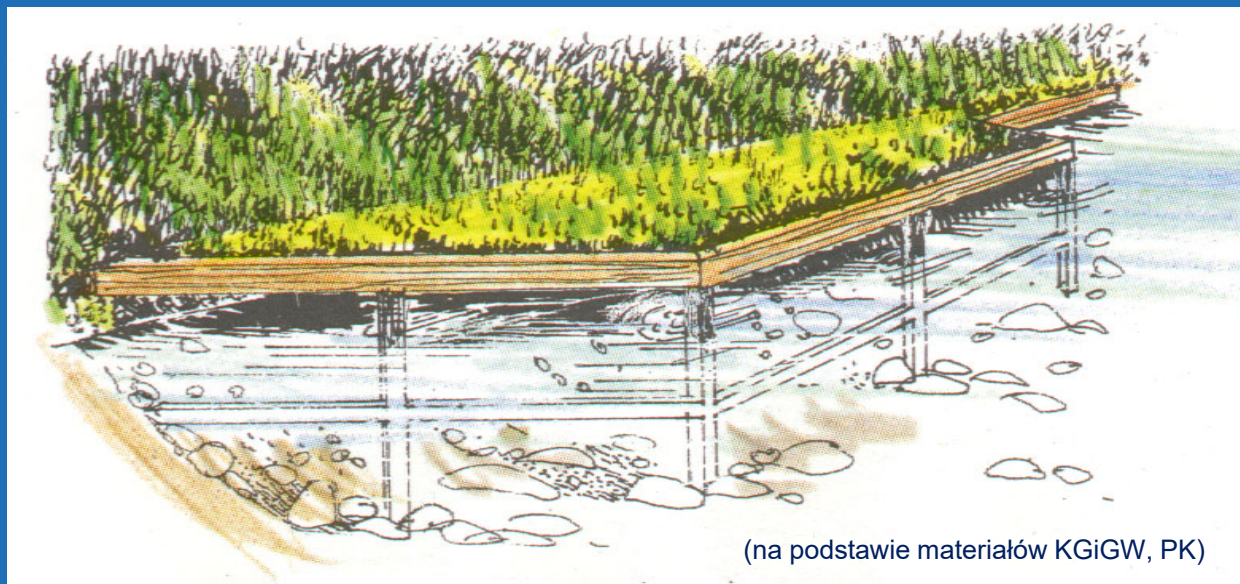


(Opracowanie własne na podstawie: Holls H. Allen et al.,
Bioengineering for Streambank Erosion Control, US Army Corps
of Engineers)

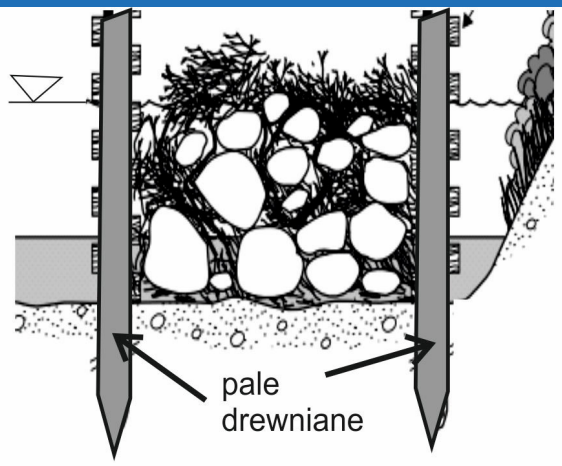
Elementy habitatowe

Głazy, sztuczne wyspy, pomosty drewniane stanowią elementy habitatowe dla ptactwa wodnego.

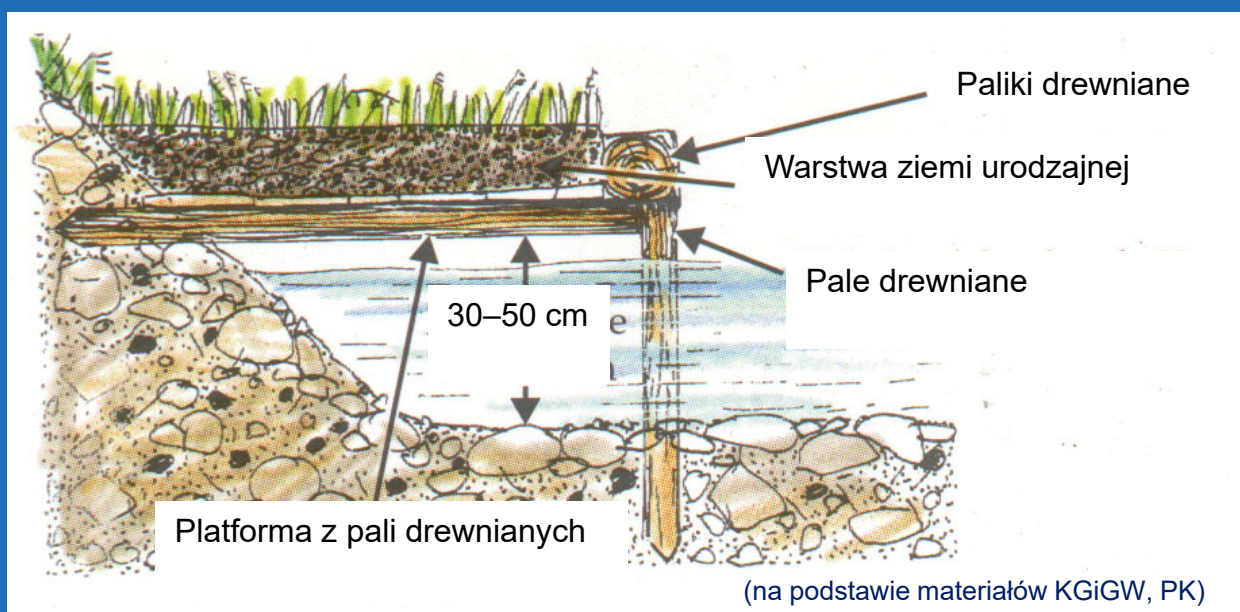
Strefa brzegowa



(na podstawie materiałów KGiGW, PK)



(Opracowanie własne na podstawie: United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service)



(na podstawie materiałów KGiGW, PK)

8. DZIAŁANIA NA TERENIE ZALEWOWYM

Użytkowanie i morfologia terenu

Dolina zalewowa

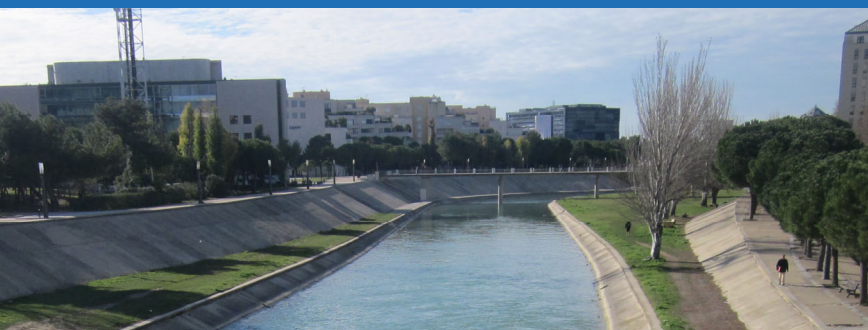
Wybrane funkcje i znaczenie terenów zalewowych dla ekosystemu

(wg E. Maltby, M. Blackwell)

Funkcja	Charakterystyka procesów	Znaczenie dla środowiska	Korzyści społeczne
Zapobieganie powodziom	Naturalne wylewy rzek na tereny zalewowe spowalniają przebieg i kulminację fali wezbraniowej	Wymiana osadów i biogenów między rzeką a jej doliną	Zapobieganie gwałtownym przebiegom wezbrań i powodzi
Odnawianie zasobów wód gruntowych	Możliwość infiltracji wody do warstw wodonośnych	Umożliwienie funkcjonowania terenów podmokłych (mokradeł)	Zasilenie zasobów wód w warstwach wodonośnych
Utrzymanie stałej jakości wody	Sedymentacja osadów niesionych przez wody wezbraniowe, pobieranie substancji odżywczych przez organizmy, denitryfikacja i absorpcja zanieczyszczeń w glebie, regulacja temperatury wody	Zachowanie bioróżnorodności biologicznej	Zasilanie zasobów wody pitnej i zasobów naturalnych wód dla organizmów roślinnych i zwierzęcych
Wzbogacanie środowisk o rzadkie gatunki fauny i flory	Zalewy wód wezbraniowych działają jak korytarze dla migracji i rozprzestrzeniania się wielu gatunków fauny i flory	Zachowanie i ubogacanie bioróżnorodności doliny rzecznej	Wzrost wartości ekologicznej i ekonomicznej doliny
Poprawa warunków dla turystyki i rekreacji	Bogactwo fauny i flory czyni miejsce doskonałym do rekreacji, wypoczynku i edukacji ekologicznej	Zachowanie bioróżnorodności fauny i flory	Korzyści ekonomiczne dla społeczności lokalnej

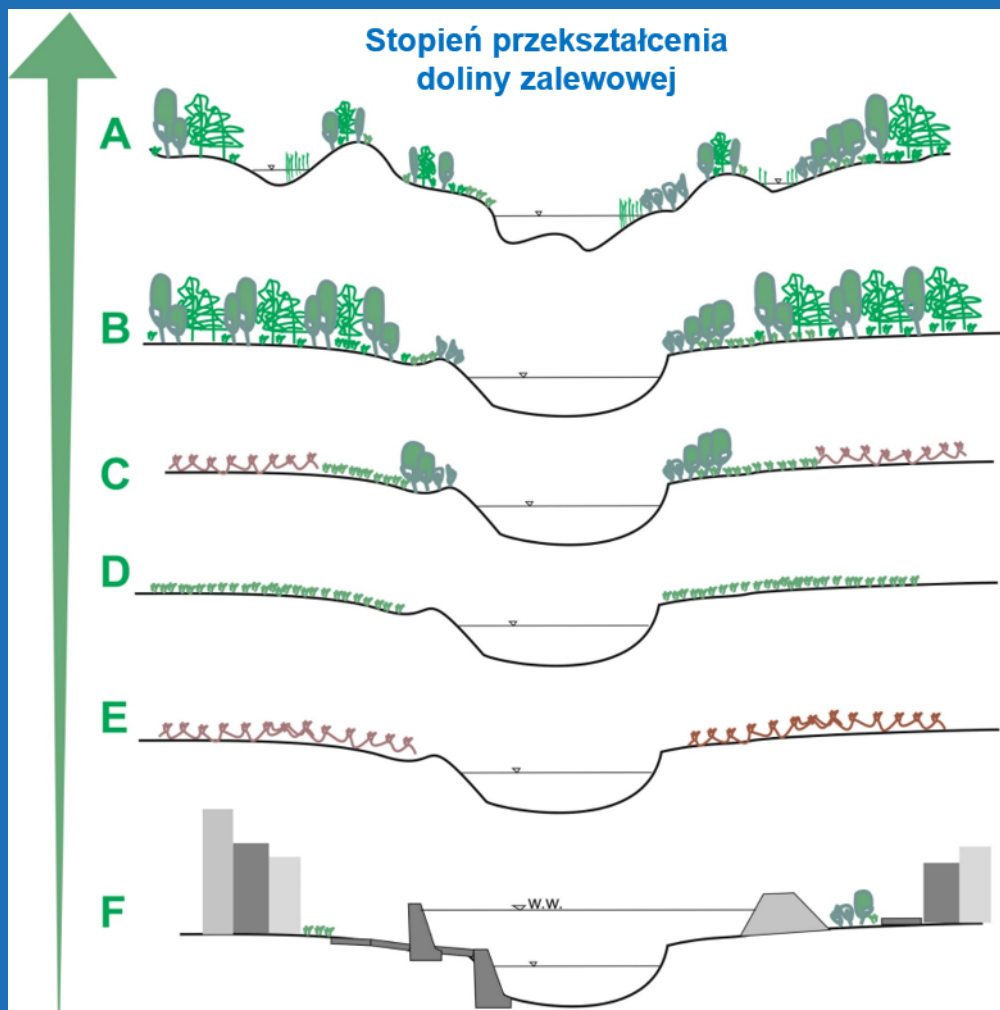
Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

Użytkowanie i morfologia terenu



(Fot.: Łapuszek M.)

Dolina zalewowa



- A – Dolina ze zróżnicowanym biotopem, aktywnym mokradłem, starorzeczem, zróżnicowaną roślinnością
- B – Dolina ze zróżnicowanym biotopem obszaru lasu mieszanego
- C – Dolina z przybrzeżnym pasem zieleni, łąkami i teren zagospodarowany rolniczo
- D – Dolina z łąkami i pastwiskami
- E – Dolina wykorzystywana rolniczo
- F – Dolina zurbanizowana

(Opracowanie własne)

Użytkowanie i morfologia terenu

Możliwości przeprowadzenia zmian w sposobie użytkowania terenów zalewowych:

- Wyłączenie z użytkowania rolniczego z przeznaczeniem ich na urządzenie stref zadrzewionych i zakrzaczonych;
- Minimalizacja stosowania nawozów sztucznych i ochrony roślin;
- Przeobrażanie pasa nadrzecznego przez wprowadzanie roślinności, która będzie stanowić siedliska fauny i flory;
- Odtworzenie lub utworzenie szlaków migracyjnych dla zwierząt (rowy, ciągi pasów roślinności);
- Urządzenie wybranych miejsc dla rekreacji i edukacji ekologicznej.

Dolina zalewowa



Naturalny zalew wodą wezbraniową redukuje kulminację oraz spowalnia przebieg fali i wzbogaca dolinę zalewową w niesiony z wodą habitat.

Fot. Grontmij

Częstość i czas zalewu

W procesie renaturyzacji doliny zalewowej należy dążyć do umożliwienia okresowego jej zalewu wodami wezbraniowymi.

W zależności od ukształtowania terenu wody wezbraniowe mogą przez określony czas stagnować, co umożliwi lepsze zasilenie wód gruntowych wodami powierzchniowymi.

W czasie wezbrań, szczególnie w dolinach rzek nizinnych, unosina, osadzając się, użyźnia grunt. Jest to korzystne dla rozwoju lokalnych siedlisk, ponieważ ma wówczas miejsce wymiana masy i energii.

Zaletą czasowego zalewu doliny jest spowolnienie odpływu wód wezbraniowych, zmniejszenie kulminacji fali i wolniejsze przemieszczanie się jej przez dolinę, co jest bardzo korzystne dla zaistnienia wyżej wymienionych procesów i zjawisk.

Dolina zalewowa



Oddziaływanie poziomu zw. wody na terenie zalewowym na przebieg zachodzących w nim procesów.

Źródło: After Junk et al., 1989

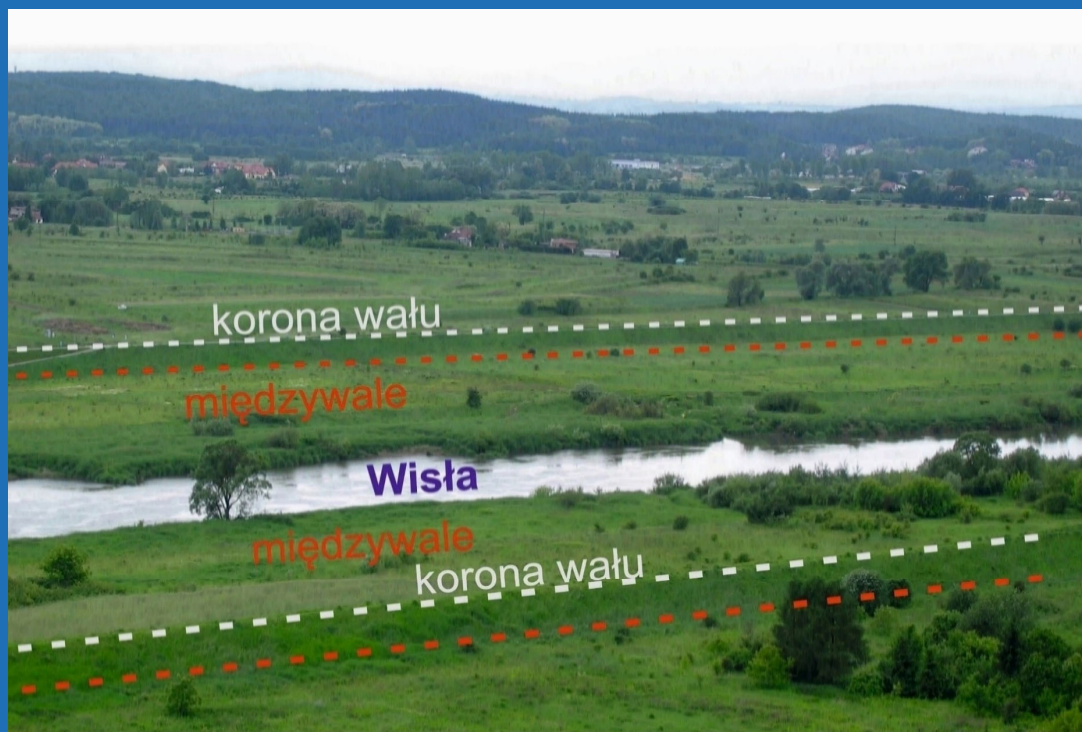
Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

Częstość i czas zalewu

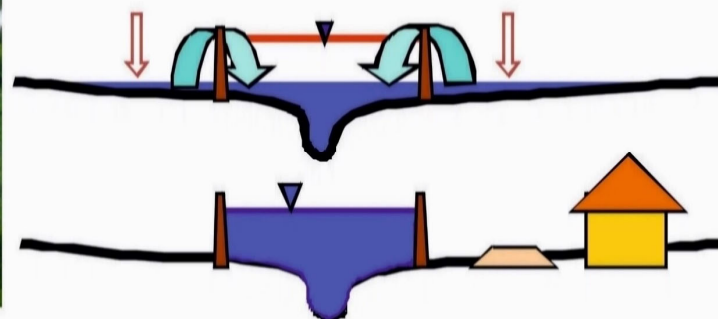
Dolina zalewowa

Duży problem stanowi dolina rzeki z ciasnym obustronnym obwałowaniem. Obwałowanie, będące jednym z systemów ochrony przed powodzią, wywołuje szereg negatywnych efektów, z których jako najpoważniejsze należy wymienić:

- Przyspieszenie odpływu, zmniejszenie retencji dolinowej, szybkie w czasie przemieszczanie się fali o wysokiej kulminacji;
- Erozję dna i brzegów koryta rzeki;
- Odcięcie migracji organizmom na tereny położone poza wałami;
- Pogorszenie walorów krajobrazowych doliny rzecznej.



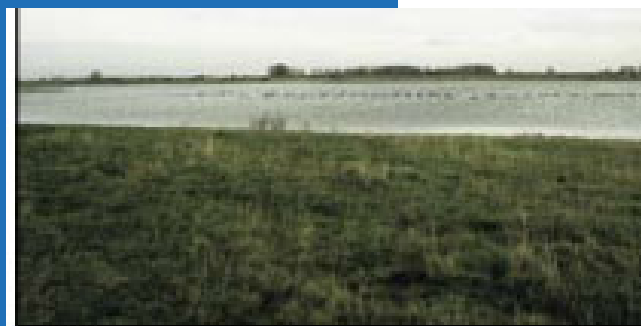
(Fot.: Łapuszek M.)



Częstość i czas zalewu

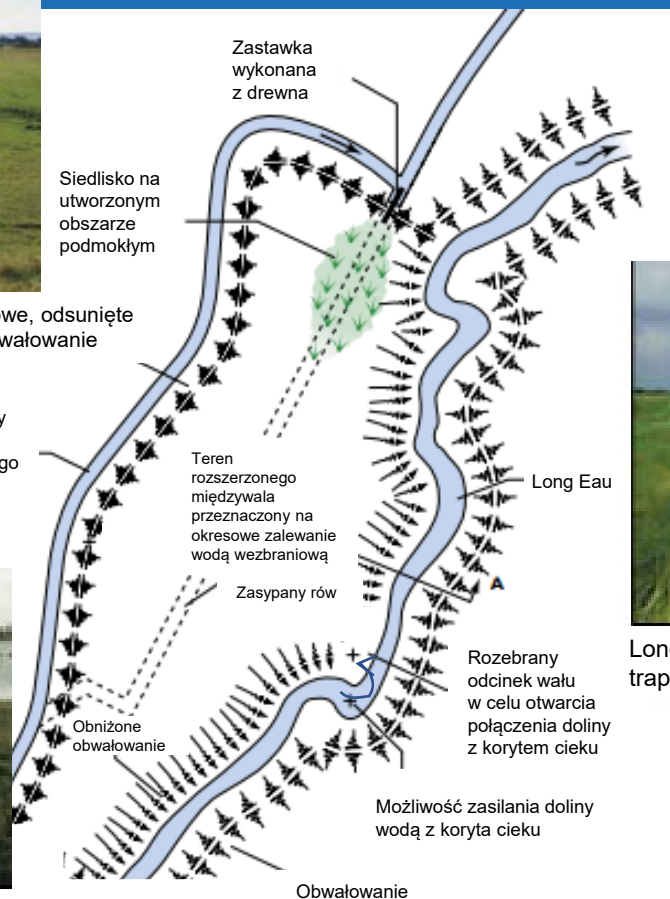


Widok na terasę zalewową, zastawkę i trwałe siedlisko wodnoblótne – październik 2001



Widok z nowego obwałowania na zimujące ptaki na odtworzonej terasie zalewowej – styczeń 1999

Dolina zalewowa



Przykład otwarcia części obwałowanej doliny na zalew wodą wezbraniową



Long Eau – widok prawobrzeżnego obwałowania wzdłuż trapezoidalnego koryta

(Fot. i Rys.: *Manual of River Restoration Techniques*, The River Restoration Centre, Silsoe, Beds MK45 4DT, Wielka Brytania)

Częstość i czas zalewu

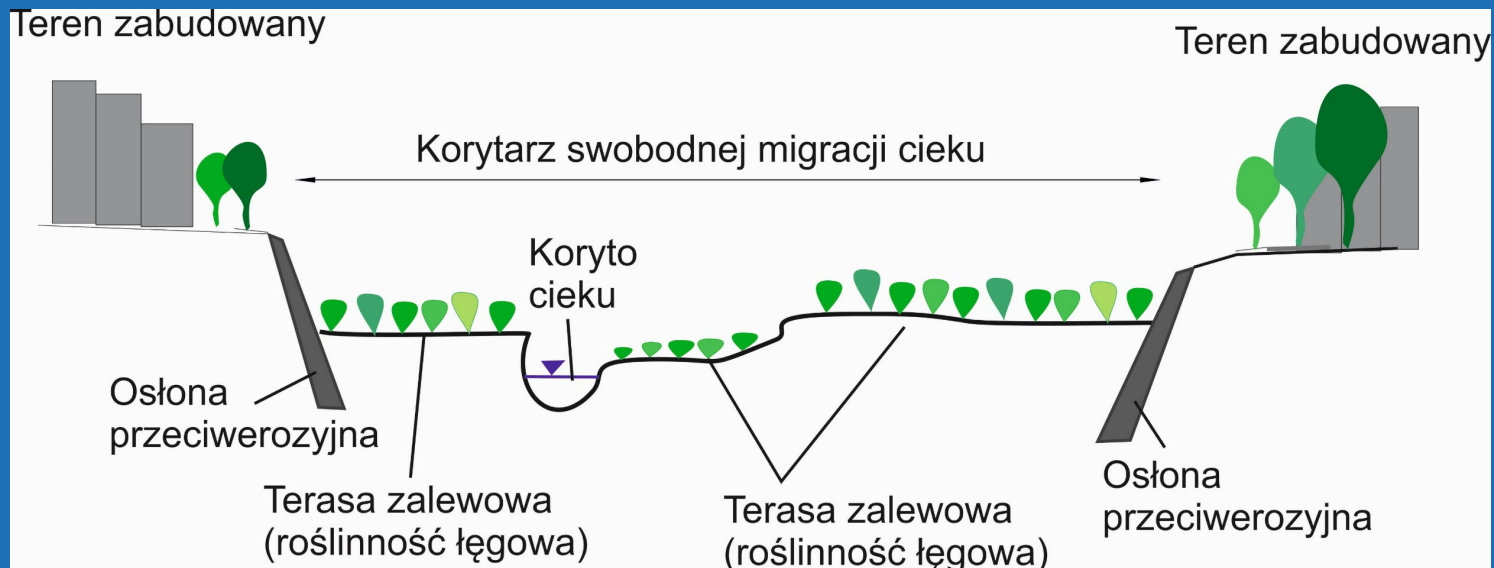
Możliwe działania naprawcze:

- W dolinach, gdzie jest to możliwe, dąży się do odsunięcia obwałowań w celu poszerzenia strefy międzywala;
- Można dążyć do wyznaczenia tzw. osłony cywilizacyjnej, czyli wyznaczenia granicy swobodnej migracji rzeki w wyznaczonym, bezpiecznym dla terenów zagospodarowanych pasie.

Dolina zalewowa



Przykład odcinka rzeki Bug, gdzie w wyniku renaturyzacji rozszerzono strefę zalewową doliny (Fot.: F. Vliegenthart/Grontmij)



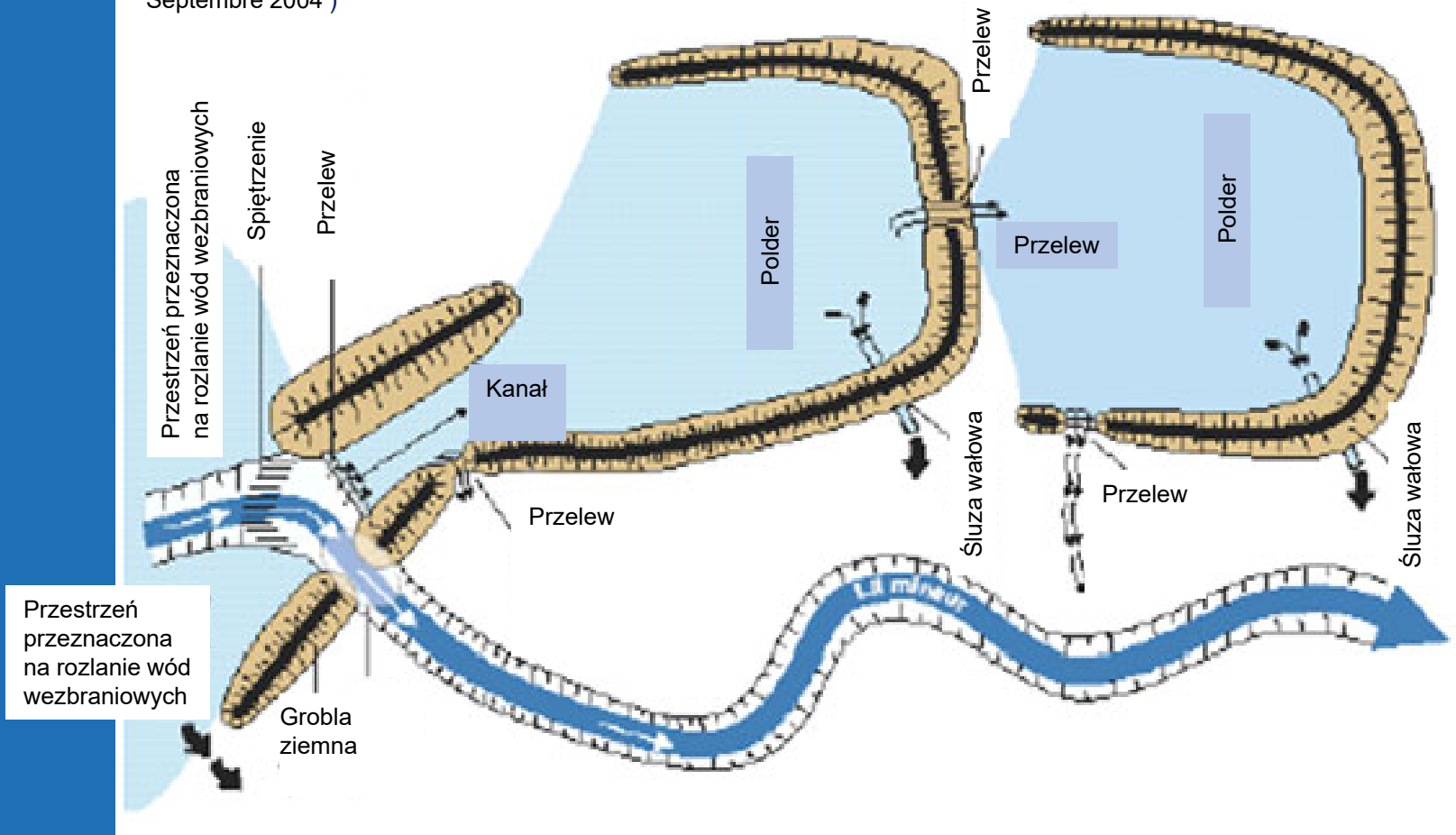
(Opracowanie własne)

Częstość i czas zalewu

Dolina zalewowa

Przykład zagospodarowania doliny na zalew wodą wezbraniową

(Opracowanie własne na podstawie: *Le RALENTISSEMENT DYNAMIQUE pour la prévention des inondations*, Cemagref, Septembre 2004)



Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

Częstość i czas zalewu

Dolina zalewowa

Przykład wykorzystania doliny i jej elementów na okresowy zalew wodami wezbraniowymi



(Fot. i Rys.: *Manual of River Restoration Techniques*, The River Restoration Centre, Silsoe, Beds MK45 4DT, Wielka Brytania)

Przelewy podczas wezbrania

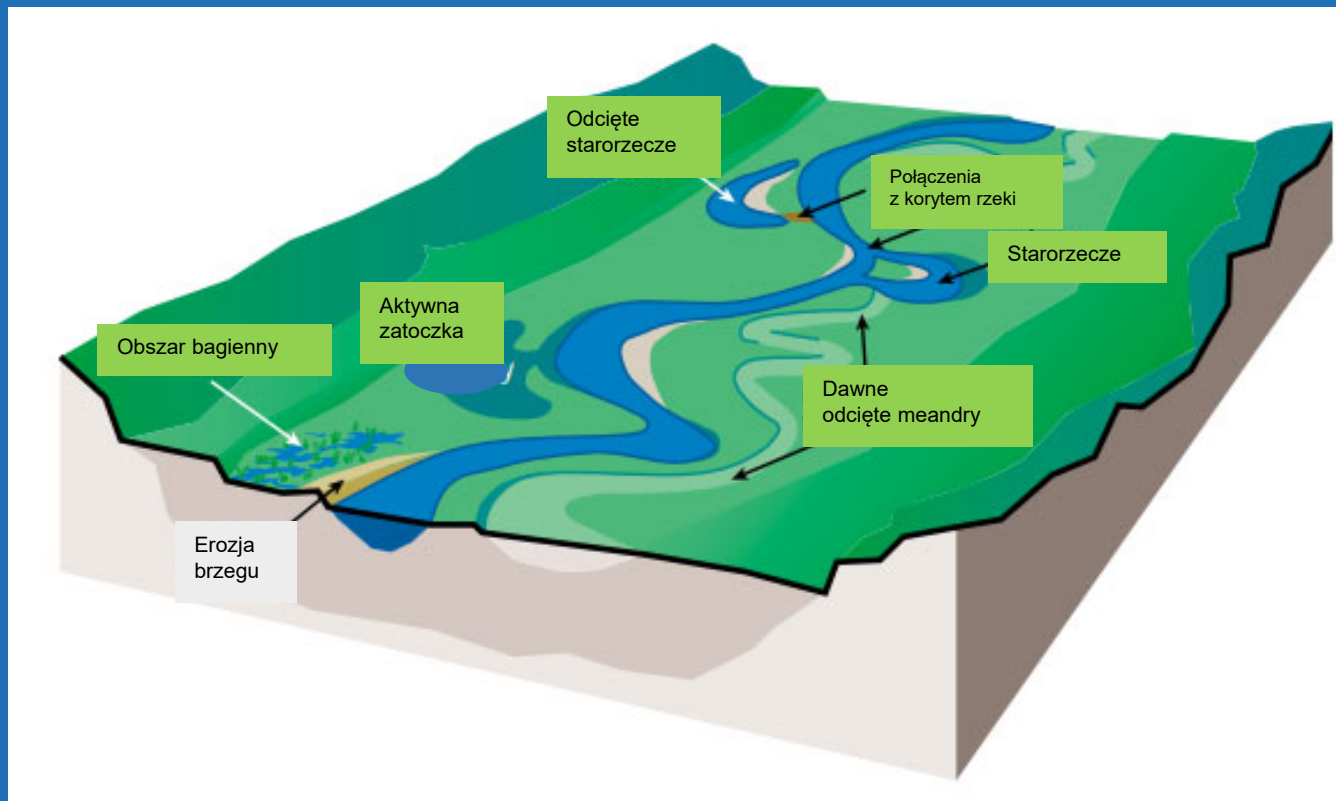


Zróźnicowanie wilgotnościowe

Dolina zalewowa

W celu poprawy i utrzymania zróżnicowanych warunków wilgotnościowych w dolinie zalewowej należy dążyć do:

- uaktywniania (odtworzenia) mokradeł i starorzeczy,
- tworzenia biotopów zastępczych zbliżonych do naturalnych mokradeł, niewielkich akwenów,
- wywołania stałego przepływu wody, z koryta rzeki przez mokradła i miejsca związane z okresowym zatrzymaniem wody w dolinie.



(Opracowanie własne na podstawie: *Stream corridor restoration*, the National Engineering Handbook, USDA 2001)

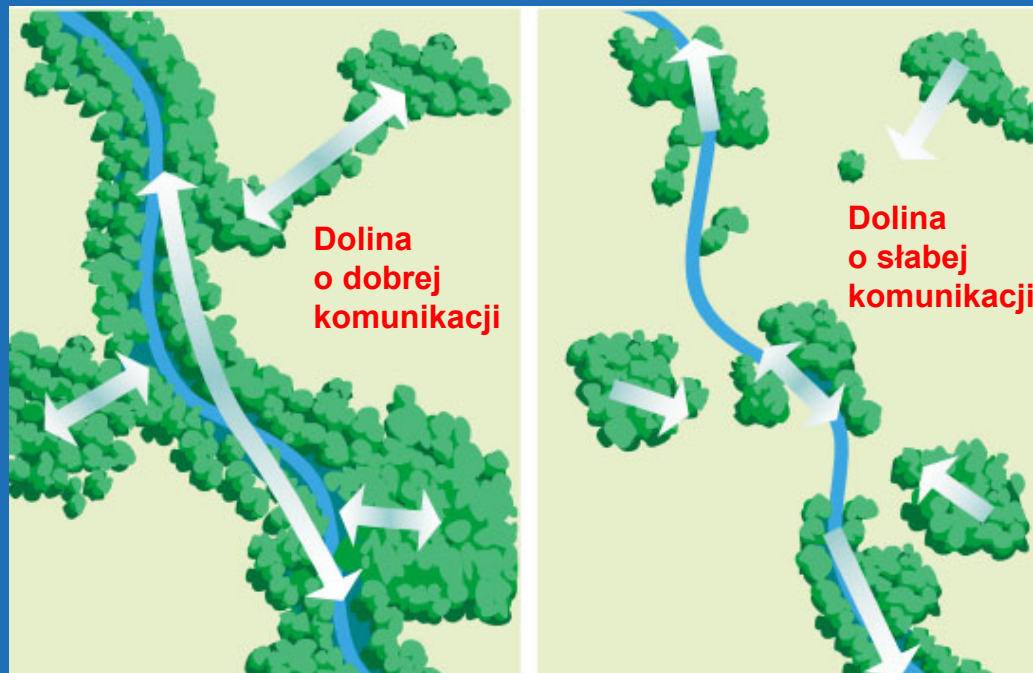
Komunikacja w dolinie

Rzeka i jej dolina to mozaika zróżnicowanych biotopów, które powinny mieć wodne i lądowe połączenia umożliwiające migrację między poszczególnymi siedliskami. Taki stan jest gwarantem utrzymania stałości i różnorodności składu gatunkowego organizmów oraz stabilizacji całych ekosystemów rzecznych.

Dolina zalewowa

Dlatego w pracach renaturyzacyjnych doliny należy uwzględnić zapewnienie ciągłości tras komunikacyjnych między biotopami, np. przez uzupełnienie i kształtowanie pasów roślinności, które wyznaczają często trasy wędrówek organizmów lądowych.

Poważnym problemem są obwałowania, które powodują trwałe odcięcie migracji organizmom na tereny położone poza wałami.



(Opracowanie własne na podstawie: *Stream corridor restoration*, the National Engineering Handbook, USDA 2001)

Roślinność w dolinie zalewowej

- Roślinność doliny zalewowej powinna stanowić grupy drzew i krzewów obsadzanych na lokalnych wzniesieniach oraz w pasach brzegowych i miejscach migracji organizmów zwierzęcych.
- Układ przestrzenny roślinności powinien stanowić harmonię z krajobrazem doliny.
- W doborze roślin powinny przeważać gatunki miejscowe.

Ze względu na bezpieczny przepływ wód wezbraniowych należy brać pod uwagę aspekt oporów ruchu, które wywołują rośliny, szczególnie wysokie.

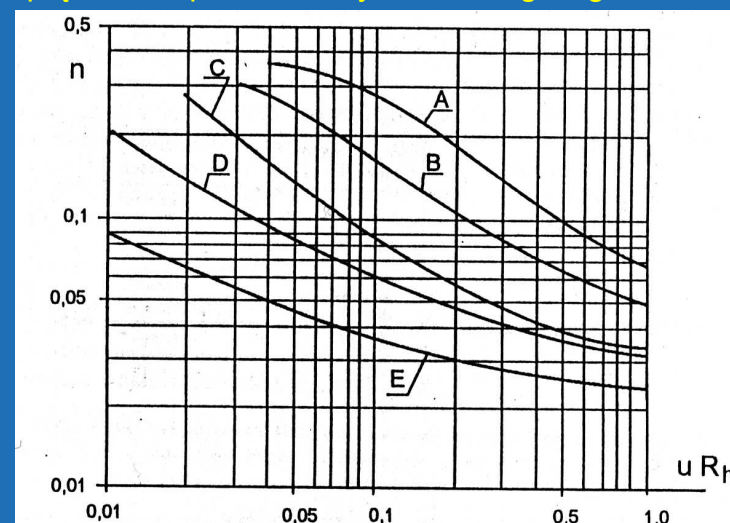
Dlatego zadrzewienia i zakrzewienia strefy zalewowej nie zawsze są możliwe. Zależy to od warunków zagospodarowania przestrzennego terenów zalewowych i doliny rzecznej.

Dolina zalewowa

**Współczynnik prędkości do wzoru Chézy
Wpływ drzew, krzaków i roślinności wodnej na opory ruchu:**

Krzywa	Średnia wysokość roślinności [cm]	Gęstość roślinności
A	> 75	Duża
B	30–60 > 75	Duża Przeciętna
C	15–25 30–60	Duża Przeciętna
D	5–15	Duża
E	< 5	Duża

Krzywe współ. szorstkości n w funkcji iloczynu prędkości i promienia hydraulicznego wg Ree:



Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

Roślinność w dolinie zalewowej

Przykład:
rzeka Dunajec w okolicy Żabna:
zagospodarowanie międzywala

Dolina zalewowa



(Fot.: Łapuszek M.)



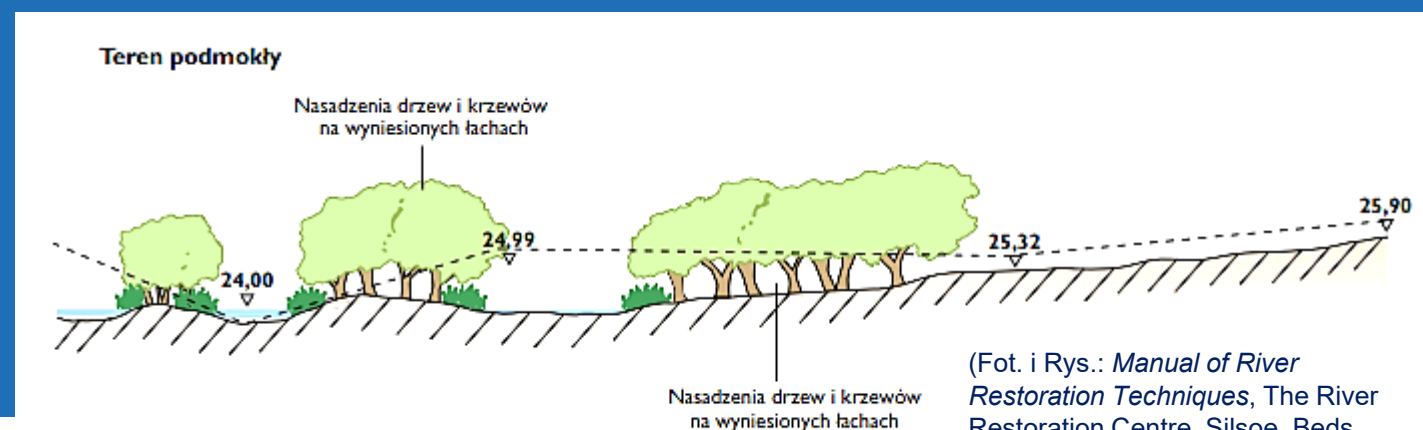
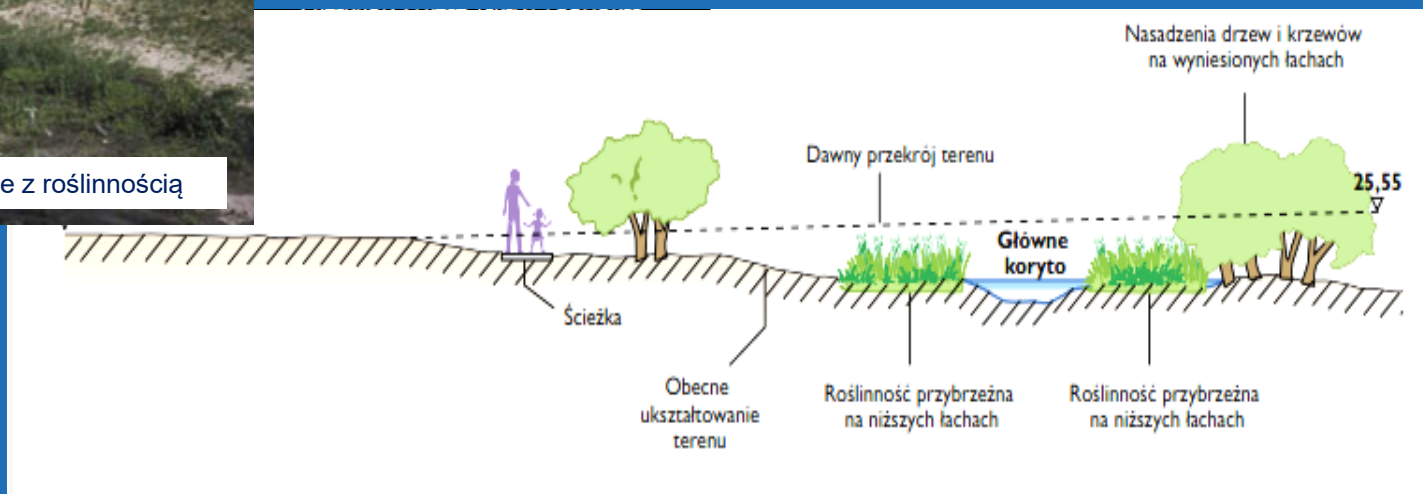
Roślinność w dolinie zalewowej

Dolina zalewowa

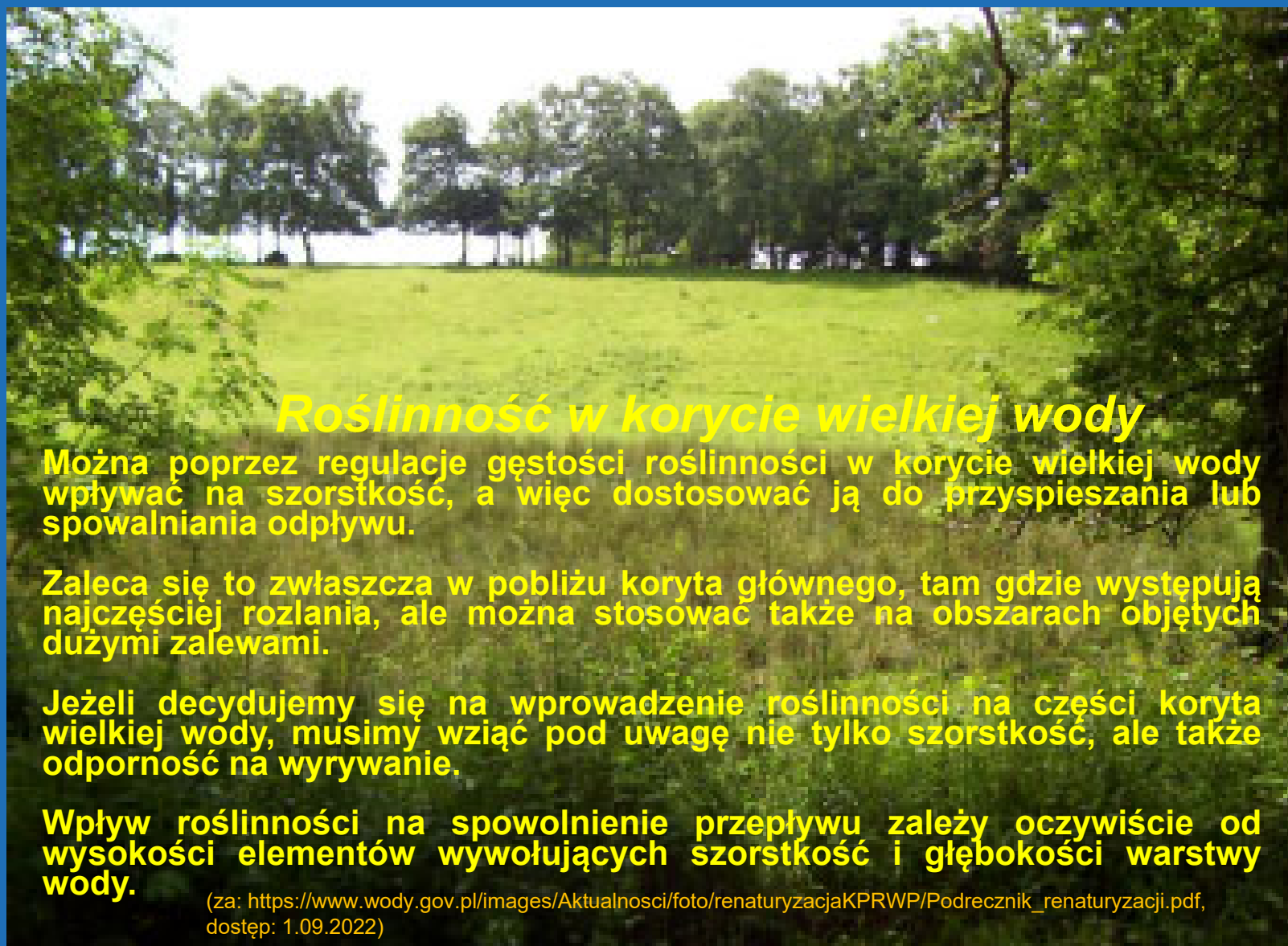
Przykład:
kształtowanie przestrzeni zalewowej z odpowiednio nasadzoną roślinnością



Wzdłuż nowo ukształtowanych nurtów rozwinęła się bogata i cenna roślinność



(Fot. i Rys.: *Manual of River Restoration Techniques*, The River Restoration Centre, Silsoe, Beds MK45 4DT, Wielka Brytania)



Roślinność w korycie wielkiej wody

Można poprzez regulacje gęstości roślinności w korycie wielkiej wody wpływać na szorstkość, a więc dostosować ją do przyspieszania lub spowalniania odpływu.

Zaleca się to zwłaszcza w pobliżu koryta głównego, tam gdzie występują najczęściej rozlania, ale można stosować także na obszarach objętych dużymi zalewami.

Jeżeli decydujemy się na wprowadzenie roślinności na części koryta wielkiej wody, musimy wziąć pod uwagę nie tylko szorstkość, ale także odporność na wyrywanie.

Wpływ roślinności na spowolnienie przepływu zależy oczywiście od wysokości elementów wywołujących szorstkość i głębokości warstwy wody.

(za: https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf,
dostęp: 1.09.2022)

9. DZIAŁANIA W OBSZARZE ZLEWNI

Zlewnia to organizm charakteryzujący się w swej strukturze zróżnicowaniem zagospodarowania przestrzennego. Dlatego w celu przejrzystego przedstawienia form i możliwości jej rewitalizacji i renaturyzacji wydzielono następujące formy: obszary narażone na intensywną erozję powierzchniową i podpowierzchniową, obszary leśne, obszary wykorzystywane rolniczo, tereny zurbanizowane, obszary z naturalnymi akwenami wodnymi (jeziora), obszary z możliwością wykorzystania ich do celów małej retencji. Często są to struktury przenikające się wzajemnie.

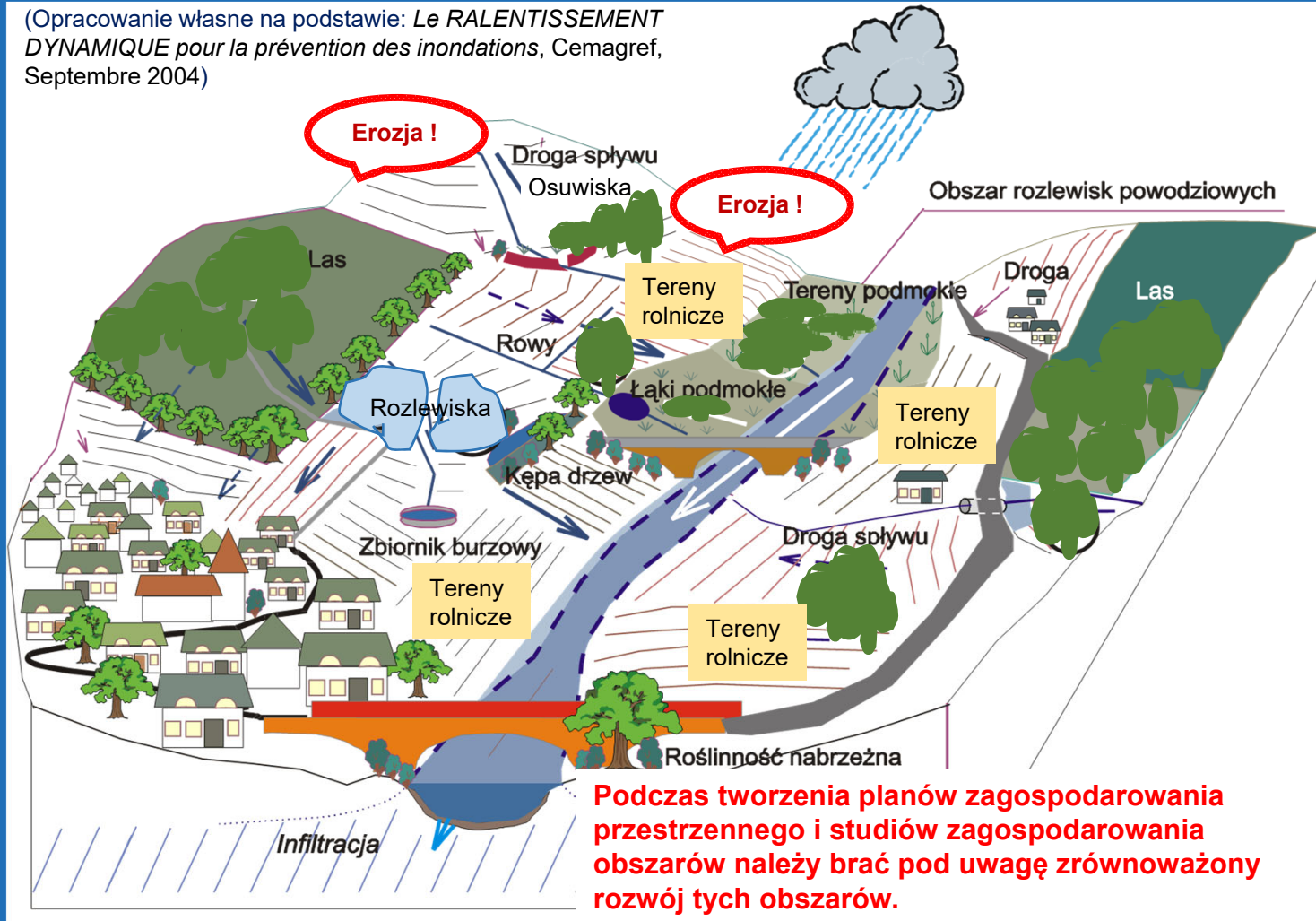
Zagospodarowanie zlewni

Obszar zlewni

Sposób zagospodarowania zlewni ma wpływ na jakość wód powierzchniowych i podziemnych, a co za tym idzie – na jakość środowiska przyrodniczego. Czynniki poprawiające tę jakość to przede wszystkim:

- lesistość zlewni,
- możliwości retencyjne,
- naturalność dolin rzecznych,
- zrównoważone użytkowanie terenów przyrodniczych,
- prowadzenie zrównoważonej gospodarki wodnej,
- racjonalna urbanizacja.

(Opracowanie własne na podstawie: *Le RALENTISSEMENT DYNAMIQUE pour la prévention des inondations*, Cemagref, Septembre 2004)



Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

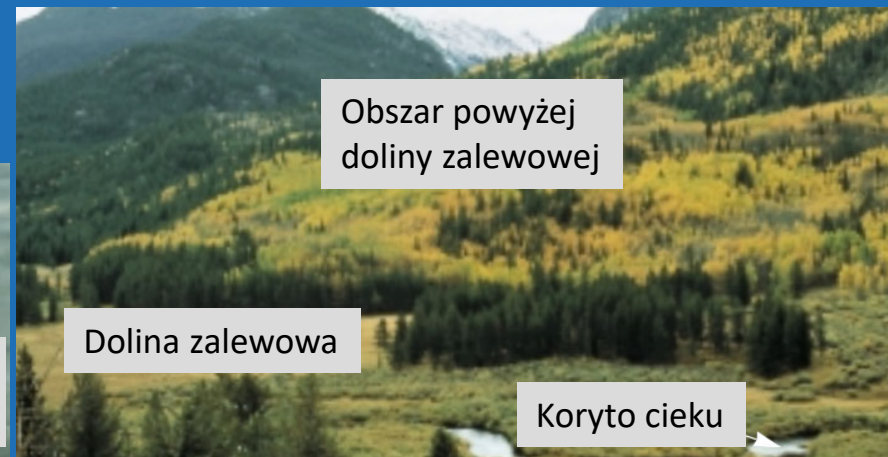
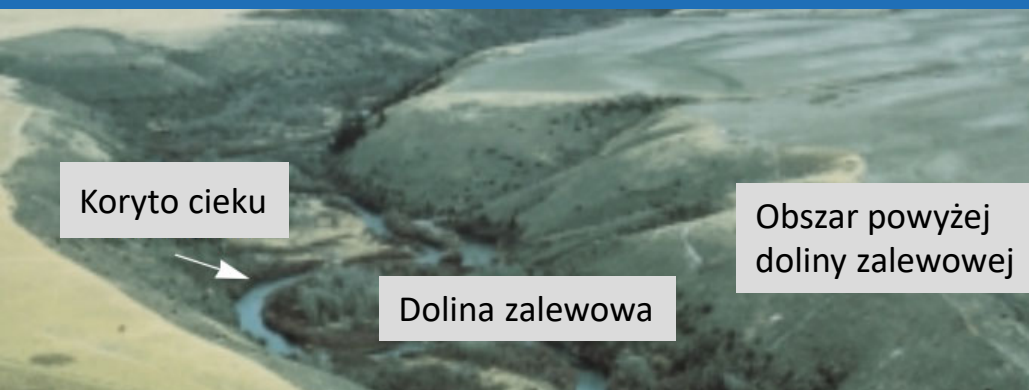
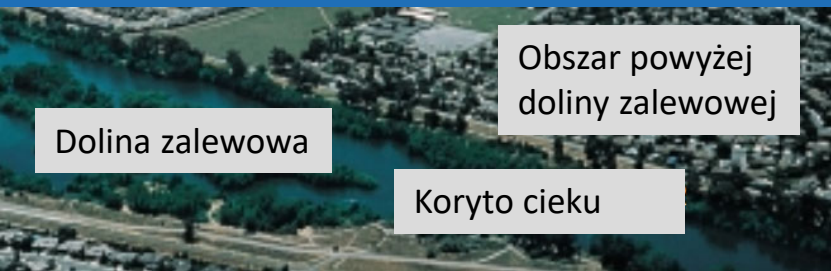
Zagospodarowanie zlewni

Obszar zlewni

Ponadto:

Działania zapewniające komunikację organizmom między obszarami korytowymi a dolinami rzecznyymi oraz położonymi poza doliną zalewową:

- zachowanie (odtworzenie) możliwości migracji organizmów wzdłuż cieków będących w sieci rzecznej zlewni,
- udrożnienie obiektów inżynierskich (jazy, stopnie regulacyjne) zlokalizowanych w sieci rzecznej oraz w obszarze zlewni (przepusty, nasypy, przegrody poprzeczne itp.) stanowiących przeszkody w migracji organizmów wodnych i lądowych.



(Opracowanie własne)

Zagospodarowanie zlewni

System leśny:
Naturalne formy: głazy, drzewa
Kształujące naturalny ekosystem
wodno-lądowy

Obszar zlewni: obszary leśne

- Utrzymanie dobrego stanu biotopów leśnych,
- Dbłość o bioróżnorodność obszarów leśnych,
- Zalesianie obszarów o słabej jakości gleb, nieefektywnej ekonomicznie do celów rolniczych,
- Spowolnienie odpływu wody – poprawa stosunków wodnych w gruncie,
- Poprawa uwilgotnienia siedlisk leśnych,
- Urozmaicenie siedlisk leśnych od wody zależnych,
- Prowadzenie zrównoważonej gospodarki leśnej.



(za: Jędryka E., *Proekologiczne budowle wodne*, Poradnik, Wyd. IMUZ, Falenty 2006)

Zagospodarowanie zlewni

Pożądane działania w rolnictwie:

- Zmianowanie upraw w celu wzmocnienia bioróżnorodności w glebie,
- Nawożenie upraw, opierając się na zasadzie bilansu nawozowego,
- Efektywne korzystanie z zasobów wodnych,
- Prowadzenie uprawy bezorkowej,
- Dbłość o budowę żyzności gleby poprzez wzrost zawartości próchnicy,
- Optymalne korzystanie z tzw. środków wspomagających produkcję (nawozy, środki ochrony roślin, nasiona, maszyny),
- Ciągłe utrzymywanie gleby pod okrywą roślin,
- Zapewnienie dobrostanu zwierząt,
- Dążenie do redukcji emisji gazów cieplarnianych.

(za: <https://rolnictwozrownowazone.pl>, dostęp: 10.09.2022)

Obszar zlewni: obszary wykorzystywane rolniczo

Co to jest rolnictwo zrównoważone?

Rolnictwo zrównoważone to wszelkie działania ograniczające wpływ rolnictwa na środowisko, umożliwiające bardziej efektywne i przyjazne dla środowiska wykorzystanie zasobów, np. gleby, ziemi, wody, maszyn, środków ochrony roślin, nasion, nawozów czy energii, przy zachowaniu opłacalności produkcji rolniczej i jej akceptacji społecznej.



Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

Zagospodarowanie zlewni

Istotne działanie w renaturyzacji wód to poprawa stosunków wodnych w zlewni, co jest możliwe do osiągnięcia przez odbudowę i utrzymanie retencji.

Pożądane działania:

- Budowa małych zbiorników w dolinach rzek,
- Odbudowa i utrzymanie oczek wodnych, stawów, zastoisk,
- Gromadzenie wody w istniejących systemach melioracyjnych (np. retencja w rowach opaskowych),
- Umożliwienie okresowego zalewania obniżen dolinowych, zagłębien terenu,
- Budowa suchych zbiorników przeciwpowodziowych,
- Racjonalne gospodarowanie wodą w zbiornikach podpiętrzonych.

Obszar zlewni: retencjonowanie wody



(Opracowanie własne)

Zagospodarowanie zlewni

Działania związane z ograniczeniem procesu erozji w obszarze zlewni mają na celu zabezpieczenie infrastruktury przed jej negatywnymi skutkami, ale również przed nadmiarem dostarczania wraz z cząstkami gruntu zanieczyszczeń do koryt rzecznych i jezior.

Strefy brzegowe i skarpy cieków wymagające ochrony przed erozją należy zabezpieczać systemem biotechnicznym lub biologicznym.

W sieciach rzek stale i okresowo płynących poprzez stosowanie przegród dozujących rumowisko można spowalniać odpływ rumowiska i w ten sposób zapobiegać nadmiernej erozji korytowej.



Obszar zlewni: działania przeciwoerozyjne

Minimalizacja skutków erozji wietrznej:

- przez minimalizację czasu, w którym gleba pozostaje bez pokrycia roślinnością (stosowanie płodozmianu, międzyplonu),
- na glebach szczególnie zagrożonych przez erozję wietrzną stosowanie uprawy bez pługu, bez odwracania gleby, to znaczy, jeśli jest to możliwe, stosowanie bezpośrednio siewu roślin.

Zabezpieczenie osuwisk przez stosowanie w miarę możliwości:

- zabudowy roślinnej (hydroobsiew, płotki faszynowe z żywymi sadzonkami roślin, darniowanie, byliny, ziół i krzewów),
- zabudowy technicznej z elementami roślinności (gabiony).



(Fot. /Lapuszek M.)

Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

Zagospodarowanie zlewni

- Rewitalizacja bulwarów nadrzecznych,
- Rewitalizacja koryt rzecznych,
- Tworzenie i rozbudowa parków rzecznych,
- Rewitalizacja powierzchni uszczelnionych przez odpowiednie nasadzenia roślinne,
- Kształtowanie stawów hydrofitowych,
- Kształtowanie zielonych dachów, zielonych ścian, ogrodów deszczowych,
- Zintegrowane zarządzanie gospodarką wodną.

Obszar zlewni: tereny zurbanizowane



Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

Zagospodarowanie zlewni

Obszar zlewni: tereny zurbanizowane



(Opracowanie własne na podstawie: <https://inhabitat.com/plans-forge-on-for-la-river-restoration-with-the-opening-of-the-glendale-narrows-riverwalk/restoration-plans-for-la-river-9/>, dostęp: 2.09.2022)



(Opracowanie własne na podstawie: <https://inhabitat.com/plans-forge-on-for-la-river-restoration-with-the-opening-of-the-glendale-narrows-riverwalk/restoration-plans-for-la-river-9/>, dostęp: 2.09.2022)

Zagospodarowanie zlewni

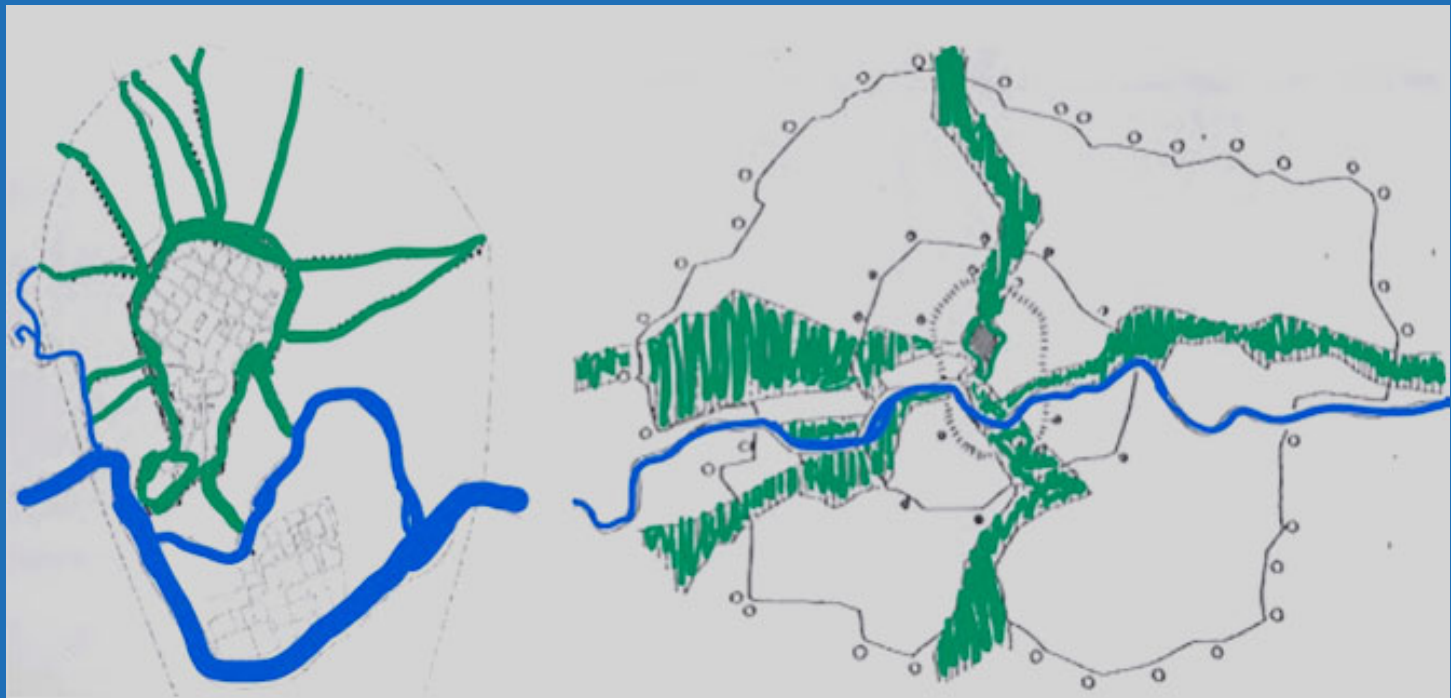
Systemy parków rzecznych jako naturalne korytarze ekologiczne w terenach zurbanizowanych, zlokalizowane wzdłuż koryt rzecznych wraz z ich najbliższym otoczeniem, pełnią następujące funkcje:

- przyrodnicze,
- przewietrzania miasta,
- rekreacyjne,
- edukacyjne.

Obszar zlewni: tereny zurbanizowane

Dlatego tereny zieleni położone wzdłuż cieków wodnych sukcesywnie należy włączać do systemu parków rzecznych.

System parków rzecznych – przykład: Kraków



(Opracowanie własne na podstawie: Böhm A., *System parków rzecznych w Krakowie*, Komisja Krajobrazu Kulturowego, PTG, Sosnowiec 2007)

Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

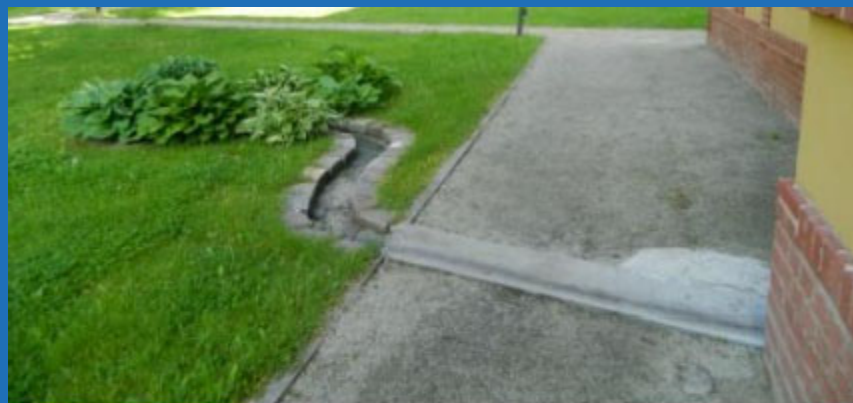
Zagospodarowanie zlewni

Stanowiska pilotowe stawów hydrofitowych
w Centrum Wodnym SGGW, Warszawa
(Fot. Burszta-Adamiak E.)



(za: Katalog dobrych praktyk – zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi pochodzącymi z nawierzchni pasów drogowych)

Obszar zlewni: tereny zurbanizowane



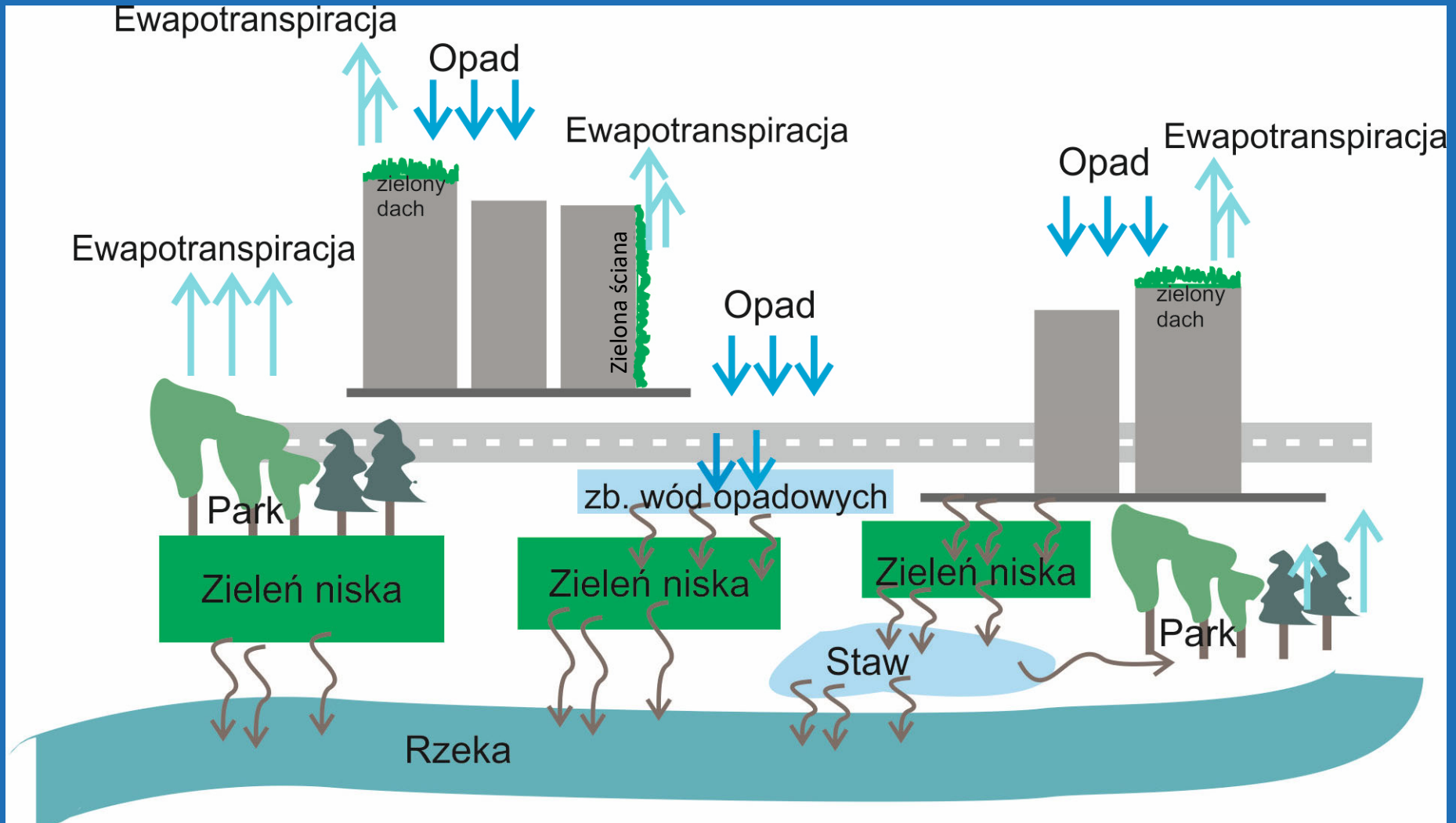
Mały ogród deszczowy, Bydgoszcz
(Fot. Burszta-Adamiak E.)



Działania w renaturyzacji / rewitalizacji rzek – strefa przedsięwzięć:

Zagospodarowanie zlewni

Obszar zlewni: tereny zurbanizowane



(Opracowanie własne)

Zagospodarowanie zlewni

Obszar zlewni: akweny naturalne (jeziora)

Potrzeby renaturyzacji jezior:

wynikają ze złego stanu/potencjału wielu jezior:

stan hydromorfologiczny oceniany od 2016 roku dla **274 jezior** w Polsce

wykazuje tylko w przypadku **79 jezior (28,8%) stan bardzo dobry**

Najważniejsze zmiany jezior wywołane działaniami antropogenicznymi dotyczą:

- zmiany reżimu hydrologicznego związane z poborem wody do celów rolniczych, rybackich, komunalnych,
- przekształcenia strefy brzegowej do celów rekreacyjnych (plaże, kąpieliska, przystanie),
- odprowadzania zanieczyszczeń punktowych bezpośrednio do jezior (tzw. kontrolowane i niekontrolowane wycieki),
- przenikania zanieczyszczeń obszarowych z sąsiadujących pól i terenów zabudowanych nieuzbrojonych w systemy odprowadzania ścieków do systemu kanalizacji.

Obszary działań renaturyzacji jezior (wg zaleceń KPR):

- w obrębie jeziora (w strefie litoralu),
- w sąsiedztwie linii brzegowej,
- w najbliższym otoczeniu (w zlewni bezpośredniej lub przynajmniej 100-metrowym pasie ochronnym),
- przy ujściowych odcinkach wszystkich dopływów,
- w pozostałej części zlewni, szczególnie w odniesieniu do retencji gruntowej (tutaj chodzi o: odtwarzanie terenów bagiennych, oczek wodnych i innych elementów umożliwiających retencjonowanie wody).

(za: https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf, dostęp: 1.09.2022)

Przykłady renaturyzacji jezior

Zanieczyszczenia punktowe:

W przypadku dopływu oczyszczonych ścieków lub wód opadowych proponowane rozwiązania muszą uwzględniać redukcję ładunku zanieczyszczeń.

Zanieczyszczenia obszarowe:

W przypadku przekształceń obrzeż powodujących dopływ zanieczyszczeń obszarowych zaleca się stosowanie tzw. barier biogeochemicznych, polegających na zabudowie strefy buforowej pasami roślinnymi (drzewa, krzewy).

Zadrzewienie wzdłuż linii brzegowej jeziora i jego dopływów może ograniczyć dopływ związków biogennych z pól nawet o 80%.

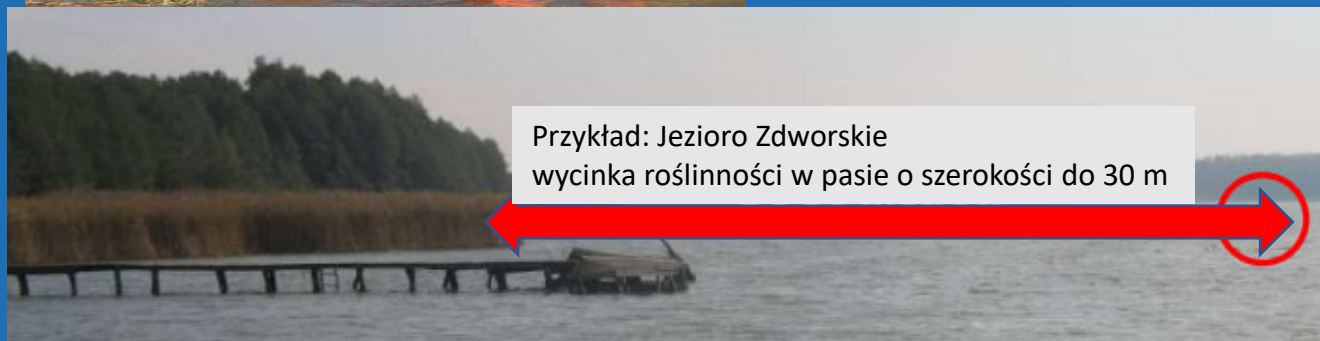
(za: https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf, dostęp: 1.09.2022)

Zagospodarowanie zlewni

Obszar zlewni: akweny naturalne (jeziora)

Przykłady renaturyzacji jezior

Na skutek długotrwałej suszy może nastąpić znaczny ubytek wody w jeziorze, co często skutkuje nadmiernym rozrostem roślinności wynurzonej, a co za tym idzie – śnięciem masowym ryb. Należy wówczas usuwać nadmiar roślin przez okresowo prowadzone wycinki.



Przykład: Jezioro Zdrowskie
wycinka roślinności w pasie o szerokości do 30 m

W przypadku jezior ze zdeponowanym dużym ładunkiem zanieczyszczeń w osadach dennych, konieczne jest zastosowanie metod **rekultywacji**.

Na przykład zastosowanie związków chemicznych do strącenia nadmiaru fosforu obecnego w wodzie.

Przez zastosowanie metody inokulacji z wykorzystaniem kondycjonowanego osadu czynnego pobranego z oczyszczalni ścieków (jego rozpylenia na danej powierzchni jeziora) można uzyskać przyspieszenie przebiegu przemian biochemicznych zachodzących w osadach dennych, a następnie utrzymać w kolejnych sezonach właściwe tempo mineralizacji.

(Opracowanie własne na podstawie: Maciejewski S., *Ochrona i rekultywacja Jeziora Zdrowskiego*, Konferencja RCEE Płock, 25.06.2013 r., prezentacja multimedialna)

Metody rekultywacji jezior

Rekultywacje techniczne:

- Usuwanie osadów dennych
- Usuwanie wód naddennych
- Natlenianie wód
- Strącanie fosforu z toni wodnej
- Inaktywacja fosforu w osadach dennych

Rekultywacje biologiczne:

- Biomanipulacja
- Usuwanie makrofitów
- Wykorzystanie preparatów mikrobiologicznych
- Zakładanie sztucznych wysp

Reasumując – Renaturyzacja jezior wymaga:

- indywidualnego podejścia do każdego jeziora polegającego na usunięciu w pierwszej kolejności negatywnych presji antropogenicznych, co umożliwi uruchomienie naturalnych procesów wewnątrz-biocenotycznych, prowadzących w rezultacie do poprawy stanu ekologicznego jeziora,
- w pierwszej kolejności objęcia najważniejszych presji dla dennego ekosystemu, którymi najczęściej są: zanieczyszczenia punktowe i dopływ zanieczyszczeń przestrzennych,
- w przypadku jezior zdegradowanych długotrwałym oddziaływaniem presji antropogenicznych podjęcia zrównoważonych działań rekultywacyjnych, nie ingerujących głęboko w ekosystem, lecz wykorzystujących rozwiązania oparte na naturze.

(za: https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf, dostęp: 1.09.2022)

Zagospodarowanie zlewni

Ochrona przez retencję
(omówiono na s. 141, 145–147)

**Ochrona przez zmianę
użytkowania zlewni**
(omówiono na s. 137–138)

Ochrona zasobów wodnych w obszarze zlewni

**Sztuczne zasilanie
wód podziemnych**

Baseny infiltracyjne
sytuowane wzdłuż ciek

Galeria studzien
sytuowana wzdłuż ciek

Systemy oczyszczania wód

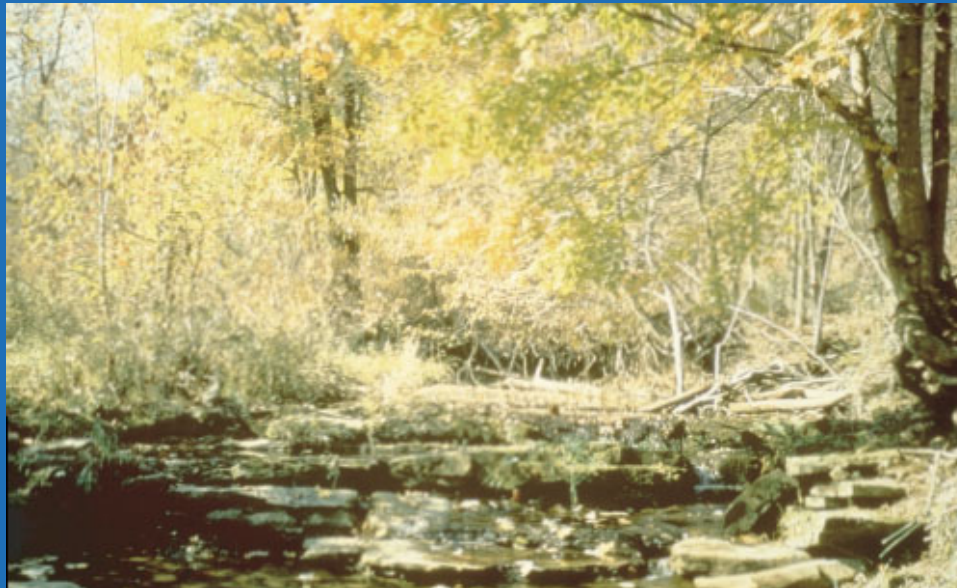
- oczyszczalnie ścieków komunalnych
- oczyszczalnie ścieków przemysłowych
- oczyszczalnie o przeznaczeniu specjalnym
- przydomowe oczyszczalnie ścieków

10. EFEKTYWNOŚĆ PROCESU REWITALIZACJI/ RENATURYZACJI

Kiedy renaturyzacja jest efektywna?

Jeśli:

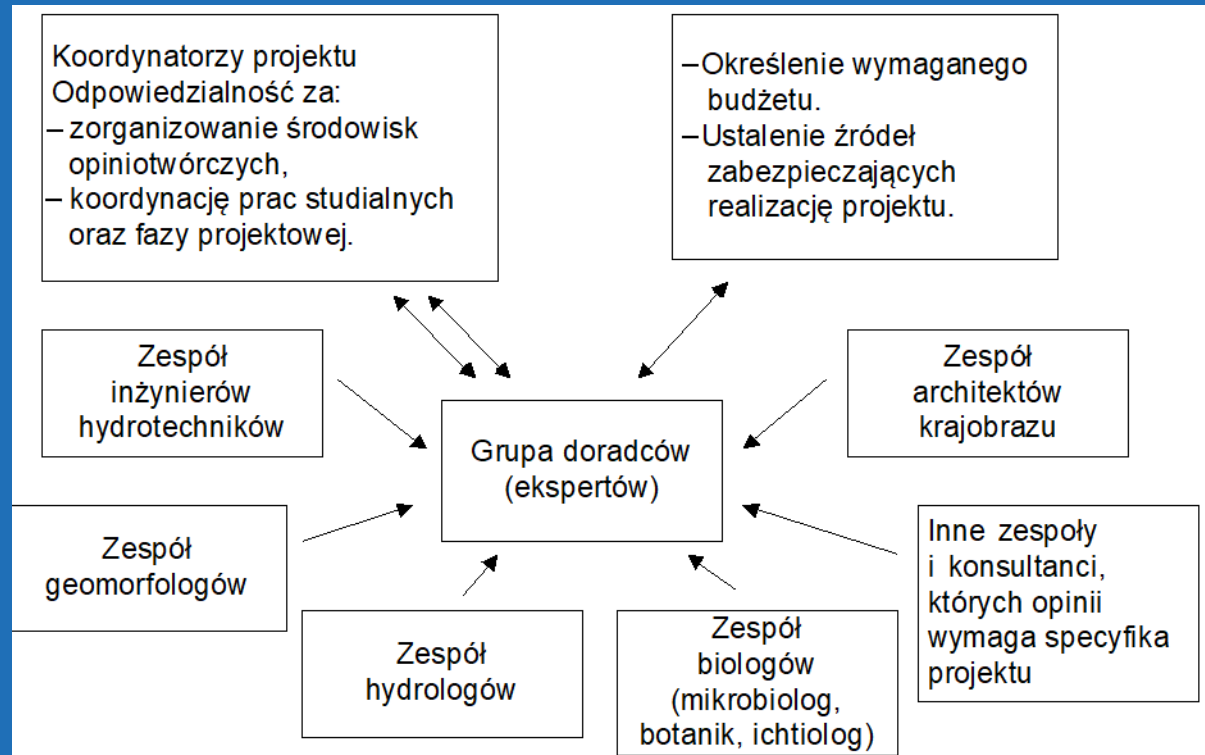
- zapewnia trwałość procesów kształtujących ekosystem,
- zapewnia inicjowanie, a następnie kontynuację przebiegu oczekiwanych procesów korytowych, a także ich korygowanie w czasie,
- zrenaturyzowany ekosystem jest tzw. „samotrzymującym się”, czyli że nie będzie wymagać w przyszłości dodatkowych prac utrzymaniowych (trudne do osiągnięcia!).



Proces planowania i prowadzenia renaturyzacji ekosystemów wodnych

Określenie celu renaturyzacji

Planowanie działań



Wykonanie działań

Monitoring efektywności procesu renaturyzacji

(Opracowanie własne na podstawie: *Stream corridor restoration*, the National Engineering Handbook, USDA 2001)

Monitoring efektywności procesu renaturyzacji

- Wybór obszarów poddanych procesowi renaturyzacji oraz obszarów referencyjnych, to znaczy zlokalizowanych w takiej odległości od renaturyzowanych, aby wykluczyć oddziaływanie renaturyzacji na stan jego środowiska (może to być odcinek cieku, jego dolina zalewowa, jezioro lub jego strefa brzegowa, lub inny fragment w zlewni).
- W tych wskazanych obszarach przeprowadza się badania przed rozpoczęciem prac renaturyzacyjnych i określa ich stan.
- W tych samych obszarach badania powtarza się z zastosowaniem takiej samej metodyki po przeprowadzeniu działań renaturyzacyjnych.
- Wynik monitoringu określa się przez porównanie zmiany stanu środowiska w obszarze poddanym renaturyzacji i zmiany stanu środowiska w obszarze pozostającym poza zasięgiem oddziaływania renaturyzacji. **Porównanie pozwala stwierdzić różnice w reakcji ekosystemu pozostającego pod wpływem podjętych działań oraz ekosystemu referencyjnego.**

(za: https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf, dostęp: 1.09.2022)

Monitoring efektywności procesu renaturyzacji

W zależności od zakresu działań renaturyzacyjnych mogą być podjęte następujące działania:

- monitoring stanu hydromorfologicznego prowadzony przed oraz regularnie po przeprowadzeniu działań renaturyzacyjnych (za pomocą np. HIR terenowy, RHS, pomiary geodezyjne przekrojów koryta profilu podłużnego rzeki),
- regularny monitoring ilości i jakości ichtiofauny,
- monitoring ilościowy i jakościowy roślinności, np. z wykorzystaniem drona,
- monitoring parametrów fizykochemicznych wody w cieku oraz pochodzącej ze spływu powierzchniowego,
- monitoring fitosocjologiczny (np. z wykorzystaniem wysokorozdzielczych zdjęć z drona),
- monitoring stanów wody,
- monitoring zasięgu zalewu doliny rzeki wodą wezbraniową (np. z wykorzystaniem wysokorozdzielczych zdjęć z drona).

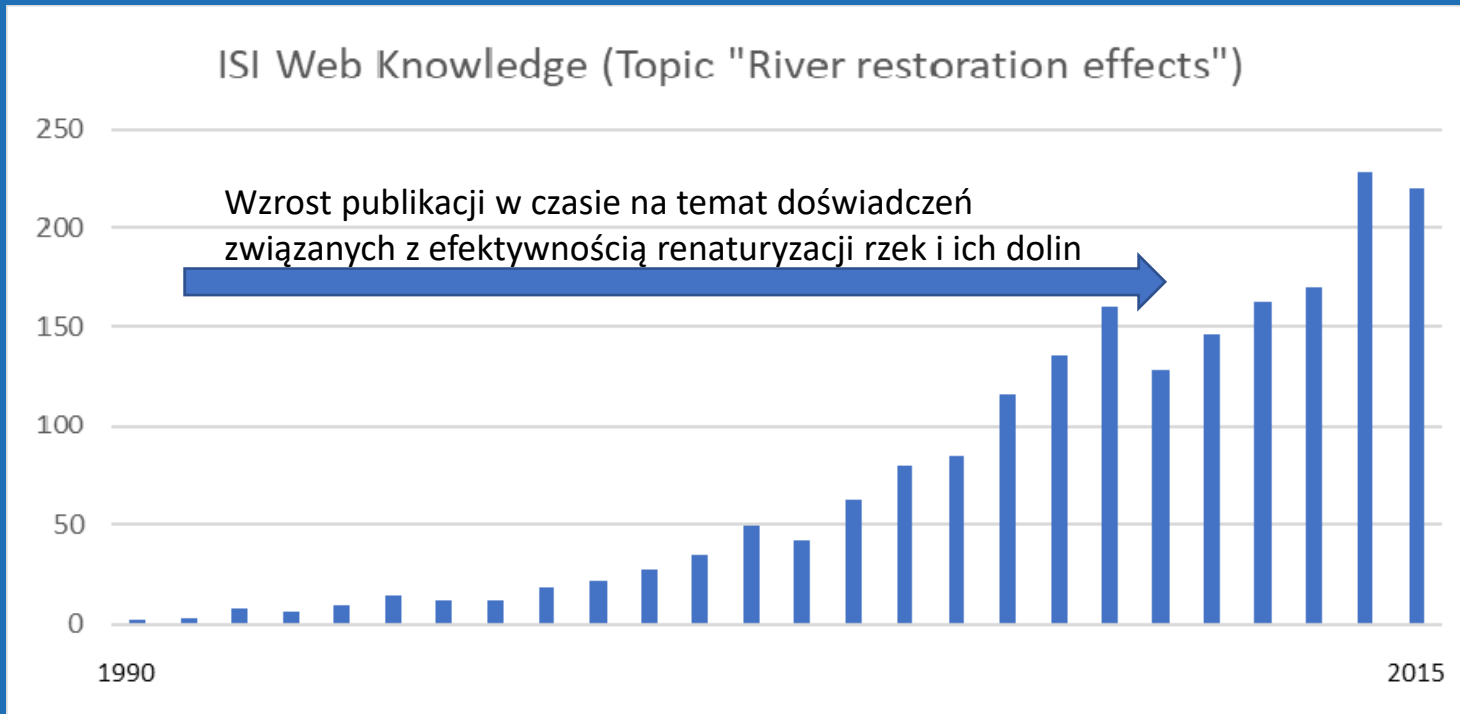
Ekonomia działań

- w pierwszej kolejności należy wykorzystać istniejące już procesy samoistnej renaturyzacji, które przebiegają w cieku (np. ruch rumowiska, tworzenie się bystrzy i plos, tworzenie się i przemieszczanie łąch korytowych, erozja strefy brzegowej); wspomaganie poprzez prace utrzymaniowe,
- przy niewystarczającej dynamice procesów w stosunku do spodziewanych efektów renaturyzacji należy dążyć do zwiększenia różnorodności hydrodynamicznej (np. poprzez dostawę rumowiska do koryta cieku),
- działania techniczne (np. w przypadku odtworzenia meandrów, przebudowy obiektów hydrotechnicznych w celu przystosowania ich do swobodnej migracji organizmów wodnych i od wody zależnych).

(za: https://www.wody.gov.pl/images/Aktualnosci/foto/renaturyzacjaKPRWP/Podrecznik_renaturyzacji.pdf, dostęp: 1.09.2022)

Efekty renaturyzacji – stan wiedzy w literaturze światowej

- Czy renaturyzacja daje spodziewane, długofalowe efekty?
- Które organizmy najlepiej adaptują się i tworzą oczekiwane ilościowe i jakościowe siedliska?
- Które pomiary i obserwacje terenowe są najbardziej efektywne w ocenie przebiegu procesu renaturyzacji?



(Opracowanie własne na podstawie: Kail J. et al.: *What do we know about river restoration effects?*, Towards the Best Practice of River Restoration and Maintenance, prezentacja multimedialna)

Efekty renaturyzacji – stan wiedzy w literaturze światowej: przykłady

Brak oczekiwanych efektów renaturyzacji

Field of dreams hypothesis (Palmer et al. 1997)

Freshwater Biology (2010), 55 (Suppl. 1), 205–222 doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02372.x

River restoration, habitat heterogeneity and biodiversity: a failure of theory or practice?

MARGARET A. PALMER^{*,2}, HOLLY L. MENNINGER[†] AND EMILY BERNHARDT[‡]

Journal of Applied Ecology 2010, 47, 671–680 doi: 10.1111/j.1365-2664.2010.01807.x

A comparative analysis of restoration measures and their effects on hydromorphology and benthic invertebrates in 26 central and southern European rivers

Sonja C. Jähnig^{1,2*}, Karel Brabec³, Andrea Buffagni⁴, Stefania Erba⁴, Armin W. Lorenz², Thomas Ofenböck⁵, Piet F. M. Verdonschot⁶ and Daniel Hering²

Journal of Applied Ecology 2003
40, 251–265

River rehabilitation and fish populations: assessing the benefit of instream structures

J. L. PRETTY, S. S. C. HARRISON*, D. J. SHEPHERD†, C. SMITH, A. G. HILDREW and R. D. HEY‡

Ecological Applications, 15(6), 2005, pp. 2060–2071
© 2005 by the Ecological Society of America

DOES RESTORATION OF STRUCTURAL HETEROGENEITY IN STREAMS ENHANCE FISH AND MACROINVERTEBRATE DIVERSITY?

F. LEPORI,^{1,2} D. PALM,² E. BRÄNNÄS,² AND B. MALMQVIST¹

Pozytywne efekty renaturyzacji

Quantifying Macroinvertebrate Responses to In-Stream Habitat Restoration: Applications of Meta-Analysis to River Restoration

Scott W. Miller,^{1,2} Phaedra Budy,^{1,3} and John C. Schmidt¹

Journal of Applied Ecology doi: 10.1111/j.1365-2664.2011.02082.x

Macrophytes respond to reach-scale river restorations

Armin W. Lorenz^{1*}, Thomas Korte¹, Andrea Sundermann^{2,3}, Kathrin Januschke¹ and Peter Haase^{2,3}

Ecological effects of rehabilitation measures at the Austrian Danube: a meta-analysis of fish assemblages

Stefan Schmutz · Helga Kremser · Andreas Melcher · Mathias Jungwirth · Susanne Muhar · Herwig Waidbacher · Gerald Zauner

Effects of stream restorations on riparian mesohabitats, vegetation and carabid beetles

Kathrin Januschke · Stefan Brunzel · Peter Haase · Daniel Hering

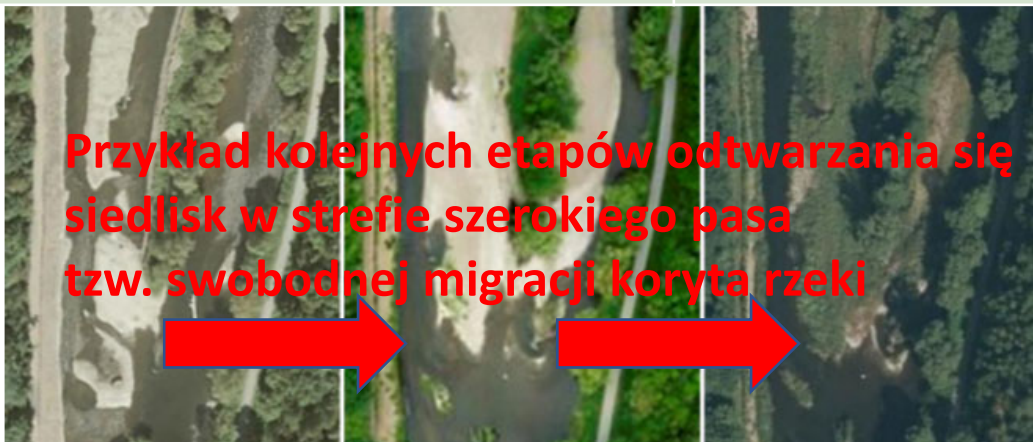
(Opracowanie własne na podstawie: Kail J. et al.: *What do we know about river restoration effects?*, Towards the Best Practice of River Restoration and Maintenance, prezentacja multimedialna)

Efekty generalne – czy renaturyzacja „działa”?

Jakiego typu pomiary i obserwacje są najbardziej efektywne w ocenie przebiegu renaturyzacji?

Autorzy	Grupa organizmów	Efekt w czasie
Leps et al.: <i>Time is no healer: increasing restoration age does not lead to improved benthic invertebrate communities in restored river reaches</i> , Science of The Total Environment, Vol. 557–558, 1 July 2016.	Bezkęrgowce bentosowe	Czas nie prowadzi do poprawy ilości i jakości zbiorowisk. →
Lorentz et al.: <i>The effect of river restoration on fish, macroinvertebrates and aquatic macrophytes: A meta-analysis</i> , Ecological Indicators, Vol. 58, November 2015.	Makrofity	Ilość i jakość uzależniona jest od rozwoju bezkergowców bentosowych. →
Sarah et al.: <i>Do in-stream restoration structures enhance salmonid abundance? A meta-analysis</i> , Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 16 April 2010.	Ryby	Ilość i jakość osobników trudna do jednoznacznego określenia. Rozwój osobników uzależniony jest od ich indywidualnych potrzeb oraz specyfiki konkretnego cieku i panujących w nim warunków. ↑ ↓ (Opracowanie własne)
Kail et al.: <i>The effect of river restoration on fish, macroinvertebrates and aquatic macrophytes: A meta-analysis</i> , Ecological Indicators, Vol. 58, November 2015.	Ryby	
Schmutz et al.: <i>Ecological effects of rehabilitation measures at the Austrian Danube: a meta-analysis of fish assemblages</i> , Hydrobiologia 2014.	Ryby	

Przykład kolejnych etapów odtwarzania się siedlisk w strefie szerokiego pasa tzw. swobodnej migracji koryta rzeki



Ruhr (Binnerfeld)
Widening 2009
<http://www.tim-online.nrw.de>
NZO, G. Bockwinkel
[Hrrp://www.elwasweb.ntw.de](http://www.elwasweb.ntw.de)

Wniosek:

Prowadzenie efektywnej renaturyzacji ekosystemów wodnych wynika z doświadczeń inżynierskich oraz prowadzonych od wczesnych lat 80. XX wieku badań naukowych nad odpowiedzią na realizowane projekty przez dane ekosystemy rzek, jezior, wód przybrzeżnych i przejściowych.

W renaturyzacji ekosystemu wodnego powinno się dążyć do zwiększenia dynamiki zachodzących procesów hydrologicznych i ekologicznych w cieku oraz jego dolinie.

Po przeprowadzonych działaniach należy zaplanować odpowiedni monitoring elementów renaturyzowanego cieku.

Renaturyzacja powinna prowadzić do osiągnięcia przez ciek stanu umożliwiającego jego samotrzymanie w czasie. Oznacza to, że zainicjowane procesy ciek powinien podjąć przez uruchamianie takich procesów, które będą utrzymywać jego geosystem wodny w dynamicznej, ale zrównoważonej formie, dzięki czemu powtarzalne kolejne prace utrzymaniowe nie będą już konieczne. Taki efekt jest możliwy jedynie przy indywidualnym podejściu do każdego cieku.

Prowadzone działania renaturyzacyjne nie powinny negatywnie oddziaływać na ekosystem. Jednak w przypadku renaturyzacji ekosystemów wodnych przekształconych przed wieloma laty przez przeprowadzenie np. skrótów biegu rzeki przez odcięcie od niej meandrów, sztuczne zawężenie koryta lub jego obudowę przy użyciu elementów betonowych taki warunek nie będzie możliwy do spełnienia, ponieważ np. powtórne dołączenie starorzecza do głównego koryta rzeki po wielu latach będzie wymagać ingerencji w istniejący ekosystem często z użyciem ciężkiego sprzętu budowlanego.

Renaturyzacja (Podsumowanie):

- polega na przywracaniu/stymulowaniu naturalnych procesów kształtujących wody płynące i stojące,
- umożliwia uzyskanie naturalnej różnorodności hydromorfologicznej cieków, zróżnicowanych warunków przepływu wody, ciągłości transportu rumowiska, zapewnia migrację organizmom wodnym i od wody zależnym,
- jest częścią renaturyzacji zlewni poprzez np. poprawę funkcjonowania mokradeł, torfowisk, ograniczenie uszczelnienia terenu,
- pomocna w adaptacji do zmian klimatu poprzez poprawę retencji korytowej, dolinowej, spowolnienie odpływu z obszaru zlewni, ograniczając ryzyko pojawiania się wezbrań o wysokich kulminacjach, minimalizuje skutki suszy,
- wpływa korzystnie na walory krajobrazowe i rekreacyjne doliny.

11. REWITALIZACJA PRZEKSZTAŁCONEGO ODCINKA POTOKU GÓRSKIEGO: MATERIAŁY DO PROJEKTU

11.1. ZAKRES OPISU TECHNICZNEGO PROJEKTU

Opis techniczny projektu powinien zawierać następujące elementy:

1. Wiadomości wstępne

1.1. Przedmiot i problematyka projektu:

nazwa przedmiotowego odcinka cieką objętego projektem wraz z podaniem kilometraża, nakreśleniem problematyki projektu, krótkim opisem jego zakresu.

1.2. Prawno-techniczne podstawy projektu:

nazwa instytucji zlecającej oraz numer zlecenia, autorzy opracowania, spis materiałów i literatury branżowej, z której korzystano podczas opracowywania projektu i sporządzania jego dokumentacji.

1.3. Cel i uzasadnienie inwestycji:

uzasadnienie potrzeby inwestycji, opis pełnego, rzeczowego uzasadnienia podjętego projektu, wskazanie przewidywanych osiągnięć w wyniku realizacji projektu (w przypadku rewitalizacji lub renaturyzacji trudne do jednoznacznego wskazania).

1.4. Opis materiałów wyjściowych do projektu:

spis wszystkich niezbędnych materiałów, które wykorzystano do wykonania projektu, np.: plan sytuacyjno-wysokościowy w skali 1:2000 lub 1:1000, przekroje poprzeczne koryta z zanielowanym zwierciadłem wody w skali 1:200, charakterystyczne przekroje dolinowe, wyniki badań granulometrycznych rumowiska rzecznoego, dane hydrologiczne, inwentaryzacja i ocena stanu koryta rzeki i istniejących budowli regulacyjnych, informacja o dodatkowo wykonanych pomiarach i badaniach dotyczących na przykład lokalnych szczegółowych pomiarów geodezyjnych, dodatkowego badania składu botanicznego roślinności nadbrzeżnej, składu ichtiofauny itp.

2. Charakterystyka cieką i jego zlewni

2.1. Położenie geograficzne i administracyjne cieką:

lokalizacja pod względem geograficznym i hydrologicznym, lokalizacja pod względem administracyjnym (województwo, powiat, gmina, miejscowość).

2.2. Geologia zlewni:

nazwa jednostki geologicznej, w obszarze której znajduje się planowana inwestycja, litologia utworów powierzchniowych dotyczących obszaru objętego projektem.

- 2.3. Rzeźba terenu:
topografia zlewni z podziałem na odcinki charakterystyczne, dane wysokościowe źródeł oraz przekroju zamykającego projekt, spadki podłużne doliny i przedmiotowego cieką od źródeł do zamykającego projekt przekroju rzeki.
- 2.4. Rodzaje gleb, pokrycie i użytkowanie terenu:
pokrycie terenu, tzn. udział procentowy gruntów ornych, łąk, pastwisk, lasów, nieużytków, jezior, obszarów zurbanizowanych do całkowitej powierzchni zlewni, wskazanie procesów erozyjnych w obszarze zlewni.
- 2.5. Klimat:
krótka charakterystyka klimatu w obszarze zlewni (wielkość opadu normalnego, rozkład opadów w ciągu roku), charakterystyczne temperatury powietrza, okres wegetacji.
- 2.6. Hydrografia i hydrologia zlewni:
ogólny opis rzeki od źródeł do przekroju zamykającego projekt (jeśli to konieczne to do jego ujścia), charakterystyka najważniejszych dopływów, opis jezior i sztucznych zbiorników, wielkości przepływów charakterystycznych, opis warunków wilgotnościowych w zlewni.
- 2.7. Zagospodarowanie zlewni i doliny cieką
sposób zagospodarowania zlewni, wskazanie na miejscowości, ważne szlaki komunikacyjne, obiekty o szczególnych wartościach kulturowych i historycznych, parki narodowe i krajobrazowe itp., analiza studium zagospodarowania i plany zagospodarowania przestrzennego miejscowości zlokalizowanych na terenie zlewni.
3. Opis stanu istniejącego przedmiotowego odcinka cieką (Opis ten należy sporządzić na podstawie przeprowadzonej przynajmniej raz wizji lokalnej cieką):
 - 3.1. Rozwinięcie układu poziomego:
opis przebiegu istniejącej trasy odcinka rzeki (układ rzeki w planie, częstotliwość występowania zakoli, przybliżona wielkość ich promieni, długość łuków), charakterystyczne miejsca występowania przewężeń i rozlewisk oraz ewentualne wielonurtowe odcinki rzeki.
 - 3.2. Profil podłużny:
zmiennosc spadku podłużnego, występowanie ewentualnych bystrz i plos.
 - 3.3. Przekroje poprzeczne:
Charakterystyka wszystkich możliwych do opisanía przekrojów poprzecznych występujących na przedmiotowym odcinku, ich wymiary (szerokość, głębokość w zakresie wody brzegowej, nachylenia skarp), opis stanu brzegów (np. opis zadrzewienia i zakrzewienia, występującej na brzegach roślinności wodnej), ponadto jeżeli koryto na niektórych odcinkach nie jest drożne z powodu nadmiernego odkładania się rumowiska lub zarastania koryta roślinnością, również należy w opisie zwrócić na to uwagę.
 - 3.4. Elementy istniejącej zabudowy cieką:
opis istniejących ubezpieczeń brzegowych i ich stan techniczny ze wskazaniem brzegu, na którym się znajdują, opis skuteczności ich działania i ewentualnej przydatności ich w projekcie ranaturyzacji lub wskazanie do ich

usunięcia, opis wszystkich obiektów hydrotechnicznych i inżynierskich znajdujących się w obrębie przedmiotowego odcinka rzeki, podanie ich lokalizacji i opisanie stanu technicznego.

4. Opis rozwiązania projektowego

4.1. Ogólna koncepcja rozwiązania projektowego:

przedstawienie w formie skrótowej kompleksowego założenia projektu, w zależności od tego, czy projekt dotyczy jedynie prac utrzymaniowych lub rewitalizacji, lub renaturyzacji odcinka rzeki, informacje na temat powiązania tych działań z budowlami towarzyszącymi, niezbędnymi do realizacji celów projektu (jazy, stopnie wodne, drogi dojazdowe, mosty), przedstawienie tej ogólnej koncepcji w formie graficznej na mapie w skali 1:25 000.

4.2. Układ poziomy ciek:

opis przebiegu projektowanej trasy koryta w planie, opis elementów trasy (odcinki proste i ich długość, projektowane łuki i ich parametry – kąt, długość łuku, wielkość promienia, zaprojektowane wyspy, sztuczne odsypiska, bystrza, płosa itp.).

4.3. Profil podłużny:

opis sposobu rozwiązania projektu w układzie pionowym (spadki projektowane i zakres ich stosowania w projekcie), opis przegłębień, bystrzy, płos itp. elementów związanych ze zróżnicowaniem układu pionowego rzeki.

4.4. Przekroje poprzeczne:

opis sposobu rozwiązania projektu w profilach poprzecznych (wymiary zaprojektowanych przekrojów poprzecznych ze wskazaniem ich lokalizacji w projekcie).

4.5. Zastosowane ubezpieczenia brzegów:

opis rodzaju zastosowanych ubezpieczeń brzegowych i ich lokalizacja.

4.6. Projektowane objekty:

lokalizacja budowanych lub przebudowywanych istniejących obiektów regulacyjnych (jazy, stopnie regulacyjne), opis celu budowy lub przebudowy, opis szczegółowy ich konstrukcji.

5. Studium oddziaływania na środowisko

W praktyce studium oddziaływania inwestycji na środowisko jest odrębnym opracowaniem o charakterze techniczno-przyrodniczym. Celem tego opracowania jest analiza możliwości realizacji proponowanego projektu w sposób bezpieczny dla środowiska przyrodniczego. W wyniku przeprowadzonej analizy inwestor otrzymuje dowód możliwości realizacji projektu pod kątem ochrony środowiska.

6. Wytyczne dla wykonawstwa i utrzymania

W rozdziale należy zamieścić szczególne wskazania dotyczące realizacji projektu, na które należy zwrócić uwagę podczas wykonywania prac lub, jeśli to konieczne, podać też warunki utrzymania inwestycji już po jej realizacji.

7. Literatura

11.2. WYMIAROWANIE KORYTA POTOKU GÓRSKIEGO

Przepływy obliczeniowe do wymiarowania koryta potoku górskiego

Przepływ miarodajny (Q_m) – jest to maksymalny roczny przepływ o zadanym prawdopodobieństwie pojawiania się i przewyższenia p , który uwzględnia się przy projektowaniu obiektów hydrotechnicznych w normalnych warunkach eksploatacji, tzn. przy zachowaniu przyjętych wysokości piętrzenia wody, prędkości w odpływie oraz zapasów i współczynników bezpieczeństwa.

Prawdopodobieństwo przepływu miarodajnego zależy od rodzaju i klasy budowli, a tę regulują odpowiednie przepisy.

Przepływ kontrolny (Q_k) – jest to maksymalny roczny przepływ o zadanym prawdopodobieństwie pojawiania się i przewyższenia p , który nie powoduje jeszcze zniszczenia obiektu inżynierskiego.

W przypadku wystąpienia przepływu kontrolnego dopuszcza się niedozwolone w normalnych warunkach eksploatacji spiętrzenie, zwiększenie prędkości w odpływie, podtopienie terenu, uszkodzenie ubezpieczeń lub zmniejszenie współczynników bezpieczeństwa do określonych granic.

Prawdopodobieństwo przepływu kontrolnego także zależy od rodzaju i klasy budowli, typu zabudowy.

(Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie z dnia 20 kwietnia 2007 r.)

Charakter zagospodarowania terenów przybrzeżnych	Q_m	Q_k
Tereny o szczególnie dużej wartości gospodarczej, np. gęsto zabudowane osiedla, drogi państwowe, ważniejsze drogi lokalne, linie kolejowe, zakłady przemysłowe.	$Q_{10\%}$	$Q_{5\%}$
Pola orne, drogi lokalne o mniejszym znaczeniu, drogi gospodarcze, pojedyncze zabudowania gospodarcze.	$Q_{20\%}$	$Q_{10\%}$
Tereny, na których czasowe wystąpienie wody nie powoduje szkód (łąki, pastwiska, lasy, kultury wiklinowe i nieużytki).	$Q_{50\%}$	$Q_{20\%}$
Tereny zurbanizowane – priorytet – budowanie systemu ochrony przed powodzią.	$Q_{1\%}$	

(Ratomski J., *Podstawy projektowania zabudowy potoków górskich*, podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych, Kraków 2006)

Współczynnik prędkości do wzoru Chézy – jako funkcja wielkości ziaren rumowiska zalegającego na dnie koryta rzeki

Koryta rzeki górskiej i potoku górskiego tworzą aluwia o zróżnicowanej wielkości uziarnienia. Dlatego w obliczeniach przepustowości tego typu koryta należy uwzględnić współczynnik prędkości we wzorze Chezy jako funkcję wielkości ziaren rumowiska zalegającego na dnie koryta ciekłu. Poniżej podano formuły, za pomocą których można obliczyć wielkość współczynnika oporu, najczęściej stosowane w warunkach koryt rzek górskich.

Strickler: $K = \frac{21,1}{d_m^{1/6}}$

$$K = \frac{1}{n}$$

Gawor-Gładki: $K = 54,58 \cdot d_m^{4,53 \cdot d_m}$

$$\begin{matrix} d_m \text{ [m]} \\ J \text{ [-]} \end{matrix}$$

Müller: $K = \frac{26}{d_{10}^{1/6}}$

D_m – średnica miarodajna rumowiska (m),
 D_{10} – średnice ziaren rumowiska, które wraz z mniejszymi stanowią 10% całości próby (odczytane bezpośrednio z krzywej granulometrycznej), (m),

Norma: $K = \frac{2,9}{I^{1/3} \cdot d_m^{1/6}}$

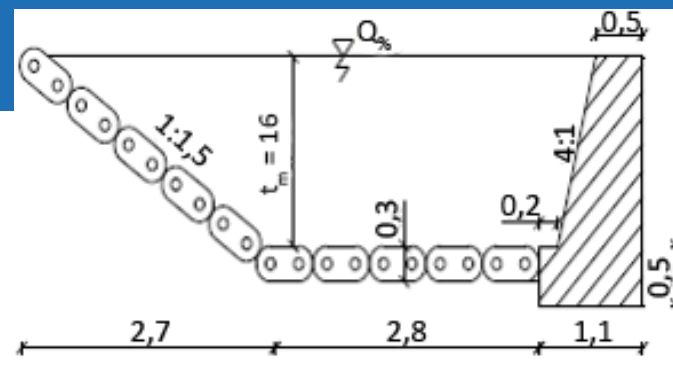
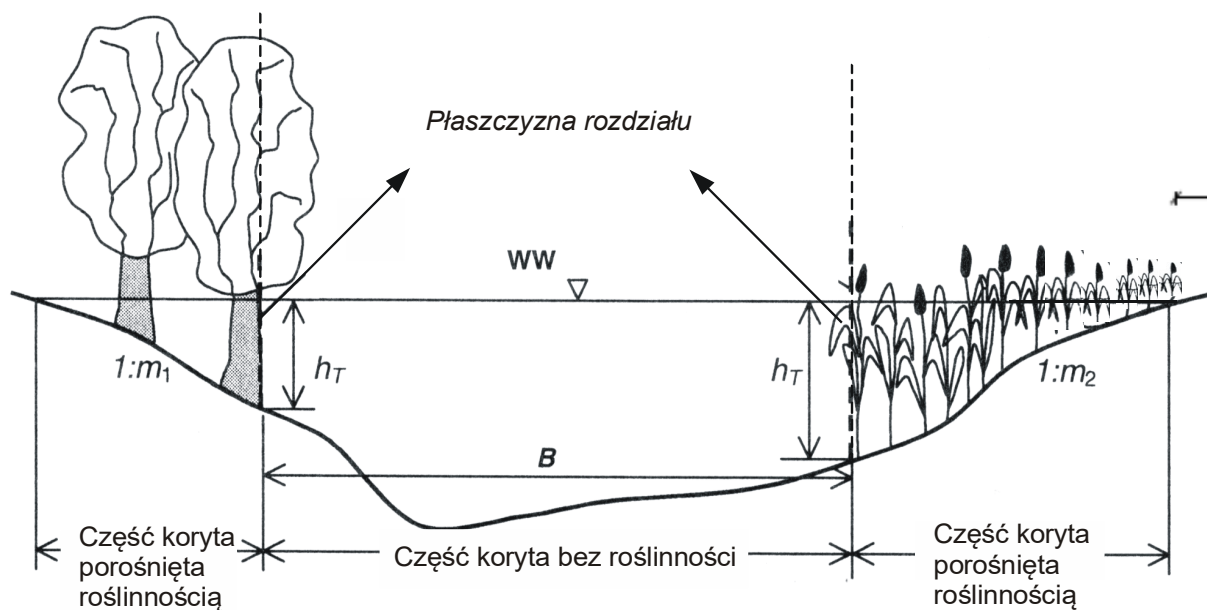
(Ratomski J., *Podstawy projektowania zabudowy potoków górskich*, podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych, Kraków 2006)



W warunkach, kiedy strefę brzegową tworzy materiał pochodzenia innego niż aluwia kształtujące dno cieku, wartość współczynnika do wzoru Chézy należy odczytać z tablic Van Te Chowa.

(Fot.: Łapuszek M.)

(Fot.: Łapuszek M.)



(Opracowanie własne)

Tabela 11.1. Współczynniki szorstkości koryt n do wzoru Manninga¹¹ [13]

Charakterystyka koryta	Współczynnik szorstkości n [$m^{-1/3} \cdot s$]		
	min.	średni	maks.
A. Koryto umocnione			
Betonowe dno wygładzone kielnią i ściany wykonane z:			
– ciosanego kamienia na zaprawie	0,015	0,017	0,020
– nieciosanego kamienia na zaprawie	0,017	0,020	0,024
– wyprawionego muru z kamienia łamanego na zaprawie	0,016	0,016	0,024
– kamienia łamanego bez zaprawy lub kamiennego narzutu	0,020	0,030	0,035
Żwirowe dno i ściany wykonane z:			
– betonu	0,017	0,020	0,025
– nieciosanego kamienia na zaprawie	0,020	0,023	0,026

¹¹ Chow Ven Te, *Open-Channel hydraulics*, McGraw-Hill, New York 1959.

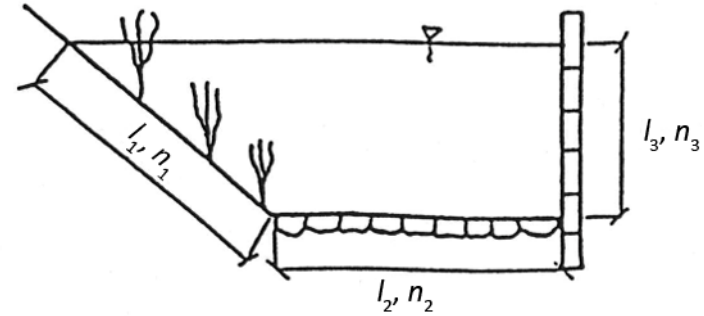
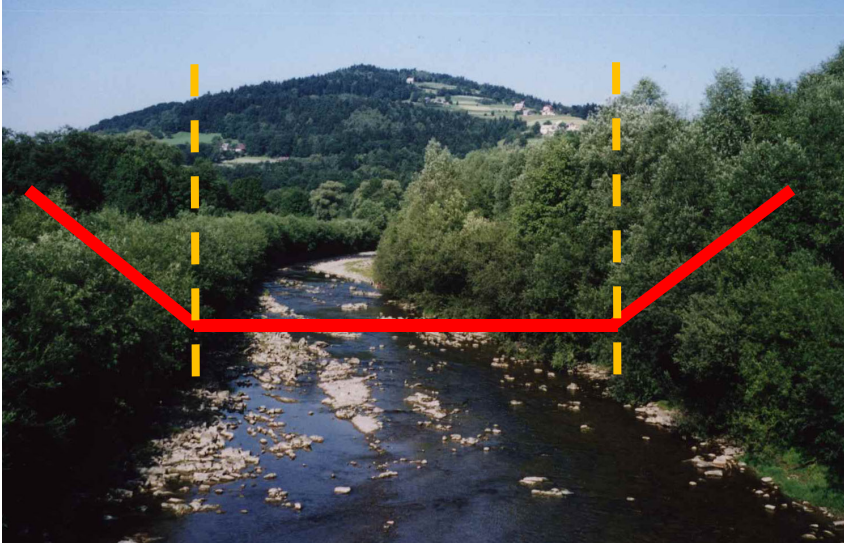
B. Koryto ziemne nieumocnione			
Koryto ziemne o stałym przekroju			
– czyste bezpośrednio po wykonaniu	0,016	0,018	0,020
– czyste zwietrzałe	0,018	0,022	0,025
– czyste, łożysko kanału żwirowe	0,022	0,025	0,030
– w korycie nieliczna roślinność	0,022	0,027	0,033
Koryto ziemne o zmiennym przekroju			
– bez roślinności	0,023	0,025	0,030
– porośłe trawą	0,025	0,030	0,030
– z gęstą trawą i wodorostami	0,030	0,035	0,040
– o dnie ziemnym i ścianami z kamienia łamanego	0,028	0,030	0,035
– o dnie ziemnym, skarpy porośnięte wodorostami	0,025	0,035	0,040
– o brukowanym dnie i czystych skarpach	0,030	0,040	0,050
Koryto wykonane za pomocą koparki zbierakowej lub pogłębiarki			
– bez roślinności	0,025	0,028	0,033
– z niewielką roślinnością przy brzegach	0,035	0,050	0,060
Koryto wykute w skale			
– o gładkich ścianach i stałym przekroju	0,025	0,035	0,040
– o nierównych ścianach	0,035	0,040	0,050
Koryto zaniedbane (nieoczyszczone z trawy i krzewów)			
– gęsta roślinność wysokości równej głębokości cieku	0,050	0,080	0,120
– czyste dno, zarośla przy brzegach	0,040	0,050	0,080
– czyste dno, zarośla przy brzegach w przypadku wysokiego poziomu wody	0,045	0,070	0,110
– gęsta wiklina przy brzegach, wysoki poziom wody	0,080	0,100	0,140

C. Naturalne ciek wodne			
Małe ciek (w czasie wielkiej wody szerokość mniejsza od 30 m)			
<u>cieki nizinne</u>			
– czyste, proste, bez mielizn i dołów	0,025	0,030	0,033
– jw., lecz z dużymi kamieniami i roślinnością	0,030	0,035	0,040
– czyste, kręte z łachami i dołami	0,033	0,040	0,045
– jw., lecz z kamieniami i roślinnością	0,035	0,045	0,050
– jw., przy niskich stanach wody, nieznacznych spadkach i małych przekrojach poprzecznych	0,040	0,048	0,055
– czyste, kręte, z łachami i dołami, z dużą ilością kamieni	0,045	0,050	0,060
– z odcinkami o małej prędkości przepływu z zaroślami i głębokimi dołami	0,050	0,070	0,080
– odcinki całkowicie zarośnięte z głębokimi dołami lub z wikliną i pniami zwalonych drzew	0,075	0,100	0,150
<u>potoki górskie bez roślinności w korycie, brzegi kręte, drzewa i krzaki na brzegach zatapiane podczas wielkiej wody</u>			
– dno potoku żwirowe, występują otoczaki i nieliczne głazy	0,030	0,040	0,050
– dno potoku kamienne, występują duże głazy	0,040	0,050	0,070
Koryta w terenie zalewowym			
<u>pastwiska bez krzaków</u>			
– niska trawa	0,025	0,030	0,035
– wysoka trawa	0,030	0,035	0,050
<u>poła uprawne</u>			
– nie obsiane	0,020	0,030	0,040
– zasiewy rzędowe	0,025	0,035	0,045
– zasiewy ciągłe	0,030	0,040	0,050
<u>powierzchnie pokryte wikliną</u>			
– pojedyncze krzaki, obfita trawa i zielsko	0,035	0,050	0,070
– wiklina o małej gęstości i drzewa w warunkach zimowych	0,035	0,050	0,069
– jw., lecz latem	0,040	0,060	0,080
– wiklina o gęstości od średniej do dużej w warunkach zimowych	0,045	0,070	0,110
– jw., latem	0,070	0,100	0,160

<u>powierzchnia pokryta drzewami</u>			
– gęsty gaj wierzbowy w warunkach letnich	0,110	0,150	0,200
– oczyszczona powierzchnia ziemi z pieńkami i drzewami bez pędów	0,040	0,050	0,050
– jw., lecz drzewa z gęstymi pędami	0,050	0,060	0,080
– duża liczba pni, nieliczne zwalone drzewa, niewielkie poszycie lasów, poziom wielkiej wody poniżej gałęzi drzew	0,080	0,100	0,120
– jw., lecz poziom wielkiej wody zatapia gałęzie drzew	0,100	0,120	0,160
Duże ciek – przy wielkiej wodzie, szerokość koryta większa od 30 m (w takich samych wartości n dla dużych cieków jest mniejsza niż dla małych, szorstkość brzegowa w przypadku dużych cieków stanowi bowiem dla ruchu wody mniejszą przeszkodę)			
– regularne przekroje poprzeczne koryta bez wikliny i głazów	0,025	–	0,060
– nieregularne przekroje poprzeczne i nierówna powierzchnia koryta	0,035	–	0,100

Współczynnik prędkości do wzoru Chézy

W korycie można wydzielić odcinki o zróżnicowanym współczynniku szorstkości, dlatego można stosować tzw. zastępczy współ. szorstkości:



$$\bar{n} = \frac{\sum l_i \cdot n_i}{\sum l_i}$$

$$\bar{n} = \left(\frac{\sum n_i^{3/2} \cdot l_i}{\sum l_i} \right)^{2/3}$$

(Ratomski J., *Podstawy projektowania zabudowy potoków górskich*, podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych, Kraków 2006)

Jeżeli projekt rewitalizacji koryta potoku górskiego wymaga utrzymania jego stabilności, wówczas należy to uwzględnić w wymiarowaniu nowego koryta, dla którego powinny być spełnione następujące warunki:

DLA PEŁNEGO ZAKRESU PRZEWIDYWANYCH NAPEŁNIEŃ
koryto regulacyjne musi spełniać następujące warunki:

$$\begin{aligned} \bullet \text{ dla } Q \geq Q_m: \quad v_0(d_m) &\geq v(Q_m) \\ \tau_0(d_m) &\geq \tau(Q_m) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ dla } Q \geq Q_k: \quad v_0(d_k) &\geq v(Q_k) \\ \tau_0(d_k) &\geq \tau(Q_k) \end{aligned}$$

DLA PEŁNEGO ZAKRESU PRZEWIDYWANYCH NAPEŁNIEŃ
OBLICZENIE $v_{dop.}$ $I_{dop.}$

$$v_0(d_m, d_k) = 8,7 \cdot d^{\frac{1}{2}} \cdot R_H^{\frac{1}{6}}$$

$$\tau_0(d_m, d_k) = \left(\frac{8,7}{K}\right)^2 \cdot d \cdot \gamma$$

gdzie: $g_w = 1000 \text{ [KG/m}^3\text{]}$

R_H – promień hydrauliczny

Średnice charakterystyczne rumowiska tworzącego koryto ciekłu:

$d_{p\%}$ – średnice, które wraz z mniejszymi stanowią p-procent zawartości próby. Odczytuje się je z krzywej przesiewu.

Średnica miarodajna – d_m :

$$d_m = 1,2 \cdot d_{50}$$

Średnica zastępcza opancerzenia – d_k :

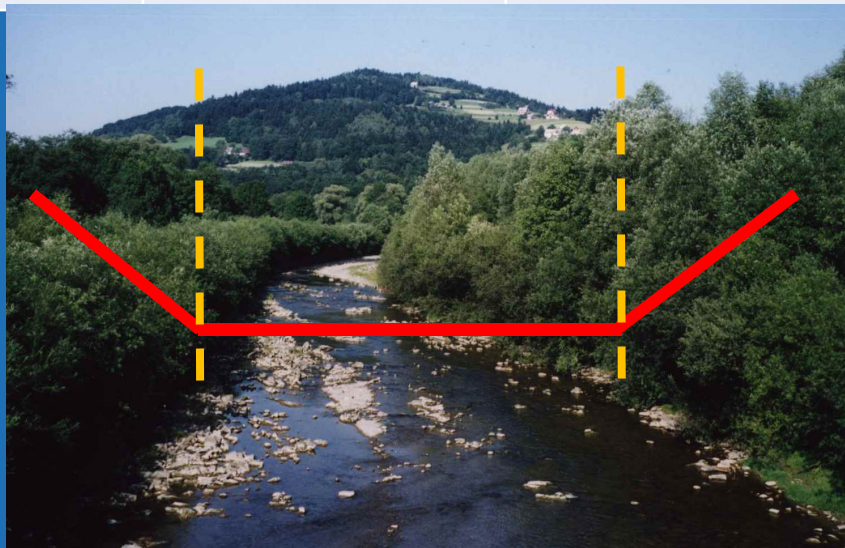
$$d_k = 1,8 \cdot d_{50}$$

(Ratomski J., *Podstawy projektowania zabudowy potoków górskich*, podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych, Kraków 2006)

Obliczenie napełnienia koryta w warunkach przepływu Q_m :

Obliczenie krzywej konsumcyjnej (przepustowości koryta):

t [m] – napełnienie	F [m ²] – pole powierzchni	U [m] – obwód zwilżony	$R_h = \frac{F}{U}$	$Q = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot F$
t ₁				
t ₂				
t ₃				
t ₄				



$$K = \frac{1}{n}$$

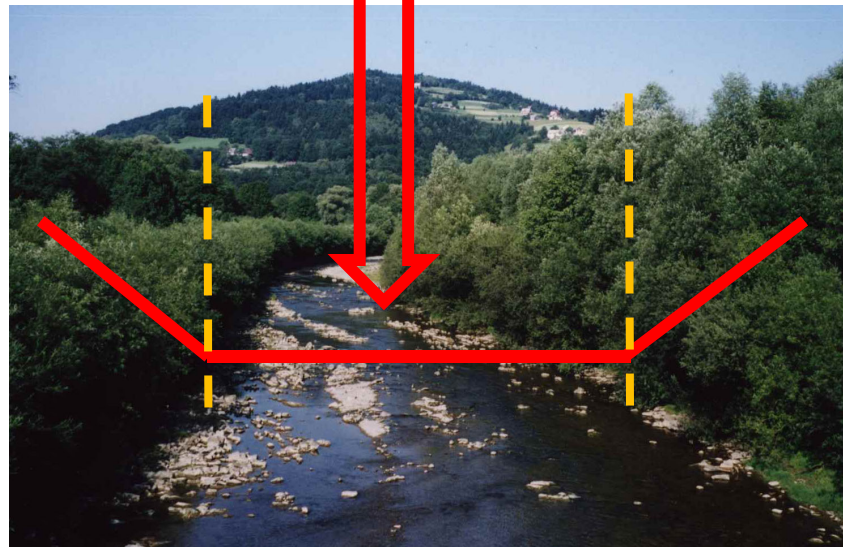
$$K = \frac{21,1}{d_m^{1/6}}$$

$$d_m = 1,2 \cdot d_{50}$$

(Opracowanie własne)

W korycie można wydzielić odcinki o zróżnicowanym współczynniku szorstkości – obliczenia jako koryto wielodzielne:

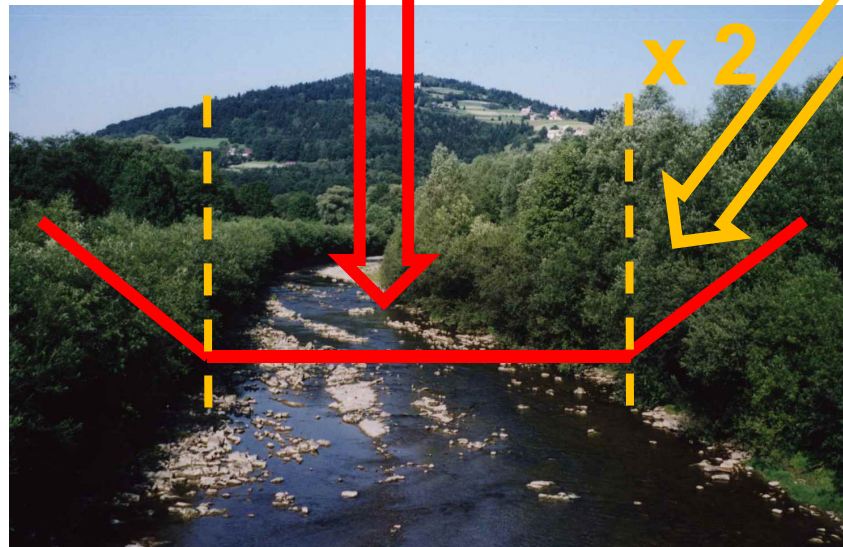
t	F_1	U_1	R_1	V_1	Q_1
m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s



(Opracowanie własne)

W korycie można wydzielić odcinki o zróżnicowanym współczynniku szorstkości – obliczenia jako koryto wielodzielne:

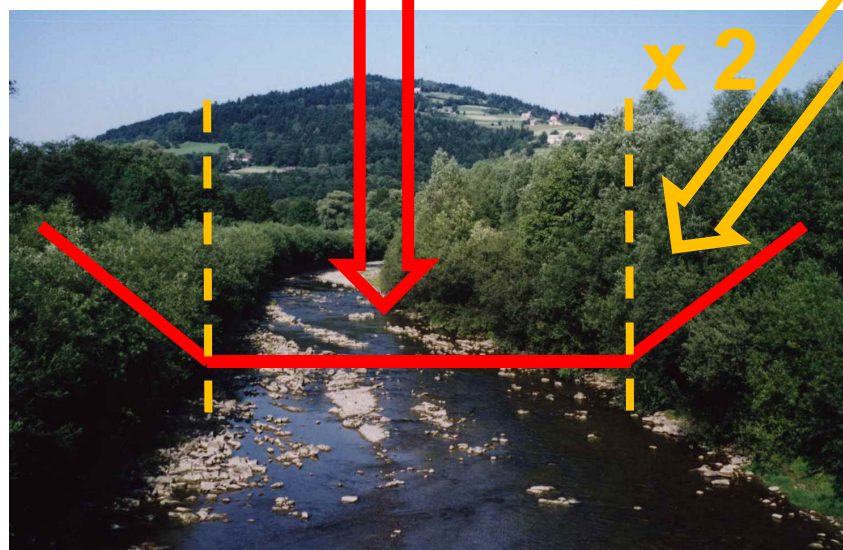
t	F_1	U_1	R_1	V_1	Q_1	F_2	U_2	R_2	V_2	Q_2
m	m^2	m	m	m/s	m^3/s	m^2	m	m	m/s	m^3/s



(Opracowanie własne)

W korycie można wydzielić odcinki o zróżnicowanym współczynniku szorstkości – obliczenia jako koryto wielodzielne:

t	F ₁	U ₁	R ₁	V ₁	Q ₁	F ₂	U ₂	R ₂	V ₂	Q ₂	Q _{1,2}
m	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	m ²	m	m	m/s	m ³ /s	m ³ /s

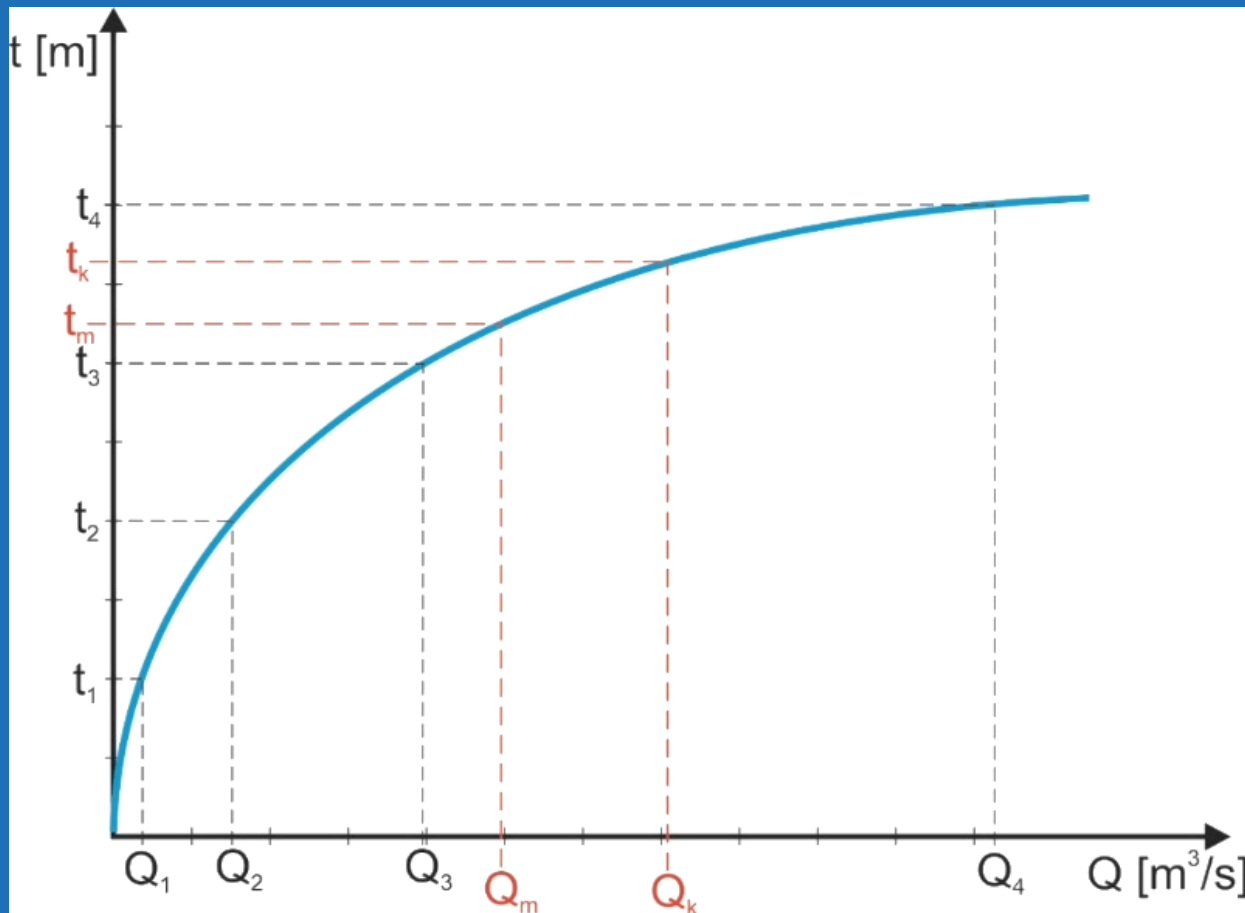


$$Q = Q_1 + 2xQ_2$$

(Opracowanie własne)

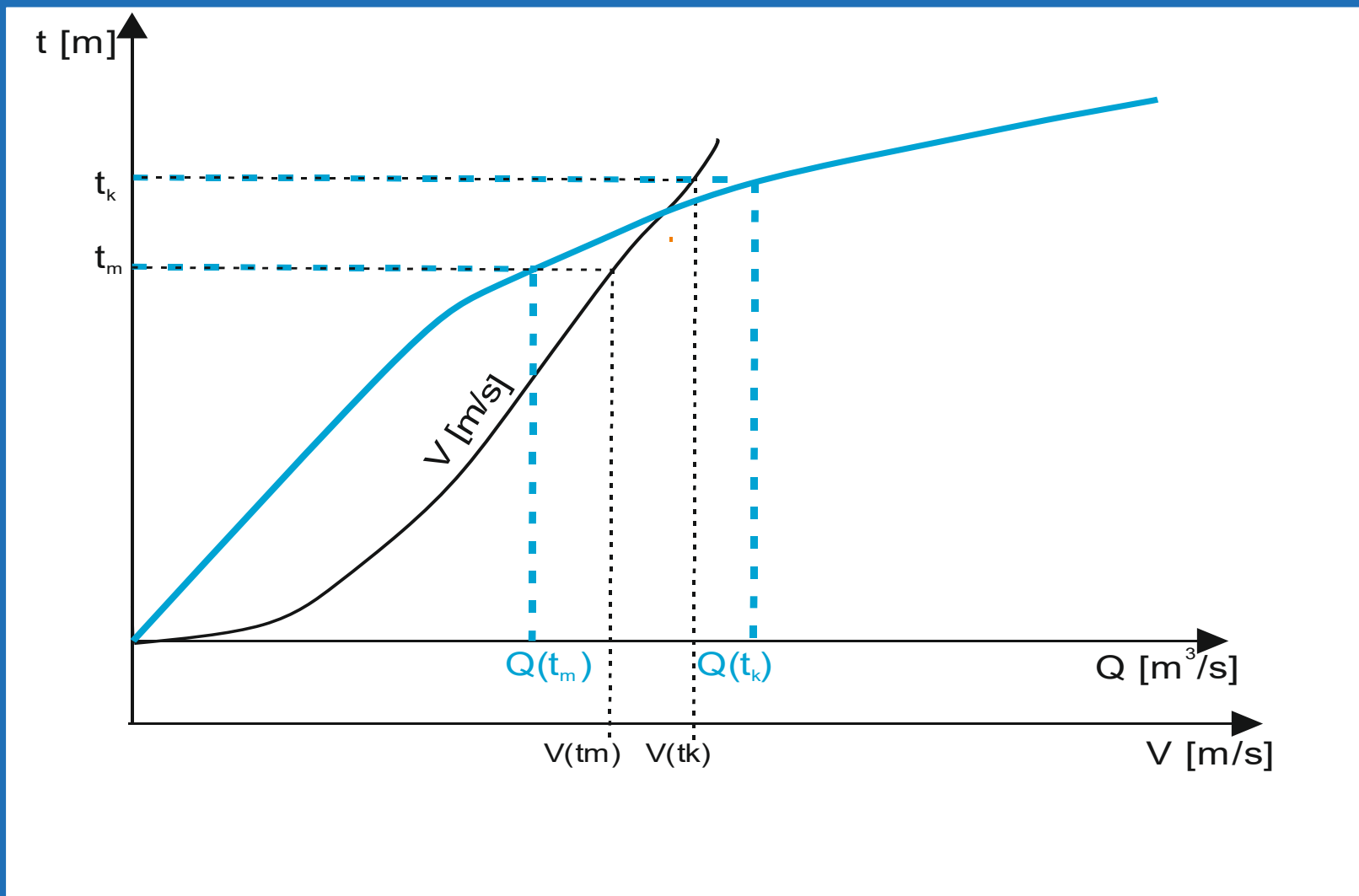
Obliczenie napełnienia koryta w warunkach przepływu Q_m :

Krzywa konsumcyjna (przepustowości koryta)



(Opracowanie własne)

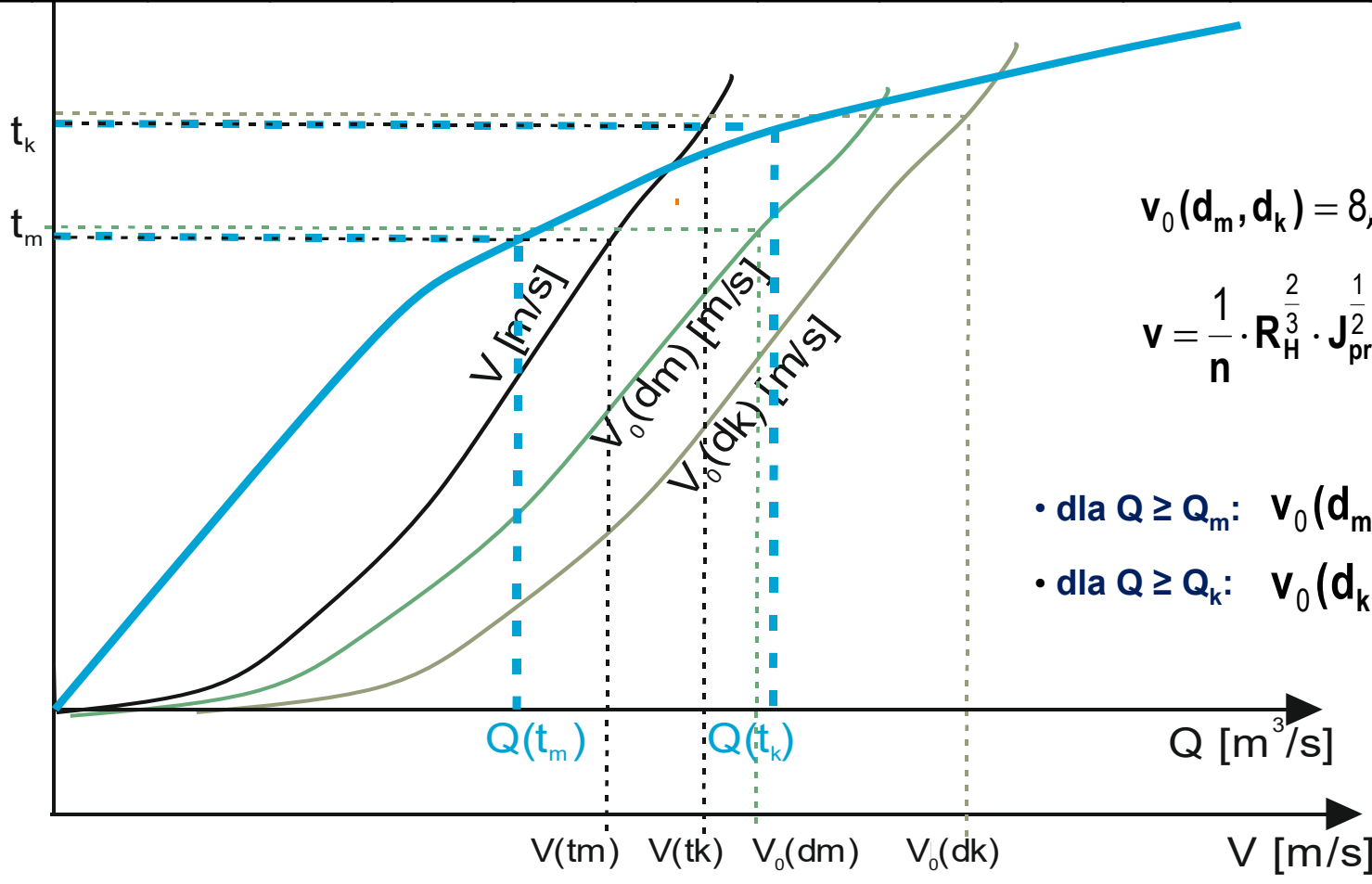
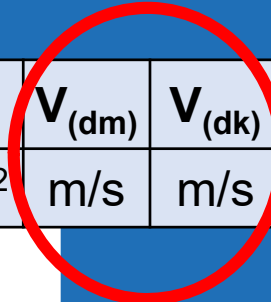
Obliczenie prędkości średniej w korycie regulacyjnym



(Opracowanie własne)

Obliczenie prędkości średniej oraz prędkości dopuszczalnych $V_0(d_m)$ i $V_0(d_k)$ w korycie projektowanym

t	F_1	U_1	R_1	V_1	Q_1	F_2	U_2	R_2	V_2	Q_2	$Q_{1,2}$	τ	$V_{(dm)}$	$V_{(dk)}$
m	m^2	m	m	m/s	m^3/s	m^2	m	m	m/s	m^3/s	m^3/s	kg/m^2	m/s	m/s



$$v_0(d_m, d_k) = 8,7 \cdot d^{\frac{1}{2}} \cdot R_H^{\frac{1}{6}}$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot J_{proj}^{\frac{1}{2}}$$

- dla $Q \geq Q_m$: $v_0(d_m) \geq v(Q_m)$
- dla $Q \geq Q_k$: $v_0(d_k) \geq v(Q_k)$

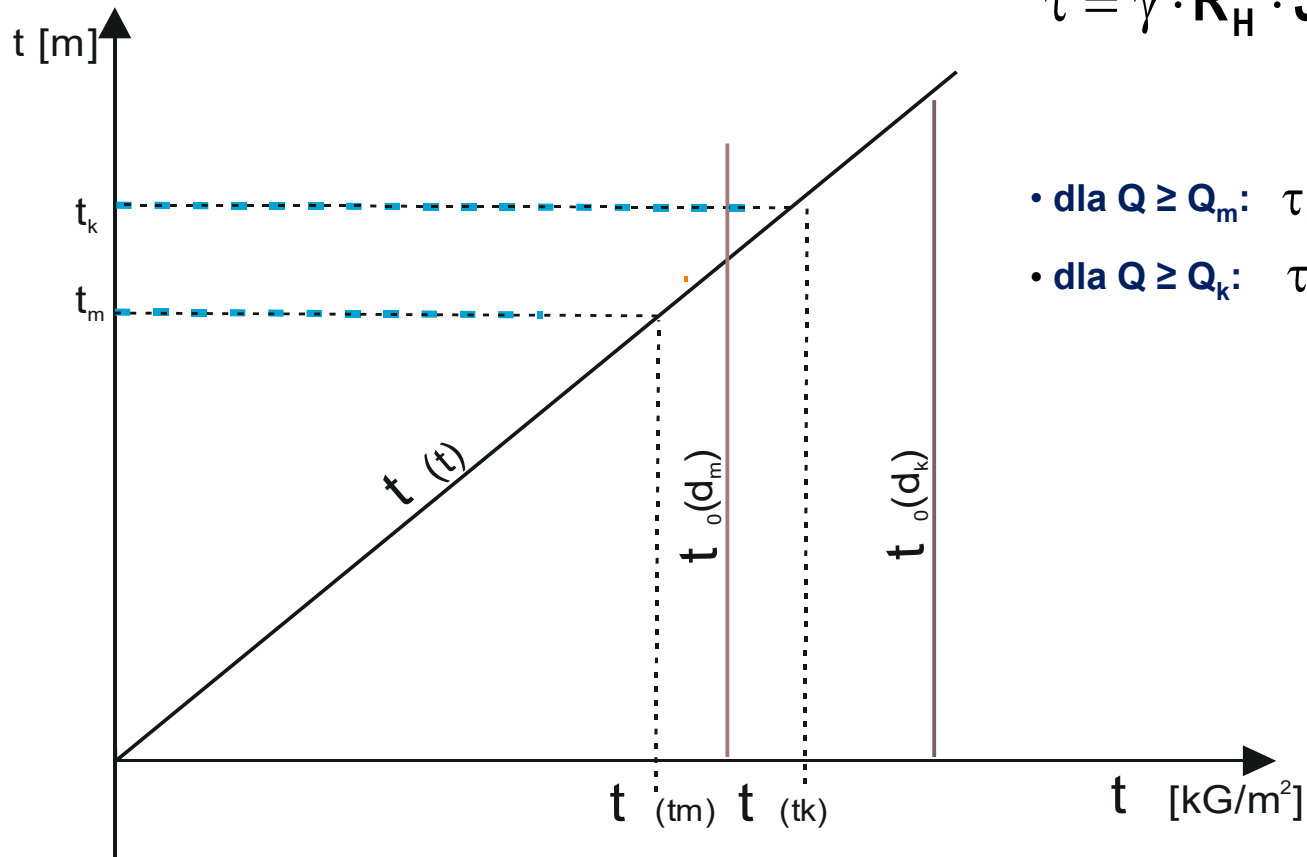
(Opracowanie własne)

Obliczenie naprężeń rzeczywistych i dopuszczalnych $\tau_0(d_m)$ i $\tau_0(d_k)$ w korycie projektowanym

$$\tau_0(d_m, d_k) = \left(\frac{8,7}{K}\right)^2 \cdot d \cdot \gamma$$

$$\tau = \gamma \cdot R_H \cdot J_{\text{proj.}}$$

- dla $Q \geq Q_m$: $\tau_0(d_m) \geq \tau(Q_m)$
- dla $Q \geq Q_k$: $\tau_0(d_k) \geq \tau(Q_k)$



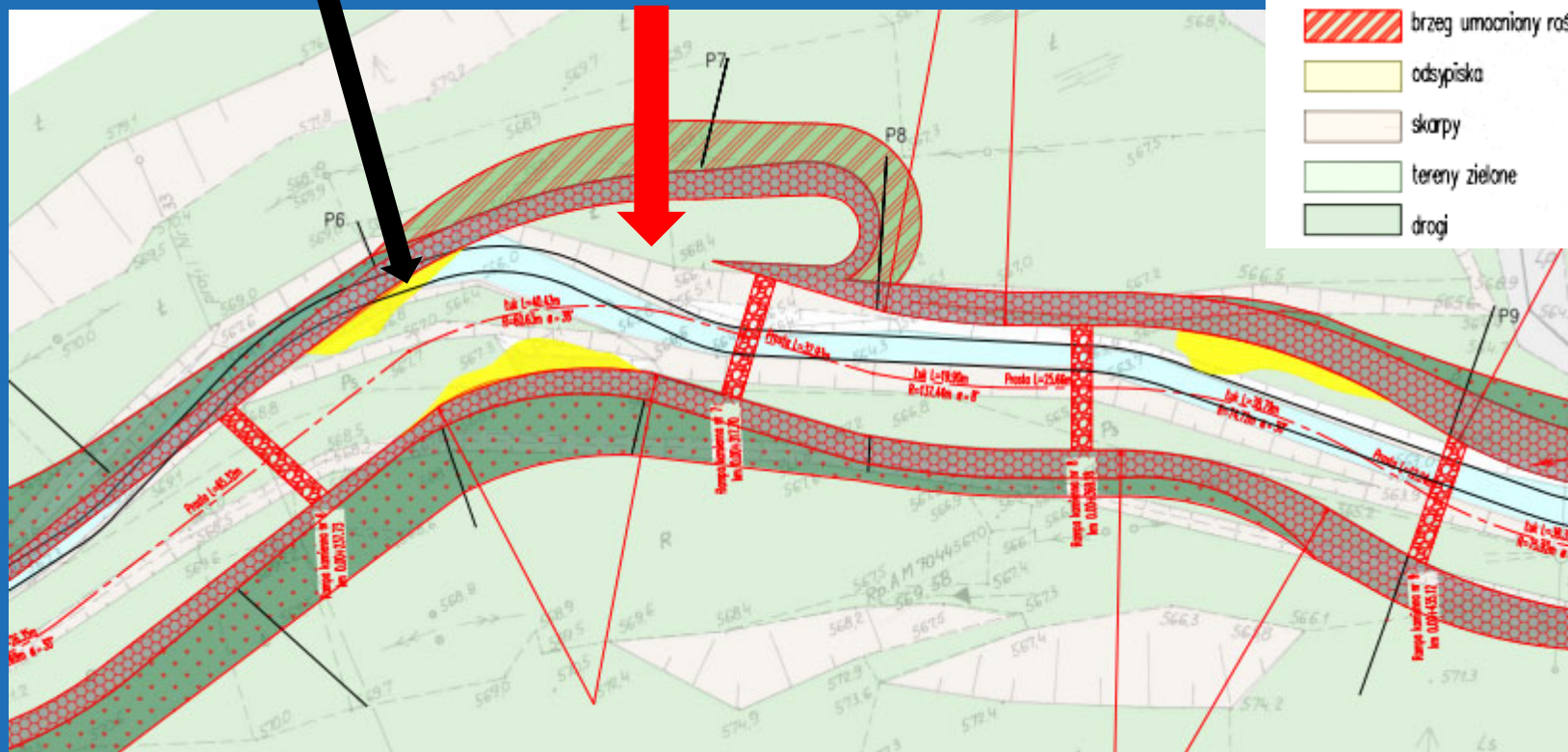
(Opracowanie własne)

11.3. PRZYKŁAD RYSUNKÓW

Przykład rysunków: Plan sytuacyjno-wysokościowy z wrysowanym rozwiązaniem projektowym

Koryto uregulowane za pomocą żłobu z elementów betonowych

Koncepcja renaturyzacji koryta betonowego – likwidacja elementów betonowych i otwarcie umożliwiające jego swobodną migrację w granicach tzw. osłony cywilizacyjnej



LEGENDA:

- koryta istniejące
- koryta projektowane
- oś projektowana
- łachy boczne
- rampy kamienne
- brzeg umocniony narzutem kamiennym
- brzeg umocniony koszami siatkowo-kamiennymi
- brzeg umocniony roślinnością trawiastą
- brzeg umocniony roślinnością bagienną
- odsypiska
- skarpy
- tereny zielone
- drogi

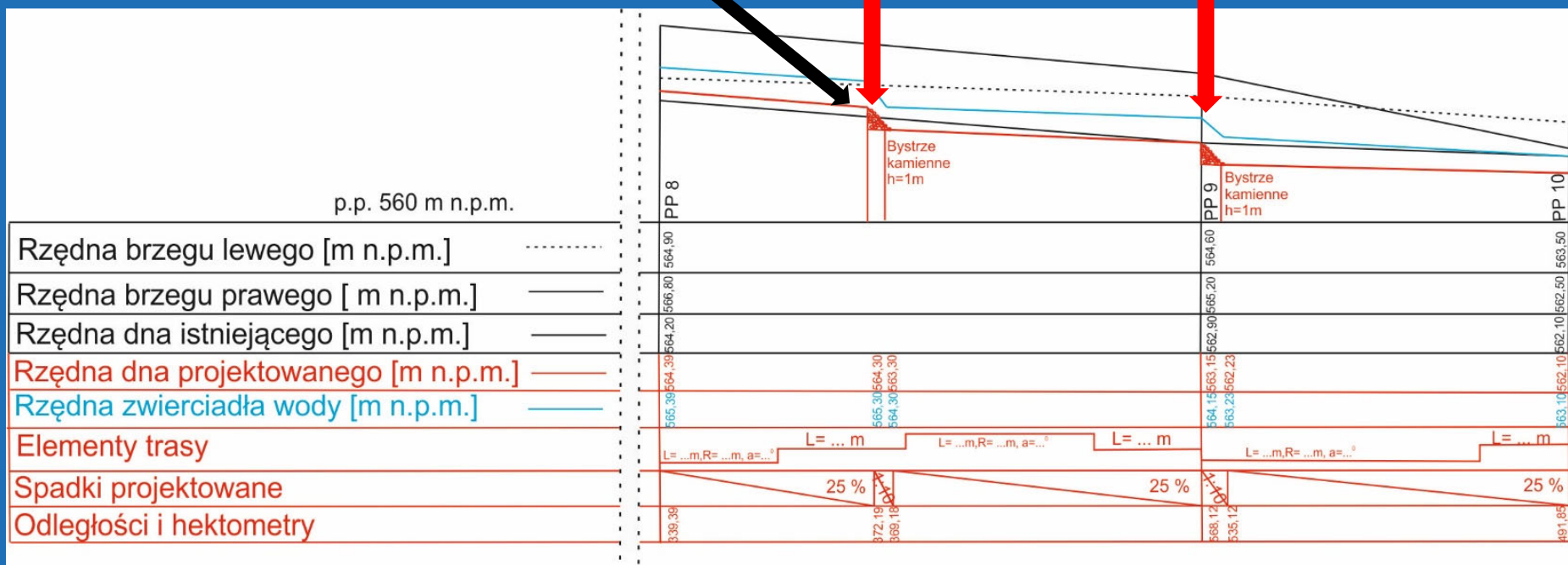
(fragment projektu stud. Katarzyny Kiwior, KGIGW, PK)

Przykład rysunków:

Fragment profilu podłużnego

Niweleta koryta uregulowanego za pomocą żłobu z elementów betonowych

Koncepcja renaturyzacji koryta betonowego – likwidacja elementów betonowych i otwarcie umożliwiające jego swobodną migrację w granicach tzw. osłony cywilizacyjnej: na profilu widoczne rampy kamienne



(fragment projektu stud. Katarzyny Kiwior, KGiGW, PK)

The background features a dark teal color with several thick, wavy, light teal lines that create a sense of movement and depth. Scattered throughout the composition are numerous small, solid yellow circles of varying sizes, resembling stars or particles. The overall aesthetic is modern and minimalist.

eISBN 978-83-67188-37-1