



**KONCEPCJA PROGRAMOWO-
PRZESTRZENNA WWF
RENATURYZACJI RZEKI KACZAWY
NA ODCINKU OD KM 33+477 DO KM 7+337**

KONCEPCJA PROGRAMOWO-PRZESTRZENNA WWF RENATURYZACJI RZEKI KACZAWY
NA ODCINKU OD KM 33+477 DO KM 7+337 (ZE WSKAZANIEM ADEKWATNYCH
ROZWIĄZAŃ ŁĄCZNOŚCI EKOLOGICZNEJ I MONITORINGU UTRZYMANIA KORYTA
W DOBRYM STANIE/POTENCJALE HYDROMORFOLOGICZNYM)

Raport Fundacji WWF Polska

Warszawa, kwiecień 2021

Raport sporządzony na zlecenie Fundacji WWF Polska

ISBN: 978-83-60757-74-1

ISBN: 978-83-60757-75-8 (online)

Wydawca:

Fundacja WWF Polska

ul. Usypiskowa 11, 02-386 Warszawa

kontakt@wwf.pl

Redakcja:

Piotr Nieznański, Fundacja WWF Polska

fot. okładka:

fot. Grzegorz Marcinów

copyright ©:

Fundacja WWF Polska

Józef Jeleński
Grzegorz Marcinów
Dorota Serwecińska

KONCEPCJA PROGRAMOWO- -PRZESTRZENNA WWF RENATURYZACJI RZEKI KACZAWY NA ODCINKU OD KM 33+477 DO KM 7+337

ZE WSKAZANIEM ADEKWATNYCH
ROZWIĄZAŃ ŁĄCZNOŚCI EKOLOGICZNEJ
I MONITORINGU UTRZYMANIA KORYTA
W DOBRYM STANIE/POTENCJALE
HYDROMORFOLOGICZNYM



SPIS TREŚCI

Streszczenie	6
1. Rzeka Kaczawa w Planie Gospodarowania Wodami 2016-2021	9
2. Opis koryta wybranego odcinka Kaczawy	15
2.1. Przepływy charakterystyczne i miarodajny profil podłużny zwierciadła wody w Kaczawie	16
2.2. Odcinki jednorodne dla diagnozy i realizacji interwencji inżynierskich celem poprawy stanu morfologicznego koryta Kaczawy	18
2.3. Analiza możliwości rewitalizowania poszczególnych odcinków	21
2.4. Aktualny stan Kaczawy według danych z Państwowego Monitoringu Środowiska	22
3. Pomiary uziarnienia przypowierzchniowej warstwy żwiru w korycie	24
3.1. Pomiary poniżej jazu w Przybkowie, 2020-10-04	24
3.2. Uziarnienie łachy w przekroju w km 20+586, 2020-12-05	26
3.3. Uziarnienie łachy bocznej w ujściu Czarnej Wody do Kaczawy, poniżej progu Piątnica, km 23+664, 2020-12-19	27
4. Analiza możliwości pozyskania żwiru i rumowiska z lokalnych źródeł	28
5. Analiza wybranych odcinków i ich planowana rewitalizacja	31
5.1. Odcinek tarliskowy i wychowania narybku: jaz Przybków, km 29+950 do jazu w Smokowicach, km 33 +500	31
5.2. Odcinek miejski: od ujścia Czarnej Wody 23+500 do jazu w Przybkowie	34
5.3. Odcinek w Pątnowie Legnickim, od ujścia potoku Wierzbiak do 300 m poniżej progu ujęcia i zrzutu wody ciepłowni WPEC-Legnica, km 20+000 ÷ 21+000	44
5.4. Odcinek Prochowice – ujście potoku Wierzbiak, km 7+337 do 18+000	46
5.5. Kryteria dobrego stanu koryta nizinnej rzeki żwirowej (typ PL 20)	48
6. Propozycja współpracy dla wdrożenia koncepcji	53
Literatura	54

STRESZCZENIE

Na podstawie wcześniejszych opracowań, w niniejszej publikacji określono zakres realnej możliwości udroźnienia ekologicznego Kaczawy na odcinku od ujścia do Odry w górę rzeki celem odtworzenia możliwości dwukierunkowej migracji ryb i innych organizmów dla umożliwienia egzystencji samodzielnych populacji ryb w Kaczawie i Odrze. Pierwsza koncepcja (Puzdrowska, Engel 2015) została uzupełniona w ramach aktualizacji (Puzdrowska 2020), która we wnioskach wskazała jako priorytetowy do udroźnienia dla łososia odcinek nieco krótszy niż zapisany w warunkach korzystania z wód zlewni środkowej Odry, a mianowicie do jazu ujęcia wody w miejscowości Smokowice, ze względu na ewidentne deficyty w zakresie przepływów niskich w Kaczawie powyżej ujścia Nysy Szalonej.

Oprócz konieczności budowy przepławek na wskazanym odcinku konieczne jest opracowanie programu takiego utrzymania koryta rzeki na odcinku od km 7+337 (jaz Prochowice) do 33+477 (jaz Smokowice), które polepszy stan hydromorfologiczny rzeki na odcinku naturalnym i silnie zmienionym przez zróżnicowanie morfologii zwirowego dna, co przy okazji przywróci możliwość migracji ryb przez niewysokie stopnie, kaskady i inne okresowe utrudnienia. Podobne podejście do utrzymania rzek jest możliwe także powyżej jazu w Smokowicach dla Kaczawy i dla Nysy Szalonej.

Analizując zapisy PGW 2016-2021 należy wskazać, że Kaczawa w przyujściowym odcinku jest zakwalifikowana jako naturalna, a od ujścia rzeki Nysy Szalonej do ujścia rzeki Czarnej jako silnie zmieniona część wód, z celem środowiskowym osiągnięcia dobrego stanu wód (w tym odpowiednio stanu ekologicznego/potencjału ekologicznego). Natomiast termin realizacji celu ustalono na rok 2027, warunkując to wykonaniem „*wariantowej analizy sposobu udroźnienia budowli piętrzących na cieku Kaczawa wraz ze wskazaniem wariantu do realizacji oraz opracowaniem dokumentacji projektowej*”. **Niniejszy dokument jest wariantem takiej koncepcji opartej na rewitalizacji znacznego fragmentu Kaczawy metodami utrzymania rzek.** Ponadto podsumowuje uwagi dotyczące wykonania niezbędnej ilości przepławek w zakresie wskazanym w warunkach korzystania z wód zlewni.

Przed sformułowaniem ostatecznej koncepcji zebrano dodatkowe informacje z dokumentów i wywiadów, wykonano pomiary uziarnienia przypowierzchniowej warstwy rumowiska dennego na poszczególnych odcinkach, rozpoznano uziarnienia dostępnych miejscowo żwirów i materiału skalnego, pomierzono w terenie wybrane przekroje koryta Kaczawy, sprawdzono równowagę koryt w kilku przekrojach charakterystycznych na poszczególnych odcinkach posługując się w ich wyborze opisami z koncepcji WWF z lat 2015/2020 oraz spadkami lustra wody powodziowej Q10%.

Jako wynik koncepcji wskazano:

- niezbędną liczbę przepławek do wykonania na odcinku priorytetowym oraz na całym obszarze wskazanym do udrożnienia w warunkach korzystania z wód zlewni, pozostawiając pozostałe przeszkody określone w literaturze do pokonania metodami utrzymania rzek,
- szczegółowy sposób uzyskania zróżnicowania morfologicznego koryta Kaczawy w odcinku silnie zmienionym i w odcinkach naturalnych,
- sposób utrzymania koryta Kaczawy w celu spontanicznej renaturyzacji odcinków naturalnych,
- propozycję podjęcia współpracy dla wdrożenia realizacji koncepcji w terenie we wspólnym przedsięwzięciu WWF i Zarządu Zlewni w Legnicy (Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej we Wrocławiu) oraz w porozumieniu z innymi interesariuszami obszaru rzeki Kaczawy, celem sfinalizowania zapisów programu utrzymania Kaczawy na odcinku Smokowice – Prochowice (koncepcja zawiera trzy przykłady rozwiązań szczegółów programu interwencji utrzymaniowej w Kaczawie).

Opracowanie składa się z dwóch części, ogólnej – opisującej uwarunkowania (rozdziały 1 do 4) oraz koncepcyjnej – wskazującej rozwiązania i sposób dochodzenia do nich (rozdział 5). Wstępne warunki wspólnego wdrożenia koncepcji utrzymania Kaczawy określone są w rozdziale 6.



fol. archiwum WWF / K. Cieżak

Podsumowanie wytycznych do realizacji – Renaturyzacja rzeki Kaczawy na odcinku od km 33+477 do km 7+337

Koncepcję renaturyzacji Kaczawy sformułowano na podstawie danych zawartych w literaturze oraz zgodnie z sugestią zawartą w Planie Gospodarowania Wodami 2016-2021 jako konieczne uzupełnienie realizacji przeplawek na przegrodach koryta rzeki przewidywanych w warunkach korzystania z wód zlewni.

Celem renaturyzacji jest zapewnienie właściwego zróżnicowania morfologicznego koryta umożliwiającego odbycie tarła przez ryby oraz rozwój ikry, embrionów i narybku we właściwych niszach ekologicznych, zarówno na odcinku SZCW w Legnicy, jak i w JCWP NAT poniżej Legnicy. Jednocześnie realizacja tego celu jest dostosowana do pokonania jednostkowych utrudnień migracji ryb na odcinku SZCW.

Proponowane rozwiązania polegają na dobraniu metod systematycznego utrzymania koryta rzeki uregulowanej wykazującej deficyt transportu rumowiska dennego, który z kolei spowodowany jest wieloletnim oddziaływaniem licznych przegród Kaczawy w jej górnym i średnim biegu i skróceniem długości jej koryta. Wszystkie rozwiązania należą do metod utrzymania rzek, nie są więc wymagane działania związane z budową nowych urządzeń wodnych, ich remontu czy wyburzeń. Ponadto, zakres i rozmiar czynności utrzymania da się dostosować do wyników wskazanego w opracowaniu monitoringu równowagi dynamicznej koryta, co pozwala na etapowanie prac. Parametry koryta w równowadze podano dla odcinków w miarę jednorodnych, pomiędzy identyfikowalnymi punktami terenowymi.

Zasadniczo, dla odcinków pozamiejskich zastosowano podejście „spontanicznej renaturyzacji”, ewentualnie wspomaganej dostawami z zewnątrz rumowiska o określonym uziarnieniu. Natomiast w odcinku miejskim skoncentrowano się na zrównoważeniu dynamicznym koryta uregulowanego. Takie podejście nazywane bywa „opcją pierwszego wyboru” mającą na celu osiągnięcie dobrego potencjału ekologicznego bez konieczności usuwania umocnień brzegowych. Dla ułatwienia adekwatnego rozwiązywania szczegółów interwencji przeanalizowano nie tylko uziarnienie istniejącego rumowiska dennego, ale także uziarnienie możliwych do zastosowania materiałów skalnych i żwirowych dostępnych w okolicy.

Ponadto, jak wspomniano wyżej, koncepcja zawiera trzy przykłady rozwiązań szczegółów programu interwencji utrzymeniowej w Kaczawie (próg Majątek, ujście Czarnej Wody i Bieniowice) – gotowych do wdrożenia w terenie przez Nadzór Wodny we współpracy z zespołem autorskim Koncepcji.

1. RZKA KACZAWA W PLANIE GOSPODAROWANIA WODAMI 2016-2021

Rzeka Kaczawa na interesującym odcinku od km 7+337 do km 33+477 jest **nizinną rzeką żwirową (typ 20)**, o numerach JCWP:

- RW60002013859 Kaczawa od Nysy Szalonej do Czarnej Wody oraz
- RW600020138999¹ Kaczawa od Czarnej Wody do Odry.

Znaczące ze względu na wnoszony do Kaczawy przepływ poniżej Legnicy są dwa dopływy, **rzeki nizinne piaszczysto gliniaste (typ 19)**:

- RW600019138699 Czarna Woda od Karkoszki do Kaczawy
- RW60001913889² Wierzbiak od Kojszkówki do Kaczawy

Wymienione ciekі – z wyjątkiem Kaczawy od Czarnej Wody do ujścia do Odry, która została uznana za naturalną część wód – zostały sklasyfikowane jako SZCW (silnie zmienione części wód) ze względu na przekroczenie wskaźników przytoczonych w tabeli 1.

1 PGW 2016-2021 str. 28, poz. 568 i 570.

2 PGW 2016-2021 str. 27, poz. 535 i 536

Tabela 1. Wskaźniki zmian (hydrologiczne i hydromorfologiczne) wykorzystywane w procedurze wyznaczania SZCW i SCW w odniesieniu do poszczególnych JCWP objętych opracowaniem

Str. PGW	JCWP SZCW	Uzasadnienie:
104	Kaczawa od Nysy Szalonej do Czarnej Wody	m_1 – łączna długość obwałowania cieków istotnych w zlewni części wód odniesiona do sumarycznej długości brzegów cieków istotnych (podwójna długość rzeki), m_2 – sumaryczna wysokość zinwentaryzowanych budowli piętrzących odniesiona do sumy spadów cieków istotnych w zlewni części wód, m_3 – łączna długość części cieków odciętych przez budowle poprzeczne o $h > 0,4$ m (dla rzek nizinnych) odniesiona do sumarycznej długości cieków istotnych, i_2 – łączna suma poborów bezzwrotnych wód powierzchniowych odniesiona do przepływu średniego niskiego z wielolecia „pseudonaturalnego” (1960-1980) w przekroju zamykającym zlewnię części wód,
107	Czarna Woda od Karkoszki do Kaczawy	m_2 – sumaryczna wysokość zinwentaryzowanych budowli piętrzących odniesiona do sumy spadów cieków istotnych w zlewni części wód, m_3 – łączna długość części cieków odciętych przez budowle poprzeczne o $h > 0,4$ m (dla rzek nizinnych) odniesiona do sumarycznej długości cieków istotnych, m_4 – łączna długość odcinków rzek, na których prowadzone były prace regulacyjne (zabudowa podłużna oraz udokumentowana zmiana biegu rzeki) odniesiona do sumarycznej długości cieków istotnych,
107	Wierzbiak od Kojczkówki do Kaczawy	m_3 – łączna długość części cieków odciętych przez budowle poprzeczne o $h > 0,4$ m (dla rzek nizinnych) odniesiona do sumarycznej długości cieków istotnych, m_4 – łączna długość odcinków rzek, na których prowadzone były prace regulacyjne (zabudowa podłużna oraz udokumentowana zmiana biegu rzeki) odniesiona do sumarycznej długości cieków istotnych, i_1 – sumaryczna pojemność czynna zbiorników retencyjnych odniesiona do średniego rocznego odpływu z wielolecia (1960-1980) w przekroju zamykającym zlewnię części wód, i_2 – łączna suma poborów bezzwrotnych wód powierzchniowych odniesiona do przepływu średniego niskiego z wielolecia „pseudonaturalnego” (1960-1980) w przekroju zamykającym zlewnię części wód.

W wykazie JCWP przeznaczonych do poboru wody na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia z poborem średnio powyżej 100 m³ wody na dobę – wymagającym obszaru chronionego – wymienia się na stronie 185 PGW Kaczawę powyżej Legnicy RW60002013859.

Obszar szczególnie narażony na zanieczyszczenia związkami azotu pochodzącego ze źródeł rolniczych PLN/VZ6000WR2S został wyznaczony w zlewni rzeki Wierzbiak i sąsiedniej Chotli rozporządzeniem nr 4/2012 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej we Wrocławiu.

Wyznaczone cele środowiskowe dla omawianych JCWP rzecznych zawiera tabela 2. Natomiast odstępstwa od terminów zrealizowania celów środowiskowych według PGW zawiera tabela 3 (str. 495 i 490 PGW).

Tabela 2. Cele środowiskowe dla JCWP objętych opracowaniem

Kod JCWP	Cel środowiskowy	
	Stan lub potencjał ekologiczny	Stan chemiczny
RW60002013859 Kaczawa od Nysy Szalonej do Czarnej Wody	dobry potencjał ekologiczny ; możliwość migracji organizmów wodnych na odcinku cieków istotnego – Kaczawa w obrębie JCWP	dobry
RW60002013899 Kaczawa od Cz. Wody do Odry	dobry stan ekologiczny ; możliwość migracji organizmów wodnych na odcinku cieków istotnego – Kaczawa w obrębie JCWP	dobry
RW600019138699	dobry potencjał ekologiczny	dobry
RW60001913889	dobry potencjał ekologiczny	dobry

Tabela 3. Odstępstwa od celów środowiskowych wraz z uzasadnieniem dla JCWP objętych opracowaniem

Kod JCWP	Odstępstwo	Typ odstępstwa	Termin	Uzasadnienie odstępstwa
RW60002013859 Kaczawa od Nysy Szalonej do Czarnej Wody	tak	przedłużenie terminu osiągnięcia celu	2027	Wdrożenie skutecznych i efektywnych działań naprawczych wymaga szczegółowego rozpoznania wpływu zidentyfikowanej presji i możliwości jej redukcji. W bieżącym cyklu planistycznym dokonano rozpoznania potrzeb w zakresie przywrócenia ciągłości morfologicznej w kontekście dobrego stanu ekologicznego JCWP. W programie działań zaplanowano działanie „ wariantowa analiza sposobu udroźnienia budowli piętrzących na cieku Kaczawa wraz ze wskazaniem wariantu do realizacji oraz opracowaniem dokumentacji projektowej ” obejmujące szczegółową analizę lokalnych uwarunkowań, mającą na celu dobór optymalnych rozwiązań technicznych. Wdrożenie konkretnych działań naprawczych będzie możliwe dopiero po przeprowadzeniu wyżej wymienionych analiz.
RW60002013899 Kaczawa od Czarnej Wody do Odry	tak	przedłużenie terminu osiągnięcia celu	2027	W zlewni JCWP występuje presja rolnicza i hydromorfologiczna. W programie działań zaplanowano wszystkie możliwe działania mające na celu ograniczenie presji rolniczej tak, aby możliwe było osiągnięcie wskaźników zgodnych z wartościami dla dobrego stanu. Z uwagi jednak na czas niezbędny dla wdrożenia działań, a także okres niezbędny aby wdrożone działania przyniosły wymierne efekty, dobry stan będzie mógł być osiągnięty do roku 2027. Wdrożenie skutecznych i efektywnych działań naprawczych wymaga szczegółowego rozpoznania wpływu zidentyfikowanej presji hydromorfologicznej i możliwości jej redukcji. W bieżącym cyklu planistycznym dokonano rozpoznania potrzeb w zakresie przywrócenia ciągłości morfologicznej w kontekście dobrego stanu ekologicznego JCWP. W programie działań zaplanowano działanie „ wariantowa analiza sposobu udroźnienia budowli piętrzących na cieku Kaczawa wraz ze wskazaniem wariantu do realizacji oraz opracowaniem dokumentacji projektowej ” obejmujące szczegółową analizę lokalnych uwarunkowań, mającą na celu dobór optymalnych rozwiązań technicznych. Wdrożenie konkretnych działań naprawczych będzie możliwe dopiero po przeprowadzeniu wyżej wymienionych analiz.

Kod JCWP	Odstępstwo	Typ odstępstwa	Termin	Uzasadnienie odstępstwa
RW600019138699 Czarna Woda	tak	przedłużenie terminu osiągnięcia celu	2021	W zlewni JCWP występuje presja komunalna i nierozpoznana. W programie działań zaplanowano działania podstawowe, obejmujące uporządkowanie gospodarki ściekowej które są wystarczające, aby zredukować tę presję w zakresie wystarczającym dla osiągnięcia dobrego stanu. Z uwagi jednak na czas niezbędny dla wdrożenia działań, a także okres niezbędny aby wdrożone działania przyniosły wymierne efekty, dobry stan będzie mógł być osiągnięty do roku 2021
RW60001913889 Wierzbak	tak	przedłużenie terminu osiągnięcia celu	2027	W zlewni JCWP występuje presja rolnicza i nierozpoznana presja. W programie działań zaplanowano wszystkie możliwe działania mające na celu ograniczenie tej presji rolniczej tak, aby możliwe było osiągnięcie wskaźników zgodnych z wartościami dla dobrego stanu. W programie działań zaplanowano także działanie obejmujące przeprowadzenie pogłębionej analizy presji w celu zaplanowania działań ukierunkowanych na redukcję fosforu mające na celu rozpoznanie presji a w rezultacie ograniczenie tej presji tak, aby możliwe było osiągnięcie wskaźników zgodnych z wartościami dla dobrego stanu. Z uwagi jednak na czas niezbędny dla wdrożenia działań, a także okres niezbędny aby wdrożone działania przyniosły wymierne efekty, dobry stan będzie mógł być osiągnięty do roku 2027

Ponadto dla JCWP Kaczawa od Czarnej Wody do Odry w PGW wyznaczono cele środowiskowe dla obszarów chronionych. Co prawda obszary chronione obejmują ujściowy odcinek Kaczawy (od okolicy Kwiatkowic do ujścia) lub znajdują się w zlewni JCWP poza samą Kaczawą, ale cele środowiskowe dla obszarów chronionych obowiązują dla całej JCWP.

Cele środowiskowe dla obszarów chronionych wyznacza się dla przedmiotów ochrony zależnych od wód, więc w kontekście zakresu niniejszego opracowania ma to kluczowe znaczenie. W zlewni JCWP wyznaczono cele środowiskowe dla następujących obszarów chronionych:

Obszar Chronionego Krajobrazu Dolina Odry

Biorąc pod uwagę koryto Kaczawy, warto tu wymienić następujące cele środowiskowe:

- Zachowanie i ochrona naturalnych cieków i zbiorników wód powierzchniowych wraz z pasem roślinności okalającej.
- Ograniczenie prowadzenia prac regulacyjnych i utrzymaniowych cieków wodnych tylko do zakresu niezbędnego dla rzeczywistej ochrony przeciwpowodziowej.
- Ograniczenie lokalizacji nowych wałów przeciwpowodziowych do przypadków rzeczywistej konieczności ochrony człowieka i jego mienia przed powodzią; w miarę możliwości wały lokalizować jak najdalej od koryta rzeki, wykorzystując naturalną rzeźbę terenu.
- Zachowanie i ewentualne odtwarzanie korytarzy ekologicznych opartych o ekosystemy wodne w celu zachowania stałych i okresowych (rozwój bezpośrednio związany ze środowiskiem wodnym) dróg migracji gatunków związanych z wodą.

- Zapewnienie swobodnej migracji ryb poprzez budowę przepławek w przypadku wznoszenia nowych budowli piętrzących.
- Gospodarka rybacka na wodach powierzchniowych wspomagająca ochronę gatunków krytycznie zagrożonych i zagrożonych oraz promująca gatunki o pochodzeniu lokalnym prowadząc do uzyskania struktury gatunkowej i wiekowej ryb, właściwej dla danego typu wód.
- Utrzymanie i odtwarzanie meandrów na wybranych odcinkach cieków oraz starorzeczy; w razie możliwości wprowadzanie wtórnego zabagnienia terenów.

PLC020002 Łęgi Odrzańskie

Do niedawna w obrębie Odry Środkowej funkcjonowały dwa obszary Natura 2000 obejmujące łęgi odrzańskie – ptasi PLB020008 Łęgi Odrzańskie i siedliskowy PLH020018 Łęgi Odrzańskie. W ostatnim czasie zostały one połączone w jeden obszar PLC020002 Łęgi Odrzańskie, który łączy przedmioty ochrony dwóch wcześniej wymienionych obszarów Natura 2000. W aktualnym jeszcze PGW uwzględniono wcześniejszy podział na dwa obszary, stąd poniżej przedstawiono podsumowanie celów środowiskowych dla obszarów chronionych dla dwóch odrębnych obszarów Natura 2000.

PLB020008 Łęgi Odrzańskie

Celem środowiskowym jest tu utrzymanie lub odtworzenie właściwego stanu ochrony dla określonych gatunków ptaków będącymi przedmiotami ochrony, których siedliska są zależne od wód. Na przykład właściwy stan ochrony zimorodka wymaga zachowania naturalnej dynamiki rzek, w tym naturalnych procesów erozji bocznej, powstawania, utrzymywania i rozwoju skarp (wyrw) brzegowych. Pozostałe gatunki ptaków w obszarze zależne od wód to: cyranka, czapla, łabędź krzykliwy, bielik, nurogęś, kania czarna, kania ruda.

PLH020018 Łęgi Odrzańskie

Celem środowiskowym jest tu utrzymanie lub odtworzenie właściwego stanu ochrony dla określonych gatunków zwierząt bądź siedlisk zależnych od wód. Biorąc pod uwagę koryto Kaczawy kluczowe są tu kwestie związane z ichtiofauną. Właściwy stan ochrony chronionych w obszarze gatunków ryb wymaga (wg najbardziej wymagającego gat.) następujących parametrów:

- Ciągłość ekologiczna – brak sztucznych przegród wyższych niż 10 cm.
- EFI+ w klasie I lub II.
- Jakość hydromorfologiczna (śr. arytm. ocen elementów: geometria koryta, substrat denny, charakterystyka przepływu, charakter i modyfikacja brzegów, mobilność koryta, ciągłość cieku wg PN-EN 14614) <2,5.

Wskaźniki dotyczące hydromorfologii oznaczają, że elementy hydromorfologiczne muszą być w I lub II klasie jakości. Szczegółowe wymogi w tym zakresie przedstawia metodyka oceny wód płynących w oparciu o Hydromorfologiczny Indeks Rzeczny (HIR). Ogólnie jest to metoda oceny stanu hydromorfologicznego rzeki stosowana zarówno do monitoringu,

jak i do oceny wpływu danego przedsięwzięcia na środowisko i w pełni zgodna z normą PN-EN 14614.

Gatunki ryb będące przedmiotami ochrony w obszarze to: boleń, koza, piskorz, kielb białopłetwy, różanka, łosoś.

Warto zwrócić uwagę, że dla różanki właściwy stan ochrony wymaga m.in., oprócz celu skonsolidowanego dla ryb: zarośnięcia wody przez roślinność >50% oraz względna liczebności mały skójkowatych >0,1 os./m². Natomiast właściwy stan ochrony dla łososi w obszarach rozrodu wymaga, oprócz celu skonsolidowanego dla ryb: przynajmniej miejscami dna żwirowo-piaszczystego oraz zachodzenia tarła naturalnego i docierania na tarło.

Właściwy stan ochrony nizinnych i podgórskich rzek ze zbiorowiskami włosieniczników (3260) wymaga następujących parametrów: wskaźnik hydromorfologiczny HQA (RHS)>50; brak nowych sztucznych piętrzeń oraz dopływu ścieków; naturalne elementy morfologiczne: odsypy boczne, meandrowe, śródkorytowe, erodujące i stabilne podcięcia brzegów, naturalne wyspy i głazy w korycie; wykluczenie zamulania dna; wskaźniki fizykochemiczne wody w klasie I lub II.

Pozostałe siedliska w obszarze zależne od wód to: zalewane muliste brzegi rzek (3270), zmiennowilgotne łąki trzęślicowe (6410), ziołorośla górskie lub nadrzeczne (6430), łąki selernicowe (6440), łągi wierzbowe, topolowe, olszowe i jesionowe (91E0), łąkowe lasy dębowo-wiązowo-jesionowe (91F0). Natomiast gatunki zwierząt zależne od wód to bóbr, wydra, kumak nizinny, traszka grzebieniasta, zalotka większa, czerwończyk nieparek, modraszek nausitous, trzepla zielona.

Pozostałe obszary chronione znajdują się w zlewni JCWP, ale ze względu na lokalizację i wskazane dla nich cele środowiskowe mają niewielkie znaczenie w odniesieniu do samej Kaczawy. Do obszarów tych należą: PLH020052 Pątnów Legnicki, Rezerwat Ponikwa, Rezerwat Łęg Korea.

Warto podkreślić, że niniejsze opracowanie jako koncepcja udroźnienia długiego fragmentu rzeki Kaczawy (ok. 26 km) dla zapewnienia drożności dla ryb, wpisuje się fragmentarycznie w postulat zapisany w PGW: „/.../ **wariantowa analiza sposobu udroźnienia budowli piętrzących na cieku Kaczawa wraz ze wskazaniem wariantu do realizacji /.../**” bez wykonania projektów technicznych przepławek (które jednak dla wybranych jazów muszą zostać zrealizowane w oparciu o odrębne projekty) i bez potrzeby wykonywania innych opracowań koniecznych celem faktycznego przeprowadzenia właściwej renaturyzacji wybranego fragmentu rzeki Kaczawy w całości lub na wybranej części.

2. OPIS KORYTA WYBRANEGO ODCINKA KACZAWY

Opierając się na Rozporządzeniu nr 9/2016 Dyrektora Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej we Wrocławiu z dnia 14 lipca 2016 r. w sprawie ustalenia warunków korzystania z wód regionu wodnego Środkowej Odry³ można podsumować, że minimalne wymagania techniczne dla rozwiązań prośrodowiskowych i innych umożliwiających swobodną migrację ryb można znaleźć w załączniku nr 7 do tego rozporządzenia, a zakres terytorialny (cieki istotne i szczególnie istotne dla zachowania ciągłości morfologicznej) oraz wiodące gatunki ryb na tych odcinkach – w załącznikach nr 4 i 5 rozporządzenia. Dla zakresu istotnego dla rzeki Kaczawy wymagana jest ciągłość dla łososia od ujścia do Odry do progu w Jerzmanicach z dolnym biegiem Nysy Szalonej do zapory zbiornika Słup. W szczególności oznacza to konieczność wybudowania przepławek na następujących obiektach (tab. 4, tab. 5).

Tabela 4. Obiekty, przy których jest wskazane wybudowanie przepławek – Kaczawa

Nazwa obiektu	Spad [m]	Kilometr rzeki
Jaz Prochowice	4,6	7+337
Jaz Przybków	2,5	29+818
Jaz Smokowice	2,3	33+477
Stopień Wysocko	1,8	43+742
Jaz zalewu Złotoryja	1,5	53+973

Tabela 5. Obiekty, przy których jest wskazane wybudowanie przepławek – Nysa Szalona

Nazwa obiektu	Spad [m]	Kilometr rzeki
jaz	bd	0+600
jaz	bd	1+300
Zapora zbiornika Słup	(bez przepławki)	8+200

3 Dziennik Urzędowy Województwa Lubuskiego z dnia 14 lipca 2016, poz. 1597

Umożliwiłoby to migrację ryb aż do jazu w Jerzmanicach, km 55+445, jak również do zapory zbiornika zaporowego Słup na Nysie Szalonej. Pozostałe utrudnienia migracji można zniwelować odpowiednim utrzymaniem rzeki przez uzupełnianie wyrw w dnie koryta właściwymi frakcjami żwiru i kamieni w postaci pryzm nasypanych w odpowiednim spadku podłużnym, na przykładzie rozwiązania podanego dla progu regulacyjnego w km 29+286.

Niniejsza koncepcja dotyczy odcinka krótszego, pomiędzy jazem Prochowice a jazem w Smokowicach, od km 7+337 do km 33+477, gdzie konieczne jest wybudowanie tylko dwóch przepławek, na które wydano pozwolenia wodnoprawne na ich realizację. Dla opisu i oceny koryta przyjęto podejście oparte na:

- wskazaniu terenowych punktów granicznych rozpatrywanych odcinków,
- wykonanie wyrywkowych pomiarów terenowych wybranych przekrojów celem ich analizy,
- klasyfikacji typu koryta według klasyfikacji Rosgena,
- określenia jednostkowej mocy strumienia w przekrojach dla przepływów pełnokorytowych, dla których przyjęto spadek lustra wody równoległy do spadku lustra wody Q10%, na podstawie profilu określonego według aktualnych map zagrożenia powodzią,
- zestawieniu zakresu historycznych i współczesnych umocnień brzegowych na podstawie zapisów inwentaryzacyjnych,
- podsumowania aktualnego stanu Kaczawy według danych z Państwowego Monitoringu Środowiska
- opisanu obserwacji i uwag zebranych podczas wykonywania koncepcji.

2.1. Przepływy charakterystyczne i miarodajny profil podłużny zwierciadła wody w Kaczawie

Przepływy pełnokorytowe dla ich oceny będą porównywane do przepływów charakterystycznych w przekrojach wodowskazów, których dane dla rzeki Kaczawy pochodzą z zestawienia zawartego w opracowaniu „Aktualizacja koncepcji udroźnienia rzeki Kaczawy na odcinku od ujścia rzeki Wilczej do ujścia Kaczawy do Odry” (Puzdrowska 2020, według publikacji IMGW)⁴ oraz z innych wodowskazów na dopływach poniżej wodowskazu Piątница, których dane pochodzą z opracowania „Opracowanie charakterystyki zlewni Kaczawy” (Grela i in. 2013). Zasadniczo, zrównoważone przepływy pełnokorytowe powinny mniej więcej odpowiadać przepływowi średniej wielkiej wody SWQ (tab. 6, tab. 7, tab. 8).

4 IMGW PIB, Raport z wykonania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego. Załącznik nr 1. Projekt ISOK –Raport z zakończenia realizacji zadania 1.3.2 – Przygotowanie danych hydrologicznych w zakresie niezbędnym do modelowania hydraulicznego”.

Tabela 6. Przepływy o zadanim prawdopodobieństwie przewyższenia oraz odpowiadający im stan wody dla wybranych wodowskazów

Punkt kontrolny wodowskaz	Km rzeki	SSQ [m³/s]	Przepływ maksymalny o zadanim prawdopodobieństwie przewyższenia Q_{max} p% [m³/s] oraz odpowiadający stan wody H [cm]					
			Q10% [m³/s]	H10% [m]	Q1% [m³/s]	H1% [m]	Q0,2% [m³/s]	H0,2% [m]
Dunino	35,30	1957-2010	123,0	399	282	562	437	603
Piątnica (Pątnów Leg.)*	20,60	1951-2010	167,0	536	372	630	567	640

* Pątnów Legnicki – do roku 1985

Tabela 7. Przepływy charakterystyczne dla wybranych wodowskazów – Kaczawa

Punkt kontrolny wodowskaz	Km rzeki	Powierzchnia zlewni [km²]	Okres	SNQ [m³/s]	SSQ [m³/s]	SWQ [m³/s]
Dunino	35,30	774,0	1957-2010	1,21	4,39	61,0
Piątnica	20,60	1807,0	1984-2010	1,86	7,73	75,1

Tabela 8. Przepływy charakterystyczne dla wybranych wodowskazów – dopływy Kaczawy

Rzeka – Punkt kontrolny wodowskaz	Km rzeki	Powierzchnia zlewni [km²]	SSQ [m³/s]	SNQ [m³/s]	Q_{min} [m³/s]	Q_{max} [m³/s]
Czarna Woda						
Bukowna	17,00	430,5	1,84	0,44	0,04	18,99
Wierzbiak						
Kunice	4,6	252,7	0,62	0,22	0,08	7,71

Bieżące obserwacje wskazań wodowskazów Dunino i Piątnica na Kaczawie, w porównaniu do wskazań wodowskazu Rzymówka – powyżej ujścia Nysy Szalonej – potwierdzają wnioski przedstawione w opracowaniu „Aktualizacja koncepcji...” (Puzdrowska 2020). Bez względu na wahania przepływów w zakresie przepływów niskich i średnich wykazywanych przez wodowskaz Rzymówka, wodowskaz Dunino wykazuje skuteczną działalność alimentacyjną zbiornika Słup zlokalizowanego na Nysie Szalonej w zakresie wyrównania przepływów średnich i niskich. Zjawisko to przemawia za wskazaniem odcinka poniżej ujścia Nysy Szalonej jako bardziej korzystnego środowiskowo niż odcinków cieków powyżej ujścia, nie tylko w korycie Kaczawy, ale także Nysy Szalonej. Bowiem tego typu regulacje wielkości przepływu na ujściu Nysy Szalonej muszą być z konieczności skorelowane z przepływami w Kaczawie powyżej tego ujścia, a więc mają charakter zależny, w którym wysokie przepływy alimentacyjne w Nysie Szalonej będą zachęcały do wędrówki łososiowatych do tego dopływu, a w przypadku średnich i wysokich przepływów w Kaczawie do wędrówki wzdłuż głównej rzeki. W obydwu przypadkach, przy dużej ilości niewiel-

kich utrudnień migracji i przy niespodziewanie niskich stanach wody cieki te mogą stać się pułapką dla dużych egzemplarzy ryb łososiowatych.

2.2. Odcinki jednorodne dla diagnozy i realizacji interwencji inżynierskich celem poprawy stanu morfologicznego koryta Kaczawy

Analizując profil podłużny zwierciadła wody Q10% zagregowany z danych znajdujących się w mapach zagrożenia powodzią ISOK, wskazano podział odcinków Kaczawy ze względu na spadki. Jednocześnie, w tej samej tabeli przedstawiono zakres umocnienia brzegów Kaczawy zrealizowany przed rokiem 1945 według inwentaryzacji wykonanej w roku 2005⁵.

Tabela 9 podsumowuje opis koryta Kaczawy na interesującym odcinku na podstawie analizy profilu zwierciadła wody Q10%, oraz zakresu umocnień brzegowych koryta i obwałowania zaznaczonego na mapach zagrożenia powodzią. Kilometraż według niektórych źródeł może się nieznacznie różnić, co nie będzie miało znaczenia w dalszej części raportu, w którym będą podane interwencje inżynierskie związane z określonymi obiektami infrastruktury rzecznej lub w podejściu do utrzymania rzeki na odcinkach wyznaczonych przez elementy istniejące w terenie. Kilometraż stosowany w opisach, także w pierwszej kolumnie tabeli 9 pochodzi z „Aktualizacji koncepcji...” (Puzdrowska 2020), natomiast kilometr napisany kursywą w drugiej kolumnie tabeli pochodzi z inwentaryzacji umocnień koryta RZGW z roku 2005.

Tabela 9. Analiza profilu podłużnego wody Q10% rzeki Kaczawy dla wyznaczenia odcinków jednorodnych pod względem spadku, wraz z zestawieniem odcinków umocnień brzegowych i obwałowania

Km	Element: Km w roku 2005	Rzędna wody Q10%	Obwałowanie rzędne	Odległości cząstkowe	Spadek wody Q10%	Spadki cząstkowe	Odległości odcinków	Obustronne umocnienia brzegowe
7+337	Prochowice	101,26	103,22					
7+500	Jaz 7+570							
8+000				2000	0,00175	0,00175	2000	
9+000								
9+500	Próg Boberek	104,76	104,72					Luka 500 m
11+700				8000	0,00081	0,00081	6500	
13+790								

⁵ RZGW we Wrocławiu. Karta ewidencyjna obiektu inwentarzowego obudowy regulacyjnej rzek, Nadzór Legnica, 2005.

15+968	Bieniowice							Luka 2230 m
16+000	Jaz 16+020	109,17						
				1500	0,00139	0,00139	1500	
17+500		111,26						Luka 500 m
18+000	Wierzbiak			2500	0,00063	0,00063	2500	
20+000	rów	112,83	115,28					
20+800				1000	0,00258	0,00258	1000	
21+000		115,41	116,08					
21+296	Cieptownia							
	próg			1000	0,00014			
22+000		115,55	117,17					
22+062	Wodowskaz							
	Piątnica			500	0,00004	0,00078	2500	
22+500		115,57	116,97					
				1000	0,00080			
23+500	Ujście Czarnej	116,37	118,02				RW600020138999	
23+644	Wody						RW60002013859	
23+664	próg Legnica Piątnica							
	23+750			6500	0,00154	0,00154	6500	
25+550								
29818	Jaz Przybków							
30000	29950	126,36	128,55					
				3000	0,00205	0,00205	3000	Luka 3500 m
33000		132,51	133,91					
33477	Smokowice			500	0,00386			
33500	Jaz 33+500	134,44	136,01					
Suma długości odcinków: 25500 m								
Długość odcinków:		Sumaryczna długość odcinków z nieumocnionymi brzegami, m:						6730 m
25500 m		Procentowa długość odcinka z nieumocnionymi brzegami, %:						26,4%
Różnica wysokości:								
31,25 m								
Średni spadek:					0,00123			

W tabeli 10 podano opis jednorodnych odcinków wybranych na podstawie tabeli 9, wraz ze wskazaniem założeń dotyczących możliwości renaturyzacji odcinków według zróżnicowanego podejścia na podstawie wyrównanego średniego spadku, stopnia obwałowania i umocnienia brzegów koryta.

Tabela 10. Opis wybranych odcinków jednorodnych dla diagnozy, realizacji i monitorowania równowagi dynamicznej koryta Kaczawy oraz kierunków rewitalizacji

Odcinek km	Od do	Spadek wody Q10%	Sumaryczny przepływ cieków	Obwałowania i umocnienia brzegowe	Opis odcinka:
7+500 do 9+500	Jaz Prochowice – próg Boberek	0,00175	Kaczawa, Czarna Woda i Wierzbiak	Obwałowania 100%; umocnienia brzegów 50%	Odcinek ok. 2000 m, nadający się do analizy według równań równowagi koryt żwirowodnych i renaturyzacji w postaci bystrzy i płos
9+500 do 20+000	Próg Boberek, jaz Bieniowice do rowu powyżej ujścia potoku Wierzbiak	średnio: 0,00077 (od 0,00063 do 0,00139)	Kaczawa, Czarna Woda i Wierzbiak	Obwałowania – brak; umocnienia brzegów 38%	Odcinek nizinny ok. 8500 m, pozamiejski, naturalny, nadający się do renaturyzacji spontanicznej oraz do rozwiązania jednostkowego zatopienia progu jazu w Bieniowicach
20+000 do 21+000	Od ujścia potoku Wierzbiak do 300 m poniżej progu ujścia/zrzutu dla Ciepłowni	0,00258	Kaczawa i Czarna Woda	Obwałowania 100%, umocnienia brzegów 100%	Odcinek wyżynny 1000 m o największym spadku w rozpatrywanym obszarze, nadający się do analizy według równań równowagi koryt żwirowodnych i renaturyzacji w postaci bystrzy i płos
21+000 do 23+500	Od 300 m poniżej progu ujścia/zrzutu wody dla Ciepłowni do ujścia Czarnej Wody	średnio: 0,00078 (od 0,00004 do 0,00080)	Kaczawa i Czarna Woda	Obwałowania 100%, umocnienia brzegów 100%	Odcinek nizinny ok. 2500 m, nadający się do renaturyzacji spontanicznej wewnątrz obwałowania
RW600020138999 NAT					
RW60002013859 SZCW					
23+500 do 30+000	Od ujścia Czarnej Wody do jazu w Przybkowie	0,00154	Kaczawa	Obwałowania 100%, umocnienia brzegów 100%	Odcinek nizinny, miejski, 6500 m nadający się do renaturyzacji według „opcji pierwszego wyboru” przez uzupełnienie rumowiska dennego i substratu żwirowego poniżej progów
Do 33+000	Jaz w Przybkowie do 500 m poniżej jazu w Smokowicach	0,00205	Kaczawa	Obwałowania 100%, umocnień brzegowych brak	Odcinek ok. 3500 m, pozamiejski i naturalny nadający się do analizy według równań równowagi koryt żwirowodnych i renaturyzacji w postaci bystrzy i płos

2.3. Analiza możliwości rewitalizowania poszczególnych odcinków

Z tabeli 10 wynika, że istnieją dwa „prawie” naturalne odcinki Kaczawy nadające się do migracji, tarła i wychowania narybku. Są to:

1. **Odcinek 3500 m pomiędzy jazem w Smokowicach a jazem w Przybkowie.** Jest to interesujący, prawie naturalny odcinek bez umocnień brzegowych z szerokim rozstawem obwałowań powodziowych. Dno jest żwirowe, bez budowli poprzecznych w korycie, kształt koryta kręty, brzegi zarośnięte drzewami i krzewami. W odcinku tym zauważa się sekwencje „bytrza-plosa”, właściwe uziarnienie zapleczy koron bystrzy dla odbicia tarła ryb łososiowatych i potencjalne miejsca wychowania narybku. W tym względzie duży potencjał jako teren wychowania narybku ma młynówka o długości około 2800 m odchodząca na jazu w Przybkowie w lewo i powracająca do Kaczawy pomiędzy mostem w ulicy Władysława Grabskiego a ulicą Wodną. Według komunikacji telefonicznej dzierżawcą młynówki jest miasto Legnica, która utrzymuje w niej stały przepływ wody i grawitacyjnym ujęciem z niej zaopatruje w wodę rurociągiem tak zwany Kozi Staw, a nadmiar wody zrzuca do koryta Kaczawy przepustem wałowym. Na ujęciu wody dla Koziego Stawu jest zasuw a i krata wlotowa (ruszt o rozstawie około 25 mm)⁶. W przypadku obecności w młynówce zjawiska masowego spływu smoltów troci można byłoby zapewne dla pewności przykryć tą kratę perforowaną blachą nierdzewną o średnicy otworów Ø 10 mm, co skutecznie kierowałoby spływający narybek i smolty głównym nurtem odpływu do Kaczawy,
2. **Odcinek o długości 11500 m od 300 m poniżej progu ujęcia wody dla ciepłowni do progu przy odejściu kanału Boberek,** zaczynający się dużym spadkiem na długości około 1000 m z możliwością odtworzenia sekwencji bystrzy i plos, a następnie nizinnym odcinkiem nieuregulowanym i nie obwałowanym, nadającym się do spontanicznej rewitalizacji w postaci rzeki odtwarzającej swoją krętość. Takie ukształtowanie pozwala liczyć na tarło ryb reofilnych na odcinku o większym spadku i na możliwość wychowania narybku na odcinku nizinnym, o stosunkowo szerokim, krętym korycie i płytkich zakolach.

Pozostałe odcinki nie są obiecujące jako miejsca tarliskowe troci (łososia), w tym:

- a) **Odcinek 6500 m pomiędzy jazem w Przybkowie a ujściem Czarnej Wody,** gdzie jedyne zróżnicowania morfologiczne są związane ze starymi budowlami regulacyjnymi (stopniami) utrudniającymi migrację ryb o niewielkich wymiarach. Kilometraż ich lokalizacji pokazuje tabela 11.

Niewielki spadek koryta na tym odcinku umożliwia wykorzystanie tych budowli jako podstawy do wprowadzenia pryzm żwirowo-kamiennych, które imitować będą naturalne bystrza i jednocześnie wyrównywać profil lustra wody ponad zróżnicowaną linią nurtu. Efektem takiego utrzymania koryta będzie fragmentarycznie odtworzony historyczny profil dna, zachowany profil lustra wielkiej wody, przy umożliwionym zróżnicowaniu głębokości i prędkości nurtu oraz uziarnienia rumowiska dennego na określonej długości poniżej progu.

⁶ Pozwolenia wodnoprawne – UM Legnica, informacja ustna: stanowisko d/s rolnictwa i urzędzeń wodnych, tel. 76 721 23 45

Tabela 11. Kilometraż progów regulacyjnych na odcinku miejskim w Legnicy

Nazwa i lokalizacja progu	Kilometraż budowli według:		
	Grela i in. 2013	Puzdrowska 2020	Ewidencja NW
Próg Legnica Piątница powyżej ujścia Czarnej Wody	23+800	23+664	23+664
Próg Legnica PKP	24+400	24+494	24+494
Próg (tama kamienna niespojona)		25+782	
Próg kamienny rejon parku miejskiego w Legnicy		26+427	
Próg Legnica ul. Mostowa	27+800	27+806	27+806
Próg (tama kamienna niespojona) Legnica, ul. Chtopska		28+081	
Próg Legnica Leroy Merlin	28+300	28+331	28+331
Próg Legnica ul. Nowodworska	29+000	29+077	29+077
Próg Legnica Majątek	29+200	29+286	29+286

- b) **Odcinek 2000 m poniżej progu Boberek do jazu w Prochowicach**, który ze względu na spadek jest możliwy do analizowania i rewitalizacji według równań równowagi, ale jest stosunkowo głęboki, leży w rejonie cofki jazu w Prochowicach, charakteryzuje się małą prędkością niskiej wody; aktualnie jest najmniej przydatny do podejmowania działań renaturyzacyjnych, tym bardziej, że nawet jeśli miejsce to stanie się bardziej przydatne dla tarła ryb łososiowatych, to z pewnością nie nadaje się na miejsce wychowania narybku.

2.4. Aktualny stan Kaczawy według danych z Państwowego Monitoringu Środowiska

W tabeli 12 przedstawiono streszczenie znaczących parametrów (mających wpływ na pogorszenie jakości wody) z aktualnego monitoringu dla poszczególnych elementów jakości wód oraz ocenę stanu wód tuż powyżej rozpatrywanego odcinka (ujęcie wody dla miasta Legnica) i poniżej rozpatrywanego odcinka (poniżej jazu w Prochowicach, w ujściu do Odry).

Na długości rozpatrywanego odcinka, w trakcie jego pokonywania, woda w Kaczawie ulega pogorszeniu. Dzieje się to przez pobór wody z ujęć komunalnych i przemysłowych, zrzuty ścieków komunalnych i przemysłowych, zrzuty ścieków wód deszczowych z sieci dróg, ulic i autostrady a ponadto w wyniku sąsiedztwa rozległych upraw rolnych nad Kaczawą, a szczególnie wzdłuż jej dopływów, głównie Wierzbiaka i Czarnej Wody. Jakość wody w Kaczawie ulega pogorszeniu w kilku ważnych aspektach, z wyjątkiem roślin wodnych (makrofitów) i fizycznych własności wody. Najbardziej szkodliwym dla ryb jest wzrost zawartości azotu i fosforu, pogorszenie stanu ekologicznego, w tym fitobentosu, makrozoobentosu oraz zawartości chlorofilu a. Pogorszenie stanu ichtiofauny z biegiem rzeki

wskazuje, że przede wszystkim należy się skupiać na wykorzystaniu docelowego odcinka tarliskowego dla ryb łososiowatych na krótkim odcinku pomiędzy ujęciem wody dla miasta Legnicy a samym miastem Legnica, gdzie jakość wody i warunki morfologiczne koryta są najbardziej sprzyjające dla tarła i wychowania narybku łososiowatych.

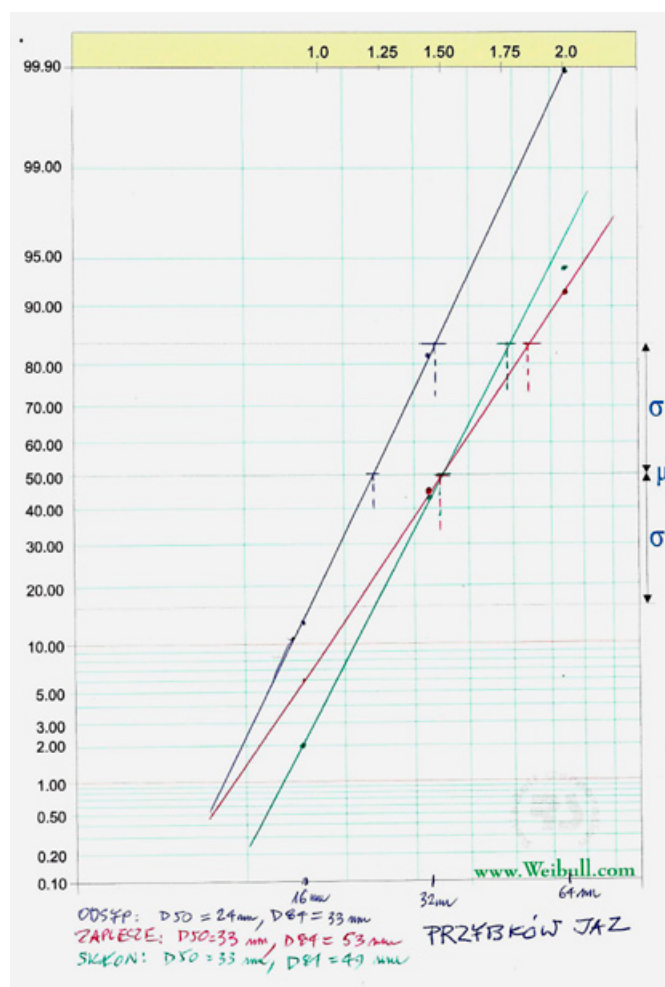
Tabela 12. Znaczące parametry jakości wody

Parametr:	RW60002013859 Kaczawa, ujęcie wody dla miasta Legnica		RW600020138999 Kaczawa, ujęcie do rzeki Odry	
	Wielkość (rok)	Klasa	Wielkość (rok)	Klasa
Chlorofil a			[2019]	5
Fitobentos:	0,46 [2019]	2	0,36 [2019]	3
Makrofity:	[2017]	3	[2016]	3
Makro bezkręgowce bentosowe	[2017]	3	0,346 [2019]	4
Ichtyofauna:	[2019]	1	2017	2
Obserwacje hydromorfologiczne	HIR/LHS PL 0,572 Wk [2017] 0,6	1	HIR/LHS PL 0,7 Wk [2017] 0,6	2
Zawiesina ogólna	[2019]	>2		
BZT ₅	2,2 [2019]	>2	2,7 [2019]	2
Przewodność	412 [2019]	2	483 [2019]	2
Substancje rozpuszczone	298 [2019]	2	341 [2019]	2
Siarczany	[2017]	2		
Chlorki	[2017]	2		
Magnez	[2017]	2		
Azot amonowy	0,034 [2019]	1	0,412 [2019]	2
Azot Kjeldahla	0,5 [2019]	1	1,1 [2019]	2
Azot azotanowy	3,29 [2019]	2	2,57 [2019]	2
Azot azotynowy	0,0218 [2019]	2	0,0584 [2019]	>2
Azot ogólny	3,83 [2019]	2	3,72 [2019]	2
Fosfor fosforanowy	0,07 [2019]	2	0,08 [2019]	2
Fosfor ogólny	0,12 [2019]	1	0,16 [2019]	2
Stan/potencjał ekologiczny:	Umiarkowany	3	Staby	4
Stan chemiczny	Poniżej dobrego		Poniżej dobrego	

3. POMIARY UZIARNIENIA PRZYPÓWIERZCHNIOWEJ WARSTWY ŻWIRU W KORYCIE⁷

3.1. Pomiary poniżej jazu w Przybkowie, 2020-10-04

Dla celów obliczania przepustowości przekrojów koryta, jego równowagi dynamicznej oraz dla oceny szkód wyrządzonych długoletnim uregulowaniem rzeki konieczne jest wykonanie serii pomiarów uziarnienia dna koryta według normy ISO 9195:1992(E), jak dla próbek zbieranych ilościowych (stu elementowych), celem określenia dystrybuanty średnic uziarnienia dna.



Pierwsze takie określenie, dla rejonu poniżej jazu w Przybkowie, dokonano w rejonie łachy poniżej jazu oraz zaplecza i skłonu bystrza poniżej jazu (2020-10-04). Roboczy rysunek przedstawia praktyczne (punkty) i teoretyczne (linie proste) dystrybuanty uziarnień wrysowane na siatce logarytmiczno-normalnej. Punkty zbliżone są do prostych, a więc można uznać, że rozkład uziarnienia jest log-normalny, a z przebiegu prostych można odczytać dowolne percentyle uziarnienia.

Ryc. 1. Praktyczne (punkty) i teoretyczne (linie proste) dystrybuanty uziarnień wrysowane na siatce logarytmiczno-normalnej dla jazu w Przybkowie

⁷ Według Jeleński J., Wyźga B. 2016. Możliwe techniczne i biologiczne interwencje w utrzymaniu rzek górskich. Stowarzyszenie Ab Ovo, Kraków.

Na rysunku (ryc. 1) opisano mediany uziarnienia (D50) oraz 84-ty percentyl dystrybucji uziarnienia (D84) konieczne do rozwiązania równań równowagi koryta. Można także odczytać percentyl D80 potrzebny do określenia prędkości nierozmywających gruntów niespoistych przy korzystaniu z tablic Załącznika 1 rozporządzenia drogowo-mostowego (Dz.U. 2000 nr 63 poz. 735). W realizacji robót rewitalizacyjnych dystrybucja uziarnienia ułatwia dobór proporcji frakcji potrzebnego żwiru, lub do oceny „dopasowania” żwiru niesortowanego w interwencjach inżynierskich.

W przypadku odcinka poniżej jazu w Przybkowie można na podstawie pomierzonych parametrów:

- uziarnienie łachy: D50 = 0,024 m, D84 = 0,033 m,
- uziarnienie zaplecza bystrza: D50 = 0,033 m, D84 = 0,053 m,
- uziarnienie skłonu bystrza: D50 = 0,033 m, D84 = 0,049 m

przeprowadzić wnioskowanie, które potwierdza wyrównane uziarnienie zaplecza i skłonu bystrza wskazujące na długotrwały efekt wymiatania drobnych frakcji żwirowych poniżej przegród poprzecznych koryta (Smokowice i Przybków) skutecznie ograniczających zrównoważony transport rumowiska wzdłuż koryta. Zdecydowanie drobniejsze uziarnienie odsypu, które powinno zająć miejsce na zapleczu bystrza – żeby być przydatnym dla odbycia tarła ryb łososiowatych – nie może się tam znaleźć zapewne przez zbyt wyrównany spadek dna koryta poniżej jazu, czyli ze względu na brak właściwie ukształtowanej (wyniesionej) korony bystrza.

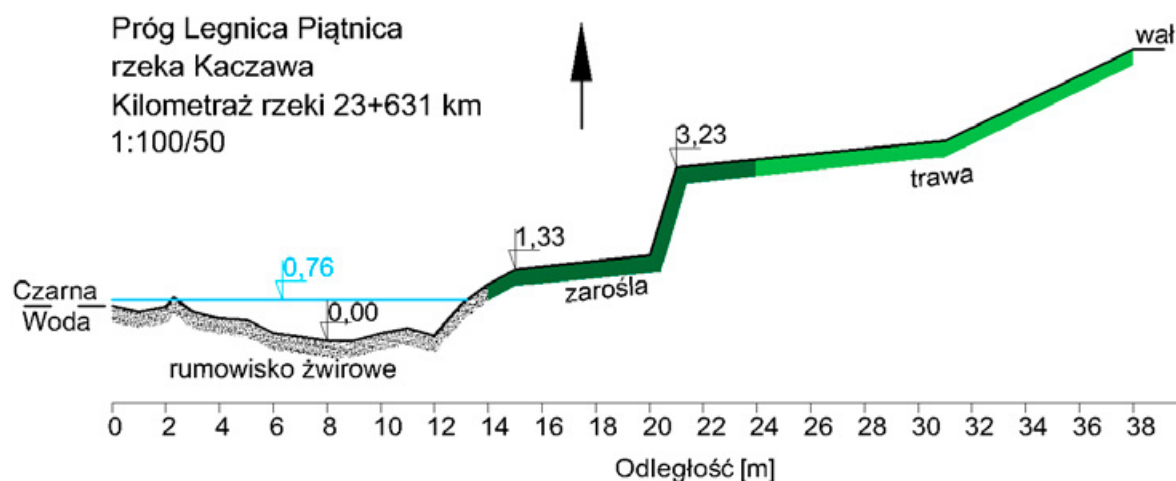


Fot. 1. Żwir łachy tuż poniżej jazu w Przybkowie (fot. Grzegorz Marcinów)

3.2. Uziarnienie łachy w przekroju w km 20+586, 2020-12-05

Na odcinku o największym spadku lustra wody (km 20+000 do km 21+000, powyżej ujścia potoku Wierzbiak w górę rzeki aż do 300 m poniżej progu ujęcia/zrzutu dla ciepłowni) wykonano przekrój powyżej mostu w ulicy Pątnowskiej w km 20+586. Przekrój ten wybrano w miejscu płytkim, w którym pomimo wysokiego stanu wody udało się pobrać próbkę żwiru z łachy przypominającej zaplecze bystrza. Określono uziarnienie, celem porównania z uziarnieniem równowagi przy rozwiązywaniu równań Hey'a-Thorne'a:

- D50 = 27 mm, D84 = 40 mm.



Ryc. 2. Żwir łachy tuż poniżej stopnia w Piątnicy, na ujściu rzeki Czarna Woda
(fot. i rys. Grzegorz Marcinów)

3.3. Uziarnienie łachy bocznej w ujściu Czarnej Wody do Kaczawy, poniżej progu Piątnica, km 23+664, 2020-12-19

W miejscu połączenia nurtów Czarnej Wody i Kaczawy jest naturalna łacha boczna, której uziarnienie pomimo wysokiego stanu wody w Czarnej Wodzie mogło zostać pomierzone (ryc. 2). Pomiary podzielono na część doprądową łachy i na część zaprądową łachy. Wyniki określające parametry dystrybuanty uziarnienia są następujące:

- część doprądowa łachy: D50 = 32 mm; D84 = 45 mm,
- część zaprądowa łachy: D50 = 14 mm; D84 = 20 mm.

i reprezentują parametry rumowiska żwirowego erodowanego podczas wezbrań w Kaczawie, głównie z dna koryta na terenie miasta. W ujściu Czarnej Wody mają one charakter dynamiczny (częściowo rozluźniony).



fol. archiwum WWF / K. Cieżak

4. ANALIZA MOŻLIWOŚCI POZYSKANIA ŻWIRU I RUMOWISKA Z LOKALNYCH ŹRÓDEŁ

Poniżej przeanalizowano lokalne źródła materiałów koniecznych do wykonania interwencji inżynierskich opisanych w przedmiotowym opracowaniu.

Żwir z piaskowni w Szczytnikach

Piaskownia w Szczytnikach pomiędzy Legnicą a Prochowicami (KSM Szczytniki – Górażdże Kruszywa) oferuje wydobywane na mokro: przede wszystkim piasek 0/2 mm, oraz naturalne, nieprzekruszone frakcje drobnego żwiru: 2/8, 2/16, 8/16, 0/16 mm. Uzyskano grzecznościowo wyniki (ZKP Górażdże Kruszywa) określenia uziarnienia materiału w złożu oraz składu petrograficznego ziaren żwirowych we frakcjach wydobytych i przesortowanych do sprzedaży. Do celów ewentualnych zastosowań w niniejszym raporcie istotne jest uziarnienie w złożu, które zapewne odpowiada uziarnieniu teras zalewowych Kaczawy na odcinku poniżej Legnicy. W przybliżeniu około 50% materiału w złożu stanowią piaski do 2 mm oraz żwir drobny 2/16 mm w ilości 40%, z małą domieszką żwiru średniego 16/31 mm, około 10%. Wskazuje to na potrzebę poszukiwania w okolicy gruboziarnistego żwiru potrzebnego do interwencji inżynierskich w korycie, gdyż materiał erodowany spod teras zalewowych będzie zapewne w większości materiałem piaszczystym.

W składzie petrograficznym przeważają kwarc, agregaty skaleniowo kwarcowe i skalenie (łącznie około 74,1%), skały magmowe (granitoidy i porfir, 11,5%), różne skały metamorficzne (10,6%) i niewielka ilość skał osadowych (3,8%).

Żwirownia koło Złotoryi, ok. 21 km od centrum Legnicy

„Żwirownia Złotoryja” – produkcja ruszy w roku 2021 (kopalnia w trakcie otwierania). Kopalnia będzie wyposażona w przesiewacz frakcji żwirowych, co umożliwi pozyskanie materiału o dowolnym pożądanym składzie ziarnowym, ale ilość ziaren o średnicy powyżej 16 mm jest znikoma, a ilość piasku w złożu stanowi więcej niż połowę (50 do 60%). Wydobyć ze złoża suchego, zlokalizowanego w sąsiedztwie Złotoryi. Odległość od centrum Legnicy – ok. 21 km.

Po otwarciu złoża można poprosić, aby wszelkie nadziarno powyżej 16 mm było gromadzone na potrzeby rewitalizacyjne Kaczawy. Brak frakcji 16/100 mm w otworach badawczych nie musi świadczyć o tym, że niewielkie ilości tej frakcji nie będą znajdowały się

w nieopróbkowanych fragmentach złoża. Jest ono preferowane ze względu na pochodzenie żwiru (dolina Kaczawy) oraz na bliską odległość do miejsca zastosowania, a więc każde, nawet najmniejsze ilości asortymentu 16/100 mm powinny być użyte do rewitalizacji Kaczawy.

Kontakt do żwirowni: tel. 796 374 069, p. Renata Kijanka

Mietków, ok. 62 km od centrum Legnicy, KSM Rakowice, ok. 52 km od Legnicy

Żwirownie w Mietkowie (Eurowia) i w Rakowicach (Góraždze) posiadają frakcję żwirową 16/32, ale jest to materiał częściowo przekruszony, więc o mniejszej przydatności do zastosowań rewitalizacyjnych. Oprócz tego posiadają otoczaki ozdobne o granulacji powyżej 63 mm, ale materiał ten jest stosunkowo drogi, a ponadto zlokalizowany daleko od Legnicy. W przypadku zapotrzebowania na niewielkie ilości tego materiału można umówić się ze żwirownią w Szczytnikach, że materiał z Rakowic będzie tam gromadzony w ramach wykorzystania pustych kursów powrotnych firmy (Góraždze) i odbierany bezpośrednio na miejscu, w Szczytnikach.

Kopalnia Graniczna, ok. 35 km od centrum Legnicy

Kopalnia eksploatuje złożę granitu strzegomskiego i produkuje następujące frakcje materiału kruszonego, mogącego mieć zastosowanie w interwencjach inżynierskich:

- kamień łamany 0/300 do robót hydrotechnicznych,
- kruszywo granitowe 0/32, 0/64, o uziarnieniu ciągłym, odpowiadającym uziarnieniu podbudów drogowych.

Uziarnienie materiału do robót hydrotechnicznych może być przydatne dla formowania skłonów bystrzy odpornych na rozmywanie w warunkach spotykanych w Kaczawie. Jednocześnie materiał granitowy, nieobcy w lokalnych żwirach, jest stosunkowo łatwo polerowalny, a rumowisko granitowe podczas swego przemieszczania się w korycie szybko uzyskuje zaokrąglenie ostrych krawędzi poszczególnych ziaren i staje się nieodróżnialne od kształtu i funkcji oryginalnego materiału żwirowego. Parametry materiału z Granicznej do stosowania w obliczeniach to:

- $D_2 = 0,002$ m
- $D_{28} = 0,032$ m
- mediana $D_{50} = 0,077$ m
- $D_{80} = 0,125$ m
- $D_{84} = 0,150$ m
- $D_{90} = 0,178$ m
- $D_{99,9} = 0,250$ m

Dane kopalni: ul. Graniczna 15, 58-152 Goczałków; kruszywa@eurovia.pl;
tel.: +48 515 126 589; tel. +48 74 855 11 41; fax. +48 74 855 12 01

Fer-Granit – wydobywanie i przerób granitu, ok. 33 km od centrum Legnicy

Zakład posiada granit strzegomski o żółtym ubarwieniu, uważanym za objaw trwających procesów wietrzenia granitu i częściowej utraty wytrzymałości na ściskanie. Przez to surowiec, który jest poszukiwany ze względu na bardziej estetyczne ubarwienie, jest równocześnie łatwiejszy w obróbce, a więc także łatwiej polerujący się przy transportowaniu wodą. Jest tańszy niż materiał tych samych frakcji z kopalni Graniczna, a zakład jest położony o kilka kilometrów bliżej Legnicy. Posiada następujące frakcje kruszywa nadające się do uzupełnienia zbyt drobnych materiałów żwirowych, a także do zaklinowania grubego rumoszu granitowego podczas zagęszczania płytą wibracyjną lub walcem drogowym:

- piasek granitowy 0/8 mm,
- kruszywo 8/32 ,
- kruszywo 32/64.

Dane zakładu: ul. Wczasowa 58-150, 58-152 Rogoźnica, tel.: 74 855 91 51



fot. archiwum WWF / K. Cieżak

5. ANALIZA WYBRANYCH ODCINKÓW I ICH PLANOWANA REWITALIZACJA

5.1. Odcinek tarliskowy i wychowania narybku: jaz Przybków, km 29+950 do jazu w Smokowicach, km 33 +500

Na tym odcinku pomierzono parametry przekrojów w dwóch zidentyfikowanych na mapie geoportalu miejscach wskazujących na istnienie w korycie wypłyceń podobnych do koron bystrzy. Tabela 13 przedstawia określenie typu koryta według klasyfikacji Rosgena, według (Jeleński, Wyżga 2016):

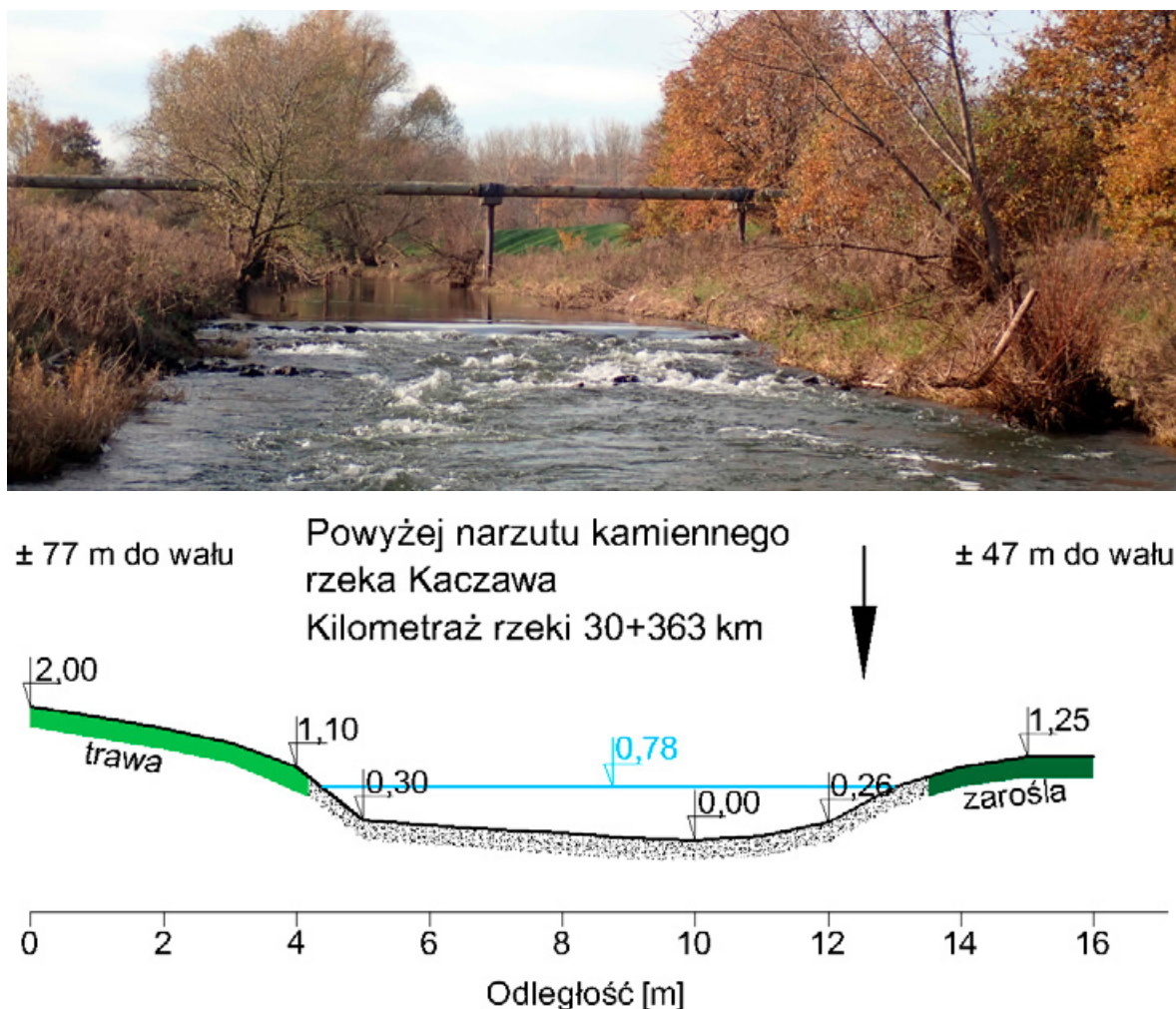
Tabela 13. Klasyfikacja przekrojów P06 i P07

Numer i kilometraż przekroju (i dalsze uszczegółowienie)	Spadek koryta S	Współczynnik krętości p	Szerokość lustra wody brzegowej W [m]	Średnia głębokość wody brzegowej d [m]	Głębokość nurtu wody brzegowej d _{max} [m]	Wskaźnik kształtu koryta W/d _{max}	Wskaźnik wcięcia cieku*	Typ koryta wg Rosgena
P06 30+363 – powyżej narzutu kamiennego na przejściu wodociągowym 2×500 mm	0,00205	1,22	11,40	0,85	1,25	9,1<12	12,3>2,2	Typ E z wyjątkiem p < 1,5
P07 30+743 – powyżej przejścia kablowego pod dnem Kaczawy			16,50	0,97	1,35	12,2>12	7,2>2,2	

*Wskaźnik wcięcia cieku – iloraz szerokości zalewu SZ do szerokości pełnokorytowej W.

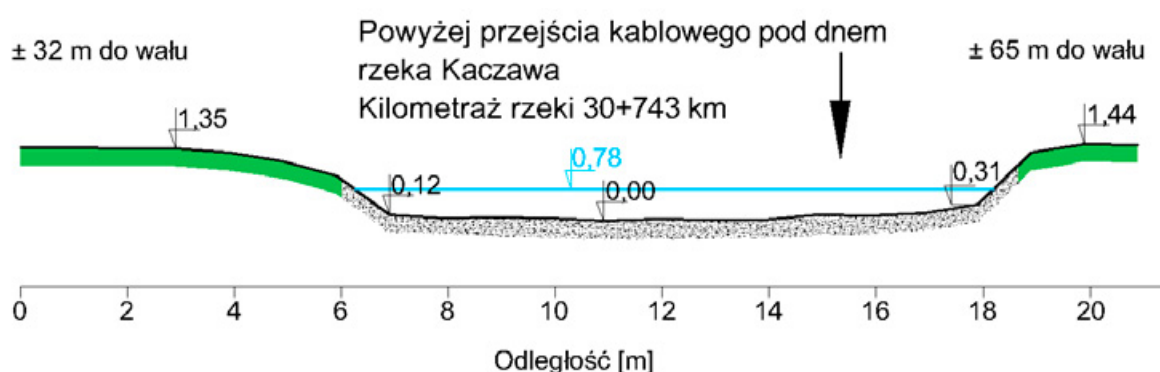
Według analizy koryto można zaliczyć do **typu E** według typologii Rosgena, z wyjątkiem parametru krętości koryta, które jest mniejsze od 1,5, a więc koryto zostało kiedyś nieco wyprostowane i utraciło kształt meandrujący (p > 1,5) będąc przekształconym do stanu krętego (p = 1,22). Według opisu i uwag dotyczących relatywnej stabilności koryt **typ E** jest

scharakteryzowany jako: „Rzeki o łagodnym spadku, meandrujące (w przypadku Kaczawy – kręte) w sekwencji bystrze-płoso o niskim wskaźniku W/d_{max} i niewielkiej depozycji. Bardzo sprawne i stabilne”. Charakterystyczne otoczenie rzeki to: „Szerokie doliny/ląki. Aluwia z terasami zalewowymi. Bardzo kręte, ze stabilnymi, dobrze zarośniętymi brzegami”.



Ryc. 3. Przekrój w koronie bystrza P06 (fot. i rys. Grzegorz Marcinów)

Na mapach zagrożenia powodzią Q10% (M33033Ac4_ZG_10 i M33033Ad3_ZG_10) widać stosunkowo łagodnie kręte koryto w stosunkowo szerokim międzywału. Poziom wody Q10% jest 1 do 2 m poniżej korony obwałowania i rozlewa się w międzywału na głębokości do 2 m, gdzieśniedzie nawet do 4 m.



Ryc. 4. Przekrój w koronie bystrza P07 (fot. i rys. Grzegorz Marcinów)

W dalszej części następują obliczenia pojemności koryt:

Tabela 14. Pojemności koryta w przekrojach P06 i P07

Parametr:	s	W	A	d	Oz	n	R	V	QB	ω
P06 30+363	0,00205	11,40	9,70	0,85	11,9	0,030	0,82	1,32	13	23
P07 30+743	0,00205	16,50	16,00	0,97	17,2	0,030	0,93	1,44	23	28

A – powierzchnia przekroju, **Oz** – obwód zwilżony przekroju, **n** – współczynniki szorstkości, **R** – promień hydrauliczny, **V** – prędkość średnia w przekroju, **Q_B** – Przepływ brzegowy, **ω** – jednostkowa moc strumienia w przekroju.

Jak widać z tabeli 14 obliczone przepływy pełnokorytowe są o wielkości 20 do 38% przepływu średniej wielkiej wody $SWQ = 61 \text{ m}^3/\text{s}$ w przekroju wodowskazu Dunino. Niewielkie przepływy pełnokorytowe i szerokie, płaskie międzywale są bardzo korzystne dla ograniczenia jednostkowej mocy strumienia w korycie, sprzyjających zachowaniu podłoża żwirowego w zapleczu i na skłonie pomierzonych bystrzy w przekrojach P06 i P07.

Tabela 15 przedstawia rozwiązania równań równowagi Hey'a-Thorne'a dla omawianych przepływów pełnokorytowych według (Jeleński, Wyżga 2016).

Tabela 15. Wyniki rozwiązania dwóch serii równań Hey'a-Thorne'a dla przekrojów P06 i P07

Dane:		Wyniki obliczeń dla 1 do 5% zarośli (lub co najmniej 1 do 5% brzegów umocnionych)													
QB	Qs	D50	D84	W	W _{bystrza}	W _{płosa}	d	d _{bystrza}	d _{płosa}	d _{max}	d _{max} ^b	d _{max} ^{pl}	z	s	3
13	1	0,016	0,028	12,0	12,4	11,6	0,90	0,85	0,94	1,46	1,33	1,59	76	0,00208	22
23	1	0,016	0,040	16,0	16,5	15,4	1,11	1,05	1,16	2,03	1,85	2,21	101	0,00219	31

Rozwiązaniem dwóch serii równań jest obliczenie parametrów uziarnienia rumowiska dennego w rozpatrywanych przekrojach, do zastosowania przy pracach rekultywacyjnych, na przykład w postaci dostarczania żwiru do koryta Kaczawy w Smokowicach celem zasilenia dostaw rumowiska dennego Kaczawy. Uziarnienie dostarczanego żwiru powinno być o frakcji 2/64 mm. Jest też możliwe dostarczanie żwiru o drobniejszym uziarnieniu (0/32 mm) pod warunkiem korygowania wysokości koron i skłonów bystrzy przez zasypywanie głębszych wybojów w płaszczyznach bystrzy i poniżej nich rumoszem granitowym 0/300 z kopalni w Granicznej.

Warto zauważyć, że szerokości koryta odpowiadają pomierzonym w terenie, ale wynikająca z tych szerokości koryta odległość pomiędzy koronami bystrzy *z* jest mniej więcej trzykrotnie mniejsza od średniej pomierzonej na mapie odległości pomiędzy punktami przegięcia linii nurtu w planie. Jest to następny wskaźnik pozwalający sądzić o sztucznym skróceniu meandrów Kaczawy przed laty, oraz wskazujący na potrzebę pozwolenia rzece na swobodniejsze kształtowanie koryta w międzywalu. Obecnie zbyt duża odległość pomiędzy koronami bystrzy może być powodem, że korony bystrzy nie są odpowiednio „podparte” przez następujące po nich zbyt daleko występujące kolejne zbyt niskie korony. Prędkości średnie poniżej 1,5 m/s w pełnych przekrojach sugerują, że skłony mogłyby być korygowane (podwyższane i wydłużane w niewielkim zakresie) rumoszem granitowym D80 = 40 mm, czyli materiałem 8/64 mm z Rogoźnicy lub 0/64 z Granicznej.

5.2. Odcinek miejski: od ujścia Czarnej Wody 23+500 do jazu w Przybkowie

Na tym odcinku występują niewysokie budowle poprzeczne składające się najczęściej ze stopnia, basenu wypadowego z umocnionym dnem i z gurtem dennym, który zazwyczaj z kolei jest wyeksponowany ponad dno koryta, ze względu na wieloletnią erozję postępującą pomiędzy budowlami poprzecznymi. W miejsce wyerodowanego materiału brak jest uzupełnienia rumowiska z wyższej części zlewni – ze względu na serię przegród w korycie, oraz umocnienia brzegowe w mieście, a także zarośnięte brzegi Kaczawy na odcinku z nie umocnionymi brzegami (Smokowice – Przybków), uniemożliwiające pozyskanie rumowiska z pod teras zalewowych. Spadek koryta w mieście jest niewielki, wynosi zazwyczaj około 0,002 m/m (około 2‰). W takich warunkach celem uzupełnienia rumowiska den-

nego należałoby wyszukać istniejące zróżnicowanie morfologiczne dna koryta, które pozwoliłoby w sposób mechaniczny zatrzymać przyzmę dostarczonego żwiru na całkowicie wygładzonym żwirowym dnie, jakie się obserwuje na odcinku miejskim, szczególnie w korycie poniżej jazu w Przybkowie, tak jak w każdej innej rzece o uregulowanym korycie, umocnionych obydwu brzegach i braku stałych dostaw transportowanego rumowiska.



Fot. 2. Widok ogólny stopnia „Majątek” w km 29+286, przekroje P03, P04 i P05
(fot. Grzegorz Marcinów)



Fot. 3. Dwudzielne przekroje P03, P04 i P05 (fot. Grzegorz Marcinów)

Celem przeanalizowania dynamiki przepływu przez budowle poprzeczne wykonano trzy przekroje poprzeczne koryta, przez stopień w km 29+286 (próg Majątek), gurt dennej basenu wypadowego i 21 m poniżej tego gurtu. Przekroje okazały się dwudzielne – czyli składały się z niższej części, przeznaczonej do niskich stanów wód i niewielkich do średnich wezbrań oraz szerszych i wyższych, prowadzących większe wezbrania. Te dwudzielne koryta będą po szerokiej i płaskiej dolinie ograniczonej bulwami i obwałowaniami na całym przebiegu przez miasto. Poniżej klasyfikacja typu koryta i obliczenia przepustowości przekrojów w rejonie wybranego do analizy stopnia w km 29+286 (próg Majątek). Typologii (oraz pozostałych obliczeń) dokonano dla:

- dolnej części przekrojów dwudzielnych,
- całego, dwudzielnego koryta wyciętego w równinie zalewowej, jako przekroju pełnokorytowego bez względu na proporcje koryta dwudzielnego.

Tabela 16. Przekroje dolnego koryta w przekroju dwudzielnym

Numer i kilometraż przekroju (i dalsze uszczegółowienie)	Spadek koryta S	Współczynnik krętości p	Szerokość lustra wody brzegowej W [m]	Średnia głębokość wody brzegowej d [m]	Głębokość nurtu wody brzegowej d _{max} [m]	Wskaźnik kształtu koryta W/d _{max}	Wskaźnik wcięcia cieku SZ/W	Typ koryta wg Rosgena
P03 29+286 Próg Majątek	0,00180	1,06	15,90	1,18	1,62	9,8<12	2,1<2,2	Podobne do Typu B z wyjątkiem małego spadku i niskiego wskaźnika kształtu koryta
P04 29+275 Gurt poniżej progu			16,70	1,54	2,02	8,3<12	1,9<2,2	
P05 29+254 Poniżej budowli, dno kamienisto-żwirowe			17,70	1,69	2,68	6,6<12	1,8<2,2	

Tabela 17. Przekroje dwudzielne jako pełnokorytowe

Numer i kilometraż przekroju (i dalsze uszczegółowienie)	Spadek koryta S	Współczynnik krętości p	Szerokość lustra wody brzegowej W [m]	Średnia głębokość wody brzegowej d [m]	Głębokość nurtu wody brzegowej d _{max} [m]	Wskaźnik kształtu koryta W/d _{max}	Wskaźnik wcięcia cieku SZ/W	Typ koryta wg Rosgena
P03 29+286 Próg Majątek	0,00180	1,06	33,80	2,51	3,93	8,6<12	4,6>2,2	Typ E z wyjątkiem p < 1,5
P04 29+275 Gurt poniżej progu			32,50	2,29	3,78	8,6<12	4,8>2,2	
P05 29+254 Poniżej budowli, dno kamienisto-żwirowe			32,50	2,29	4,34	7,5<12	5,0>2,2	

Pod uwagę wzięto pierwszy stopień na odcinku miejskim w km 29+286, gdzie wykonano przekroje poprzeczne w trzech miejscach:

- wzdłuż korony stopnia,
- wzdłuż korony gurtu basenu wypadowego, oraz
- 21 m poniżej gurtu basenu wypadowego.

Wyniki typologii koryt za pomocą pomierzonych parametrów zawierają tabele 16 i 17.

Klasyfikacja koryta wskazuje na stopień jego przekształcenia w procesie regulacji i późniejszego wcinania się koryta w dno doliny poniżej licznych przegród Kaczawy w jej górnym biegu. Klasyfikacja dolnej części przekrojów dwudzielnych wskazuje na zbyt głębokie koryto w wąskiej dolinie podobnej do wciosowej (V), typ podobny do B – z wyjątkiem relatywnie małego spadku i niskiego wskaźnika kształtu koryta. Proporcje całego przekroju odpowiadają typowi E koryta, o szerokości podobnej zapewne do oryginalnej przed regulacją, z wyjątkiem tego, że współczynnik krętości koryta wskazuje zamiast dawniejszego kształtu meandrującego, obecny prosty kształt koryta. Koryta **typu B** opisywane są jako: „Koryta umiarkowanie wcięte o umiarkowanym spadku z przewagą bystrzy w profilu podłużnym i rzadkimi przegłębieniami. Bardzo stabilny plan i profil podłużny. Stabilne brzegi”.

Parametry pełnych przekrojów dwudzielnych wskazują na **Typ E**, z wyjątkiem parametru krętości koryta, które jest mniejsze od 1,1, a więc koryto zostało kiedyś znacząco wyprostowane i utraciło kształt meandrujący ($p > 1,5$) na rzecz kształtu prostego ($p = 1,06$).

Korzystając z map zagrożenia powodzią Q10% (M33033Ad3_ZG_10 i M33033Ad1_ZG_10) warto zauważyć, że na wielu odcinkach miejskich przepływy Q10% skoncentrowane są w szerokim korycie Kaczawy z niewielkimi i płytkimi wylewami do międzywala. Dotyczy to praktycznie całości miejskiego odcinka od mostu w ulicy Nowogrodzkiej do ujścia Czarnej Wody, a więc także wszystkich budowli poprzecznych tam zlokalizowanych. Przykładowe procedury i sposoby rozwiązań przyjętych dla stopnia w km 29+286 można więc uznać za typowe i właściwe dla wszystkich budowli poprzecznych w mieście.

Tabela 18. Pojemności koryta nad stopniem i poniżej stopnia w km 29+286

Parametr:	s	W	A	d	Oz	n	R	V	QB	ω
Typ B (dolny w dwudzielnym)										
P03 29+286	0,00180	15,90	18,80	1,18	16,8	0,030	1,12	1,52	29	32
P04 29+285	0,00180	16,70	25,80	1,54	17,8	0,030	1,45	1,81	47	49
P05 29+254	0,00180	17,70	29,90	1,69	18,9	0,030	1,58	1,92	57	57
Dwudzielny Typ E										
P03 29+286	0,00180	33,80	84,70	2,51	35,7	0,030	2,37	2,52	213	111
P04 29+285	0,00180	32,50	74,40	2,29	34,4	0,030	2,16	2,37	176	96
P05 29+254	0,00180	32,50	74,50	2,29	34,4	0,030	2,17	2,37	176	96

Porównując do przepływów charakterystycznych dla wodowskazu Dunino tabele nr 6-8 można wskazać, że przepływy pełnokorytowe dolnej części koryta dwudzielnego są o wielkości poniżej $SWQ = 61 \text{ m}^3/\text{s}$, a przepływy pełnokorytowe dla całości dwudzielnego koryta są większe niż przepływ $Q_{10\%} = 123 \text{ m}^3/\text{s}$. Oznacza to, że dla często transportowanego rumowiska przepływy charakterystyczne powinny być rzędu $Q_{ME}^8 \sim Q_{50\%}^9 \sim SWQ^{10}$, natomiast dla rumowiska nierozmywalnego, mogącego stanowić „podparcie” dla okresowo wlezonego rumowiska powinny być nie wyższe niż wyliczone dla całych dwudzielných przekrojów pełnokorytowych.

W tabeli 19 przedstawiony jest wynik symulacji rozwiązania równań równowagi Hey’a-Thorne’a dla określenia uziarnienia rumowiska wlezonego przy przepływie $SWQ = 61 \text{ m}^3/\text{s}$ w warunkach miejskich Kaczawy.

Tabela 19. Wyniki rozwiązania serii równań Hey’a-Thorne’a dla przepływu $SWQ = 61 \text{ m}^3/\text{s}$

Dane:				Wyniki obliczeń dla 5 do 50% zarośli (lub co najmniej 5 do 50% brzegów umocnionych)											
QB	Qs	D50	D84	W	W _{bystrza}	W _{płosa}	d	d _{bystrza}	d _{płosa}	d _{max}	d _{max} ^b	d _{max} ^{pl}	z	s	3
61	1	0,016	0,064	21,3	22,0	20,6	1,59	1,51	1,66	3,40	3,10	3,70	135	0,00214	60

Materiał kamienno-żwirowy przeznaczony na rumowisko wlezione do dostarczania do koryta Kaczawy w mieście musiałby być nieco drobniejszy niż uziarnienie graniczne równowagi i odpowiadać następującym proporcjom:

- żwir z kopalni Szczytniki lub ze Złotoryi 2/16 mm – 50%
- żwir z Rakowic lub Mietkowa 16/64 mm – 50% lub zamiennie
- kruszywo granitowe z Rogoźnicy 8/32 mm i 32/64 w proporcji 1 do 1 – 50%

Natomiast korzystając z tabeli prędkości nierozmywających według rozporządzenia drogowo-mostowego¹¹ można określić prędkość nierozmywającą dla gruntów ziarnistych o ciągłym uziarnieniu, określając ich uziarnienie charakterystyczne jako D80.

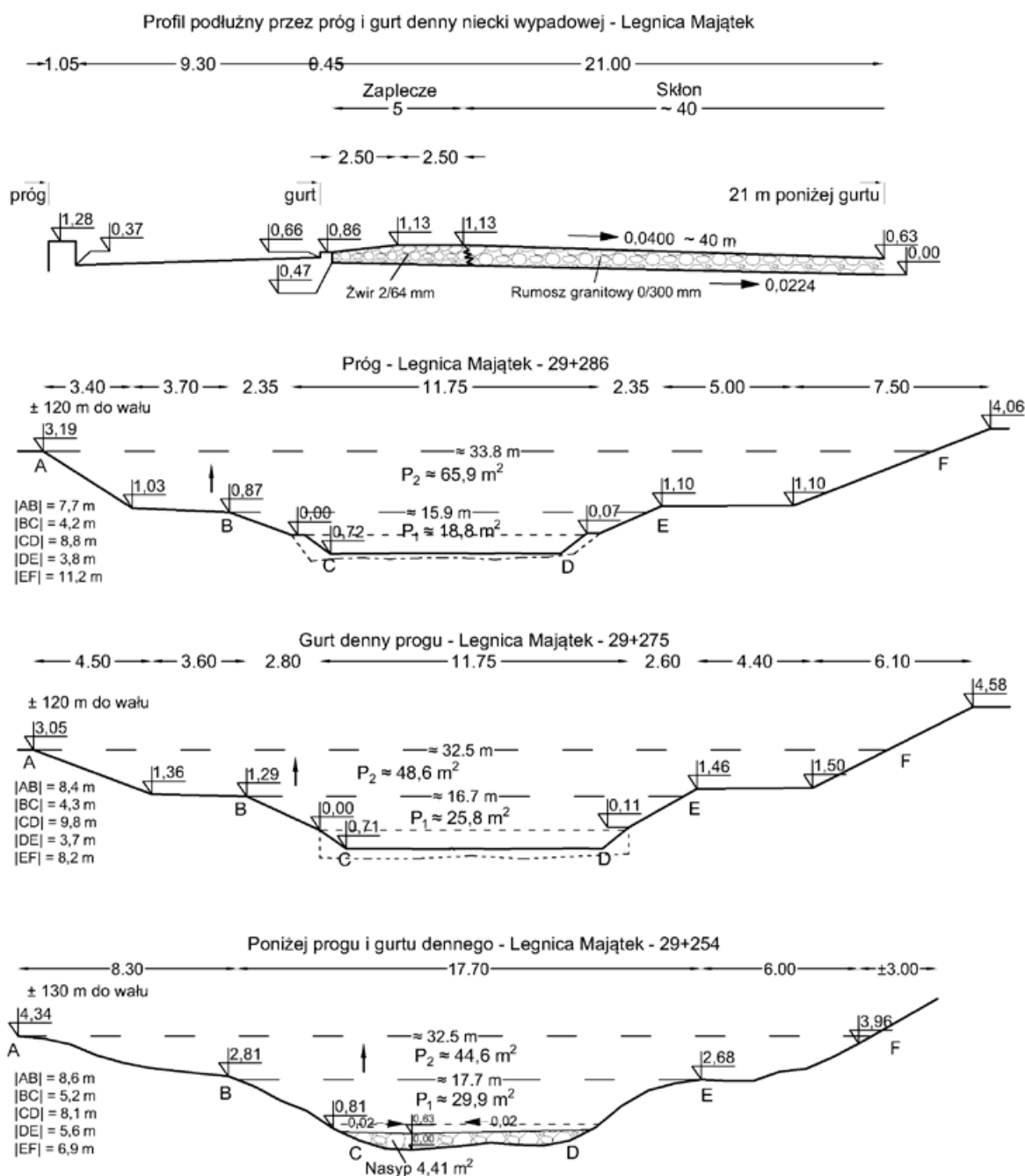
W pełnych przekrojach dwudzielných dla $D80 = 100 \text{ mm}$ i głębokości strumienia 1 m prędkość nierozmywająca wynosiłaby 2,7 m/s, a przy głębokości strumienia 2-3,1 m/s. Na przykład rumosz granitowy do robót hydrotechnicznych o ciągłym uziarnieniu 0/300 mm z kopalni Graniczna odpowiada powyższemu wymaganiem, jego średnica D80 wynosi bowiem 125 mm. Tak więc materiał ten jest przydatny do formowania w mieście sztucznych urozmaiceń morfologii dna koryta, na przykład sztucznych skłonów bystrzy podtrzymujących zaplecza, które formowane mogłyby być ze znacznie drobniejszego wlezonego materiału żwirowego. Przy wykonywaniu tego typu nasypów w korycie wstępne wypełnienie zapleczy dokonuje się materiałem dostarczonym z kamieniołomów/żwirowni.

8 Q_{ME} – Mediana dystrybucji wielkich wód rocznych

9 $Q_{50\%}$ – Wielka Woda o powtarzalności 2 letniej

10 SWQ – Średnia Wielka Woda z dystrybucji wielkich wód rocznych

11 Załącznik 1, Dz.U. 2000 nr 63 poz. 735.



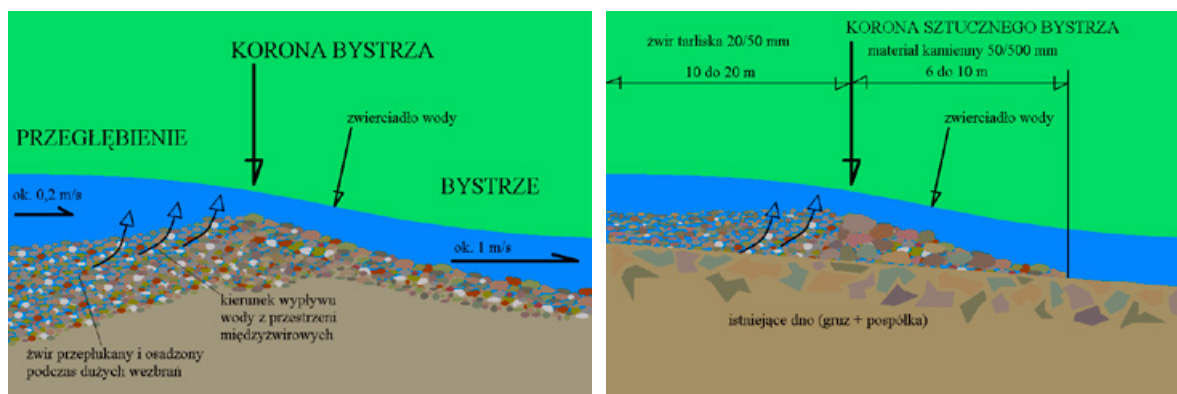
Ryc. 5. Profil podłużny i przekroje poprzeczne interwencji inżynierskiej na progu Majątek
(rys. Grzegorz Marcinów)

Na rycinie 5 pokazano profil podłużny Kaczawy, gdzie:

- kilometrą przekrojów odnosi się do osi koryta Kaczawy,
- rzędne dna określone są do najgłębszych punktów w przekrojach, a więc dotyczą linii nurtu (thalweg) dla tego odcinka koryta.

Mimo że profil wezbranych wód wynosi zaledwie 0,0018 m/m, to okazuje się, że poniżej gurtu dennego profil dna jest o spadku 0,0224 m/m, czyli jedenastokrotnie większym od profilu koryta, a zarówno powyżej progu jak i poniżej gurtu dno jest wyraźnie wyerodowane, co widać także na zdjęciu (fot. 2).

Obecność progu częściowo utrudnia migrację niewielkich organizmów wodnych, więc potrzebne jest wyrównanie lustra wody przy przepływie przez próg i gurt. Przy okazji można pozostawić zróżnicowaną morfologię koryta, w tym głęboki basen i łagodne bystrze poniżej gurtu. Jest też możliwe naśladowanie naturalnego lub sztucznie konstruowanego tarliska dla ryb łososiowatych od dawna obserwowane i stosowane w Polsce (ryc. 6¹²).



Ryc. 6. Profil naturalnego i sztucznego bystrza (rys. Paweł Jeleński, 2005)

Jak widać na zestawieniu historycznych rysunków powyżej (ryc. 6), tarliska łososiowatych występują powyżej koron naturalnych bystrzy, gdzie na końcu płosa znajduje się przepływany i drobniejszy żwir, a ze względu na przyspieszającą prędkość wody na odwrotnym spadku dna powstaje ujemne ciśnienie zasysające wodę z przestrzeni międzyżwirowych. Taki też układ stosuje się w sztucznych tarliskach, gdzie skłon i korona bystrza są formowane z grubszygo żwiru i kamieni, a zaplecze dobiera się takie, jakie może być skutecznie wykorzystane przez ryby łososiowate do tarła, a złożona zapłodniona ikra ma korzystne warunki inkubacji, ze względu na stały, powolny przepływ wody z wnętrza żwiru od dołu do góry. Taka zasada obowiązuje także w każdych konstruowanych sztucznych urządzeniach do inkubacji ikry łososiowatych.

Na rysunku (ryc. 5) pokazano na profilu proponowany sposób wyrównania przepływu wody przez progi i gurdy poniżej nich w taki sposób, że:

- korona bystrza jest wyznaczona 5 m poniżej gurtu dennego a rzędna nurtowa korony jest 0,15 m poniżej korony progu; w przekroju poprzecznym stosuje się nachylenia płaszczyzny przyzmy około 0,02 m/m od brzegów w kierunku linii nurtu,
- poniżej korony bystrza w przypadku progu Majątek należy zastosować materiał 0/300 mm z kopalni Graniczna dla uformowania skłonu w spadku podłużnym 0,0400 m/m, na długości około 40 m (do zaniknięcia w dnie o spadku 0,0225 m/m)
- pomiędzy koroną bystrza a gurtem należy wypełnić przestrzeń materiałem żwirowym o wszystkich ziarnach zaokrąglonych, o frakcji 2/64 mm

Do wykonania tego zamierzenia oszacowano ilości materiału jak poniżej:

- rumosz skalny 0/300 z kopalni Graniczna – 146 m³, 292 Mg w stanie zagęszczonym,
- żwir naturalny frakcji 2/64 mm – 31 m³, 62 Mg w stanie zagęszczonym.

12 Józef Jeleński. 2005. Zakres możliwych działań dla odtworzenia tarlisk łosia i troci w rzece Łebie w Lęborku. Raport dla Towarzystwa Przyjaciół Rzeki Łeby. <http://www.jot-raba.az.pl/teksty.html>

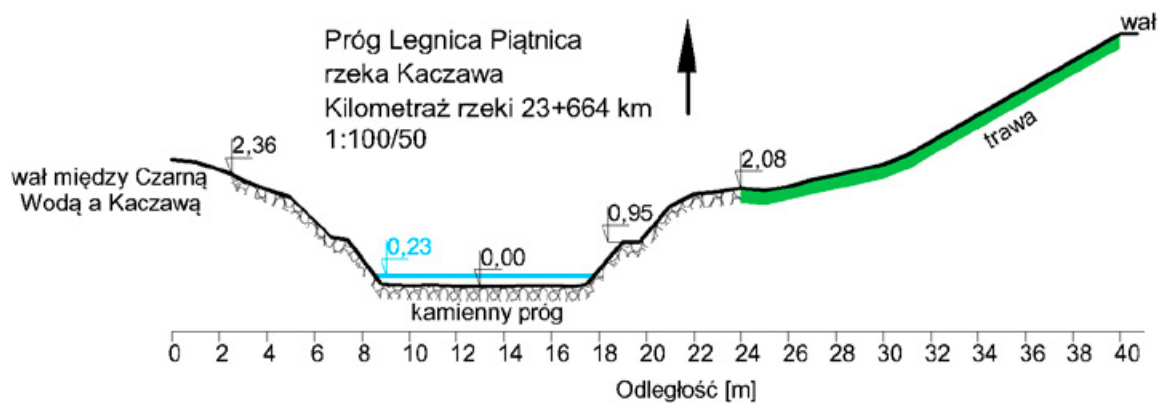
W efekcie każdej tego typu interwencji w mieście uzyskuje się sekwencję głębokiego plosa, zaplecza żwirowego jako sztucznego tarliska łososiowatych oraz długiego bystrza składającego się z rumoszu skalnego o ciągłym uziarnieniu, które jest odporne na erozję. Całość nie ma w najmniejszym stopniu charakteru budowli hydrotechnicznej, ani jej remontu i może być wykonana w ramach utrzymania, jako wyrównywanie deficytów ziarnistego materiału w dnie rzeki (wypełnianie wyrw w dnie rzeki).

Według aktualnego rozeznania interwencja podjęta poniżej progu Majątek w km 29+286 mogłaby być powtórzona co najmniej 8 razy w lokalizacjach wskazanych w tabeli 11 oraz w innych wybranych do tego miejscach, nie częściej jednak niż w odstępach około 160 do 200 m od siebie (stosownie do odległości pomiędzy koronami bystrzy z wynikającej z równań równowagi Hey'a-Thorne'a). Oprócz polepszenia warunków migracji ryb i zróżnicowania morfologii w korycie umocnionym obustronnie na trasie przejścia rzeki przez Legnicę, konsekwentne zastosowania podobnego typu interwencji ułatwiłoby możliwość bezpiecznego spływu kajakowego w mieście.

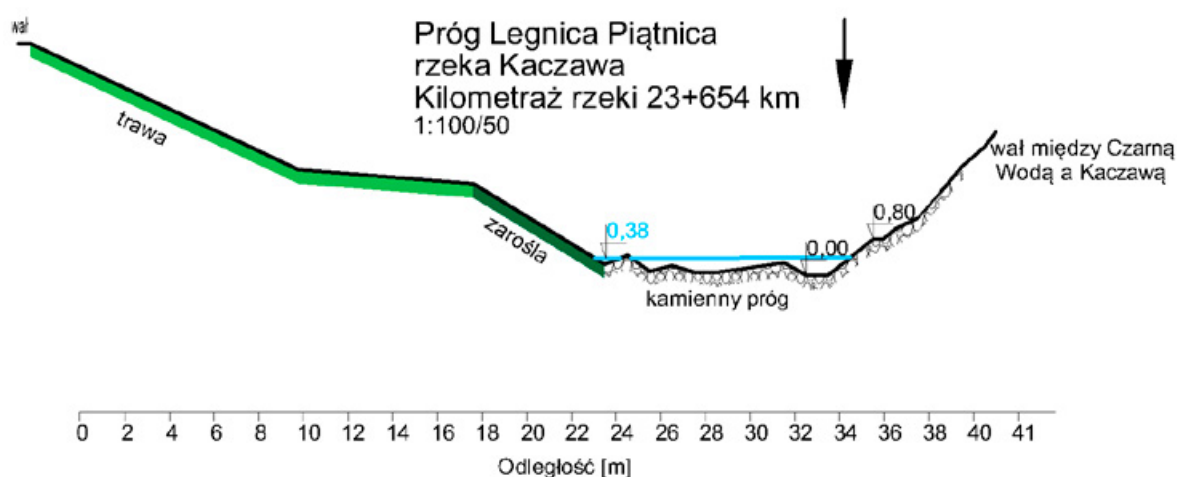
Koryto na końcu odcinka miejskiego (poniżej wiaduktu PKP i powyżej ujścia Czarnej Wody), ma charakter silnie wyerodowany poniżej gurtów dennych niecek wypadowych istniejących tam licznych progów. Nie sprawia to jednak wrażenia, że w takiej postaci jak aktualnie, koryto będzie przeszkodą w migracji ryb. Jednak na ostatnim progu (Piątnica w km 23+664) obserwuje się stosunkowo duże prędkości płytkiego nurtu wody, co może sprawiać trudność migracji największych i najmniejszych ryb przy bardzo niskim stanie wody. Dzieje się tak zapewne dlatego, że tuż poniżej ujścia Czarnej Wody spadek lustra wody powodziowej Q10% jest wyjątkowo mały (od 0,00004 do 0,00080 m/m), co zapewne wynikało z pogłębiania koryta na tym odcinku, co z kolei doprowadziło do zniszczenia gurtu dennego na końcu niecki wypadowej stopnia. Jeśli będą obserwowane blokady migracji ryb na ujściu Czarnej Wody, to będzie można zaproponować indywidualne rozwiązanie polegające na wyprofilowaniu koryta Kaczawy przy samym ujściu dla uzyskania płaskiego profilu podłużnego i równocześnie zmniejszając głębokość koryta przy prawym brzegu rzeki, za pomocą pryzmy o trójkątnym przekroju poprzecznym z materiału o uziarnieniu 0/300 mm z kopalni Graniczna. To powinno umożliwić stworzenie głębszego nurtu przy lewym brzegu Kaczawy (w centralnej części połączenia Kaczawy i Czarnej Wody) i w ten sposób utrzymać warunki migracji przy każdym stanie wody.



Fot. 4. Widok ogólny profilu przelewu przez próg Piątnica (fot. Grzegorz Marcinów)



Ryc. 7. Płytki przelew przez próg Piątnica (fot. i rys. Grzegorz Marcinów)



Ryc. 8. Widok pod prąd wody profilu progu Piątница – widać płytkie umocnione dno niecki wypadowej progu i brak gurtu dennego na jej końcu (fot. i rys. Grzegorz Marcinów)

Ewentualne rozwiązanie: podniesienie dna poniżej niecki wypadowej (w miejscu kotłującej się spienionej wody) do wysokości jej dna przy lewym brzegu i do wysokości zniszczonego gurtu przy prawym brzegu oraz kontynuacja trójkątnej przyzmy aż do jej zaniku poniżej ujścia Czarnej Wody.

5.3. Odcinek w Pątnowie Legnickim, od ujścia potoku Wierzbiak do 300 m poniżej progu ujęcia i zrzutu wody ciepłowni WPEC-Legnica, km 20+000 ÷ 21+000

Odcinek ten ma największy spadek w rozpatrywanym obszarze i nadaje się do rewitalizacji w postaci sekwencji bystrzy i plos. Wykonano na nim pojedynczy przekrój P08, 9 m powyżej mostu drogowego w ulicy Pątnowskiej w km 20+586. Ustalenie klasyfikacji koryta oraz obliczenia pojemności przekroju pełnokorytowego przedstawia tabela 20.

Tabela 20. Parametry przekroju P08

Numer i kilometraż przekroju (i dalsze uszczegółowienie)	Spadek koryta S	Współczynnik krętości p	Szerokość lustra wody brzegowej W [m]	Średnia głębokość wody brzegowej d [m]	Głębokość nurtu wody brzegowej d _{max} [m]	Wskaźnik kształtu koryta W/d _{max}	Wskaźnik wcięcia cieku SZ/W	Typ koryta wg Rosgena
P08 20+595 Powyżej mostu w ulicy Pątnowskiej, km 20+586	0,00258	1,28	22,8	1,18	2,26	10,1<12	7,3>2,2	Typ E z wyjątkiem p>1,5

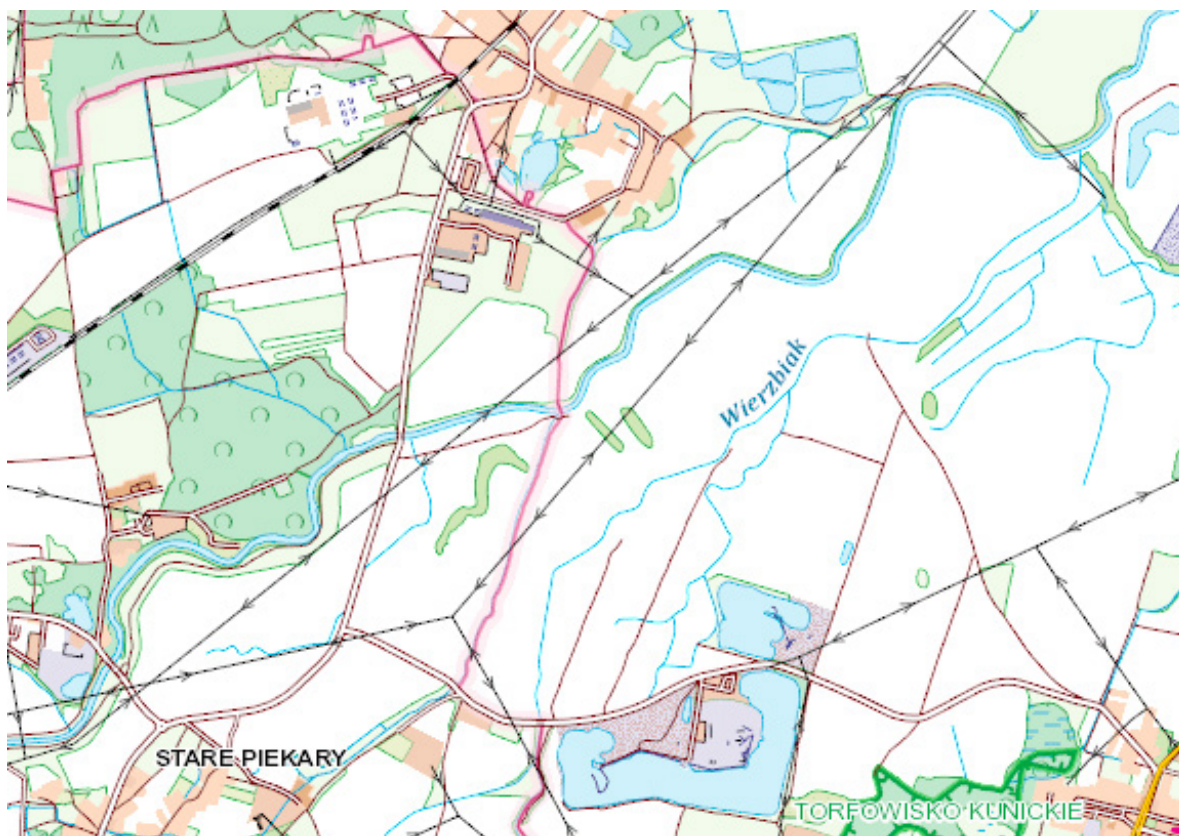
Tabela 21. Pojemność koryta w przekroju P08

Parametr:	s	W	A	d	Oz	n	R	V	QB	ω
P08 20+595	0,00258	22,80	36,30	1,59	23,6	0,030	1,54	2,26	82	91

Przepływ pełnokorytowy w korycie typu E (częściowo wyprostowanym dawnymi regulacjami) ma pojemność 82 m³/s i moc strumienia poniżej 100 W/m². Przepływ pełnokorytowy odpowiada więc wielkości sumy średniej wielkiej wody w przekroju wodowskazu Dunino oraz Czarnej Wody w przekroju wodowskazu w Bukownie, SWQ = 61+19 = 80 m³/s. Poniżej rozwiązanie serii równań Hey'a-Thorne'a dla tego odcinka Kaczawy (tab. 22).

Tabela 22. Wyniki rozwiązania serii równań Hey'a-Thorne'a dla przepływu SWQ = 80 m³/s

Dane:				Wyniki obliczeń dla 5 do 50% zarośli (lub co najmniej 5 do 50% brzegów umocnionych)											
QB	Qs	D50	D84	W	W _{bystrza}	W _{płosa}	d	d _{bystrza}	d _{płosa}	d _{max}	d _{max} ^b	d _{max} ^{pl}	z	s	3
80	1	0,016	0,092	24,4	25,2	23,6	1,75	1,67	1,84	4,26	3,88	4,63	154	0,00258	83



Ryc. 9. Odcinek Kaczawy w Pątnowie Legnickim pomiędzy miejscowością Stare Piekary a ujściem potoku Wierzbak

Źródło: <https://hydro.imgw.pl>

Kształt koryta na mapie wskazuje, że na odcinku tym powinno być 7 koron bystrzy położonych w punktach przegięcia nurtu koryta, czyli przeciętnie co około 142 m, co odpowiada odstępowi wyliczonemu z równań równowagi.

Poniżej podano parametry monitoringu koryta dla uzupełniania wysokości koron bystrzy na omawianym odcinku (tab. 23).

Tabela 23. Parametry monitoringu koryta

Parametr:	Bystrze [m]	Płoso [m]
Szerokość pełnokorytowa	~ 25,2	~ 23,6
Średnia głębokość	w koronie: max 1,67	max 1,84
Maksymalna głębokość	max 3,88	max 4,63
Mediana uziarnienia skłonu:	min D50 = 0,016	-
84-ty percentyl dystybuanty	min D84 = 0,092	-
Odległość pomiędzy koronami bystrzy	z = nie więcej niż ~ 190 m, przeciętnie około 154 m	

Przy monitoringu i wyznaczaniu rzędnej korony bystrzy odmierza się w wybranym punkcie przegięcia nurtu rzeki średnią głębokość korony bystrza uzupełniając brakujące w korycie rumowiska materiałem skłonu bystrza, którego parametry uziarnienia wynikają z równań równowagi. Po stronie skłonu spadek płaszczyzny przyzmy powinien wynosić około pięciokrotnie do dziesięciokrotnie więcej niż spadek koryta s (w przypadku omawianym 0,013 m/m, 1,3% do 0,026, 2,6%). Materiał na skłon bystrza powinien składać się z mieszanki rumoszu 0/300 mm i 0/30 mm z kopalni Graniczna, w proporcji 1 do 1. Materiał ten musi być przed ułożeniem w korycie zmieszany poza korytem rzeki, najlepiej w kopalni, podczas załadunku na środki transportu.

Natomiast powyżej korony bystrza układa się zaplecze w spadku 0% na całej szerokości rzeki i długości kilku metrów, ze żwiru o uziarnieniu 2/32 do 2/64 mm. Jakość żwiru w zapleczu pełnić będzie istotną rolę jako substrat tarłowy ryb łososiowatych, dlatego mieszanka powinna być wykonana ze żwiru bez przekruszonych ziaren. Ponieważ miejscowe żwiry ze Złotoryi i Szczytnik są o uziarnieniu do 16 mm, powinny być uzupełnione nieprzekruszonym materiałem żwirowym 16/64 mm z Mietkowa lub Rakowic. Także i ta mieszanka powinna być przygotowana poza korytem rzeki, najlepiej na terenie żwirowni Szczytniki lub na wynajętym placu przejściowym.

5.4. Odcinek Prochowice – ujście potoku Wierzbiak, km 7+337 do 18+000

Odcinek ten w całości jest przydatny do renaturyzacji spontanicznej, polegającej na zaniechaniu interwencji w przebieg rzeki w korytarzu jej rozwoju. Utrzymanie polega wtedy na monitoringu zmian kształtu i profilu koryta, szczególnie w sąsiedztwie przejść mostowych czy innych strukturalnych przeszkód. Odcinek ten jest obwałowany od wypływu kanału Boberek w km 9+500 do jazu w Prochowicach (około 20% długości), a obustronne umocnienia brzegowe są zastosowane odcinkowo, na 70% długości odcinka. Zakłada się, że zbędne umocnienia zanikną sukcesywnie i samoistnie usuwane podczas wezbrań i kształtowania się meandrującego przebiegu rzeki. Pozostałości umocnień brzegowych oraz martwe drewno w postaci drobnych i dużych fragmentów pomaga przyspieszyć ten proces, jak również usuwanie zadrzewień w miejscach które intencjonalnie zamierza się przeznaczyć dla intensywniejszej erozji brzegowej. Odwrotnie, odcinki brzegów zadrzewione i zakrzaczone utrudniają rozwój meandrów. Przeciętny spadek koryta na całym odcinku nie upoważnia do zastosowania równań równowagi koryt żwirodennych, z wyjątkiem ostatniego, głębokiego odcinka pomiędzy kanałem Boberek a Jazem w Prochowicach, który mógłby kształtować się samoistnie w wyraźne sekwencje bystrzy i plos. Pozostały odcinek ma niewielki przeciętny spadek (0,00077 m/m) i drobną pospółkę w dnie, co raczej wskazuje na rozwój koryta w kierunku szerokich, piaszczystych meandrów z przemiałami z drobnego żwiru.

Na odcinku tym są dwa mosty drogowe, na drodze Szczytniki Małe – Bieniowice (km 15+619) oraz na drodze krajowej nr 36 Prochowice – Lubin (km 7+689), a ponadto fundamenty śluzy w Bieniowicach, km 15+968, która miała kiedyś charakter jazu kierującego wodę do żwirowni i kopalni złota zlokalizowanych na prawej terasie zalewowej – dzisiejszego zbiornika rekreacyjnego z osiedlem domków letniskowych.

Śluza ta utraciła niegdyśszą funkcję i mogłaby być usunięta z koryta lub ominięta korytem Kaczawy. Jednak najlepszym sugerowanym w niniejszym opracowaniu rozwiązaniem byłoby zachowanie aktualnej rzędnej przelewu tej śluzy (106,40 m n.p.m.) jako ustabilizowanie profilu koryta Kaczawy powyżej, aby nie dopuścić do dalszego pogłębiania koryta pozbawionego transportu rumowiska ze zlewni. Wtedy konieczne byłoby wykonanie umocnienia dna poniżej śluzy w postaci trzech pryzm żwirowych imitujących bystrza, o koronach w odległości odpowiednio 35, 140 i 245 m poniżej przelewu śluzy na wysokościach odpowiednio 20, 40 i 60 cm poniżej rzędnej betonowej korony przelewu śluzy, a więc prawie aż do mostu drogowego w Bieniowicach. Korony bystrzy poniżej śluzy posiadałyby rzędne w nurcie:

- korona bystrza nr 1 106,20 m n.p.m.,
- korona bystrza nr 2 106,00 m n.p.m.,
- korona bystrza nr 3 105,80 m n.p.m.



Ryc. 10. Szkic rozwiązania pokonania różnicy poziomu wody górnej a dolnej przez zastosowanie serii trzech bystrzy żwirowych o koronach w km 15+933, 15+828 i 15+723

Źródło podkładu: <https://mapy.lgnica.eu/>

Najgorszym rozwiązaniem byłoby wyburzenie tej budowli, która ma charakter zabytkowy. Ponadto, po podniesieniu rzędnych dna poniżej śluzy skutecznie kierowałaby koryto Kaczawy bezpośrednio pod most drogowy w Bieniowicach starym korytem o ustabilizowanych brzegach.

5.5. Kryteria dobrego stanu koryta nizinnej rzeki żwirowej (typ PL 20)

Opis rzeki Kaczawy zgodnie z typologią wód płynących w Polsce¹³ jest następujący:

Rzeka nizinna żwirowa (PL 20) powierzchni zlewni: 100 do 10 000 km²;

- **Utwory powierzchniowe:** żwiry polodowcowe, piaski ze żwirami na obszarach teras staroglacjalnych oraz moren młodoglacjalnych, żwirowe terasy rzeczne >300 m.
- **Opis morfologiczny:** w dolinach synklijalnych, bieg w zależności od spadku od krętego do meandrującego; silna erozja boczna, niewielka denna.
- **Spadek koryta:** <0,5÷2‰ (rzadko >2‰).
- **Prędkość przepływu:** szybka, ruch wody turbulentny; przemiennie krótkie odcinki o spokojnym nurcie.
- **Substrat dna:** żwir różnej wielkości (rzadziej gruz), ze znacznym udziałem piasku, niekiedy kamienie.

W opisie powyższym brak kryteriów stanu bardzo dobrego i dobrego. W to miejsce podano tłumaczenie krótkiego opisu z normatywnych materiałów niemieckich (Dahm et al 2014) (str. 232 i następne tych materiałów) dotyczącego **bardzo dobrego stanu ekologicznego rzeki typu D 17, żwirowej rzeki nizinnej**.

„Żwirowe rzeki nizinne w bardzo dobrym stanie mają bieg meandrujący i nierozgałęziony w płaskich dolinach. Im większa rzeka tym większe prawdopodobieństwo tworzenia się bocznych koryt. W przełomowych dolinach młodoglacjalnych rzeki są lekko kręte i nierozgałęzione.

Podłoże składa się głównie z dynamicznego żwiru, w którym piasek i kamienie mogą stanowić różne proporcje. Występują także substraty organiczne i glina. Martwe drewno stanowi od 5 do 10% w większych rzekach i od 10 do 25% w mniejszych. W przełomowych dolinach mogą występować znaczne proporcje kamieni i głazów. Makrofity występują na dużej do bardzo dużej powierzchni dna.

Rzeki te mają bardzo zróżnicowaną strukturę i różnią się znacznie pod względem szerokości i głębokości. Strome brzegi, płosa, wyeksponowane podmyte brzegi, pozbawione roślinności łachy śródkorytowe i brzegowe oraz duże fragmenty martwego drewna charakteryzują krajobraz tego typu rzek.

Na brzegach małych rzek rosną głównie dęby i buki; na większych rzekach występują dęby, wiązy i wierzbzy, miejscami, olchy i jesiony, a także występują tereny wolne od drzew z obszarami pionierskiej i szuwarowej roślinności.

Wahania poziomu wody są średnie do dużych. Ze względu na stosunkowo duże spadki i gruboziarniste podłoże dochodzi często do zatorów koryta. Skutkiem tego często występują wyraźnie stopniowane i bardzo zróżnicowane rozlewiska z meandrami, suchymi korytami odpływowymi i różnymi rodzajami wód w terenach zalewowych. W terenach zalewowych torfowiska występują raczej rzadko.

13 J. Błachuta, J. Picińska-Fałtynowicz IMGW/Wrocław; K. Czocho, K. Kulesza IMGW/Kraków. 2005. Typologia wód płynących w Polsce. Prezentacja – <http://www.icoz.uni.lodz.pl/pr.htm>

Wody powodziowe zwykle szybko występują z brzegów i w zimie zalewają tereny nadbrzeżne przez długi czas. Zwłaszcza w przypadku większych rzek obszary nadzalewowe są zalewane tylko podczas bardzo wysokich stanów wody”.

Porównując opis typowego bardzo dobrego stanu ekologicznego do opisanych wcześniej omawianych odcinków Kaczawy, można zauważyć, że długotrwałe (ponad 150 lat) utrzymywanie zabudowy brzegowej i poprzecznej spowodowało znaczne uproszczenie morfologii koryta nie tylko w centrum Legnicy, ale także w obwałowanych i nie obwałowanych partiach pozamiejskiego koryta. Uznano więc za celowe przytoczenie ze strony 239 wspomnianych materiałów niemieckich tabeli dobrego stanu ekologicznego dla oceny siedlisk rzek typu D 17, mającej znaczenie dla określenia minimalnych wymagań dla istnienia charakterystycznych siedlisk (tab. 24).

Tabela 25 z omawianych wytycznych niemieckich podaje możliwość szacunkowego określenia zasięgu korytarza dla tego typu rzeki w zależności od szerokości jej naturalnego dna koryta P_{nat} .

Zamiast szacunkowego określenia P_{nat} w przypadku Kaczawy możliwe jest zastosowanie szerokości koryta w równowadze, wynikającej z równań równowagi. Wtedy:

$$P_{nat} = W,$$

Szerokość korytarza rozwoju koryta **EK**:

$$\min EK = 3 \times W < EK < 10 \times W = \max EK$$

Przyjmując dla Bieniowic $P_{nat} = 30 \text{ m}$, szerokość korytarza powinna mieć co najmniej **EK = 90 m** w miejscowościach, a poza miejscowościami do **EK = 300 m**, co akurat zgadza się z opisem polskiej rzeki typu PL 20, nizinna rzeka żwirowa. Powyżej w miejskim odcinku można określić:

- dno rzeki uregulowanej: **10 m**, $P_{nat} = 3 \times 10 = 30 \text{ m}$,
- P_{nat} wyliczone z równań równowagi = **22 m**.

Przyjmując szerokość P_{nat} z równań równowagi, szerokość korytarza powinna mieć **EK** nie mniej niż **66 m** w Legnicy, a poza miastem do **EK = 220 m**.

Tabela 24. Żwirowa rzeka nizinna D 17 (PL 20) Charakterystyka poszczególnych parametrów

Dane podstawowe	Dobry stan ekologiczny (główne siedliska)
Położenie rzeki	Wolna przestrzeń (lub w miejscowościach)
Wielkość zlewni	100÷10 000 km ²
Forma doliny	Skrzynkowe (□); wannowe (U) i wciosowe (V) w utworach młodoglacjalnych
Typ terenów zalewowych	Do 1 000 km ² wielkości zlewni: aluwialne tereny zalewowe nizinne i pagórkowate z zimowymi powodziąmi

GP*	Nr	Parametr	Wymaganie minimalne dla siedlisk
Struktura JCWP: Przebieg, profil podłużny i struktura dna	1.1	Przebieg koryta	Prosty lub lekko kręty
	1.2	Erozja brzegów wklęsłych	Sporadycznie silna
	1.3	Łachy brzegowe	Niewiele do licznych
	1.4	Sztuczne budowle kierujące	Niewiele do licznych
	nowy	Typ koryta	Głównie nie rozgałęzione koryta
	2.1	Budowle poprzeczne	Żadne strukturalnie szkodliwe
	2.2	Orurowania/przekrycia	Brak
	2.3	Cofka	Brak cofki
	2.4	Łachy śródkorytowe	Niewiele do licznych
	2.5	Zróżnicowanie prądu wody	Umiarkowane do dużego
	2.6	Zróżnicowanie głęb. wody	Umiarkowane do dużego
	2.7	Derogacja przepływu	Niedozwolona
	3.1	Substrat denny	Głównie żwir (dolina V), kamienie i głązy (dolina U i □) oprócz tego piasek, martwe drewno
	3.2	Zróżnicowanie substratu	Duże
	3.3	Zabudowa dna długość >10 m	Niedozwolona
	3.4	Szczególna zabudowa dna	Niewiele do licznych
	3.01	Umocnienia dna	Najwyżej znikome umocnienie, niedozwolone oskaławanie (z wyjątkiem naturalnie występujących skał)
	nowe	Osady drobnoziarniste	< 10% w strefach prądowych, gruboziarnistych, w spokojnych miejscach mogą być dominujące
		Osady gruboziarniste	Dominujące
		Martwe drewno	Nieliczne, > 2-5%
		Makrofity (pokrycie roślinnością naczyniową zanurzoną i wynurzoną)	Duża do bardzo dużej: glony, rośliny o liściach pływającymi i makrofity pływające; szybko płynące wody – włosieniczniki; powoli płynące wody – jeżogłówki, rdestnice; w stojących wodach: glony, rdestnice, w dolinach młodoglacjalnych – także mchy
		Erozja denna i boczna	Najwyżej słaba

Struktura JCWP: Przekrój poręczny, rodzaj brzegu, otoczenie jcwp	4.1	Przekrój poprzeczny	Przekrój zbliżony do naturalnego lub do przekroju erozyjnego z naprzemienną różnicą wysokości brzegów
	4.2	Głębokość w przekroju	Umiarkowanie głęboka
	4.3	Erozja szerokości	Brak
	4.4	Zróźnicowanie szerokości	Umiarkowana
	4.5	Przepust/przekrycie mostem	Bez utrudnień strukturalnych i z maksymalnie niskim deficytem przepływu wody (z rumowiskiem)
	5.1	Porost brzegów	Ciągły pas tęgowy z biotopami typowo siedliskowymi, np. tęg wierzbowy, tęg jesionowy, las dębowo wiązowo jesionowy,
	5.2	Zabudowa brzegu	Brak do łagodnych (szczególnie zabudowa biologiczna)
	5.3	Szczególne budowle brzegowe	Niewiele do licznych
	5.01	Szczególne umocnienia brzegowe	Niewielki ciężar zabudowy, bez zatamów i bez zagłębienia pod dnem
	5.02	Ocienienie lustra wody	Małe rzeki do 1000 km ² zlewni) półcień, 25÷50%, duże rzeki nastoniecznione, < 25% cienia
	6.1	Użytkowanie terenu	Głównie typowy dla siedliska las lub równina zalewowa, biotopy/nieużytki/sukcesja
	6.2	Pasy brzegowe	Ciągłe obustronne pasy brzegowe z typowymi siedliskami leśnymi/typowymi siedliskami nieleśnymi
	6.3	Budowle szkodliwe środowiskowo	Brak
	6.01	Specjalne struktury środowiskowe	Liczne (aluwialne zbiorniki wodne, kanaty, wgłębienia, wały, nasypy itp.)
Łączność		Potrzebna część korytarza rozwoju rzeki	Co najmniej 25% do 50%
		Podłużna trudność komunikacji wstępującej	Brak lub tylko niewielka trudność przejścia
		Podłużna trudność komunikacji zstępującej	Brak lub tylko niewielka trudność przejścia
		Poprzeczna komunikacja	Brak lub tylko niewielka trudność przejścia
Gospodarka wodna	nowe	Saldo równowagi transportu rumowiska	Równowaga do niewielkiego deficytu
		Przepływ wody	Stale napętnienie wodą (brak znaczącego zmniejszenia lub zwiększenia naturalnej średniej prędkości przepływu w dominujących warunkach przepływu)
		Dynamika odpływu	Zrównoważona do dynamicznej (brak znaczącego naturalnego obciążenia koryta i brzegów przez możliwość wylewu do terasy zalewowej)
		Płaska zabudowa dna	Niedopuszczalna
		Kolmatacja w cofkach	Niedopuszczalna
		Możliwość wylewów	Średnia

GP* główne parametry

■ parametry mające potencjalnie najsilniejszy wpływ na biologiczną elementy jakości (makrozoobentos, ryby, makrofity)

Tabela 25. Określenie korytarza rozwoju zasięgu koryta, żwirowa rzeka nizinna D 17 (PL 20)

Parametr	Wskazanie
Potencjalna naturalna szerokość dna*, P _{nat}	Szerokość dna uregulowanego × 3
Minimalna szerokość korytarza rzeki	Szerokość P _{nat} × 3
Maksymalna szerokość korytarza rzeki	Szerokość P _{nat} × 10

* – Przedstawiony wzór na obliczenie szerokości dna potoku naturalnego P_{nat} służy jako wskazówka. Jeśli znane są szerokości dna naturalnego potoku, to one powinny być używane do określenia korytarza. Zwłaszcza w wodach nizinnych, dno potoku w stanie zabudowanym bywa częściowo szersze niż P_{nat} . W takich przypadkach szerokość P_{nat} musi być ustalana indywidualnie.

Określenie „normowego” korytarza rozwoju zasięgu koryta dla bardzo dobrego stanu danego typu rzeki ma podstawowe znaczenie dla planowania i gospodarowania przestrzennego. Minimalny korytarz rozwoju dotyczy przebiegu przez miejscowości, natomiast maksymalny korytarz rozwoju dotyczy przestrzeni pozamiejskich, czyli terenów o zagospodarowaniu rolniczym, leśnym i przyrodniczym. Utrzymanie dobrego stanu może być możliwe także przy wykorzystaniu wskazanej w nowych pozycjach tabeli możliwości lokalnego zwężenia korytarza do połowy a nawet do jednej czwartej, na przykład w rejonie przejść mostowych czy w rejonie zabytkowej zabudowy nadbrzeżnej.

Powyższe tabele mają wartość przy ocenie wymagań dla koryta rzeki celem osiągnięcia dobrego stanu/potencjału ekologicznego w procesie jej renaturyzacji. Powinny być stosowane jako lista sprawdzająca planów utrzymania rzeki, jak również jako lista sprawdzająca dla wykrycia braków działań renaturyzacyjnych po usunięciu uszkodzeń koryta rzeczno, wykonania robót utrzymaniowych, hydrotechnicznych czy innych w korycie. Tabela ta jest dlatego tak bardzo potrzebna, że zwykle na uzyskanie spodziewanych wyników środowiskowych prac renaturyzacyjnych trzeba czekać kilka do nieraz kilkudziesięciu lat. Stąd podczas programowania i odbioru robót w korycie rzeki zastosowanie stabelaryzowanych warunków daje odpowiedź czy i w jakim stopniu realizacje przyczynią się do skutecznej poprawy stanu ekologicznego koryta rzeki w nieokreślonej przyszłości.

6. PROPOZYCJA WSPÓŁPRACY DLA WDROŻENIA KONCEPCJI

Autorzy koncepcji opisanej w niniejszym raporcie są przygotowani do realizacji we współpracy z Zarządem Zlewni wdrożenia przykładowych rozwiązań zaproponowanych w niniejszym raporcie podczas prac utrzymaniowych koryta rzeki Kaczawy wykonywanych przez Nadzór Wodny w Legnicy w zakresie:

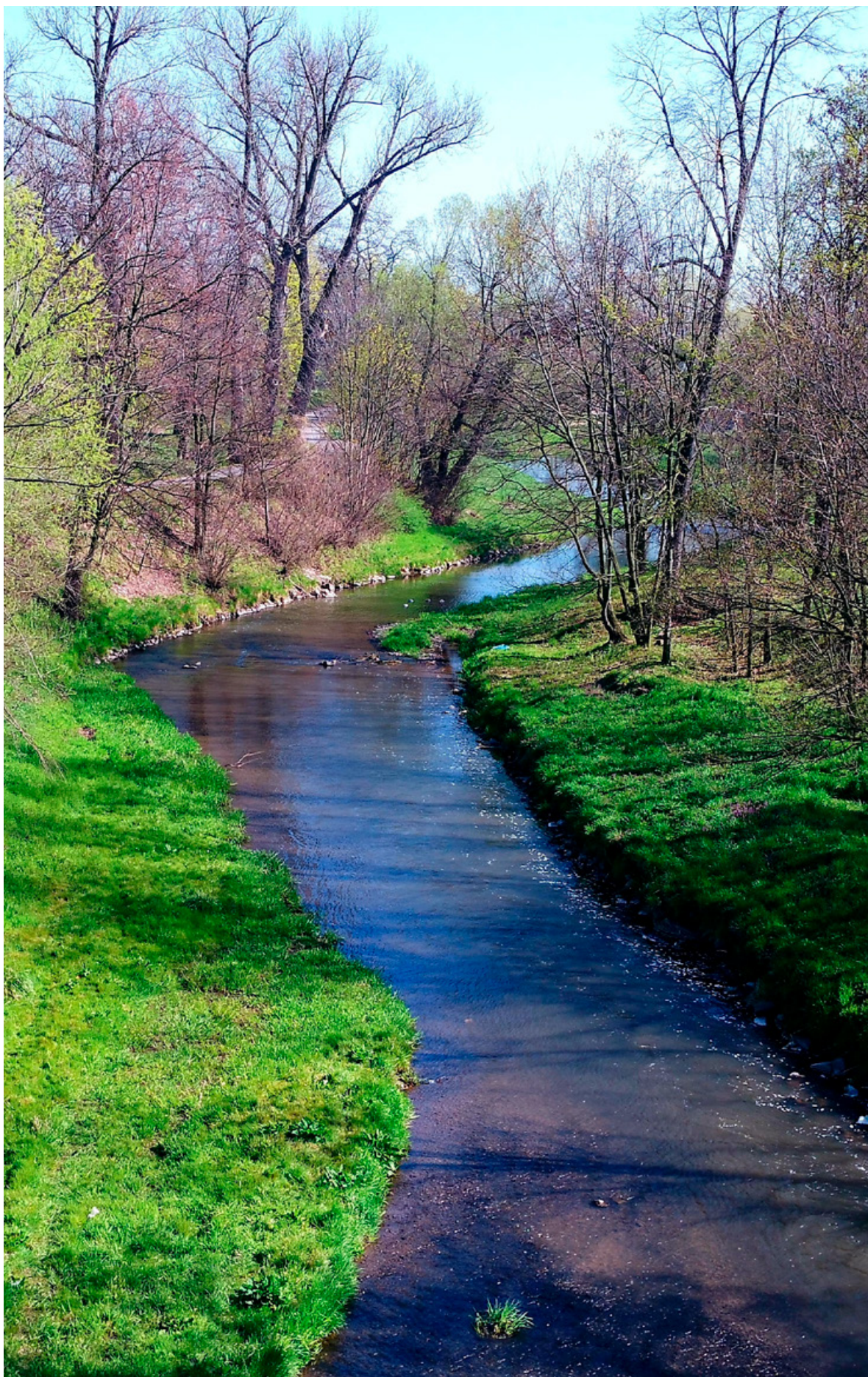
- wpisania w programy utrzymania wód interwencji inżynierskich uznanych za innowacyjne zamierzeń w Legnicy i Bieniowicach, uznanych za wiodące i celowe do priorytetowego wdrożenia,
- udziału w negocjacjach z ważniejszymi interesariuszami rzeki Kaczawy (Polski Związek Wędkarski, Urząd Miejski w Legnicy i inni wskazani przez Zarząd Zlewni lub Nadzór Wodny),
- nadzorów autorskich wyznaczania w terenie zakresu interwencji inżynierskich utrzymania, wskazania i odbioru materiału skalnego (żwirowego) i technologii wykonania w celu renaturyzacji dla progu Majątek, (km 29+286), progu Piątница (km 23+664) oraz odcinka Bieniowice śluza – most (km 15+968÷15+723),
- wszelkich innych akcjach koniecznych dla wdrożenia koncepcji utrzymania koryta Kaczawy przez Nadzór Wodny w Legnicy na odcinku od jazu w Prochowicach do jazu w Smokowicach, na podstawie spisanego dodatkowego protokołu uzgodnienia,
- Koszty realizacyjne utrzymania pozostają po stronie RZGW we Wrocławiu (nadzór Wodny Legnica).

LITERATURA

1. Grela J. i inni. 2013. Opracowanie charakterystyki zlewni Kaczawy. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Grela+J.+2013.+opracowanie+charakterystyki+zlewni+Kaczawy>.
2. Dahm V. et al. 2014. Hydromorphologische Steckbriefe der deutschen Fließgewässertypen, Anhang 1 von „Strategien zur Optimierung von Fließgewässer-Renaturierungsmaßnahmen und ihrer Erfolgskontrolle“.
3. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/strategien-zur-optimierung-von-fließgewässern>
4. Puzdrowska M., Engel J. 2015. Koncepcja udroźnienia rzeki Kaczawy na odcinku od ujścia rzeki Wilczej do ujścia Kaczawy do Odry; WWF.
5. Jeleński J., Wyżga B. 2016. Możliwe techniczne i biologiczne interwencje w utrzymaniu rzek górskich. Stowarzyszenie Ab Ovo, Kraków. <http://tarliskagornejraby.pl/download.php?view.94>
6. Puzdrowska M. 2020. Aktualizacja koncepcji udroźnienia rzeki Kaczawy na odcinku od ujścia rzeki Wilczej do ujścia Kaczawy do Odry; WWF.
7. Ilona Biedroń et al. 2020. Podręcznik dobrych praktyk renaturyzacji wód powierzchniowych, Multiconsult, Kraków. <https://straznicy.wwf.pl/renaturyzacja-wod-podrecznik-dobrych-praktyk-renaturyzacji-wod-powierzchniowych/>



fot. archiwum WWF / K. Ciężak



fot. archiwum WWF / K. Cieżak

NASZYM CELEM JEST WALKA O ŚRODOWISKO NATURALNE I STWORZENIE PRZYSZŁOŚCI, W KTÓREJ BĘDZIE MIEJSCE DLA CZŁOWIEKA I DLA PRZYRODY



Po co jesteśmy
Aby zapobiec degradacji środowiska naturalnego na Ziemi
i zbudować przyszłość, w której ludzie żyją w harmonii z przyrodą.

together possible.

Odwiędz nas na: wwf.pl

© 2021

WWF, 28 rue Mauverney, 1196 Gland, Switzerland. Tel. +41 22 364 9111 CH-550.0.128.920-7

Znaki towarowe WWF® i World Wide Fund for Nature® oraz © 1986 Panda Symbol są własnością WWF-World Wide Fund for Nature (dawniej World Wildlife Fund).

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Dane kontaktowe i więcej informacji można znaleźć na naszej stronie internetowej pod adresem www.wwf.pl