Koncepcja udrożnienia małopolskiej Wisły

Załącznik 4

Projekt: Rewitalizacja, ochrona bioróżnorodności i wykorzystanie walorów starorzeczy Wisły, zatrzymanie degradacji doliny górnej Wisły jako korytarza ekologicznego

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ SZWAJCARIE W RAMACH SZWAJCARSKIEGO PROGRAMU WSPÓŁPRACY Z NOWYMI KRAJAMI CZŁONKOWSKIMI UNII EUROPEJSKIEJ

Fundacja Dzika Polska na zlecenie Towarzystwa na rzecz Ziemi

Autor:

Marek Jelonek

Brzączowice, maj 2014

Spis treści

1. Wstęp **3**

2. Hydrografia Wisły małopolskiej **3**

3. Bariery migracji w dopływach Wisły małopolskiej **4**

3.1. Bariery migracji ryb w korycie Wisły małopolskiej i koncepcje ich udrożnienia 5

3.2. Stopień Dwory w km 4+940 rzeki Wisły 7

3.2.1. Koncepcja udrożnienia jazu Dwory 9

3.3. Stopień Smolice w km 21+220 rzeki Wisły 13

3.3.1. Koncepcja udrożnienia jazu Smolice 15

3.4. Stopień Łączany w km 38 +500 rzeki Wisły 17

3.4.1. Koncepcja udrożnienia jazu Łączany 20

3.5. Stopień Kościuszko w km 66+400 23

3.5.1. Koncepcja udrożnienia jazu Kościuszko 26

3.6. Stopień Dąbie w km 80+875 29

3.6.1. Koncepcja udrożnienia jazu Dąbie 31

3.7. Stopień Przewóz w km 92 + 320 35

3.7.1. Koncepcja udrożnienia jazu Przewóz 37

4. Ichtiofauna Wisły małopolskiej **41**

4.1. Wymagania migracyjne ichtiofauny, zalecane typy i parametry urządzeń migracji ryb 43

Załącznik nr I - urządzenia „bliskie naturze" - bystrotoki 48

Załącznik nr II - urządzenia „techniczne" - przepławki szczelinowe 50

Załącznik nr III - urządzenia „techniczne" – przepławki kaskadowe (ryglowe) 52

Załącznik nr IV - urządzenia „techniczne" – sekcje sterujące 53

Załącznik nr V - urządzenia „techniczne" – galerie zbierające i przelewy migracyjne 54

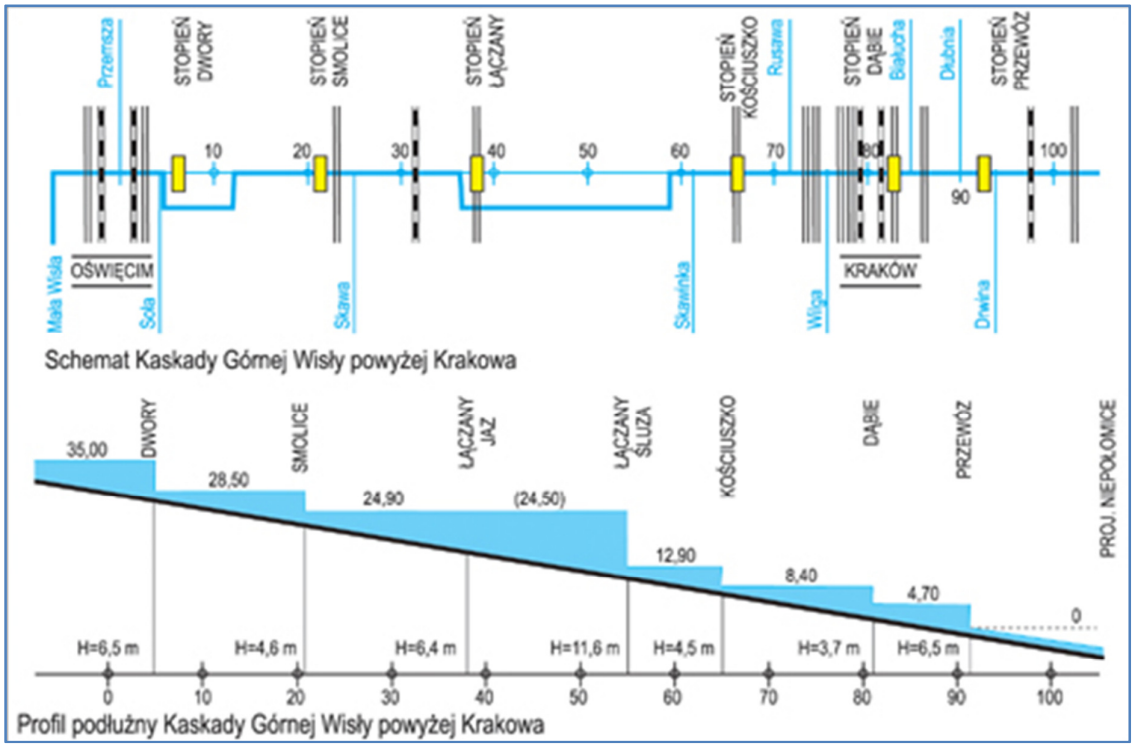
Literatura 56

1. Wstęp

Górna Wisła na odcinku od źródeł do ujścia rzeki Sanny (Małopolski Przełom Wisły) przegrodzona jest wieloma budowlami hydrotechnicznymi stanowiącymi bariery dla migracji organizmów wodnych, w tym zwłaszcza dla ichtiofauny. Niemożliwe do pokonania dla wszystkich gatunków ryb i powodujące trwałą fragmentację koryta Wisły są zapory zbiorników wodnych w Wiśle Czarne i Goczałkowicach, całkowicie odcinające cześć źródliskową Wisły oraz stopnie drogi wodnej Górnej Wisły. Warunkiem skutecznej rewitalizacja koryta Wisły na tym odcinku jest przywrócenie łączności ekologicznej poprzez modernizację istniejących lub budowę nowych przepławek dla ryb. Niniejsza koncepcja udrożnienia małopolskiej Wisły została wykonana na zlecenie Fundacji Dzika Polska z siedzibą w Warszawie.

2. Hydrografia Wisły małopolskiej

W górnej części małopolskiego odcinka Wisły od Oświęcimia do Krakowa około 5 km poniżej ujścia Przemszy rozpoczyna się Droga Wodna Górnej Wisły, składająca się z następujących budowli: jazow „Dwory" i „Smolice" oraz stopni „Łączany", „Kościuszko", „Dąbie" i „Przewóz" (rys. 1). Droga wodna częściowo biegnie spiętrzoną Wisłą, a częściowo dwoma prawobrzeżnymi kanałami obiegowymi: kanałem żeglugowymi o długości 7,5 km od jazu „Dwory" do miejscowości Mętków oraz kanałem żeglugowo-energetycznym o długości 15,5 km od stopnia „Łączany" do ujścia Skawinki. Rozdzielenie wód Wisły powoduje, że podczas niżówek w naturalnym korycie Wisły pozostaje przepływ nienaruszalny wynoszący około 7,0 m3/s, a w kanałach obiegowych woda okresowo stagnuje. Na opisywanym odcinku Wisła opuszcza Dolinę Górnej Wisły i wchodzi w rejon Bramy Krakowskiej. Od północy koryto rzeki opiera się o zbocza Garbu Tęczyńskiego. Za Skawiną koło miejscowości Tyniec Wisła płynie przełomem w skałach wapiennych, a następnie wpływa w obwałowania i bulwary w obrębie miasta Krakowa.



Rys. 1. Schemat i profil podłużny Kaskady Górnej Wisły – materiały RZGW Kraków

Poniżej Krakowa tj. od stopnia „Przewóz" aż do granicy województwa małopolskiego w korycie Wisły nie ma budowli hydrotechnicznych ograniczających wędrówkę organizmów wodnych. Wisła płynie tu rozległą doliną o szerokości od około 3 km na wysokości Krakowa do 15 km przy ujściu Raby. Na prawym brzegu znajduje się Puszcza Niepołomicka sięgająca od wschodu do dolnego biegu Raby. Dolina Wisły od północy opiera się o lessowe stoki Płaskowyżu Proszowickiego, a od południa o stoki Pogórza Bocheńskiego. Poniżej stopnia „Przewóz" brzegi Wisły są umocnione narzutem kamiennym i ostrogami. Od ujścia Raby Wisła płynie u stóp Płaskowyżu Proszowickiego. Od północy jest obwałowana na krótkich odcinkach przy miejscowościach Morsko, Kępa Sokołowska i Skałka. Od południa Wisła jest obwałowana na całym odcinku od Raby do Dunajca. Brzegi ma umocnione narzutem kamiennym i lokalnie ostrogami. Od ujścia Dunajca, Wisła nadal płynie doliną o szerokości ok. 20 km. Od ujścia Dunajca do miejscowości Winiary obwałowany jest prawy brzeg Wisły, a od Winiar rzeka jest obwałowana z obu brzegów. W zakolach zniszczone brzegi są umacniane ostrogami kamiennymi lub kamienno-faszynowymi. Lokalnie międzywale porośnięte jest drzewami i krzewami (Karsy, Strojców). W rejonie ujścia Nidy dolina rzeczna Wisły łączy się z Doliną Nidy, a następnie płynie Niziną Nadwiślańską ograniczoną od południa Płaskowyżem Tarnowskim.

Na odcinku objętym niniejszą koncepcją, do małopolskiej Wisły wpadają następujące **rzeki** i potoki: **Soła**, Macocha, **Chechło**, Bachorz, **Skawa**, Regulanka, Rudno, Sosnowianka, **Skawinka**, Rączna, Sanka, **Rudawa**, **Wilga**, **Prądnik**, **Dłubnia**, Drwina Długa, **Drwinka i Raba.**

3. Bariery migracji w dopływach Wisły małopolskiej

Rzeka Soła jest prawobrzeżnym, karpackim dopływem Wisły o długości 88,9 km. Wypływa z Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego. Dolny odcinek rzeki znajduje się pod wpływem kaskady zbiorników Soły (Tresna, porąbka, Czaniec) i posiada drastycznie zaburzony reżim hydrologiczny. **W Oświęcimiu w km 0,750 rzeki Soły znajduje się bariera migracyjna – betonowy jaz, z wadliwie działającą przepławką dla ryb**.

Rzeka Chechło jest lewobrzeżnym dopływem Wisły o długości 26,0 km, wypływa z Niecki Dulowskiej leżącej w granicach Jurajskich Parków Krajobrazowych. Następnie poniżej zbiornika Chechło rzeka ma charakter naturalny, a brzegi rzeki porośnięte są drzewami i krzewami tworzącymi kępy lasu łęgowego lub wykorzystywane rolniczo. **W km 15,000 rzeki Chechło znajduje się bariera migracyjna - zapora zbiornika Chechło, bez przepławki dla ryb**.

Rzeka Skawa jest prawobrzeżnym, karpackim dopływem Wisły o długości 92,0 km, wypływa z Beskidu Żywieckiego, poniżej Przełęczy Spytkowickiej. Zlewnia zbudowana jest z utworów fliszowych, składających się z naprzemianległych warstw piaskowców i łupków pochodzących z okresu eocenu oraz oligocenu. W dolnym biegu rzeki w km 26,600 budowany jest zbiornik wodny Świnna Poręba. **W Podolszu w km 1,260 rzeki Skawy znajduje się bariera migracyjna – betonowy stopień, bez przepławki dla ryb**.

Rzeka Skawinka jest prawobrzeżnym dopływem Wisły o długości 33,0 km. Źródła Skawinki znajdują się w Beskidzie Średnim. Górna część zlewni jest zbudowana z utworów fliszowych, następnie rzeka płynie przez Pogórze Wielickie, dalej przez obszar zbudowany z utworów mioceńskich z pokrywą lessową. Zlewnia ma charakter rolniczo-przemysłowy. **W Skawinie w km 3,600 rzeki Skawinki znajduje się bariera migracyjna - korekcja progowa, bez przepławki dla ryb**.

Rzeka Rudawa jest lewobrzeżnym dopływem Wisły o długości 26,4 km, wypływa z Wyżyny Olkuskiej. Prawobrzeżną część zlewni pokrywają głównie gleby bielicowe piaskowe i gleby gliniaste,

ilaste i pyłowe, a lewobrzeżną gleby wapienne, rędziny i gleby brunatne. Rudawa i jej dopływy w górnej części zlewni mają charakter prawie naturalny. Środkowy i dolny odcinek Rudawy płynie przez tereny rolnicze i zurbanizowane, jest wyprostowany oraz obwałowany. **W Krakowie w km 6,400 rzeki Rudawy znajduje się bariera migracyjna – stopień ujęcia wody, bez przepławki dla ryb**.

Rzeka Wilga jest prawobrzeżnym dopływem Wisły o długości 24,4 km. Górna cześć zlewni Wilgi pokrywa less, poniżej są utwory fliszowe trzeciorzędu (piaskowce margle i łupki) oraz kredy (łupki i piaskowce). Górny odcinek rzeki płynie przez tereny wykorzystywane rolniczo, dolna płynie przez zurbanizowane przedmieścia Krakowa. **W Krakowie w km 2,200 rzeki Wilgi znajduje się bariera migracyjna - stopień, bez przepławki dla ryb**.

Rzeka Prądnik jest lewobrzeżnym dopływem Wisły o długości 33,4, wypływa z wywierzysk znajdujących się na Wyżynie Olkuskiej. W górnym biegu płynie przez Ojcowski Park Narodowy, następnie doliną przy miejscowości Zielonki, gdzie jej wody przybierają mleczny kolor od osadów wapiennych z których zbudowana jest część zlewni. Uchodzi do Wisły na wysokości Dąbia. **W Krakowie w km 0,215 rzeki Prądnik znajduje się bariera migracyjna – zniszczony betonowy stopień, bez przepławki dla ryb**.

Rzeka Dłubnia jest lewobrzeżnym dopływem Wisły o długości 49,1 km. Wypływa ze źródeł szczelinowych znajdujących się w pobliżu Jangrotu i Trzyciąża. Podłoże zlewni zbudowane jest z utworów jurajskich kredowych, trzeciorzędowych i czwartorzędowych. W dolnej części Dłubni znajdują się dwa wodociągowe zbiorniki zaporowe Zesławice nr 1 oraz Zesławice nr 2. **W Krakowie w km 1,270 rzeki Dłubni znajduje się bariera migracyjna – betonowy stopień, bez przepławki dla ryb.**

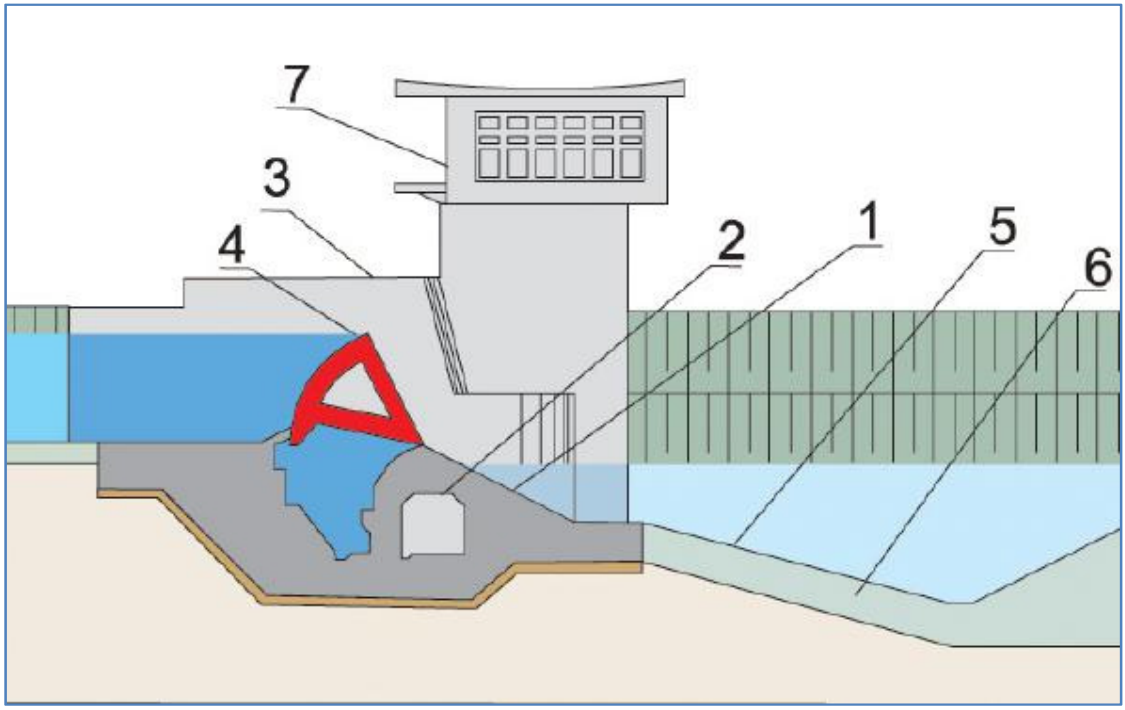
Rzeka Drwinka jest prawobrzeżnym dopływem Wisły o długości 27,4 km. Zlewnia Drwinki obejmuje tereny zabagnione i ma charakter rolniczo-leśny (udział lasów ok. 66%). Na całej długości jest uregulowana, a jej charakterystyczną cechą są niewielkie spadki podłużne. **Brak barier migracyjnych w korycie rzeki.**

Rzeka Raba jest prawobrzeżnym, karpackim dopływem Wisły o długości 131,9 km. Wypływa z Gorców, jej zlewnia charakter górski, o gęstej sieci dopływów, dużych spadkach jednostkowych i wąskich dolinach. Przez większą część swego biegu płynie przez tereny fliszu karpackiego, dopiero na ostatnich 20 km płynie przez czwartorzędowe osady zdeponowane w dolinie Wisły. **W km 24,050 rzeki Raby znajduje się bariera migracyjna – betonowy stopień ujęcia wody,** na którym planowana jest budowa małej elektrowni wodnej wraz ze szczelinową przepławką dla ryb, co powinno poprawić warunki migracji ryb przez tę barierę. Określenie efektywności działania przepławki i szkodliwości MEW będzie możliwe dopiero po przeprowadzeniu powykonawczego monitoringu.

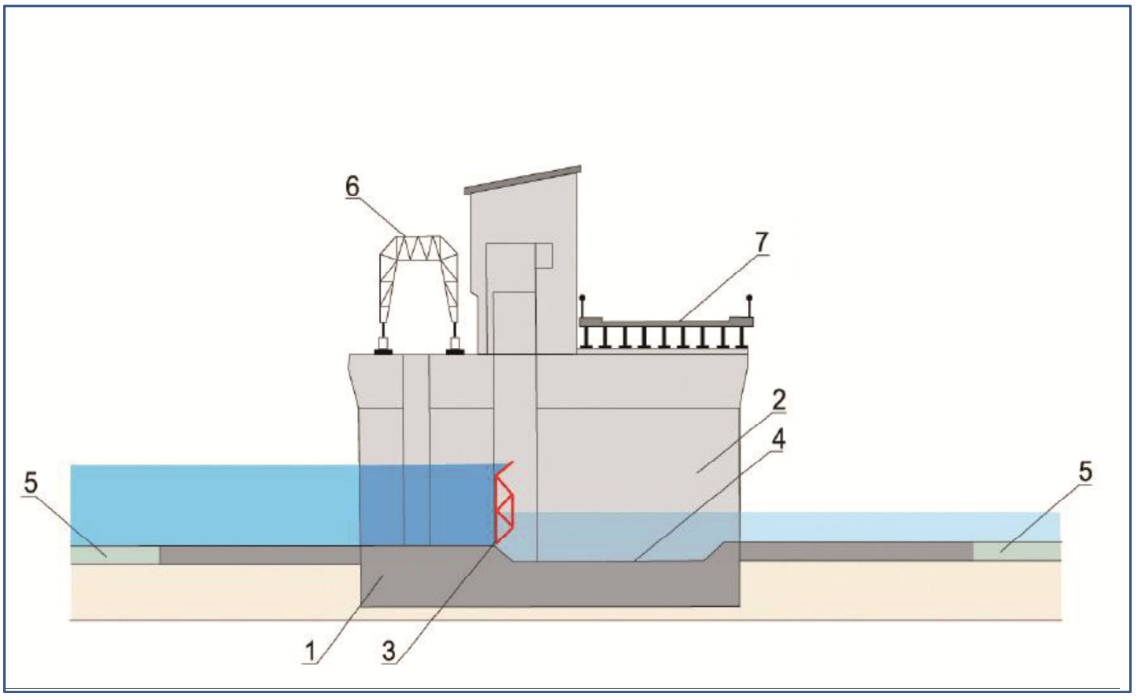
3.1. Bariery migracji ryb w korycie Wisły małopolskiej i koncepcje ich udrożnienia

Wszystkie budowle poprzeczne Drogi Wodnej Górnej Wisły posiadają zamknięcia pozwalające na zmianę wysokości piętrzenia, np. obniżenie piętrzenia w celu przeprowadzenia wód wezbraniowych. Stopnie „Dwory", „Smolice" i „Kościuszko" zostały wyposażone w systemy zamknięć sektorowych (rys. 2), a stopnie „Łączany", „Dąbie" i „Przewóz" w systemy zamknięć zasuwowych (rys. 3). Zamknięcia te pozwalają na znaczną zmianę poziomów wody górnej, co utrudnia projektowanie urządzeń migracji ryb i wymaga zastosowania od wody górnej tzw. sekcji sterujących

(**Załącznik II**) zapewniających stały napływ wody przepławki i jednocześnie zabezpieczających przepławki i ryby przed nagłym brakiem napływu wody w przypadku obniżenia poziomu wody górnej.



Rys. 2. Przekrój jazu sektorowego: 1 - próg jazu, 2 - galeria komunikacyjna, 3 - filar, 4 - sektor - zamknięcie główne, 5 – niecka wypadowa, 6 – umocnienie dna, 7 - sterownia, materiały RZGW Kraków



Rys. 3. Przekrój jazu z zasuwą na przykładzie stopnia Dąbie: 1 - próg z płytą denną, 2 - filar, 3 – zasuwa płaska z klapą –zamknięcie główne, 4 - niecka wypadowa, 5 – umocnienie dna, 6 – suwnica zamknięć remontowych, 7 – most drogowy - materiały RZGW Kraków

3.2. Stopień Dwory w km 4+940 rzeki Wisły

Wybudowany w 1976 roku, bez urządzenia służącego migracji ryb, posiada małą elektrownię wodną (MEW) na lewym brzegu o mocy 0,7 MW (rys. 4, fot. 1), wyposażoną w 3 turbiny Kaplana o przełyku 11,0 m^3/s każda. Różnica pomiędzy rzędną piętrzenia jazu, 225,50 m n.p.m, a przyjętym poziomem „0" progu stopnia wodnego Przewóz wynosi 35,00 m. Światło jazu 2 x 27,5 m, wysokość spadu 4,5 m, typ zamknięcia sektorowy. Wraz ze jazem zbudowano oboczny kanał żeglugowy ze śluzą o wymiarach 190x12 m, wysokość spadu 6,5 m, typ zamknięć górnych segmentowy i dolnych wrota, system napełniania komory śluzy – galerie. Ze względu na postępującą erozję dolnego stanowiska jazu Dwory, poniżej wybudowano próg podpiętrzający wodę z narzutu kamiennego o wysokości ok. 1,5 m stanowiący drugą barierę migracji ryb (fot.2).

Rys. 4. Jaz Dwory, czerwone strzałki wskazują pobór i zrzut wody z hydroelektrowni (Google Earth, 2014)

Fot. 1. Stopień Dwory, widok z prawego brzegu na jaz i hydroelektrownię

Jaz Dwory piętrzy wodę dla kanału żeglugowego biegnącego równolegle do koryta Wisły na odcinku od miejscowości Dwory do miejscowości Mętków, który stanowi odnogę koryta rzeki Wisły i stwarza możliwość błądzenia części migrujących w górę lub w dół rzeki ryb. Wykonanie urządzenia migracji ryb przy jazie Dwory to I etap udrożnienia tego węzła wodnego. II etap to

modernizacja śluzy żeglugowej i przystosowanie jej do migracji ryb wykorzystując sprawdzone rozwiązanie zastosowane na stopniu na rzece Rodan fr. Rhône w okolicach Avignion (Francja).

Fot. 2. Widok z lewego brzegu na jaz Dwory oraz na próg podpierający/podpiętrzający wodę na dolnym stanowisku tego stopnia, tworzący dodatkową barierę migracji ryb

W warunkach normalnej eksploatacji jaz piętrzący, jest sterowany automatyką zamknięć sektorowych i samoczynnie utrzymuje normalny poziom piętrzenia NPP = 225,50 m n.p.m, z dokładnością ±0,05 m. Normalny eksploatacyjny poziom wody dolnej jazu (przy pracy stopnia w systemie automatycznym) waha się od rzędnej 223,40 do rzędnej 225,10 m n.p.m. Woda Wisły spiętrzona stopniem wodnym Dwory jest wykorzystywana do:

- żeglugi/śluzowania jednostek pływających – w trakcie śluzowania woda do napełnienia komory śluzy w ilości 69 m^3/s pobierana jest ze spiętrzenia, co powoduje obniżenie poziomu wody w awanporcie górnym o ok. 30 cm, następnie okresowy spadek przepływu wody w Wiśle w przekroju jazu Dwory o 1-3 m^3/s i po ok. 10 minutach powrót do stanu pierwotnego;
- zwilżania sektorów jazu w ilości 2 m^3/s - dla zabezpieczenia uszczelnień gumowych jazu przed przemarzaniem w zimie i nadmiernym przesuszeniem w lecie oraz dla przeciwdziałania szkodliwym działaniom promieni UV na powłoki antykorozyjne;
- celów energetycznych przez hydroelektrownię w ilości od 7,0 m^3/s do 27,0 m^3/s - przy założeniu, że praca MEW nie może powodować obniżenia rzędnej wody górnej stopnia i rzędnej wody w kanale żeglugowym: poniżej 225,50 m n.p.m. w czasie gdy komora śluzy nie jest napełniana oraz poniżej rzędnej 225,45 m n.p.m. w czasie gdy komora śluzy jest napełniana.

Praca hydroelektrowni nie może mieć ujemnego wpływu na utrzymanie przepływu nienaruszalnego oraz nie może powodować skokowo dużych zmian poziomu wody w Wiśle poniżej jazu Dwory.

W przypadku powodzi i konieczności zwiększenia przepływu wody przez jaz, tj. po wzroście poziomu wody dolnej do rzędnej 225,10 m n.p.m. zamknięcia sektorowe opuszczane są ręcznie aż do skrajnego położenia dolnego wynoszącego 223,40 m. n.p.m. Poniżej jazu Dwory znajduje się próg podpiętrzający wodę na dolnym stanowisku stopnia i MEW stanowiący dodatkową barierę wędrówek ryb. **Maksymalne wahania poziomu wody górnej stopnia Dwory wynoszą 2,10 m.**

Hydrologia Wisły na wysokości jazu Dwory jest antropogenicznie zmieniona przez znajdujące się powyżej zbiorniki zaporowe np. zbiornik Goczałkowice na Wiśle lub zbiornik Łąka na Pszczynce.

Poniżej zestawiono podstawowe dane hydrologiczne niezbędne do opracowania wariantowych koncepcji urządzeń migracji ryb (tab.1).

Tab. 1. Przepływy i stany wody (rzędne) w przekroju jazu (stopnia) Dwory – dane RZGW Kraków

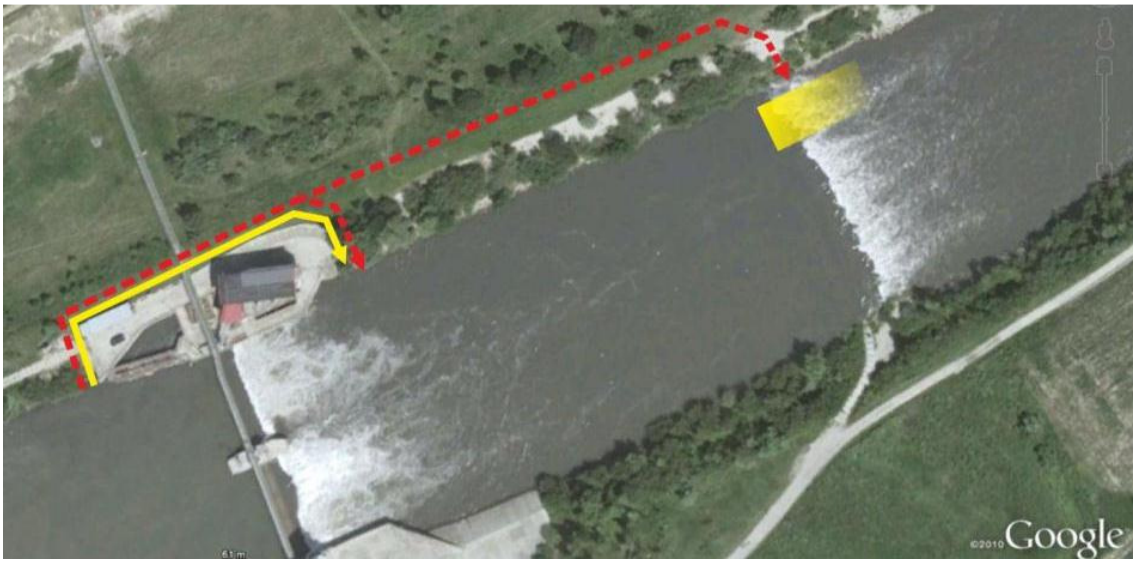
Wyszczególnienie	przepływ [m^3/s]	rzędna zw. wody dolnej [m n.p.m.]
najniższy obserwowany NNW	11,00	222,02
średni niski z wielolecia SNQ	19,60	222,04
średni roczny z wielolecia SSQ	61,20	222,90

Określona na podstawie tab. 1 różnica poziomów wody górnej i dolnej dla koncepcji urządzeń migracji ryb dla jazu Dwory wynosi 3,5 m (obliczenia dla przepływu NNQ), a przepływ operacyjny rzeki Wisły przy którym ma poprawnie funkcjonować przepławka dla ryb zawiera się w granicach od 11,0 m^3/s (NNQ) do 153,0 m^3/s (2,5 x SSQ)

Przepływ nienaruszalny dla jazu Dwory określony na podstawie opracowania IMGW z 1977 r. „Weryfikacja kryteriów i wielkości przepływów nienaruszalnych" – autorstwa Haliny Kostrzewy wynosi **Q_n = 14,1 m^3/s.**

3.2.1. Koncepcja udrożnienia jazu Dwory

W I etapie przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Dwory należy na lewym brzegu rzeki przy elektrowni wodnej zaprojektować i wybudować urządzenie służące migracji ryb. Możliwe są następujące warianty (rys. 5).



Rys. 5. Udrożnienie jazu Dwory. Żółtą ciągłą linią ze strzałką i żółtym prostokątem zaznaczono odpowiednio przebieg przepławek i lokalizację bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami w wariantach 1 i 3, a czerwonymi przerywanymi liniami ze strzałkami zaznaczono przebieg przepławek w wariantach 2 i 4 (Google Earth, 2014)

Wariant 1. **„Bliski naturze" bystrotok kaskadowy regularny/obejście o długości ok. 115 m** pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Dwory (tab. 10, zał. I). Wlot wody do przepławki powinien zacząć się powyżej ujęcia wody MEW (fot. 3), a wylot wody z przepławki poniżej MEW, jak najbliżej wylotu wody z turbin (fot. 3). Przepławka powinna posiadać brzegi seminaturalne

o nachyleniu 1:3 lub jeden brzeg seminaturalny i jeden pionowy żelbetowy oraz z dwudzielnym korytem z korytarzami migracji dla dużych i małych gatunków ryb (tab. 10, zał. I). W tym wariancie niezbędna będzie przebudowa całości lub części progu podpierającego/podpiętrzającego wodę na dolnym stanowisku jazu Dwory (fot.2.) w formie **bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami** (tab. 10, zał. I) w miejscu zaznaczonym na rys. 5.

Wariant 2. **„Bliski naturze" bystrotok kaskadowy regularny/obejście o długości ok. 245 m** pomiędzy górnym stanowiskiem jazu Dwory (fot. 3) i dolnym stanowiskiem progu podpiętrzającego jaz Dwory fot. 2). Przepławka powinna posiadać brzegi seminaturalne o nachyleniu 1:3 lub jeden brzeg seminaturalny i jeden pionowy żelbetowy oraz z dwudzielnym korytem z korytarzami migracji dla dużych i małych gatunków ryb (tab. 10, zał. I). W tym wariancie niezbędne będzie wykonanie w środkowej części kanału przepławki większej komory spoczynkowej, a następnie rozdzielenie kanału przepławki na dwie odnogi: jedną łączącą komorę spoczynkową z zamkniętym odcinkiem koryta Wisły pomiędzy jazem Dwory a progiem podpiętrzającym stopień (fot.3.) oraz drugą łączącą komorę spoczynkową z dolnym stanowiskiem progu podpiętrzającego jaz Dwory (fot. 3).

Wariant 3. **„Techniczna" przepławka jednoszczelinowa o długości ok. 115 m** pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Dwory (załącznik II). Wlot wody do przepławki powinien zacząć się powyżej ujęcia wody MEW (fot. 3), a wylot wody z przepławki poniżej MEW, jak najbliżej wylotu wody z turbin (fot. 3). W tym wariancie niezbędna będzie przebudowa całości lub części progu podpierającego/podpiętrzającego wodę na dolnym stanowisku jazu Dwory (fot.2.) w formie **bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami** (Załącznik I) w miejscu zaznaczonym na rys. 5.

Wariant 4. **„Techniczna" przepławka kaskadowa (ryglowa) i o długości ok 245 m** (tab. 10, zał. III) na odcinku pomiędzy górnym stanowiskiem jazu Dwory (fot. 3) i dolnym stanowiskiem progu podpiętrzającego jaz Dwory (fot.2). Górna część przepławki biegnie brzegiem Wisły z kierunkiem prądu wody do końca dolnego MEW i zakończona jest dużą komorą spoczynkową, od której będą odchodzić dwie mniejsze „**techniczne" przepławki kaskadowe** (tab. 10, zał. III): jedna łącząca komorę spoczynkową z zamkniętym odcinkiem koryta Wisły pomiędzy jazem Dwory a progiem podpiętrzającym stopień (fot. 3) oraz druga łączącą komorę spoczynkową z dolnym stanowiskiem progu podpiętrzającego jaz Dwory (fot. 3).

Fot. 3. Jaz Dwory, po lewej ujęcie wody MEW powyżej jazu po prawej dolne stanowisko jazu. Żółte strzałki wskazują wyjście/wlot wody (warianty 1, 2, 3, 4) oraz wejście/wylot wody (warianty 1, 3) z/do przepławki

Do realizacji w ramach I etapu wybrano wariant 1 - bystrotok kaskadowy regularny/obejście (załącznik I) łączący górne stanowisko jazu Dwory powyżej ujęcia wody MEW z dolnym stanowiskiem jazu poniżej wylotu wody z turbin MEW (fot. 3) o następujących parametrach:

- przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien mieścić się w granicach przepływu nienaruszalnego i wynosić 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 1,65 m^3/s.
- całkowita długość przepławki wynosi ok. 115 m, a różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu wynosi 3,5 m;
- rozmiary basenów określone zostały na bazie są kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza (tab. 11) powinny wynosić: długość - 3,60 m, szerokość - 2,40 m, głębokość basenów - 1,50 m, łączna maksymalna szerokość szczelin pomiędzy basenami 0,80 m;
- liczba basenów przepławki 32, spad pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki - 0,11 m;

Dla uzyskania dobrej efektywności działania przepławki należy przebudować część progu podpierającego/podpiętrzającego wodę na dolnym stanowisku jazu Dwory w formie bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami oraz ze względu na znaczne wahania poziomu wody górnej (2,10 m) należy na wlocie wody do przepławki przewidzieć sekcję sterującą (załącznik IV).

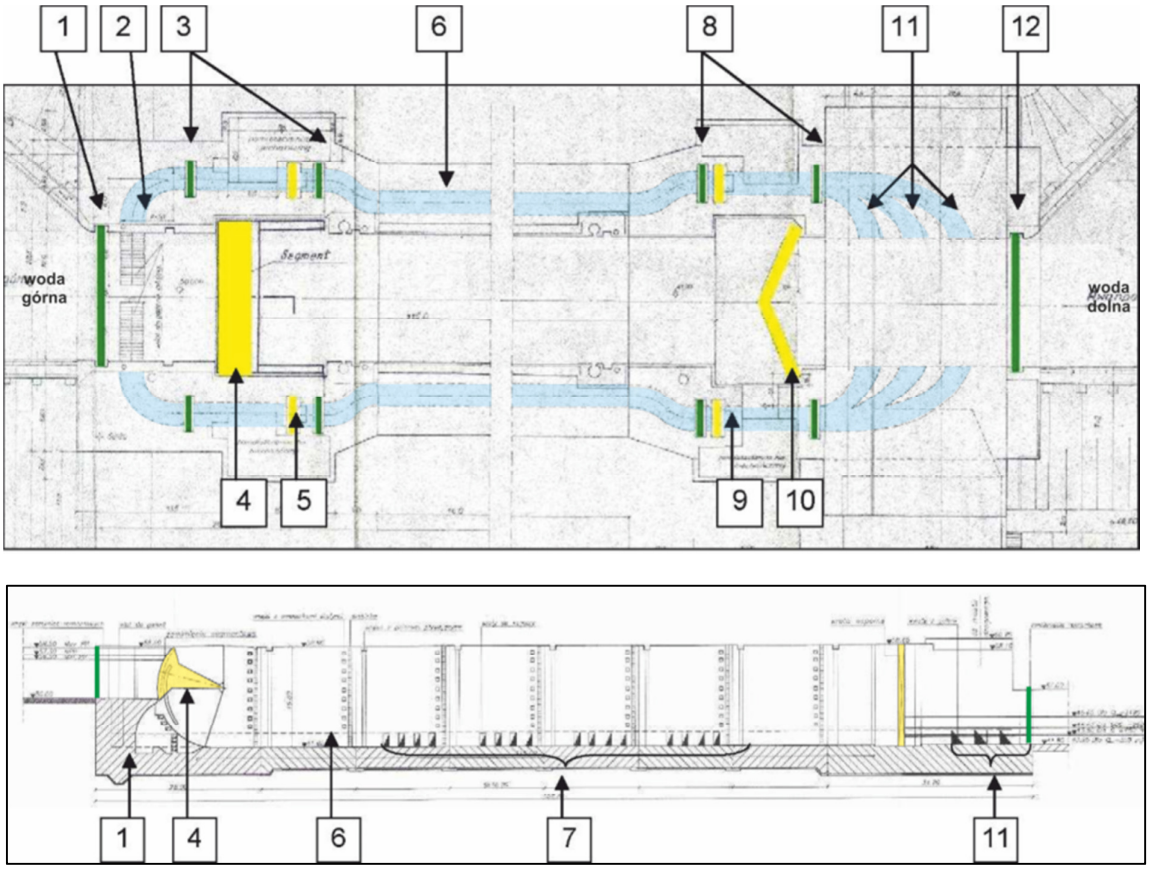
Zaletą wybranego wariantu „bliskiego naturze" jest wytworzenie nieregularnej linia brzegów i zmiennej głębokości kanału przepławki, co zapewni dobre warunki bytowania i możliwości dwukierunkowej migracji dla wszystkich gatunków ryb. Przebudowa progu podpierającego jaz Dwory zapewni trwałość proponowanego rozwiązania i zabezpieczy przepławkę przed skutkami erozji dna Wisły poniżej jazu w Dworach.

II etap przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego budowlami węzła Dwory powinien polegać na modernizacji śluzy żeglugowej (fot. 4).

Fot. 4. Śluza żeglugowa w Dworach, widok w górę rzeki. Żółte strzałki wskazują położenie zamknięć śluzy

Śluza żeglugowa zmodernizowana pod kątem migracji ryb może być wykorzystana jako urządzenie dodatkowe (jak w przypadku obocznych kanałów żeglugowych przy stopniach Dwory lub Smolice) albo funkcjonować jako nowe (samodzielne) urządzenie migracji ryb w istniejących obiektach, przy założeniu ich odpowiedniego zaprojektowania i użytkowania (Larinier i in., 2002 r.). Podczas typowej pracy śluzy żeglugowej prędkość prądu wody zapewniająca wymagany prąd wabiący ryby występuje

w momencie opróżniania śluzy, lecz okres jego trwania jest zbyt krótki dla zwabienia ryb do komory śluzowania. Doświadczenia w tym zakresie (Roche i in., 2007 r.; Bailey i in., 2004 r.) dowodzą, że warunkiem poprawnego działania śluzy jako przepławki dla ryb jest zapewnienie w dolnym kanale śluzy, silnego i wyczuwalnego przez ryby prądu wabiącego. Sugerowane dla kaskady Górnej Wisły rozwiązanie techniczne może opierać się na koncepcji zaproponowanej przez CNR Engineering - Compagnie Nationale du Rhone dla śluzy żeglugowej przy zaporze we Włocławku[1]. Ogólny szkic koncepcji wykorzystania śluza jako przepławki dla ryb pokazano na rysunku 6.



Rys. 6. Schemat śluzy/przepławki we Włocławku do zastosowania w budowlach drogi wodnej Górnej Wisły

1. Górna zasuwa awaryjno-remontowa śluzy
2. Ujęcie wody do komory śluzowania
3. Zasuwy awaryjno-remontowe na wlocie wody
4. Górne wrota śluzy obrotowe
5. Zasuwy sterujące napełnianiem komory śluzowania
6. Kanał boczny doprowadzający wodę
7. Zasuwy łączące kanały boczne z komorą śluzowania
8. Zasuwy awaryjno-remontowe na wylocie wody
9. Zasuwy sterujące opróżnianiem komory śluzowania
10. Dolne wrota śluzy bramowe (wsporne)
11. Wylot wody z komory śluzowania
12. Dolna zasuwa awaryjno-remontowa śluzy

Dla zapewnienia odpowiedniego prądu wabiącego dla ryb wędrujących w górę rzeki należy częściowo lub całkowicie otworzyć zasuwy sterujące napełnianiem komory śluzowania (nr 5 na rys. 6) i otworzyć dolne wrota śluzy. Dla zapewnienia odpowiedniego prądu wabiącego dla ryb wędrujących w dół rzeki lub zachęcającego ryby wędrujące w górę rzeki do opuszczenia komory śluzowania należy częściowo lub całkowicie otworzyć zasuwy sterujące opróżnianiem komory śluzowania (nr 9 na rys. 6) i otworzyć górne wrota śluzy. Koncepcja zakłada pracę śluzy w sposób jakiego nie uwzględniono podczas jej projektowania, ponieważ w warunkach typowej eksploatacji zasuwy sterujące opróżnianiem lub

[1] Ray L., Level Y., Larinier M., 2011. CNR Engineering - Ekspertyza techniczna dotycząca wykorzystania śluzy żeglugowej we Włocławku jako przepławki dla ryb

napełnianiem komory śluzowania pozostają zamknięte, gdy dolne lub górne wrota śluzy są otwarte. Dla zabezpieczenia zasuw sterujących opróżnianiem lub napełnianiem komory śluzowania, w trakcie robót modernizacyjnych, zaleca się montaż w kanałach służących do opróżniania lub napełniania śluzy dodatkowych 8 zasuw awaryjno-remontowych po dwie na każdy kanał (nr 3 i nr 8 na rys. 6).

Cykl pracy śluzy żeglugowej jako przepławki dla ryb wygląda następująco:

Faza kierowania ryb do komory śluzowania. Wrota śluzy od strony dolnej wody są otwarte, a od strony górnej wody zamknięte. Zasuwy sterujące napełnianiem komory śluzowania są otwierane (częściowo lub całkowicie) i tworzą prąd wabiący ryby do komory śluzowania.

Faza napełniania wodą komory śluzowania. Dolne i górne wrota śluzy są zamknięte. Komora śluzowania jest napełniana przez zasuwy w bocznych kanałach napełniających śluzy. W komorze śluzowania znajdują się zwabione prądem wody ryby.

Faza kierowania ryb z komory śluzowania w górę rzeki. Po napełnieniu komory śluzowania (wyrównania poziomu wody górnej i poziomu wody komorze śluzowania) otwierane są górne wrota śluzy. Dla zachęcenia ryb do opuszczenia komory śluzowania otwierane są zasuwy w bocznych kanałach opróżniających tę komorę, co tworzy prąd wabiący zachęcający ryby do wypłynięcia ze śluzy.

W 1992 r. przez śluzę żeglugową w Beaucaire na rzece Rodan przepłynęło ponad 10 000 aloz w trakcie 49 cyklów śluzowania. Optymalna wielkość przepływu wody tworzącego prąd wabiący wynosiła około 60 m^3/s, tj. 2-8% wielkości przepływu wody przez turbiny elektrowni (Jolimaitre, 1992 r., za Larinier i inni, 2002 r.). Kierowanie ryb z komory śluzowania w górę rzeki zapewniono przez utrzymanie w śluzie przepływu rzędu kilku m^3/s oraz wytworzenie nurtu powierzchniowego w wyniku otwarcia dwóch niewielkich zastawek w dolnych wrotach śluzy.

Skuteczność działania śluzy jako przepławki dla alozy została niedawno oceniona za pomocą telemetrii w trzech punktach (Beaucaire, Awinion i Caderousse) znajdujących się w dolnym biegu Rodanu. Odsetek aloz pokonujących śluzę żeglugową wyniósł odpowiednio 46%, 33% i 82% (Roche i in., 2007 r.). Przystosowanie cyklu śluzowania do potrzeb ryb ogranicza się do sezonu wędrówek aloz (czyli od 15 marca do 30 czerwca). Liczba poszczególnych cyklów śluzowania waha się od dwóch do pięciu dziennie i od 150 do 300 rocznie, w zależności od częstotliwości przepływu statków. Straty w produkcji energii elektrycznej związane z utrzymywaniem nurtu wabiącego stanowią mniej niż 0,05% rocznej produkcji.

Podobną efektywność działania śluz żeglugowych jako przepławek dla innych gatunków ryb obserwowano na wschodnim wybrzeżu Stanów Zjednoczonych. W przypadku alozy amerykańskiej od na śluzie nr 1 zlokalizowanej na rzece Cape Fear w Karolinie Północnej (Moser i in., 2000 r.) stwierdzono efektywność w granicach 18-61%, a na śluzie New Savannah Bluff Lock na rzece Savannah, w Karolinie Południowej (Bailey i in., 2004 r.) w granicach 9-50%.

3.3. Stopień Smolice w km 21+220 rzeki Wisły

Wybudowany w 2002 roku, bez urządzenia migracji ryb, posiada hydroelektrownię na prawym brzegu o mocy 2,0 MW (rys. 7, fot. 5), wyposażoną w 2 turbiny Kaplana o przełyku 27,1 m^3/s każda. Różnica pomiędzy rzędną piętrzenia stopnia, 219,00 m n.p.m, a przyjętym poziomem „0" progu stopnia wodnego Przewóz wynosi 28,50 m. Światło jazu 2 x 32,0 m, wysokość spadu 4,6 m, typ zamknięcia sektorowy. Wraz ze stopniem zbudowano kanał żeglugowy i śluzę o wymiarach

190x12 m, wysokość spadu 4,6 m, typ zamknięć górnych segmentowy i dolnych wrota, system napełniania komory śluzy – galerie.

Rys. 7. Jaz Smolice, czerwone strzałki wskazują pobór i zrzut wody z hydroelektrowni (Google Earth, 2014)

Fot. 5. Jaz Smolice, widok z lewego brzegu Wisły na stopień i hydroelektrownię na prawym brzegu

Jaz Smolice piętrzy wodę dla kanału żeglugowego o długości 2,11 km biegnącego równolegle do koryta Wisły, który stanowi odnogę koryta rzeki Wisły i stwarza możliwość błądzenia części migrujących w górę lub w dół rzeki ryb. Wykonanie urządzenia migracji ryb przy jazie Smolice to I etap udrożnienia tego węzła wodnego. II etap to modernizacja śluzy żeglugowej i przystosowanie jej do migracji ryb wykorzystując sprawdzone rozwiązanie zastosowane na stopniu na rzece Rodan fr. Rhône w okolicach Avignion (Francja).

W warunkach normalnej eksploatacji jaz piętrzący, jest sterowany automatyką zamknięć sektorowych i samoczynnie utrzymuje normalny poziom piętrzenia NPP = 219,00 m n.p.m, z dokładnością ±0,05 m. Normalny eksploatacyjny poziom wody dolnej jazu (przy pracy stopnia w systemie automatycznym) waha się od rzędnej 216,90 do rzędnej 218,60 m n.p.m. Woda Wisły spiętrzona stopniem wodnym Smolice jest wykorzystywana do:

- żeglugi/śluzowania jednostek pływających – w trakcie śluzowania woda do napełnienia komory śluzy w ilości 69 m^3/s pobierana jest ze spiętrzenia, co powoduje okresowe obniżenie poziomu wody na stanowisku górnym jazu Smolice o ok. 0,1 m, a następnie powrót do stanu pierwotnego;
- zwilżania sektorów jazu w ilości 2 m^3/s - dla zabezpieczenia uszczelnień gumowych jazu przed przemarzaniem w zimie i nadmiernym przesuszeniem w lecie oraz dla przeciwdziałania szkodliwym działaniom promieni UV na powłoki antykorozyjne;
- celów energetycznych przez hydroelektrownię – pobór wody w ilości od 8,1 m^3/s do 62,0 m^3/s, praca MEW w systemie automatycznym z dokładnością ±0,05 m przy założeniu, że nie może powodować obniżenia piętrzenia na jazie Smolice poniżej rzędnej NPP = 219,00 m n.p.m.

Praca hydroelektrowni nie może mieć ujemnego wpływu na utrzymanie przepływu nienaruszalnego w Wiśle poniżej jazu Smolice.

W przypadku powodzi i konieczności zwiększenia przepływu wody przez jaz, tj. po wzroście poziomu wody dolnej do rzędnej 218,60 m n.p.m. zamknięcia sektorowe opuszczane są ręcznie aż do skrajnego położenia dolnego wynoszącego 216,90 m n.p.m. **Maksymalne wahania poziomu wody górnej jazu Smolice wynoszą 2,10 m.**

Poniżej zestawiono podstawowe dane hydrologiczne niezbędne do opracowania wariantowych koncepcji urządzeń migracji ryb (tab.2).

Tab. 2. Przepływy i stany wody (rzędne) w przekroju jazu (stopnia) Smolice – dane RZGW Kraków

Wyszczególnienie	przepływ [m^3/s]	rzędna zw. wody dolnej [m n.p.m.]
najniższy obserwowany NNQ	9,00	215,50
średni niski z wielolecia SNQ	25,80	215,85
średni roczny z wielolecia SSQ	69,55	216,40

Określona na podstawie tab. 2 różnica poziomów wody górnej i dolnej dla koncepcji urządzeń migracji ryb dla jazu Smolice wynosi 3,5 m (obliczenia dla przepływu NNQ), a przepływ operacyjny rzeki Wisły przy którym ma poprawnie funkcjonować przepławka dla ryb zawiera się w granicach od 9,0 m^3/s (NNQ) do 174,0 m^3/s (2,5 x SSQ).

Na reżim przepływów jazu Smolice wpływa stopnia praca śluzy żeglugowej na kanale obocznym oraz praca MEW. Przepływ nienaruszalny dla jazu Smolice określony na podstawie opracowania IMGW z 1977 r. „Weryfikacja kryteriów i wielkości przepływów nienaruszalnych" – autorstwa Haliny Kostrzewy wynosi **Q_n = 12,90 m^3/s.**

3.3.1. Koncepcja udrożnienia jazu Smolice

W I etapie przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Smolice należy na prawym brzegu rzeki przy elektrowni wodnej zaprojektować i wybudować urządzenie służące migracji ryb. Możliwe są następujące warianty (rys. 8).

Wariant 1. **„Techniczny" przepławka szczelinowa o długości ok. 100 m** pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Smolice (załącznik II). Wlot wody do przepławki należy umieścić powyżej ujęcia wody dla MEW (fot. 6), a wylot wody z przepławki poniżej MEW, przy ujściu kanału wylotu wody z turbin (fot. 6).

Wariant 2. **„Techniczny" przepławka szczelinowa o długości ok. 90 m z galerią zbierającą** pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Smolice (załącznik II). Wlot wody do przepławki należy umieścić powyżej ujęcia wody dla MEW (fot. 6), a zamiast typowego wylotu wody z przepławki poniżej MEW, przy ujściu kanału wylotu wody z turbin (fot. 6) należy zastosować galerię zbierającą (załącznik V).

Rys.8. Udrożnienie jazu Smolice. Żółtą ciągłą linią ze strzałką i żółtym prostokątem zaznaczono przebieg przepławki w wariancie 1, a czerwoną przerywaną linią ze strzałkami zaznaczono przebieg przepławki w wariancie 2 (Google Earth, 2014)

Fot. 6. Jaz Smolice, widok z lewego brzegu Wisły na wylot (po lewej) i wlot (po prawej) wody z/do MEW. Żółte strzałki wskazują wejście/wylot wody (wariant 1) oraz wyjście/wlot wody (warianty 1, 2) do/z przepławki, czerwona strzałka miejsce lokalizacji galerii zbierającej

Do realizacji w ramach I etapu wybrano wariant 2 - przepławka szczelinowa z galerią zbierającą (tab. 10, zał. I, zał. V) łącząca górne stanowisko jazu Smolice powyżej ujęcia wody MEW z dolnym stanowiskiem jazu poniżej wylotu wody z turbin MEW (fot. 6) o następujących parametrach:

- przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien mieścić się w granicach przepływu nienaruszalnego i wynosić 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 3,10 m^3/s, jednak ze względu na warunki hydrograficzne Wisły powyżej jazu w Smolicach i swobodny dostęp ichtiofauny do ujściowego odcinka rzeki Skawy uznano, że przepływ wody przez przepławkę można zmniejszyć do wartości ustalonej dla jazu Dwory tj. do 1,65 m^3/s;
- całkowita długość przepławki wynosi ok. 90 m, a różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu wynosi 3,5 m;
- maksymalne rozmiary basenów migracji określone na bazie są kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza (tab. 11) powinny wynosić: długość - 3,60 m, szerokość - 2,40 m, głębokość basenów - 2,00 m, szerokość pionowych szczelin 0,60 m;
- liczba basenów przepławki 25, spad pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki - 0,14 m;

Dla uzyskania dobrej efektywności działania przepławki, przy tak znacznych wahania poziomu wody górnej (2,10 m) należy na wlocie wody do przepławki przewidzieć sekcję sterującą (zał. V).

II etap przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego budowlami węzła Smolice powinien polegać na modernizacji śluzy żeglugowej w sposób opisany w podrozdziale 3.2.1. Koncepcja udrożnienia jazu Dwory.

3.4. Stopień Łączany w km 38 +500 rzeki Wisły

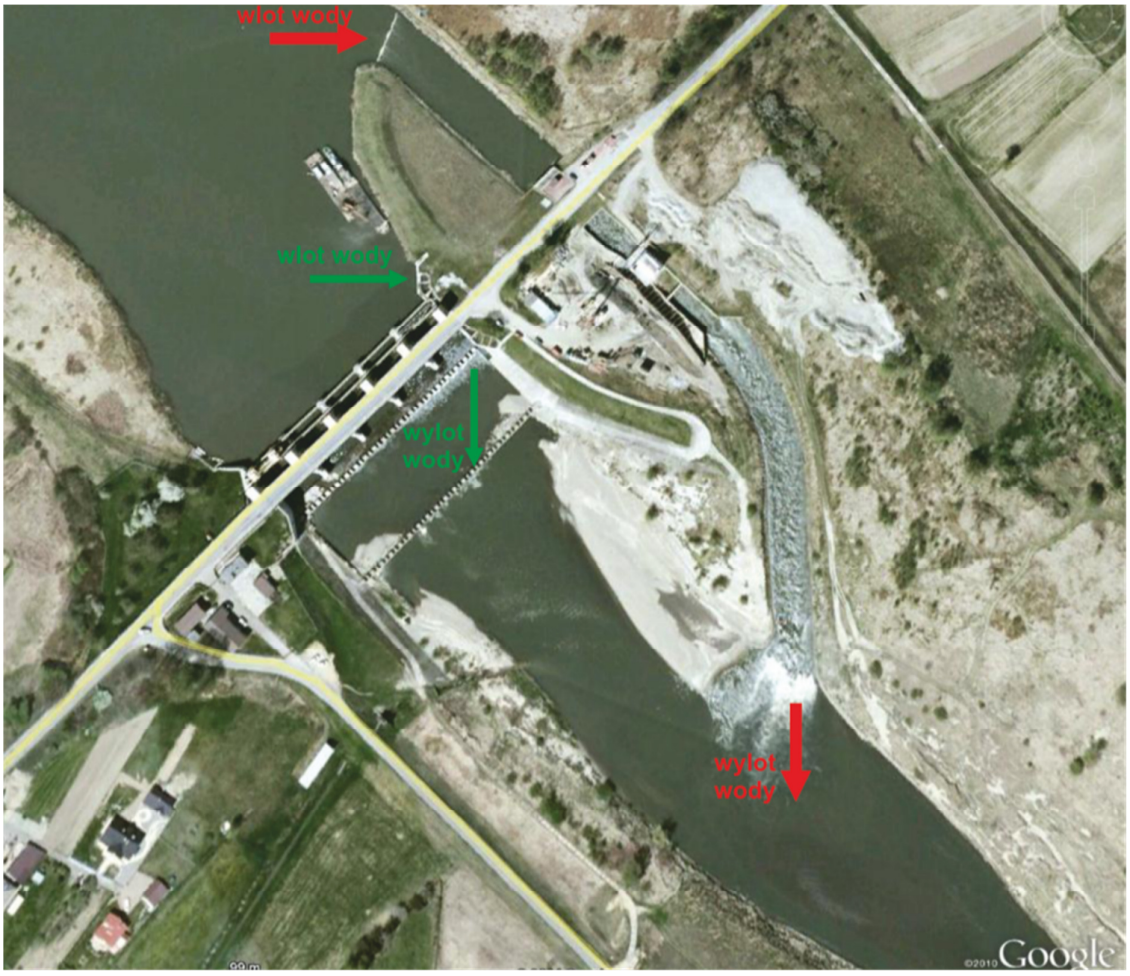
Wybudowany w 1961 roku, wraz z brama wodną, kanałem żeglugowo-energetycznym i śluzą żeglugową w Borku Szlacheckim o wymiarach 85x12 m, wysokość spadu 11,6 m (12,2 m), typ zamknięć górnych wrota i dolnych wrota, system napełniania komory śluzy – kanał obiegowy. Różnica pomiędzy rzędną piętrzenia 215,40 m n.p.m, a przyjętym poziomem „0" progu stopnia wodnego Przewóz wynosi 24,90 m. Jaz składa się z pięciu przęseł o wymiarach w świetle 20 m, wysokość spadu 6,4 m (7,0) m.

Stopień Łączany piętrzy wodę dla potrzeb kanału żeglugowo-energetycznego Łączany - Skawina o długości 15,5 km biegnącego równolegle do koryta Wisły, który kończy się śluzą żeglugową w Borku Szlacheckim. Poniżej kanału Łączany-Skawina i śluzy w Borku Szlacheckim znajduje się kanał żeglugowy dolny łączący dolne stanowisko śluzy z korytem Wisły o długości 1,4 km. Najwięcej wody pobiera kanał żeglugowo-energetyczny dostarczający wodę chłodniczą do Elektrowni Skawina i pobór ten jest zaspokajany w pierwszej kolejności. Spiętrzona woda wykorzystywana jest również przez MEW Łączany o mocy 2,5 MW, zlokalizowaną na lewym brzegu Wisły i wyposażoną w jedną turbiną Kaplana o przełyku 50 m^3/s.

Stopień Łączany jest pierwszym, licząc z biegiem Wisły, stopniem drogi wodnej wyposażonym na etapie budowy w urządzenie służące migracji ryb w formie przepławki „łososiowej typu komorowego" o przepływie wody 1,0 m^3/s umieszczonej w lewym przyczółku jazu (rys. 9, fot. 7). Przepławka dla ryb składa się z 21 komór o wymiarach 2 x 3 m i spadzie pomiędzy komorami 0,25 m (fot. 8). Wyposażona jest w dwie zasuwy płaskie o wymiarach 1,2 x 1,6 m stanowiące zamknięcia wlotu i wylotu wody do/z przepławki.

Obydwa kanały żeglugowe stopnia Łączany: górny zaczynający się bramą wodną w spiętrzeniu powyżej stopnia i biegnący do śluzy w Borku Szlacheckim oraz dolny poniżej tej śluzy, stwarzają możliwość błądzenia części migrujących w górę lub w dół rzeki ryb. Problem ten, przy aktualnym rozdziale wody (gros przepływu Wisły kierowane jest do kanału żeglugowo-

energetycznego), długości obu kanałów i lokalizacji śluzy w Borku Szlacheckim pomiędzy tymi kanałami, jest praktycznie nierozwiązywalny.



Rys. 9. Stopień Łączany, czerwonymi strzałkami zaznaczono pobór i zrzut wody z hydroelektrowni, a zielonymi wlot i wylot wody z przepławki dla ryb (Google Earth, 2014)

Fot. 7. Stopień Łączany, widok z prawego brzegu na stopień i wylot wody z hydroelektrowni na lewym brzegu Żółta strzałka wskazuje wylot wody z przepławki dla ryb, a czerwona strzałka wylot wody z kanału MEW

Fot. 8. Stopień Łączany, widok z prawego brzegu na stopień wylot wody z przepławki i jednocześnie wejście do przepławki na lewym brzegu zaznaczony żółtą strzałką

W warunkach normalnej eksploatacji na jazie piętrzącym, utrzymywany jest normalny poziom piętrzenia NPP = 215,40 m n.p.m. Niższe poziomy piętrzenia mogą wystąpić samoczynnie w przypadku zmniejszenia się przepływów rzeki Wisły w przekroju jazu poniżej 27,5 m^3 /s, a poziomy piętrzenia wyższe od rzędnej 215,40 m n.p.m. w okresie wezbrań Wisły przy przepływach powyżej 1500 m^3/s. Normalny eksploatacyjny poziom wody dolnej jazu (właściwie w korycie Wisły poniżej jazu) może wahać się od rzędnej 207,70 do rzędnej 212,00 m n.p.m. (stan ostrzegawczy dla stopnia Łączany) lub do rzędnej 214,00 m n.p.m. (stan alarmowy dla stopnia Łączany). Woda Wisły spiętrzona stopniem wodnym Łączany jest wykorzystywana przez:

- kanał żeglugowo-energetyczny Elektrowni Skawina - pobór wody chłodniczej następuje w pierwszej kolejności, w ilości 20,5 m^3/s (max. 24,5 m^3 /s), przy zachowaniu rzędnych piętrzenia 215,40 m n.p.m. na jazie Łączany oraz 214.80 m n.p.m. w Borku Szlacheckim;
- kanał żeglugowo-energetyczny do żeglugi/śluzowania jednostek pływających - pobór wody w ilości 18 m^3/s, wyłącznie w trakcie śluzowania oraz dodatkowo stałe straty na filtrację (1,37 m^3/s) oraz na parowanie (0,02 m^3/s);
- hydroelektrownię – pobór wody jest uzależniony od przepływu Wisły powyżej wlotu do kanału żeglugowo energetycznego i waha się w granicach od 6,0 m^3/s (przy przepływie Q ≤ 25,5 m^3/s), do 60,0 m^3/s (przy przepływie Q > 25,5 m^3/s);
- przepławkę dla ryb – pobór wody w ilości 1,0 m^3/s.

Praca MEW nie może mieć powodować zmniejszenia przepływu nienaruszalnego w Wiśle poniżej jazu Łączany oraz wielkości przepływu wody w przepławce dla ryb (1,0 m^3/s).

W przypadku zagrożenia powodzią i konieczności zwiększenia przepływu wody przez jaz, tj. po wzroście poziomu wody dolnej powyżej rzędnej 214,00 m n.p.m. następuje zrzut wody do dolnego stanowiska jazu. Początkowo są opuszczane są zamknięcia klapowe, a po wyczerpaniu możliwości przepustowej klap podnoszone są zasuwy jazu, aż do skrajnego położenia dolnego wynoszącego 216,90 m n.p.m.

Maksymalne wahania poziomu wody górnej jazu Łączany ze względu na konieczność zachowania rzędnej 214.80 m n.p.m. w awanporcie górnym śluzy w Borku Szlacheckim nie powinny przekraczać 0,60 m.

Poniżej zestawiono podstawowe dane hydrologiczne niezbędne do opracowania wariantowych koncepcji urządzeń migracji ryb (tab.3).

Tab. 3. Przepływy i stany wody (rzędne) w przekroju jazu (stopnia) Łączany - dane RZGW Kraków (zmienione)

Wyszczególnienie	przepływ [m^3/s]	rzędna zw. wody dolnej [m n.p.m.]
najniższy obserwowany NNQ	3,10	207,80 (207,70)
średnia niska woda SNQ (okres żeglugowy)	9,59	207,80
średni roczny z wielolecia SSQ	77,70	211,60

Określona na podstawie danych z tab. 3 różnica poziomów wody górnej i dolnej dla koncepcji urządzeń migracji ryb dla jazu Łączany przy przepływie NNQ wynosi 7,7 m (rzędna WG = 215,40 m n.p.m., rzędna WD = 207,70 m n.p.m.), a przepływ operacyjny rzeki Wisły, przy którym ma poprawnie funkcjonować przepławka dla ryb, zawiera się w granicach od 3,1 m^3/s (NNQ) do 194,0 m^3/s (2,5 x SSQ).

Na reżim przepływów odcinka Wisły pomiędzy jazem Łączany (miejsce poboru wody), a ujściem rzeki Skawinki (miejsce zrzutu wód pochłodniczych z Elektrowni Skawina) wpływają: praca kanału żeglugowo-energetycznego, śluzy żeglugowej w Borku Szlacheckim jazu Łączany MEW. Przepływ nienaruszalny dla tego odcinka Wisły został obliczony na podstawie dwóch różnych danych wejściowych wg metodyki zawartej w opracowaniu IMGW z 1977 r. „Weryfikacja kryteriów i wielkości przepływów nienaruszalnych" – autorstwa Haliny Kostrzewy wg wzoru:

$$Q_n = k \times SNQ\ [m^3/s]$$

gdzie

***k* = 0,5** - parametr zależny od typu hydrologicznego rzeki i powierzchni zlewni

SNQ - przepływ średni niski z wielolecia.

Przepływ nienaruszalny obliczony tylko na podstawie SNQ z wodowskazu Czernichów (odcinek Wisły na długości derywacji- część wód omija ten odcinek Wisły kanałem Łączany-Skawina) wynosi **Q_n = 4,79 m^3/s**, zaś przepływ nienaruszalny obliczony tylko na podstawie SNQ wodowskazu Smolice (odcinek Wisły powyżej derywacji) i przyrostu zlewni pomiędzy wodowskazem Smolice a wodowskazem Czernichów wynosi **Q_n = 16,17 m^3/s.**

Biorąc pod uwagę że stopnie na Górnej Wiśle tworzą Kaskadę, zwrot całej ilości wody pobranej kanałem żeglugowo-energetycznym do koryta Wisły, oraz stałe napowietrzenie wody przez MEW Łączany przyjęto w „Instrukcji gospodarowania wodą" przepływ nienaruszalny w korycie Wisły poniżej jazu Łączany w wielkości **7,00 m^3/s[2].**

3.4.1. Koncepcja udrożnienia jazu Łączany

Istniejąca przepławka komorowa umieszczona w lewym filarze jazu Łączany posiada następujące nieusuwalne wady:

[2] Zespół Obiektów Hydrotechnicznych Łączany – Skawina, Instrukcja gospodarowania wodą 2007 r.

- konstrukcja przepławki przy typowych dla jazu Łączany wahaniach poziomów wody górnej i dolnej powoduje zmniejszenie napełnienia komór oraz krytyczny wzrost prędkości wody w przelewach górnych i przesmykach dolnych, utrudniająca migrację narybku i niewielkich gatunków ryb;
- przepływ/wabiący prąd wody istniejącej przepławki określony w pozwoleniu wodnoprawnym[3] na 1,0 m^3/s i jest zbyt mały w stosunku do podanego powyżej przepływu operacyjnego rzeki Wisły**,** jednocześnie w oknie wylotu wody przepławki widać kolano niedziałającego rurociągu wody dodatkowej zwiększającego wielkość prądu wabiącego ryby do przepławki, więc projektant stopnia zdawał sobie sprawę z faktu, że należy zwiększyć ten prąd (fot.9);
- wskutek erozji koryta Wisły poniżej jazu w Łączanach, próg wylotu wody z przepławki zlokalizowany przy lewym przyczółku jazu powyżej drugiego rzędu szykan na rzędnej 209,50, przy przepływie NNQ (najniższym obserwowanym) znajduje się 1,8 m powyżej poziomu rzędnej wody dolnej, a przy przepływie SNQ (średnim niskim) aż 1,7 m powyżej poziomu rzędnej wody dolnej (tab. 3) całkowicie blokując dostęp ryb do przepławki (fot.9);

Fot. 9. Stopień Łączany, po lewej wypad stopnia, po prawej wylot wody z przepławki i rurociąg wabiący

- od 2004 roku na stopniu w Łączanach działa mała elektrownia wodna, która zmieniła układ hydrauliczny węzła wodnego tak, że w okresie niżówek praktycznie cały przepływ nienaruszalny Wisły płynie kanałem wylotowym MEW (rys. 9, fot. 7), a prąd wody wabiący ryby do przepławki jest niezauważalny ani dla ryb ani dla człowieka (rys. 9, fot. 8, fot. 9);

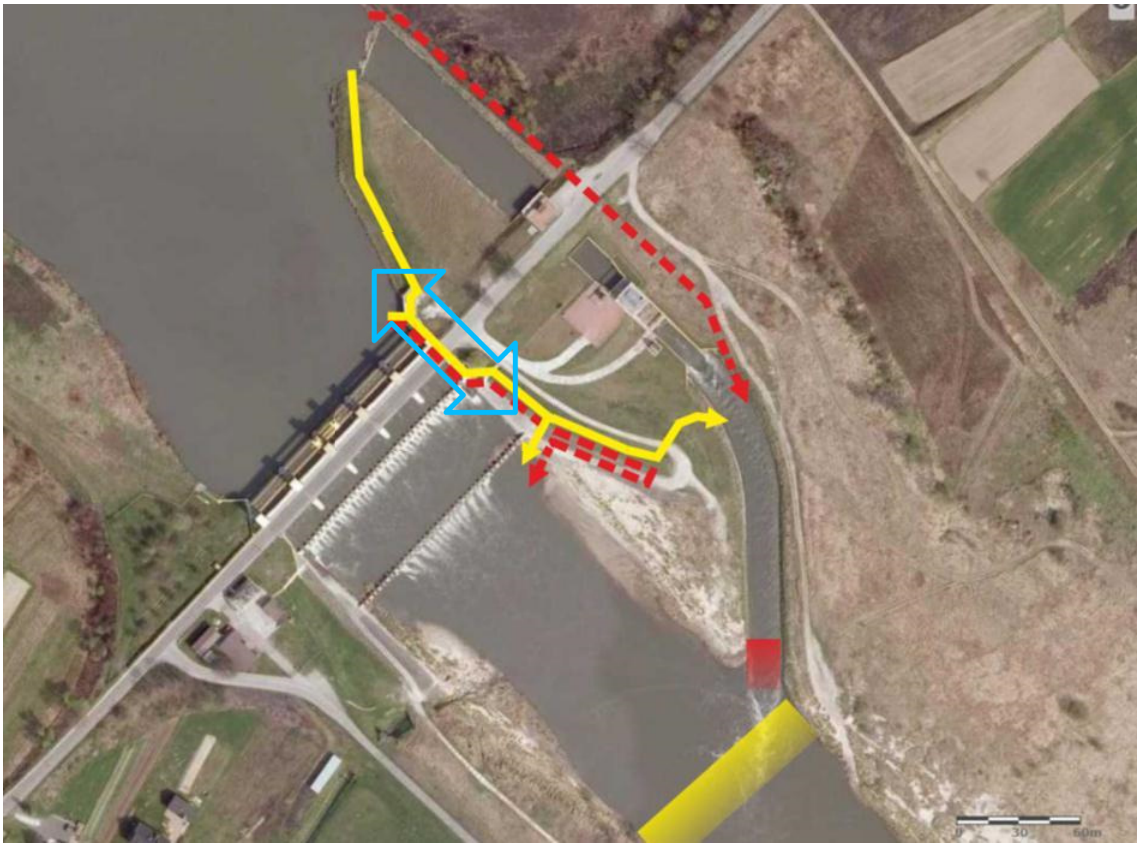
Stopień w Łączanach jest jednym z najważniejszych do udrożnienia budowli Kaskady Górnej Wisły ponieważ blokuje dostęp ryb Skawy i Soły oraz jednym z najtrudniejszych, ze względu na silnie zmieniony reżim hydrologiczny odcinka Wisły wzdłuż kanału żeglugowo-energetycznego. Celem przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Łączany należy na lewym brzegu rzeki przy elektrowni wodnej zaprojektować i wybudować urządzenie służące migracji ryb. Możliwe są następujące warianty (rys. 10).

Wariant 1. **Dwa urządzenia: „techniczna/bliska naturze", przepławka szczelinowa/bystrotok kaskadowy regularny/obejście o całkowitej długości ok. 310 m z dwoma wlotami i dwoma wylotami wody** (tab. 10, zał. I, zał. II) **oraz „bliski naturze" bystrotok z regularnie rozmieszczonymi głazami** (tab. 10, zał. I)**.** Przepławka szczelinowa wykorzystuje kanał istniejącej przepławki komorowej pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Łączany. Dwa wloty wody do przepławki od wody górnej jazu, należy rozmieścić następująco: pierwszy przy prawej krawędzi pływającej belki (bariery przeciwlodowej/zatrzymującej zanieczyszczenia) na wlocie wody do kanału górnego doprowadzającego wodę do MEW, a drugi w miejscu wlotu wody do istniejącej

[3] pozwolenie wodnoprawne na pobór wody z rzeki Wisły powyżej SW Łączany dla potrzeb małej elektrowni wodnej oraz na zrzut wody użytej do produkcji energii elektrycznej do rzeki Wisły. Decyzja Wojewody Małopolskiego z dnia 05.03.2001 r. nr OŚ. III-IV.6811-3-23/2000.

przepławki. Kanał pierwszego wlotu wody biegnie wzdłuż brzegu spiętrzenia, aż do połączenia z kanałem istniejącej przepławki biegnącym od drugiego wlotu. Od tego miejsca obydwa kanały wlotowe łączą się i są prowadzone wspólnym kanałem (w przebudowanym kanale istniejącej przepławki komorowej) poniżej jazu i na wysokości ostatniego rzędu szykan rozdzielają znowu na dwa osobne kanały wylotowe, które są rozmieszczone następująco: pierwszy poniżej ostatniego rzędu szykan jazu, a drugi w kanale dolnym poniżej wypadu wody z MEW.

W wariancie tym konieczne jest wykonanie progu podpiętrzającego w korycie Wisły, poniżej wylotu dolnego kanału odprowadzającego wodę z MEW a formie **bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami**, który zabezpieczy jaz Łączany przed erozją wgłębną i zapewni wymagany poziom wody dolnej dla MEW.



Rys. 10. Udrożnienie jazu Łączany. Niebieska strzałka blokowa wskazuje lokalizację istniejącej przepławki, żółte linie ze strzałkami i żółty prostokąt trasę przepławki w wariancie 1, a czerwone przerywane linie ze strzałkami i czerwony prostokąt trasy przepławek w wariancie 2 (*http://mapy.geoportal.gov.pl/imap*)

Wariant 2. **Trzy urządzenia: „techniczna" przepławka szczelinowa o długości ok. 170 m** (tab. 10, zał. II), **„bliski naturze" bystrotok kaskadowy regularny/obejście o długości ok. 280 m** (tab. 10, zał. I) oraz **„bliski naturze" bystrotok z regularnie rozmieszczonymi głazami** (tab. 10, zał. I). W wariancie tym nie przewiduje się wykonania w korycie Wisły progu podpiętrzającego, zabezpieczającego jaz Łączany przed erozją wgłębną, co oznacza, że istniejący próg na wylocie dolnego kanału odprowadzającego wodę z MEW (rys. 10) wymaga przystosowania dla migracji ryb.

Wlot wody i górna część **przepławki szczelinowej** biegnie po trasie istniejącej przepławki komorowej (wykorzystując przebudowany kanał tej przepławki). Dolna część przepławki

prowadzona po trasie istniejącej przepławki komorowej wymaga przedłużenia ze względu obniżenie aktualnego poziomu wody dolnej o 1,8 m w stosunku rzędnej progu wylotu wody z istniejącej przepławki, a następnie zawinięcia trasy przepławki o 180^{o} celem umieszczenia wylotu wody bezpośrednio poniżej ostatniego rzędu szykan jazu Łączany (rys. 10).

Wlot wody do **bystrotoku/obejścia kaskadowego** znajduje się przy lewej krawędzi pływającej belki (bariery przeciwlodowej/ zatrzymującej zanieczyszczenia) na wlocie wody do kanału górnego doprowadzającego wodę do MEW. Kanał bystrotoku biegnie wzdłuż lewego brzegu kanału górnego MEW, przechodzi pod drogą i trafia do dolnego kanału odprowadzającego wodę z MEW, poniżej wypadu wody z turbin.

Do realizacji wybrano wariant 1 – w skład którego wchodzą „techniczna" przepławka szczelinowa w środkowej części urządzenia oraz bliski naturze" bystrotok kaskadowy regularny/obejście o całkowitej długości ok. 310 m w górnej i dolnej części urządzenia, z dwoma wlotami i dwoma wylotami wody (tab. 10, zał. I, załącznik II), oraz dodatkowo „bliski naturze" bystrotok z regularnie rozmieszczonymi głazami (tab. 10, zał. I), o następujących parametrach:

- przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien mieścić się w granicach przepływu nienaruszalnego i wynosić 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 3,00 m^3/s, jednak ze względu na przepływy Wisły poniżej jazu w Łączanach uznano, że przepływ wody przez przepławkę można zmniejszyć do wartości ustalonej dla jazów Dwory i Smolice tj. do 1,65 m^3/s;
- całkowita długość przepławki wynosi ok. 310 m, aktualna różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu wynosi 7,7 m (rzędna 207,70 m n.p.m); a maksymalna różnica poziomów wody górnym stanowiskiem jazu i dolnego kanału odprowadzającego wodę z MEW Łączany wyniesie ok. 7,4 m (rzędna wylotu kanału 208,00 m n.p.m);
- maksymalne rozmiary komór przepławki szczelinowej określone zostały bazie wymagań kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza (tab. 11) i powinny wynosić: długość - 3,60 m, szerokość - 2,40 m i głębokość - 2,00 m oraz szerokość szczelin 0,60 m (zakładanej szerokości basenów prawdopodobnie nie uda się dotrzymać na odcinku biegnącym w przebudowanym kanale istniejącej przepławki komorowej);
- projektowany spadek pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki szczelinowej wynosi 0,14 m, minimalna liczba basenów przepławki przy różnicy poziomów 7,7 m pomiędzy wodą górną a dolną wynosi 55, a przy różnicy poziomów 7,4 m pomiędzy wodą górną a dolną wynosi 53, (przy długości przepławki 310 m jej górna część powyżej połączenia kanałów wlotów wody i dolna poniżej połączenia kanałów wylotów wody powinna być wykonana w formie bystrotoku kaskadowego regularnego/obejścia;
- parametry kanału bystrotoku/obejścia: szerokość - 2,40 m, głębokość kanału - 1,50 m, łączna maksymalna szerokość szczelin pomiędzy basenami 0,90 m, spadek jednostkowy kanału bystrotoku I = 5,0 < 10‰.

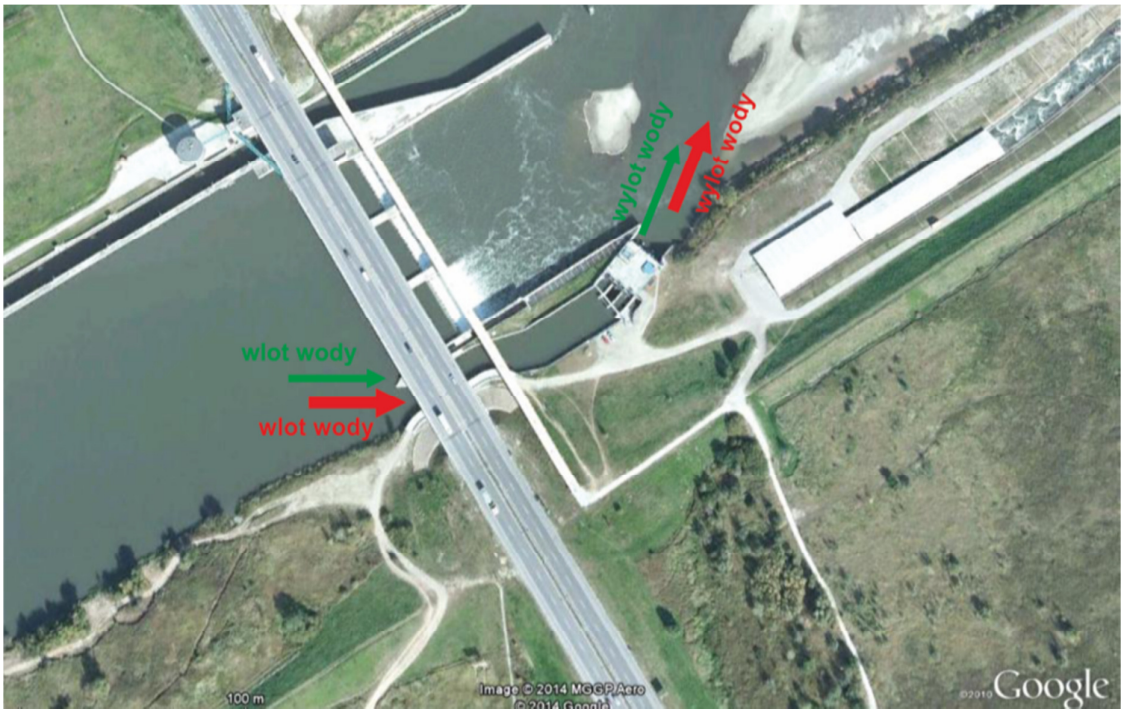
Warunkiem funkcjonowania opisanego powyżej rozwiązania jest wykonanie na całej szerokości koryta Wisły (poniżej kanału zrzutowego z MEW) progu podpiętrzającego w formie pochylni (rampy) z rzędną korony 208,00 wraz z **bystrotokiem z regularnie rozmieszczonymi głazami (**tab. 10, zał. I) umożliwiającym migracje ryb.

3.5. Stopień Kościuszko w km 66+400

Wybudowany w 1996 roku stopień, w trakcie budowy, został wyposażony w „przepławkę łososiową typu komorowego" zlokalizowaną na prawym brzegu Wisły. Różnica pomiędzy rzędną

piętrzenia stopnia, a przyjętym poziomem „0” progu stopnia wodnego Przewóz wynosi 12,90 m. Światło jazu 3x32,0 m, wysokość spadu 4,5 m, typ zamknięcia sektorowy. Wraz ze stopniem zbudowano śluzę żeglugową o wymiarach 190x12 m, wysokość spadu 4,5 m, typ zamknięć górnych wrota i dolnych wrota, system napełniania komory śluzy – segment i kanał obiegowy (fot. 10). W 2001 roku na prawym brzegu istniejącego stopnia została dobudowana hydroelektrownia o mocy 3,03 MW wyposażona w 3 turbiny Kaplana. Bezpośrednio przy bloku elektrowni w prawej ścianie kanału dopływowego znajdują się wloty do ujęcia wody do toru kajakarstwa górskiego (rys. 11).

Fot. 10. Stopień Kościuszko, widok z prawego brzegu na jaz (czerwona strzałka) i śluzę (żółta strzałka)



Rys. 11. Stopień Kościuszko, czerwonymi strzałkami zaznaczono pobór i zrzut wody z hydroelektrowni, a zielonymi wlot i wylot wody z przepławki dla ryb (Google Earth, 2014)

W warunkach normalnej eksploatacji na sektorowym jazie piętrzącym stopnia Kościuszko, utrzymywany jest automatycznie normalny poziom piętrzenia NPP = 203,50 m n.p.m. z założoną tolerancją ± 10 cm oraz sygnalizacją o nieprawidłowościach pracy jazu przy ustawieniu na wąski zakres ± 0,15 m lub na szeroki zakres ± 0,25 m. Najniższy poziom piętrzenia (ustawienie sektorów w dolnym skrajnym położeniu) wynosi 200,40 m n.p.m. Normalny eksploatacyjny poziom wody w korycie Wisły poniżej jazu wynosi 199,00 m n.p.m. i kształtowany jest piętrzeniem wody na stopniu wodnym Dąbie, którego NPP wynosi również 199,00 m n.p.m. Woda Wisły spiętrzona stopniem wodnym Kościuszko jest wykorzystywana przez:

- śluzę żeglugową - pobór wody zależnie od czasu śluzowania waha się od >50 m^3/s przy czasie napełniania komory śluzy ok. 8 min. do < 20 m^3/s przy czasie napełniania komory śluzy 35 min.;
- przepławkę dla ryb – pobór wody w ilości 1,0 m^3/s oraz straty na sektorach jazu w ilości 5,0 m^3/s
- hydroelektrownię – pobór wody zależny od przepływu w granicach od 10,0 do 100,0 m^3/s;
- tor kajakarstwa górskiego zasilany z kanału energetycznego – maksymalny pobór wody 15 m^3/s.

Maksymalne wahania poziomu wody górnej jazu Kościuszko nie powinny przekraczać 0,50 m, a praca śluzy i MEW nie mogą powodować zmniejszenia przepływu nienaruszalnego w Wiśle poniżej jazu Kościuszko oraz ograniczać przepływu wody w przepławce dla ryb (1,0 m^3/s).

Poniżej zestawiono podstawowe dane hydrologiczne niezbędne do opracowania wariantowych koncepcji urządzeń migracji ryb (tab.4).

Tab. 4. Przepływy i stany wody (rzędne) w przekroju jazu (stopnia) Kościuszko – dane RZGW Kraków

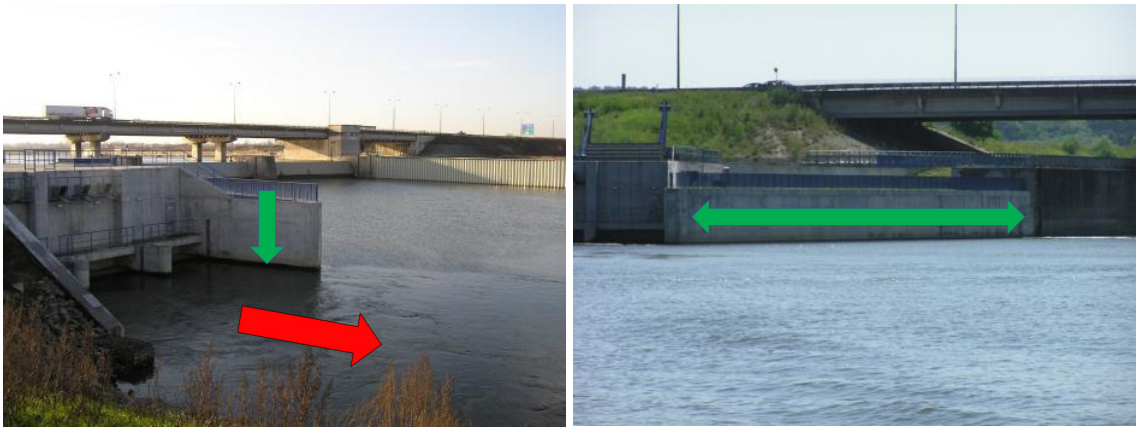
Wyszczególnienie	przepływ [m^3/s]	rzędna zw. wody dolnej [m n.p.m.]
najniższy obserwowany NNQ	19,00	199,06
średni niski z wielolecia SNQ	30,00	199,16
średni roczny z wielolecia SSQ	92,00	199,72

Określona na podstawie tab. 4 różnica poziomów wody górnej i dolnej dla koncepcji urządzeń migracji ryb dla jazu Kościuszko wynosi 4,5 m (obliczenia dla przepływu NNQ), a przepływ operacyjny rzeki Wisły przy którym ma poprawnie funkcjonować przepławka dla ryb zawiera się w granicach od 19,0 m^3/s (NNQ) do 230,0 m^3/s (2,5 x SSQ).

Przepływ nienaruszalny dla tego odcinka Wisły ustalony Decyzją Starostwa Powiatowego w Krakowie[4] z dnia 19.07.2002 roku wynosi 19,0 m^3/s.

Parametry istniejącej przepławki przedstawiają się następująco: całkowita długość 131,54 m, liczba komór 30 szt., wymiary otworów wylotowego 1,0 x 2,0 m i wlotowego 1,2 x 1,2 m, pobór wody 1,0 m^3/s. Podczas budowy hydroelektrowni zaistniała konieczność przeprojektowania (przedłużenia) kanału istniejącej przepławki dla ryb. Wówczas niekompetentny projektant sprowadził to urządzenie do poziomu atrapy, umieszczając wejście do przepławki dla ryb (od wody dolnej) w kanale wylotowym elektrowni (fot. 11), gdzie prąd wabiący ryby do przepławki (przepływ = 1 m^3/s) jest skutecznie tłumiony przez wodę wypływającą z turbin (przepływ = 10 do 100 m^3/s).

[4] pozwolenie wodnoprawne na szczególne korzystanie z wód rzeki Wisły w Kryspinowie, gm. Liszki dla stopnia wodnego Kościuszko w km 66+400 rzeki Wisły. Decyzja Starosty Powiatu Krakowskiego z dnia 02.07.2002 r. nr OŚ.62231/3/02/JM.



Fot. 11. Stopień Kościuszko, po lewej wylot wody z hydroelektrowni (czerwona strzałka) i przepławki dla ryb (zielona strzałka), po prawej dobudowany dodatkowy element przedłużający „starą" przepławkę

3.5.1. Koncepcja udrożnienia jazu Kościuszko

Przewrócenie warunków dla migracji ryb przy jazie Kościuszko należy przeprowadzić w dwóch etapach. I etap udrożnienia tego węzła wodnego polega na przebudowie/modernizacji istniejącej wadliwie funkcjonującej przepławki dla ryb i powinien być przystosowany do wymagań wymienionych w tab. 7 i tab. 8 gatunków ryb, za wyjątkiem jesiotra ostronosego. W ramach II etapu przewrócenia warunków dla migracji ryb należy dokonać modernizacji śluzy żeglugowej pod kątem wymagań jesiotra wykorzystując sprawdzone rozwiązanie zastosowane na stopniu na rzece Rodan fr. Rhône w okolicach Avignion (Francja).

Wlot wody (1 m^3/s) do przepławki znajduje się przy prawym brzegu Wisły, po lewej stronie przedłużonego filaru oddzielającego jaz sektorowy od wlotu wody (10-100 m^3/s) do hydroelektrowni więc spływające ryby trafiają wprost do turbin MEW (rys. 11). Z kolei wejście do przepławki czyli wylot wody z przepławki, umieszczony został w kanale wylotu wody z turbin (miejsce zaznaczone zieloną strzałką na fot. 11) pod powierzchnią wody, w strumieniu dużo silniejszego prądu wody wypływającego z turbin elektrowni. Zastosowane rozwiązania nie dają więc rybom żadnych szans na pokonanie przepławki ani w górę ani w dół rzeki Wisły.

W I etapie celu przywrócenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Kościuszko należy przeprojektować oraz przebudować istniejącą przepławkę znajdującą się w przedłużonym filarze jazu sektorowego pomiędzy prawym sektorem jazu, a kanałem dostarczającym wodę do elektrowni. Możliwe są następujące warianty (rys. 12).

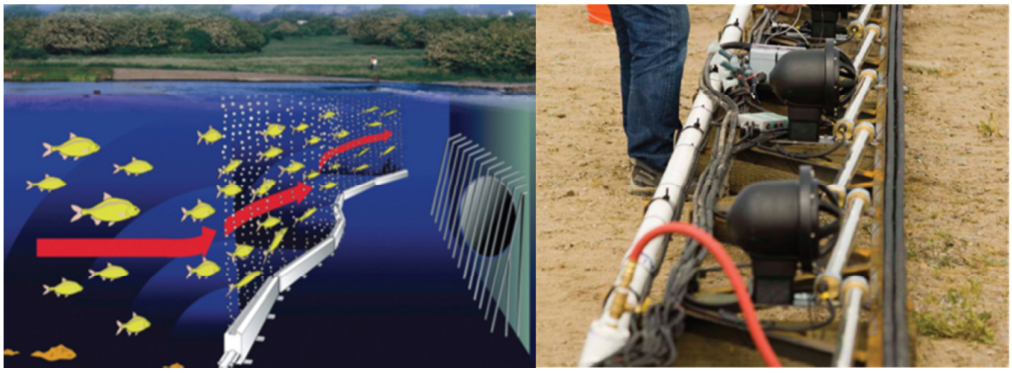
Wariant 1. **„Techniczny" przepławka komorowa kaskadowa/ryglowa o długości 131,54 m** pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Kościuszko (tab.10, zał. III). Wlot wody do przepławki należy pozostawić w tym samym miejscu, a na kanale doprowadzającym wodę do turbin MEW i zasilającym tor kajakarstwa górskiego należy zamontować ukośną barierę behawioralną. Kanał nowej przepławki należy poprowadzić po trasie istniejącej przepławki (rys. 12), a wylot wody z przepławki powinien być ustawiony prostopadle do osi kanału zrzutowego MEW w formie galerii zbierającej (zał. V).

Wariant 2. **„Techniczny" przepławka dwuszczelinowa o długości 131,54 m** pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Kościuszko (tab. 10, zał. II). Wlot wody do przepławki należy pozostawić w tym samym miejscu, a na kanale doprowadzającym wodę do turbin MEW i zasilającym tor kajakarstwa górskiego należy zamontować ukośną barierę behawioralną. Kanał

nowej przepławki należy poprowadzić po trasie istniejącej przepławki (rys. 12), a jego dolne zakończenie rozdzielić na dwa wyloty wody z przepławki: pierwszy skierowany pod kątem 30° do kanału zrzutowego MEW, drugi do skierowany po kątem 45° w stronę osi rzeki. Przy wycinaniu wylotów ścianie przedłużonego filaru oddzielającego jaz sektorowy od wlotu wody do elektrowni należy nadproże tych otworów wykonać min. 1,5 m powyżej rzędnej 199,00 m n.p.m.

Rys. 12. Udrożnienie jazu Kościuszko – I etap. Niebieska strzałka blokowa - lokalizacja istniejącej przepławki, żółta linia ze strzałkami - trasa przepławki w wariancie 1, czerwona przerywania linia ze strzałkami - trasa przepławki w wariancie 2, a żółta przerywana linia - lokalizacja bariery behawioralnej (Google Earth, 2014)

W obydwu wariantach należy zaprojektować i wykonać: dodatkowy rurociąg wody wabiącej i jego wylot wprowadzić do pierwszej od dolnej wody (najniżej położonej) komory przepławki, w celu zwiększenia prądu wabiącego ryby do przepławki i poprawienia efektywności jej funkcjonowania oraz **zastosować bariery behawioralnej np. systemu BAFF** oprowadzającą migrujące w dół rzeki ryby przy wykorzystaniu kurtyny powietrznej i dźwięku generowanego przez hydrofony (fot. 12).



Fot. 12. Bariera behawioralna systemu BAFF, po lewej wizualizacja funkcjonowania bariery, po prawej eżektory powietrza i hydrofony na szynie montażowej. Internet: ***http://www.powermag.com/coal/CWA-316b-Update-Fish-Guidance-and-Protection_4050.html***

Do realizacji wybrano wariant 1 – w skład którego wchodzi przepławka komorowa kaskadowa/ryglowa pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Kościuszko (tab. 10, zał. III), wykorzystująca wlot wody istniejącej przepławki, z ukośną barierę behawioralną na kanale doprowadzającym wodę do turbin MEW i zasilającym tor kajakarstwa górskiego, poprowadzona po trasie istniejącej przepławki (rys. 12), z wylotem wody ustawionym prostopadle do osi kanału zrzutowego MEW w formie galerii zbierającej, o następujących parametrach:

- przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien mieścić się w granicach przepływu nienaruszalnego i wynosić 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 5,00 m^3/s, ponieważ zmodernizowany kanał istniejącej przepławki pozwoli na przeprowadzenie przepływu wody w granicach 1,5-2,2 m^3/s należy zwiększyć prąd wabiący do 5,0 m^3/s poprzez wykonanie dodatkowego rurociągu wody wabiącej i wprowadzenie go do pierwszej od dolnej wody (najniżej położonej) komory przepławki;
- całkowita długość przepławki wynosi 131,54 m i wynika z konstrukcji przedłużonego filara jazu sektorowego, a aktualna różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu wynosi 4,5 m;
- maksymalne rozmiary basenów przepławki określone na bazie wymagań kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza (tab. 11) powinny wynosić: długość - 3,60 m (w tym przypadku można uzyskać ok. 4,0 m), szerokość - 2,40 m (w dobudowanej części przepławki ok. 4 m) i głębokość ok. 1,50 m oraz łączna szerokość szczelin 0,80 m;
- projektowany spadek pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki powinien wynosić 0,14 m, a minimalna liczba basenów przy różnicy poziomów 4,5 m pomiędzy wodą górną i dolną 32;
- dodatkowa woda wabiąca w ilości 3,5 m^3/s powinna zostać doprowadzona grawitacyjnie rurociągiem biegnącym wewnątrz kanału przepławki.

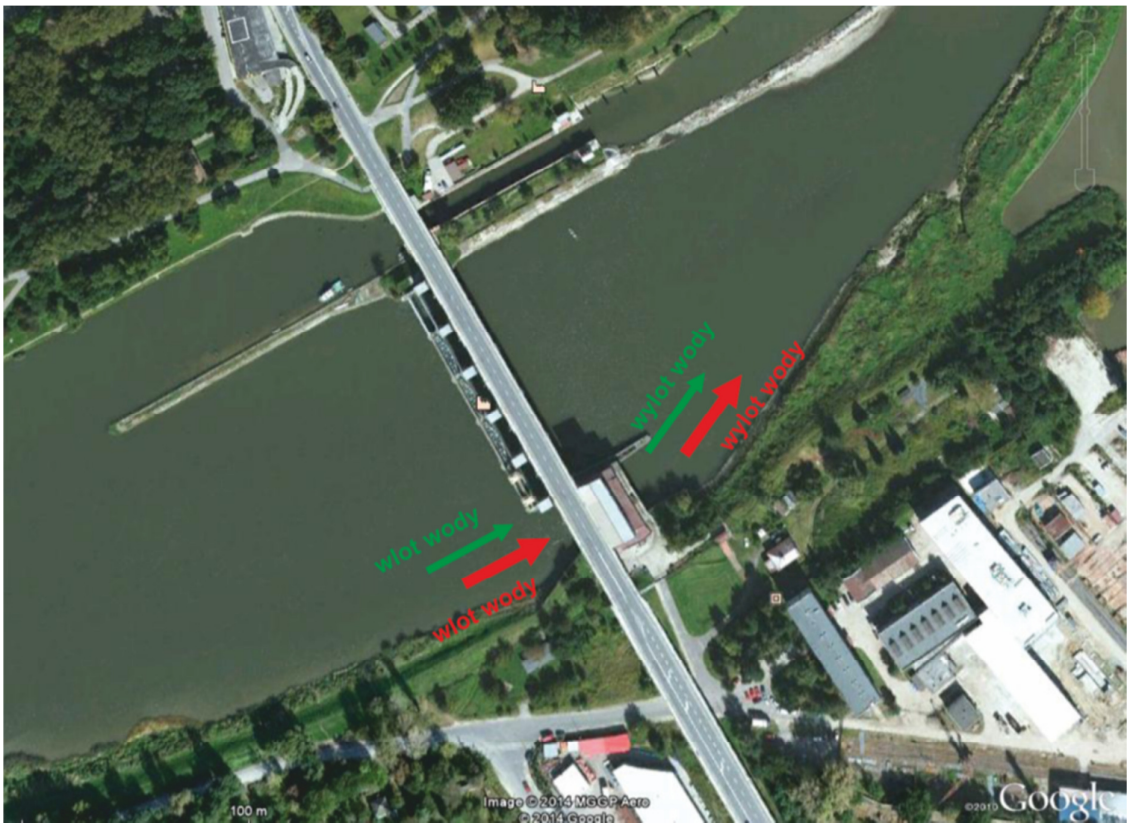
Realizacja II etapu udrożnienia stopnia Kościuszko powinna być wdrożona po rozpoczęciu stałych zarybień dorzecza górnej Wisły jesiotrem ostronosym i polegać na modernizacji śluzy żeglugowej (rys. 13) w sposób opisany w podrozdziale 3.2.1. Koncepcja udrożnienia jazu Dwory.

Rys. 13. Koncepcja udrożnienia stopnia w Beaucaire na rzece Rodan. po prawej lokalizacja „głównej" przepławki dla ryb, po lewej zmodernizowana śluza żeglugowa jako przepławka uzupełniająca.

Koncepcja opracowana dla stopnia w Beaucaire na rzece Rodan (rys. 13) zalecana jest dla rzek dużych o szerokości powyżej kilkudziesięciu metrów wyposażonych w hydroelektrownie i śluzy żeglugowe, w których odbywają się, albo odbywały się w przeszłości, masowe migracje ryb np. aloza, certa, lub migracje dużych ryb takich jak jesiotr. Rozwiązanie takie zostało zaproponowane dla udrożnienia Wisły na wysokości Włocławka i doskonale nadaje się do kaskady Górnej Wisły.

3.6. Stopień Dąbie w km 80+875

Wybudowany w 1961 roku, posiada hydroelektrownię na prawym brzegu o mocy 2,5 MW oraz urządzenie służące migracji ryb w formie technicznej przepławki łososiowej typu komorowego. Różnica pomiędzy rzędną piętrzenia stopnia, 199,00 m n.p.m., a przyjętym poziomem „0" progu stopnia wodnego Przewóz wynosi 8,40 m. Światło jazu 5x20,0 m, wysokość spadu 3,7 m, typ zamknięcia zasuwy płaskie z dwudzielną klapą lodową. Wraz ze stopniem zbudowano śluzę żeglugową o wymiarach 85x12 m, wysokość spadu 3,7, typ zamknięć górnych wrota i dolnych wrota, system napełniania komory śluzy – przez krótkie podwójne kanały obiegowe znajdujące się w głowie górnej i głowie dolnej (rys. 14).



Rys. 14. Stopień Dąbie, czerwonymi strzałkami zaznaczono pobór i zrzut wody z hydroelektrowni, a zielonymi wlot i wylot wody z przepławki dla ryb

W warunkach normalnej eksploatacji na jazie piętrzącym stopnia Dąbie, utrzymywany jest za pomocą klap lodowych i pięciu zasuw normalny poziom piętrzenia NPP = 199,00 m n.p.m. z tolerancją ± 15 cm. Najniższy poziom piętrzenia (rzędna progów sektorów po podniesieniu klap i zasuw) wynosi 193,60 m n.p.m. Normalny eksploatacyjny poziom wody w korycie Wisły poniżej jazu wynosi 195,30 m n.p.m. i kształtowany jest piętrzeniem wody na stopniu wodnym Przewóz, którego

NPP wynosi również 195,30 m n.p.m. Woda Wisły spiętrzona stopniem wodnym Dąbie jest wykorzystywana przez:

- śluzę żeglugową - pobór wody ok. 10,5 m^3/s, w czasie śluzowania jednostek pływających, od 15 do 30 min.;
- przepławkę dla ryb – pobór wody w ilości 1,0 m^3/s;
- hydroelektrownię przepływową – pobór wody waha się w granicach od 7,0 do 105,0 m^3/s.

Maksymalne wahania poziomu wody górnej jazu Dąbie nie powinny przekraczać 0,30 m, a praca śluzy i MEW nie mogą powodować zmniejszenia przepływu nienaruszalnego w Wiśle poniżej jazu Przewóz oraz ograniczać przepływu wody w przepławce dla ryb (1,0 m^3/s).

Wyłączenie jednej turbiny powoduje podwyższenie rzędnej NPP o ok. 5 cm, a drugiej o ok. 10 cm trwające ok. 5 minut. Śluzowanie jednostek pływających powoduje obniżenie rzędnej NPP o ok. 5 cm.

Poniżej zestawiono podstawowe dane hydrologiczne niezbędne do opracowania wariantowych koncepcji urządzeń migracji ryb (tab.5).

Tab. 5. Przepływy charakterystyczne (okres 1951-1980) i prawdopodobne (okres 1941-1990) w przekroju jazu (stopnia) Dąbie wg projektu stopnia i wg. studium architektoniczno-inżynierskiego Hydroprojektu Kraków, dot. możliwości podwyższenia obwałowań wiślanych w Krakowie na odcinku od SW Dąbie do SW Kościuszko – dane RZGW Kraków oraz oszacowane przez autora stany wody (rzędne) rzeki Wisły poniżej jazu Dąbie

Wyszczególnienie	przepływ wg projektu [m^3/s]	przepływ wg studium [m^3/s]	rzędna zw. wody dolnej [m n.p.m.]
najniższy obserwowany NNQ	14,1	20,0	195,30 ± 15 cm
średni niski z wielolecia SNQ	24,0	33,0	
średni roczny z wielolecia SSQ	84,0	98,0	

Określona na podstawie tab. 5 różnica poziomów wody górnej i dolnej dla koncepcji urządzeń migracji ryb dla jazu Dąbie wynosi 3,7 m (obliczenia dla przepływu NNQ), a przepływ operacyjny rzeki Wisły, przy którym ma poprawnie funkcjonować przepławka dla ryb zawiera się w granicach od 14,1 m^3/s (NNQ) do 215,0 m^3/s (ok. 2,5 x SSQ). Górna wartość przepływu operacyjnego odpowiada przepustowości klap jazu Dąbie po ich całkowitym położeniu.

W Instrukcji gospodarowania wodą stopnia Dąbie[5] znajduje się podrozdział pt. Zapewnienie przepływu nienaruszalnego. Stwierdzono w nim, cytuję: *„Stopień wodny nie wpływa na zmianę wielkości przepływu wody w Wiśle. Zrzut do dolnego stanowiska jest realizowany stałym przepływem wody przez urządzenia Elektrowni Wodnej, przepławkę oraz przez jaz przy Elektrowni Wodnej wyłączonej z ruchu. Zapewnia to praca zamknięć jazu, śluzy i elektrowni zgodnie z zasadami określonymi w instrukcjach utrzymania i eksploatacji. Dla uniknięcia dużych skoków zwierciadła wody niezbędna jest ścisła współpraca obsługi elektrowni z obsługą jazu”*.

Istniejąca przepławka umieszczona jest w filarze oddzielającym jaz od elektrowni (fot. 13). Filar przepławkowy składa się z trzech oddzielonych dylatacjami sekcji o długości 18,80 m, 33, 0 m i

[5] Instrukcja gospodarowania wodą dla Stopnia Wodnego Dąbie. Wykonawca Forex s.c., Kraków, 2008

20,0 m (łącznie 71,8 m). Sekcje od strony wody górnej i wody dolnej są wolnostojące, natomiast część środkowa, mieści się na wsporniku elektrowni.

Przepławka zaprojektowana do pracy pomiędzy rzędnymi: wody górnej 199,0 m n.p.m. i wody dolnej 195,30 m n.p.m. składa się z 15 komór o szerokości 2,00 m, oszacowanej długości ok. 4,5 m, głębokość 1,50 m oraz spadku pomiędzy komorami 0,25 m. Maksymalne założone w projekcie zapotrzebowanie wody wynosi ok. 1,0 m^3/s, a prędkość wody przepływającej przez przepławkę waha się od 1,44 –1,54 m/s.

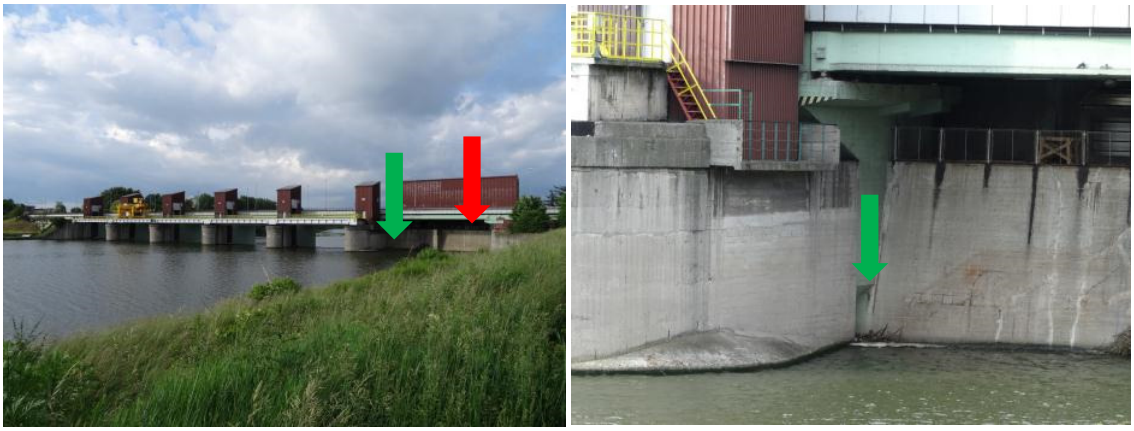
Zamknięcie przepławki stanowi ręczna zasuwa stalowa usytuowana na wlocie wody, poruszana za pomocą listwy palczastej i cięgna. Na wylocie wody z przepławki od strony wypadu jazu i od elektrowni przewidziano możliwość założenia szandorów. Wewnątrz przepławki umieszczona jest rura zasilająca fi = 350 mm, mająca za zadanie doprowadzenie wody z poziomu górnego do najniżej położonej (pierwszej) komory przepławki, w celu wytworzenia wyczuwalnego dla ryb prądu wabiącego.

Fot. 13. Stopień Dąbie, widok z prawego brzegu na hydroelektrownię (czerwona strzałka), filar przepławki dla ryb (zielona strzałka), stopień i śluzę żeglugową

3.6.1. Koncepcja udrożnienia jazu Dąbie

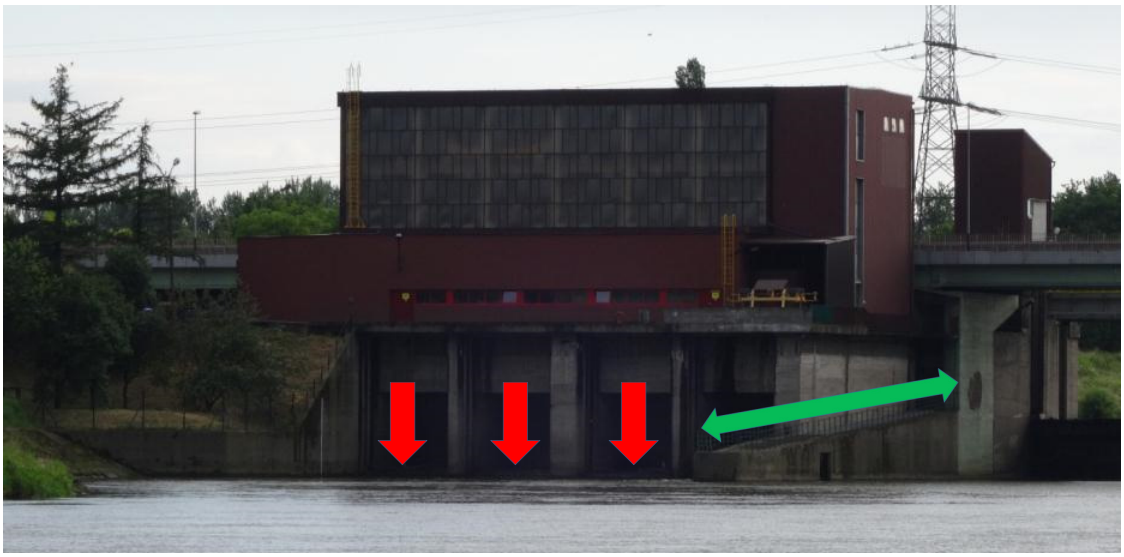
Przewrócenie warunków dla migracji ryb przy jazie Dąbie należy przeprowadzić w dwóch etapach. I etap udrożnienia tego węzła wodnego polega na przebudowie/modernizacji istniejącej wadliwie funkcjonującej przepławki dla ryb i powinien spełniać wymagania wymienionych w tab. 7 i tab. 8 gatunków ryb, za wyjątkiem jesiotra ostronosego. W ramach II etapu przewrócenia warunków dla migracji ryb należy dokonać modernizacji śluzy żeglugowej pod kątem wymagań jesiotra wykorzystując sprawdzone rozwiązanie zastosowane na stopniu na rzece Rodan fr. Rhône w okolicach Avignion (Francja).

Wlot wody (1 m^3/s) do istniejącej przepławki znajduje się przy prawym brzegu Wisły, po prawej stronie filaru przepławkowego oddzielającego jaz od wlotu wody na turbiny hydroelektrowni, więc wabione prądem wody (7-105 m^3/s) - spływające w dół rzeki - ryby trafiają wprost do turbin MEW (fot. 14).



Fot. 14. Stopień Dąbie, widok od górnej wody, po lewej - na jaz i hydroelektrownię (czerwona strzałka) oraz filar przepławki dla ryb (zielona strzałka), po prawej na wlot wody do przepławki (zielona strzałka),

Wejście ryb do istniejącej przepławki czyli wylot wody z przepławki, umieszczonej w filarze przepławkowym, został skierowany do kanału wylotu wody z turbin (fot. 15).



Fot. 15. Stopień Dąbie, widok z prawego brzegu na wyloty wody z hydroelektrowni (czerwona strzałka) i dolną część przepławki dla ryb (zielona strzałka)

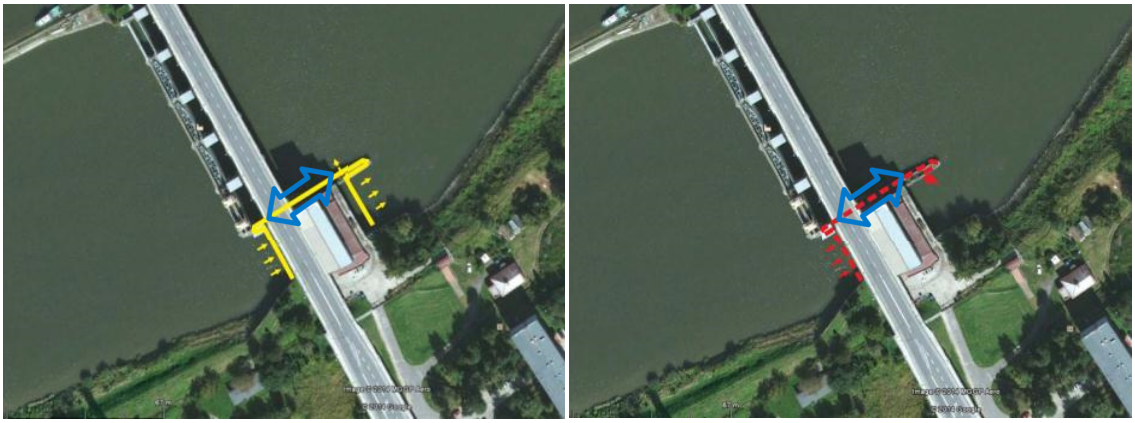
Zastosowano tu rozwiązania poprawiające efektywność działania przepławki i pozwalające rybom, które trafiły pod jaz odnaleźć wejście do przepławki. Jedno to dodatkowa woda wabiąca dostarczana do pierwszej (od wody dolnej) komory przepławki, a drugie to przepust łączący wypad jazu i MEW. Na fot. 16 widać wyloty wody z turbin i filar przepławkowy, w którym znajduje się prostokątny otwór do przepustu. W trakcie pracy turbin następuje spiętrzenie wody w kanale zrzutowym MEW i część wody wypływa przez ten przepust do wypadu jazu wytwarzając prąd wabiący ryb do przepławki.

Pomimo zastosowanych rozwiązań wyraźnie widać jak prąd wody wypływający z MEW tłumi prąd wabiący (fot.16) tak, że nie widać wody wypływającej z wejścia do przepławki. Być może jest to efekt wyłączenia zasilania rurociągu wody wabiącej. Ewidentnym minusem istniejącego układu hydraulicznego jest prostopadłe ukierunkowanie wylotu wody z przepławki (prawidłowe zawiera się pomiędzy kątami 30 – 45^{o}) oraz znaczna turbulencja wody w rejonie wejścia do przepławki

dezorientująca ryby. Jest ona nieszkodliwa dla ryb łososiowatych ale stanowi trudną do przebycia barierę dla narybku i dla ryb karpiowatych. Problemy migrującym rybom karpiowatym i stadiom młodocianym wszystkich gatunków ryb może sprawiać znaczna różnica wysokości pomiędzy komorami przepławki (0,25 m). Podana w instrukcji gospodarowania wodą prędkość przepływu wody w przepławce (1,44 –1,54 m/s) dotyczy prędkości średniej (prędkości maksymalne w przelewach pomiędzy komorami mogą przekraczać 2 m/s), która jest tolerowana dopiero przez osobniki o długości powyżej 15 cm.

Fot. 16. Stopień Dąbie, widok na dolny filar przepławki dla ryb i wylot wody z turbin hydroelektrowni oraz na dolną część przepławki dla ryb z wejściem do przepławki (zielona strzałka) i przepustem łączącym dolne stanowiska/wypady wody jazu i MEW (żółta strzałka).

W celu odtworzenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Dąbie dla wszystkich gatunków ryb należy, w I etapie przeprojektować oraz przebudować istniejącą przepławkę znajdującą się w filarze przepławkowym pomiędzy hydroelektrownią, a jazem Dąbie. Możliwe są następujące warianty (rys. 15).



Rys. 15. Stopień Dąbie. Niebieska strzałka blokowa wskazuje lokalizację istniejącej przepławki, żółta linia ze strzałkami trasę przepławki w wariancie 1, czerwona przerywania linia ze strzałkami trasę przepławki w wariancie 2 (Google Earth, 2014)

Wariant 1. **„Techniczny" przepławka komorowa kaskadowa/ryglowa o długości 71,80 m** pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Dąbie (tab. 10, zał. III). Wlot wody do przepławki

należy pozostawić w tym samym miejscu, a na całej szerokości kanału doprowadzającego wodę do turbin MEW należy zamontować galerię zbierającą ryby migrujące w dół rzeki (zał. V). Kanał nowej przepławki należy poprowadzić po trasie istniejącej przepławki (rys. 15), a wylot wody z przepławki powinien być ustawiony prostopadle do osi kanału zrzutowego MEW w formie galerii zbierającej (zał. V). Galerię zbierającą należy usytuować w miejscu istniejącego przepustu tak, aby jeden z wylotów galerii wyprowadzić pod kanałem przepławki do wypadu jazu (rys. 15, po lewej).

Wariant 2. **„Techniczny" przepławka dwuszczelinowa/jednoszczelinowa o długości 71,80 m** pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Dąbie (tab. 10, zał. II). Wlot wody do przepławki należy pozostawić w tym samym miejscu, a na całej szerokości kanału doprowadzającego wodę do turbin MEW należy zamontować galerię zbierającą ryby migrujące w dół rzeki (załącznik V). Kanał nowej przepławki należy poprowadzić po trasie istniejącej przepławki (rys. 15), a wylot wody z przepławki wprowadzić do kanału zrzutowego MEW pod kątem 30 - 45^{o}. W tym wariancie należy zachować istniejący przepust pod kanałem przepławki dla zapewnienia poprzecznego połączenia pomiędzy wypadem MEW i wypadem jazu (rys. 15, po prawej).

W obydwu wariantach należy zaprojektować i wykonać dodatkowy rurociąg wody wabiącej i jego wylot wprowadzić do galerii zbierającej lub do pierwszej od dolnej wody (najniżej położonej) komory przepławki, w celu zwiększenia prądu wabiącego ryby do przepławki i poprawienia efektywności jej funkcjonowania.

Do realizacji wybrano wariant 1 – w skład którego wchodzi przepławka komorowa kaskadowa/ryglowa pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Dąbie (tab. 10, zał. III), z galerią zbierającą od górnej wody, wykorzystującą wlot wody do istniejącej przepławki oraz z galerią zbierającą od dolnej wody ustawioną prostopadle do osi kanału zrzutowego MEW z jednym wylotem wody skierowanym do wypadu jazu, o następujących parametrach (rys. 15, po lewej):

- przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien wynosić 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 5,2 m^3/s, a ponieważ zmodernizowany kanał istniejącej przepławki pozwoli na przeprowadzenie przepływu wody w granicach 1,4 - 1,6 m^3/s, należy zwiększyć wabiący prąd wody poprzez wykonanie dodatkowego rurociągu wody wabiącej i wprowadzenie go do pierwszej od dolnej wody (najniżej położonej) komory przepławki tak, aby łączny przepływ wynosił 5,5 m^3/s;
- całkowita długość przepławki wynosi 71,80 m i wynika z konstrukcji filara jazu, a aktualna różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu wynosi 3,7 m;
- maksymalne rozmiary basenów przepławki określone na bazie wymagań kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza (tab. 11) powinny wynosić: długość - 3,60 m, szerokość - 2,40 m (w tym przypadku, bez znacznej przebudowy przepławki można uzyskać wymiary 3,0 m i 2,0 m), głębokość ok. 1,50 m oraz łączna szerokość szczelin 0,70 m;
- projektowany spadek pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki powinien wynosić 0,14 m (w tym przypadku, bez znacznej przebudowy przepławki można uzyskać 0,15 m), a minimalna liczba basenów przy różnicy poziomów 3,7 m pomiędzy wodą górną i dolną wynosi 23;
- dodatkowa woda wabiąca w ilości 4,0 m^3/s doprowadzona grawitacyjnie rurociągiem biegnącym wewnątrz kanału przepławki do galerii zbierającej nad wylotem wody z MEW .

Realizacja II etapu udrożnienia stopnia Dąbie powinna być wdrożona po rozpoczęciu stałych zarybień dorzecza górnej Wisły jesiotrem ostronosym i polegać na modernizacji śluzy żeglugowej w sposób opisany w podrozdziałach 3.2.1. Koncepcja udrożnienia jazu Dwory oraz 3.5.1. Koncepcja udrożnienia jazu Kościuszko.

3.7. Stopień Przewóz w km 92 + 320

Wybudowany w 1954 roku, posiada hydroelektrownię na prawym brzegu o mocy 2,9 MW oraz urządzenie służące migracji ryb w formie technicznej przepławki łososiowej typu komorowego. Różnica pomiędzy rzędną piętrzenia stopnia wodnego Przewóz, 195,30 m n.p.m., a przyjętym dla kaskady Górnej Wisły poziomem odniesienia „0" tj. rzędną progu stopnia Przewóz (189,30 m) n.p.m. wynosi 6,0 m. Światło jazu 4x20,0 m, wysokość spadu 6,0 m, typ zamknięcia zasuwy płaskie z dwudzielną klapą lodową. Wraz ze stopniem zbudowano śluzę żeglugową o wymiarach 85x12 m, wysokość spadu 6,5 m, typ zamknięć górnych wrota i dolnych wrota, system napełniania komory śluzy – przez krótkie podwójne kanały obiegowe znajdujące się w głowie górnej i głowie dolnej (rys. 16).

Rys. 16. Stopień Przewóz, czerwonymi strzałkami zaznaczono pobór i zrzut wody z hydroelektrowni, a zielonymi wlot i wylot wody z przepławki dla ryb (Google Earth, 2014)

Stopień wodny w Przewozie jest ostatnią budowla drogi wodnej Górnej Wisły, więc zwierciadło wody dolnej tego stopnia układa się w sposób naturalny na poziomie zależnym od aktualnych przepływów w Wiśle. Średnia woda dolna jazu i awanportu dolnego śluzy waha się w granicach 188,40 m n.p.m. do 189,30 m n.p.m. Projektowany spad na jazie w Przewozie miał wynosić 3,7 m (rzędną wody dolnej miał stabilizować planowany stopień w Niepołomicach), a rzędna zwierciadła wody dolnej przy przepływie średnim rocznym 191,60 m n.p.m., co oznacza, że aktualna rzędna wody dolnej jest niższa od 2,3 do 3,2 m od zakładanej.

W warunkach normalnej eksploatacji na jazie piętrzącym stopnia Przewóz, utrzymywany jest za pomocą klap lodowych i czterech zasuw normalny poziom piętrzenia NPP = 195,30 m n.p.m.

z tolerancją ± 15 cm. Najniższy poziom piętrzenia (rzędna progów sektorów po podniesieniu klap i zasuw) wynosi 193,60 m n.p.m, a najniższy obserwowany poziom wody dolnej jazu Przewóz 188,40 m n.p.m. Woda Wisły spiętrzona stopniem wodnym Przewóz jest wykorzystywana przez:

- śluzę żeglugową - pobór wody ok. 11,1 m m^3/s, w czasie śluzowania trwającym ok. 30 min.;
- przepławkę dla ryb – pobór wody w ilości 1,0 m^3/s;
- hydroelektrownię przepływową – pobór wody waha się w granicach od 20,0 do 90,0 m^3/s.

Maksymalne wahania poziomu wody górnej jazu Przewóz nie powinny przekraczać 0,30 m, a praca śluzy i MEW nie mogą powodować zmniejszenia przepływu nienaruszalnego w Wiśle poniżej jazu Przewóz oraz ograniczać przepływu wody w przepławce dla ryb (1,0 m^3/s).

Poniżej zestawiono podstawowe dane hydrologiczne niezbędne do opracowania wariantowych koncepcji urządzeń migracji ryb (tab. 6).

Tab. 6. Przepływy charakterystyczne w przekroju jazu (stopnia) Przewóz wg projektu stopnia oraz odpowiadające im stany wody dolnej oraz rzeczywisty stan wody dolej poniżej tego jazu wg Instrukcji gospodarowania wodą stopnia Przewóz.

Wyszczególnienie	przepływ wg projektu [m^3/s]	rzędna zw. wody dolnej wg projektu [m n.p.m.]	rzędna zw. wody dolnej rzeczywista [m n.p.m.]
najniższy obserwowany NNQ	14,9	190,20	188,40
średni niski z wielolecia SNQ	26,0	191,13	brak danych
średni roczny z wielolecia SSQ	99,0	191,90	brak danych

Określona na podstawie tab. 6 różnica poziomów wody górnej i dolnej dla koncepcji urządzeń migracji ryb dla jazu Przewóz wynosi 6,9 m (obliczenia dla przepływu NNQ), a przepływ operacyjny rzeki Wisły, przy którym ma poprawnie funkcjonować przepławka dla ryb zawiera się w granicach od 14,9 m^3/s (NNQ) do 215,0 m^3/s (ok. 2,2 x SSQ). Górna wartość przepływu operacyjnego odpowiada przepustowości klap jazu Przewóz po ich całkowitym położeniu.

W Instrukcji gospodarowania wodą stopnia Przewóz[6] znajduje się podrozdział pt. Zapewnienie przepływu nienaruszalnego. Stwierdzono w nim, cytuję: „*Stopień wodny nie wpływa na zmianę wielkości przepływu wody w Wiśle. Zrzut do dolnego stanowiska jest realizowany stałym przepływem wody przez urządzenia Elektrowni Wodnej i przepławkę, w przypadku wyłączenia Elektrowni Wodnej przepływ realizowany jest przez urządzenia jazu. Obsługą jazu winna ściśle współpracować z obsługą elektrowni dla uniknięcia dużych skoków zwierciadła wody dolnej*."

Istniejąca przepławka umieszczona jest w filarze oddzielającym jaz od elektrowni (fot. 17). Przepławka zaprojektowana została do pracy pomiędzy rzędnymi: wody górnej 195,30 m n.p.m. i wody dolnej 190,20 m n.p.m. Składa się z 19 komór o długości ok. 3,0 m, szerokości 2,00 m, głębokość 1,50 m oraz spadku pomiędzy komorami 0,25 m. Maksymalne założone w projekcie zapotrzebowanie wody wynosi ok. 1,0 m^3/s, a prędkość wody przepływającej przez przepławkę waha się od 1,44 –1,54 m/s.

[6] Instrukcja utrzymania i eksploatacji Stopnia Wodnego Przewóz. Wykonawca Forex s.c., Kraków, 2011

W projekcie założono, że poziom wody dolnej będzie się kształtował na poziomie średnim (191,60 m n.p.m.). Aktualnie przez większą część roku rzędna zwierciadła wodnej układa się poniżej projektowanego poziomu minimalnego (190,20 m n.p.m.). Zwiększona różnica poziomów pomiędzy wodą górną i dolną wywołuje wzrost spadu pomiędzy komorami i co za tym idzie wzrost prędkości wody w przelewach i przesmykach przepławki.

Zamknięcie przepławki stanowi ręczna zasuwa stalowa usytuowana na wlocie wody, poruszana za pomocą śruby. Na wylocie wody z przepławki od strony wypadu jazu i od elektrowni przewidziano możliwość założenia szandorów. Wewnątrz przepławki umieszczona jest rura zasilająca fi = 350 mm, mająca za zadanie doprowadzenie wody z poziomu górnego do najniżej położonej (pierwszej) komory przepławki, w celu wytworzenia wyczuwalnego dla ryb prądu wabiącego.

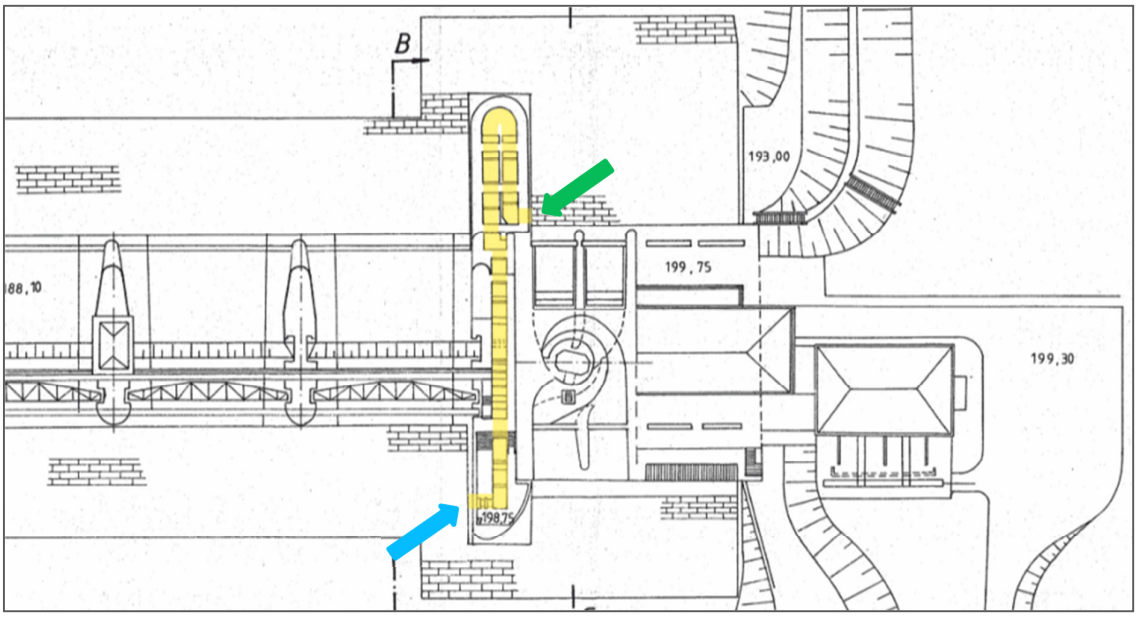
Fot. 17. Stopień Przewóz, widok z prawego brzegu na wyloty wody z hydroelektrowni (czerwona strzałka) oraz dolną część przepławki dla ryb (zielona strzałka). Podobnie jak w przypadku stopnia Dwory zastosowano tu próg podpiętrzający wodę na dolnym stanowisku, który tworzy dodatkową barierę migracji ryb

3.7.1. Koncepcja udrożnienia jazu Przewóz

Przewrócenie warunków dla migracji ryb przy jazie Przewóz należy przeprowadzić w dwóch etapach. I etap udrożnienia tego węzła wodnego polega na przebudowie/modernizacji istniejącej wadliwie funkcjonującej przepławki dla ryb i powinien spełniać wymagania wymienionych w tab. 7 i tab. 8 gatunków ryb, za wyjątkiem jesiotra ostronosego. W ramach II etapu przewrócenia warunków dla migracji ryb należy dokonać modernizacji śluzy żeglugowej pod kątem wymagań jesiotra wykorzystując sprawdzone rozwiązanie zastosowane na stopniu na rzece Rodan fr. Rhône w okolicach Avignion (Francja).

Wlot wody (1 m^3/s) do istniejącej przepławki znajduje się przy prawym brzegu Wisły, po lewej stronie filaru przepławkowego oddzielającego jaz od wlotu wody na turbiny hydroelektrowni. Powoduje to ,że wabione prądem wody MEW (przepływ 20 - 90 m^3/s) spływające w dół rzeki ryby trafiają wprost do turbin MEW (rys. 17, fot. 18).

Wejście ryb do istniejącej przepławki, czyli wylot wody z przepławki, został umieszczony w filarze przepławkowym i skierowany prostopadle do kanału wylotu wody z turbin. Przy takim układzie hydraulicznym prąd wody wypływający z przepławki jest skutecznie tłumiony przez prąd wody wypływającej z MEW.



Rys. 17. Stopień Przewóz, przepławka dla ryb – widok z góry. Kanał przepławki zaznaczono na żółto, wlot wody (wyjście) do przepławki niebieską strzałką, a wylot wody (wejście) zieloną strzałką

Przy przepływach poniżej SSQ (99,0 m^3/s), prąd wabiący ryby do przepławki od wody górnej i od wody dolnej (1,0 m^3/s) jest około 90 razy słabszy niż prąd wody płynącej przez turbiny MEW. Zastosowano tu co prawda rozwiązanie poprawiające efektywność działania tego urządzenia, w formie rurociągu dodatkowej wody wabiącej dostarczanej do pierwszej (od wody dolnej) komory przepławki, ale popełniono inne błędy, np. prostopadłe ukierunkowanie wylotu wody z przepławki (prawidłowe zawiera się pomiędzy kątami 30 – 45^o) oraz lokalizację wejścia do przepławki w strefie turbulencji wody wypływającej z turbin. (fot. 18.)

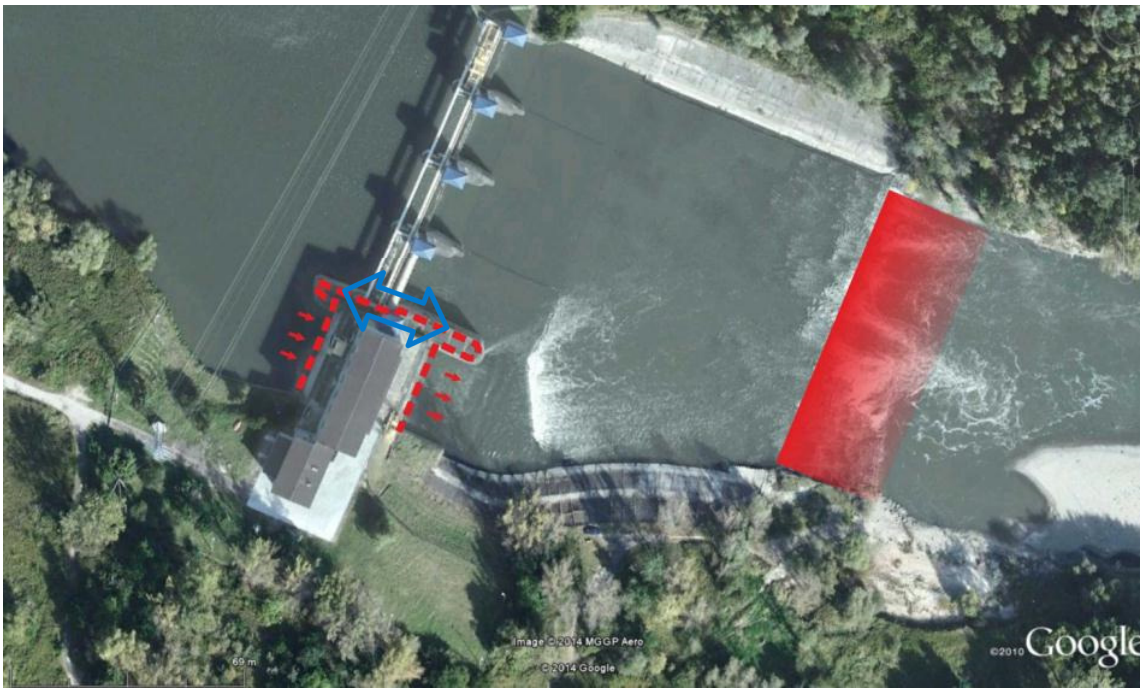
Fot. 18. Stopień Przewóz, widok z prawego brzegu na dolne stanowisko hydroelektrowni i jazu. Zielonymi strzałkami zaznaczono wylot wody z przepławki dla ryb, czerwoną strzałką wyloty wody z MEW, a czarną strzałką barierę migracji na końcu umocnionego wypadu MEW

Niezbyt dobrze rozwiązano kwestię błądzenia ryb, które mogą trafią pod jaz, poza filar oddzielający wypad jazu od wypadu hydroelektrowni. Przy istniejącym układzie hydraulicznym nie mają one praktycznie szans na odnalezienie wejścia do przepławki. Sytuację migrujących w górę rzeki ryb pogarsza postępująca erozji koryta Wisły poniżej dolnego stanowiska, powodująca powstanie

kolejnych barier migracyjnych: na końcu umocnionego wypadu z MEW (fot. 16) oraz na progu podpiętrzającym wodę na dolnym stanowisku.

Problemy migrującym rybom karpiowatym i stadiom młodocianym wszystkich gatunków ryb może sprawiać różnica wysokości pomiędzy komorami przepławki (0,25 m) oraz stosunkowo wysoka średnia prędkość przepływu wody w przepławce wynosząca 1,44 –1,54 m/s, por. podrozdział 3.6.1.

W celu odtworzenia ciągłości ekologicznej odcinka Wisły przegrodzonego stopniem Przewóz dla wszystkich gatunków ryb należy, w I etapie przeprojektować oraz przebudować istniejącą przepławkę znajdującą się w filarze przepławkowym pomiędzy hydroelektrownią, a jazem Przewóz. Możliwe są następujące warianty (rys. 18, 19).

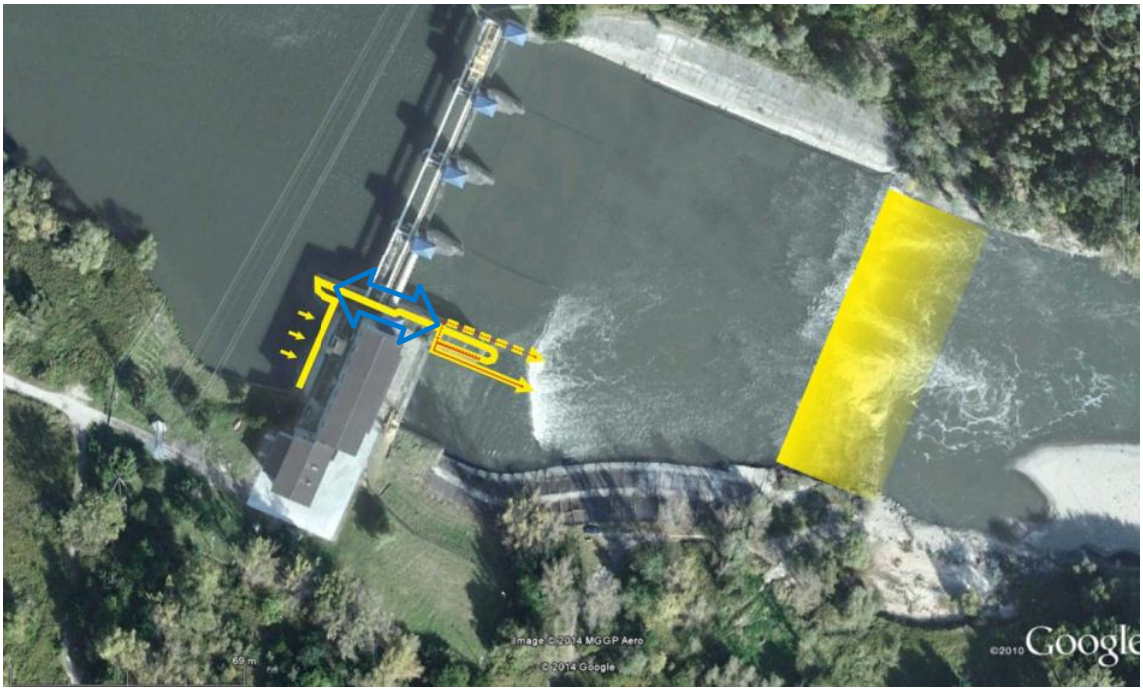


Rys. 18. Stopień Przewóz. Niebieska strzałka blokowa wskazuje lokalizację istniejącej przepławki, czerwona przerywania linia ze strzałkami trasę przepławki w wariancie 1, a cieniowany czerwony prostokąt miejsce przeznaczonego do przebudowy progu podpiętrzającego dolne stanowisko jazu (Google Earth, 2014)

Wariant 1. **„Techniczny" przepławka dwuszczelinowa/jednoszczelinowa o szacowanej długości ok. 60** pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Przewóz (tab. 10, zał. II). Wlot wody do przepławki należy przenieść na prawą (przeciwną) stronę filaru przepławkowego i na całej szerokości kanału doprowadzającego wodę do turbin MEW należy zamontować galerię zbierającą dla ryb migrujących w dół rzeki (zał. V). Górną cześć kanału nowej przepławki należy poprowadzić tak, aby połączyć galerię zbierającą z kanałem istniejącej przepławki (rys. 18). Wylot wody z przepławki powinien być ustawiony prostopadle do osi kanału zrzutowego MEW w formie galerii zbierającej (zał. V). Istniejący próg (rys. 18) należy przebudować w formie stopnia bystrze, z przelewem na poziomie założonej w projekcie stopnia Przewóz minimalnej rzędnej wody dolnej 190,20 m n.p.m.

Wariant 2. **„Techniczny" przepławka dwuszczelinowa/jednoszczelinowa o szacowanej długości 84,0 m** pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Przewóz (tab. 10, zał. II). Wlot wody do przepławki należy przenieść na prawą (przeciwną) stronę filaru przepławkowego i na całej szerokości kanału doprowadzającego wodę do turbin MEW należy zamontować galerię zbierającą

dla ryb migrujących w dół rzeki (zał. V). Górną cześć kanału nowej przepławki należy poprowadzić tak, aby połączyć galerię zbierającą z kanałem istniejącej przepławki (rys. 19). Wejście do przepławki od wody dolnej należy pozostawić w tym samym miejscu. Dla poprawy efektywności działania urządzenia trzeba przewidzieć dwa wyloty wody: jeden skierowany do kanału zrzutowego MEW, a drugi do wypadu jazu. Od obydwu tych wylotów poprowadzić kanały migracyjne wzdłuż filara przepławkowego do końca ubezpieczenia dna widocznego na rys 19. Istniejący próg należy przebudować w formie stopnia bystrze, z przelewem na poziomie założonej w projekcie stopnia Przewóz minimalnej rzędnej wody dolnej 190,20 m n.p.m.



Rys. 19. Stopień Przewóz. Niebieska strzałka blokowa wskazuje lokalizację istniejącej przepławki, żółta linia ze strzałkami trasę przepławki w wariancie 2, a cieniowany żółty prostokąt miejsce przeznaczonego do przebudowy progu podpiętrzającego dolne stanowisko jazu (Google Earth, 2014)

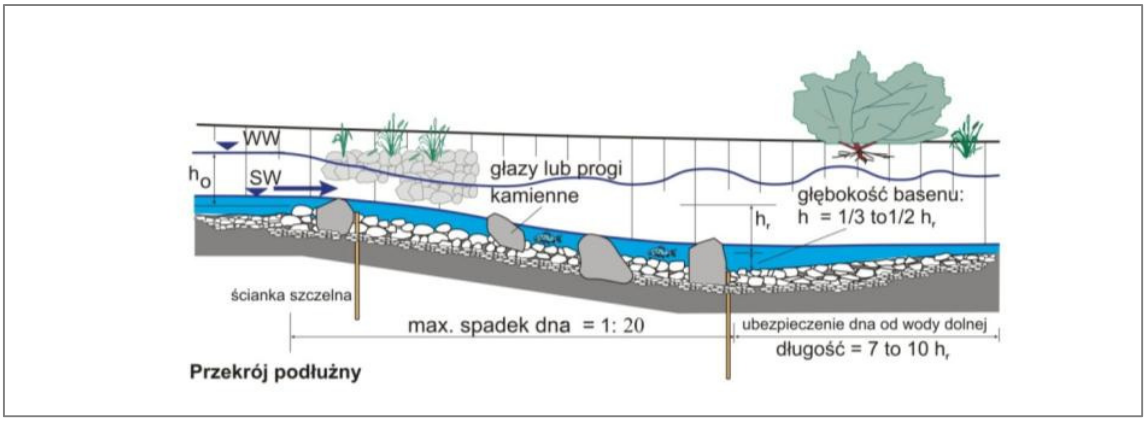
W obydwu wariantach należy zaprojektować i wykonać dodatkowy rurociąg wody wabiącej i jego wylot wprowadzić do galerii zbierającej lub do pierwszej od dolnej wody (najniżej położonej) komory przepławki, w celu zwiększenia prądu wabiącego ryby do przepławki i poprawienia efektywności jej funkcjonowania.

Do realizacji wybrano wariant 2 – w skład którego wchodzi przepławka komorowa dwuszczelinowa/jednoszczelinowa pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu Przewóz (tab. 10, zał. II), z galerią zbierającą od górnej wody, ze zmienionym położeniem wlotu wody do istniejącej przepławki, z dwoma kanałami migracyjnymi od dolnej wody dolnej oraz stopniem bystrze podpiętrzającym wodę na dolnym stanowisku jazu, o następujących parametrach (rys. 19):

– przepływ wody przez urządzenie migracji ryb powinien wynosić minimum 5% maksymalnego poboru wody na elektrownię tj. 4,5 m^3/s, a ponieważ zmodernizowany kanał istniejącej przepławki pozwoli na przeprowadzenie przepływu wody w granicach 1,4 - 1,6 m^3/s, należy zwiększyć wabiący prąd wody do wartości 5,0 m^3/s, poprzez wykonanie dodatkowego rurociągu wody wabiącej i wprowadzenie go do pierwszej (najniżej położonej) komory przepławki;

- całkowita długość przepławki dwuszczelinowej lub jednoszczelinowej mieszczącej się filarze jazu wyniesie ok. 60 m (wybór typu i określenie dokładnej długości urządzenia będzie możliwe na etapie projektu technicznego), a długość każdego z kanałów migracyjnych ok. 24 m;
- zakładana różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem przepławki powinna wynosi 3,7 m (woda górna 195,30 m n.p.m., woda dolna 191,60 m n.p.m.), a różnica poziomów wody pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem jazu 5,1 m (woda górna 195,30 m n.p.m., woda dolna 190,20 m n.p.m.);
- maksymalne rozmiary basenów przepławki określone na bazie wymagań kluczowych gatunków ryb: łososia atlantyckiego, troci wędrownej, szczupaka, bolenia i leszcza (tab. 11) powinny wynosić: długość - 3,60 m, szerokość - 2,40 m (**dopuszczalne wymiary 3,0 m i 2,0 m**), głębokość ok. 1,50 m oraz łączna szerokość szczelin 0,70 m;
- projektowany spadek pomiędzy poszczególnymi basenami przepławki powinien wynosić 0,14 m (**dopuszczalny spadek 0,15 m**), a minimalna liczba basenów przy różnicy poziomów 3,7 m pomiędzy wodą górną i dolną wynosi 23 (**istniejąca przepławka posiada 19 komór o spadku 0,25 m**);
- dodatkowa woda wabiąca w ilości 3,5 m^3/s doprowadzona grawitacyjnie rurociągiem biegnącym wewnątrz kanału przepławki do galerii zbierającej nad wylotem wody z MEW.

Dla skutecznej realizacji I etapu udrożnienia stopnia Przewóz należy zwiększyć liczbę komór przepławki o cztery komory, co oznacza konieczność wydłużenia filaru przepławkowego na dolnym stanowisku o ok. 6 m oraz przebudować próg podpiętrzający w formie stopnia bystrze z niecka wypadową i przeciwspadem ograniczającym erozję denną (rys. 20).



Rys. 20. Stopień bystrze z przeciwspadem, wg Gebler, 1990 za **DVWK/FAO, 2002**

Realizacja II etapu udrożnienia stopnia Przewóz powinna być wdrożona po rozpoczęciu stałych zarybień dorzecza górnej Wisły jesiotrem ostronosym i polegać na modernizacji śluzy żeglugowej w sposób opisany w podrozdziałach: 3.2.1. Koncepcja udrożnienia jazu Dwory oraz 3.5.1. Koncepcja udrożnienia jazu Kościuszko.

4. Ichtiofauna Wisły małopolskiej

W przeszłości, przed rozpoczęciem masowego przegradzania rzek, ekosystem małopolskiej Wisły kształtowany był przez warunki środowiskowe oraz wymianę gatunków pomiędzy Wisłą, a starorzeczami znajdującymi się na terasie zalewowej i przyujściowymi odcinkami bezpośrednich dopływów. Przedstawiciele rodzimej ichtiofauny przemieszczali się swobodnie w granicach zlewni, co zapewniało różnorodność gatunkową i obfitość rybostanu. Przedstawione na wstępie niniejszego

opracowania informacje o długości przyujściowych odcinków dopływów Wisły wolnych od zabudowy hydrotechnicznej oraz budowlach hydrotechnicznych drogi wodnej górnej Wisły dobitnie tłumaczą niską bioróżnorodność ichtiofauny i drastyczne obniżenie produktywności rybostanu małopolskiej Wisły.

W rzece Wiśle od źródeł do ujścia Sanny oraz w przyujściowych odcinkach jej bezpośrednich dopływach występują 34 gatunki ryb. Na odcinku Wisły w granicach kaskady Górnej Wisły występuje 18 gatunków ryb, a poniżej tego odcinka liczba gatunków ryb zwiększą się do 25. W Wiśle najczęściej spotykane są: ukleja, płoć, leszcz, kleń, jelec, brzana, jaź, krąp i okoń, a w wymienionych powyżej bezpośrednich dopływach Wisły: płoć, leszcz, okoń, kleń, jelec, szczupak, kiełb krótkowąsy i ciernik. Nie oznacza to jednak, że w Wiśle nie mogą pojawić inne gatunki ryb okresowo lub stale występujące w dorzeczu górnej Wisły, np. ryby dwuśrodowiskowe podczas wędrówek tarłowych (tab. 7) lub ryby jednośrodowiskowe zrzucone z wodami powodziowymi (tab. 8).

Tab. 7. Dwuśrodowiskowe gatunki ryb występujące w wodach Wisły małopolskiej.

Nazwa polska	nazwa łacińska	kategorie zagrożeń
minóg rzeczny	*Lampetra fluviatilis* (Linnaeus, 1758)	**DD (EX)**
jesiotr bałtycki	*Acipenser oxyrinchus* (Mitchill, 1815)	**EX**
łosoś atlantycki	*Salmo salar* Linnaeus, 1758	**CD**
troć wędrowna	*Salmo trutta* m. *trutta* Linnaeus, 1758	**CD**
certa	*Vimba vimba (*Linnaeus, 1758)	**VU**
węgorz	*Anguilla anguilla (*Linnaeus, 1758)	**CD**

Kategorie zagrożeń gatunków wg Polskiej Czerwonej Księgi (wg Witkowski i in. 1999: EX – wymarły; VU – narażony; CD – zależny od ochrony; DD –brak danych.

Tabela 8. Jednośrodowiskowe gatunki ryb występujące w wodach Wisły małopolskiej.

Nazwa polska	nazwa łacińska	kategorie zagrożeń
ryby daleko wędrujące - potadromiczne		
szczupak	*Esox lucius* Linnaeus, 1758	**LC**
boleń	*Aspius aspius* (Linnaeus, 1758)	**LC**
brzana	*Barbus barbus* (Linnaeus, 1758)	**VU**
świnka	*Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758)	**VU**
kleń	*Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758)	**LC**
jaź	*Leuciscus idus* (Linnaeus, 1758)	**LC**
ukleja	*Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758)	**LC**
płoć	*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)	**LC**
leszcz	*Abramis brama* (Linnaeus, 1758)	**LC**
okoń	*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758	**LC**
miętus	*Lota lota* (Linnaeus, 1758)	**VU**
minóg ukraiński	*Eudontomyzon mariae* (Berg, 1931)	**VU**
minóg strumieniowy	*Lampetra planeri* (Bloch, 1784)	**NT**

Nazwa polska	nazwa łacińska	kategorie zagrożeń
ryby blisko wędrujące		
strzebla potokowa	*Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758)	**LC**
kiełb białopłetwy	*Gobio albipinnatus* Lukasch, 1933	**NT**
kiełb krótkowąsy	*Gobio gobio* (Linnaeus, 1758)	**LC**
kiełb Kesslera	*Gobio kessleri* (Dybowski, 1862)	**NT**
śliz	*Barbatula barbatula* (Linnaeus, 1758)	**LC**
jelec	*Leuciscus leuciscus* (Linnaeus, 1758)	**LC**
piekielnica	*Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1872)	**EN**
koza	*Cobitis taenia* Linnaeus, 1758	**NT**
koza złotawa	*Sabanejewia aurata* (Filippi, 1865)	**EN**
różanka	*Rhodeus sericeus* (Pallas, 1776)	**NT**
piskorz	*Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758)	**NT**
wzdręga	*Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)	**LC**
słonecznica	*Leucaspius delineatus* (Heckel, 1843)	**LC**
krąp	*Blicca bjoerkna*(Linnaeus, 1758)	**LC**
lin	*Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)	**LC**
karaś pospolity	*Carassius carassius* (Linnaeus, 1758)	**LC**
ciernik	*Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758	**LC**
sandacz	*Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758)	**LC**
jazgarz	*Gymnocephalus cernua* (Linnaeus, 1758)	**LC**
sum europejski	*Silurus glanis* Linnaeus, 1758	**NT**

Kategorie zagrożeń gatunków wg Polskiej Czerwonej Księgi (wg Witkowski i in. 1999): CE – krytycznie zagrożony; EN – zagrożony; VU – narażony; NT – bliski zagrożenia; LC – najmniejszej troski; DD –brak danych; I – gatunek introdukowany.

4.1. Wymagania migracyjne ichtiofauny, zalecane typy i parametry urządzeń migracji ryb

Na podstawie znaczenia przyrodniczego oraz gospodarczego gatunków ryb bytujących w Wiśle małopolskiej, które potencjalnie mogą korzystać z urządzeń służących migracji ryb budowanych lub modernizowanych przy stopniach wodnych kaskady Górnej Wisły, można wyróżnić gatunki kluczowe (*target species*) i gatunki towarzyszące. Gatunki kluczowe to przede wszystkim gatunki dwuśrodowiskowe, wędrowne gatunki jednośrodowiskowe „naturowe" z załącznika II i IV Dyrektywy Siedliskowej oraz gatunki chronione z załącznika nr 1 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 12 października 2011 r. (Dz.U. z 2011 nr 237 poz. 1419) w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt. Gatunki towarzyszące to rodzime gatunki niezbędne do prawidłowego funkcjonowania ekosystemu i posiadające istotne znaczenie przyrodnicze lub gospodarcze (wędkarskie). Zakładana efektywność poszczególnych urządzeń służących migracji ryb dla kluczowych wędrownych dwuśrodowiskowych i jednośrodowiskowych gatunków ryb - powinna być minimum dobra, co oznacza, że ponad 95% ryb musi pokonać urządzenie w czasie nie dłuższym niż kilka godzin, zaś dla gatunków towarzyszących – co najmniej dostateczna, co oznacza, że ponad 70% podejmujących wędrówkę ryb musi pokonać urządzenie w czasie nie dłuższym niż kilka dni (Bojarski

i in. 2004). Założona efektywność musi być bezwarunkowo dotrzymana w okresach wędrówek podejmowanych przez te organizmy.

Do zespołu kluczowych gatunków ryb zaliczono:

- gatunki dwuśrodowiskowe (jesiotr, łosoś, troć wędrowna, certa, węgorz);
- gatunki jednośrodowiskowe daleko wędrujące (pstrąg potokowy, brzana, świnka, kleń, boleń, jaź, płoć, leszcz, okoń, szczupak, miętus);

a do zespołu gatunków towarzyszących zaliczono:

- gatunki jednośrodowiskowe „naturowe" i chronione (kiełb białopłetwy, różanka, piskorz, koza, śliz);
- gatunki jednośrodowiskowe blisko wędrujące posiadające znaczenie gospodarcze (jelec, sum europejski, lin, karaś pospolity, krąp).

W tabeli 9 (poniżej) podano podstawowe informacje o wybranych gatunkach ryb, bytujących w wodach Wisły małopolskiej w, niezbędne do szczegółowego określenia lub weryfikacji parametrów urządzeń służących migracji ryb. Terminy migracji, długości osobników oraz maksymalne szybkości pływania poszczególnych gatunków ryb podano na podstawie literatury przedmiotu lub obliczono (dla gatunków o długości całkowitej poniżej 50 cm) empirycznym równaniem Videlera (1993):

Tab. 9. Terminy jednokierunkowych w górę (↑) i w dół (↓) rzeki i dwukierunkowych (↕) migracji ryb, migrujące stadia wiekowe oraz maksymalne rozmiary ryb i maksymalne prędkości prądu wody pokonywane przez poszczególne gatunki. Szare tło oznacza okresy nasilonych migracji tarłowych.

Lista gatunków	*terminy migracji - miesiące*												*migrujące stadium wieku*	*max długość [cm]*	*max prędkość wody pokonywana przez gatunek [m/s]*
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*			
jesiotr				↑	↑	↑	↑	↑					***tarlak***	*300*	*0,90 - 1,50 (2,50)*
							↓	↓					***po tarle***		
								↓	↓	↓	↓		***narybek***		
łosoś	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	***tarlak***	*145*	*1,30 - 3,20 (6,00)*
	↓	↓	↓									↓	***kelt***		
			↓	↓	↓	↓							***smolt***		
kiełb białopłetwy				↕	↕	↕							***wszystkie***	*11*	*0,20 - 0,50*
boleń			↑	↕	↕	↕				↓	↓		***wszystkie***	*100*	*0,70 - 1,50*
różanka				↕	↕	↕	↕						***wszystkie***	*10*	*0,20 - 0,50*
koza				↕	↕	↕	↕						***wszystkie***	*13*	*0,20 - 0,50*
troć wędrowna	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	***tarlak***	*110*	*0,95 - 2,95 (4,00)*
	↓	↓	↓									↓	***kelt***		
			↓	↓	↓	↓							***smolt***		
certa								↑	↑	↑	↑	↑	***tarlak***	*40*	*0,50 - 1,50 (3,30)*
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	***po tarle***		
								↓	↓				***narybek***		
węgorz			↓	↓			↓	↓	↓	↓			***tarlak***	*100*	*0,40 – 0,80*
						↑	↑	↑	↑				***narybek***		
brzana			↑	↑	↕	↕	↓						***wszystkie***	*100*	*0,70 – 1,50*
świnka			↑	↑	↕	↓							***wszystkie***	*50*	*0,60 - 1,30*
kleń			↑	↑	↕	↕	↓						***wszystkie***	*50*	*0,70 - 1,70 (4,00)*
jaź			↑	↑	↕	↕	↓						***wszystkie***	*70*	*0,60 - 1,50*

Lista gatunków	terminy migracji - miesiące												migrujące stadium wieku	max długość [cm]	max prędkość wody pokonywana przez gatunek [m/s]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
szczupak			↑	↑	↕	↕	↓						wszystkie	100	0,20 - 0,80
płoć				↑	↕	↓							wszystkie	30	0,40 - 1,30
leszcz				↑	↕	↓							wszystkie	50	0,50 - 1,30
okoń				↑	↕	↕	↕						wszystkie	30	0,40 - 1,40
miętus		↓	↓	↓					↑	↑	↑	↑	wszystkie	60	0,30 – 0,50
sum europejski				↑	↕	↕	↕	↓	↓				wszystkie	200	0,50 - 1,60

Informacje zawarte w tabeli wskazują, że migracje ichtiofauny w kaskadzie górnej Wiśle powinny odbywać się praktycznie przez cały rok oraz że nasilenie tych wędrówek będzie następować w okresie wiosennym od marca do czerwca i jesiennym od sierpnia do listopada. Na podstawie wymagań poszczególnych gatunków ryb zestawionych w tabeli 9, poniżej w tabeli 10 zaproponowano zalecane typy urządzeń służących migracji ryb.

Tab. 10. Zalecane typy urządzenia migracji ryb dla kaskady Górnej Wisły (zał. nr I, zał. nr II, zał. nr III)

Typy urządzeń		Charakterystyka urządzeń			
		zasada działania	zakres stosowania	zalety i wady	efektywność działania
urządzenia „bliskie naturze"	bystrotok kamienny z regularnie rozmieszczonymi głazami	Obejście o niewielkim stałym spadku i dużej szorstkości dna, w kanale naśladującym naturalną rzekę, w formie poprzecznych rzędów głazów ustawionych „na sztorc" i związanych z podłożem. Posiada dwa pionowe korytarze migracji o różnych prędkościach wody powyżej i poniżej korony głazów.	Stosowane przy niskich piętrzeniach (do 3-5 m) na dużych rzekach oraz znacznych przepływach dyspozycyjnych (powyżej 3,0 m^3/s). Przydatny przy udrażnianiu istniejących przegród. Przy piętrzeniach ze zmiennym poziomem wody górnej, stosować sekcje sterująca do kompensacji wahań poziomu wody.	Relatywnie niskie koszty budowy, niewielkie nakłady na utrzymanie. Dobry prąd wabiący, łatwo odnajdywany przez ryby. Dobre samooczyszczanie podczas wezbrań. Potrzebuje dużo miejsca na brzegu, może wymagać wykonania głębokich wykopów oraz budowy mostów lub przepustów.	Umożliwia dwukierunkowe migracje wszystkim organizmom wodnym w tym faunie dennej (nie wymaga budowy osobnego przelewu migracyjnego). Urządzenie z czasem funkcjonuje jako boczna odnoga rzeki (może mieć wpływ pozytywny wpływ na stan zachowania gatunków „naturowych" i objętych ochroną
	bystrotok kamienny kaskadowy regularny	Obejście o spadku zależnym od długości basenów, w kanale naśladującym naturalną rzekę, przelewy w formie regularnych kaskad z ustawionych „na sztorc" głazów, związanych lub nie związanych z podłożem (zależnie od warunków hydraulicznych. Posiada dwa pionowe korytarze migracji o różnych prędkościach wody powyżej i poniżej korony głazów	Stosowane praktycznie przy wszystkich przegrodach i wszystkich wysokościach piętrzeń. przy średnich przepływach dyspozycyjnych (od 1,0 do 3,0 m^3/s). Szczególnie przydatny przy udrażnianiu istniejących przegród. Przy piętrzeniach ze zmiennym poziomem wody górnej, konieczne stosowanie dodatkowych konstrukcji (sekcja sterująca) do regulacji przepływu wody.	Relatywnie niskie koszty budowy, niewielkie nakłady na utrzymanie. Dobry prąd wabiący, łatwo odnajdywany przez ryby. Dobre samooczyszczanie podczas wezbrań. Potrzebuje dużo miejsca na brzegu, może wymagać wykonania głębokich wykopów oraz budowy mostów lub przepustów.	Umożliwia dwukierunkowe migracje wszystkim organizmom wodnym w tym faunie dennej (może wymagać budowy osobnego przelew migracyjnego). Z czasem w dnie tworzą się seminaturalne mikrosiedliska i urządzenie funkcjonuje jako boczna odnoga rzeki (może mieć wpływ pozytywny wpływ na stan zachowania gatunków „naturowych" i chronionych

Typy urządzeń		Charakterystyka urządzeń			
		zasada działania	**zakres stosowania**	**zalety i wady**	**efektywność działania**
urządzenia „techniczne"	**przepławka kaskadowa (komorowa z przelewami z głazów)**	Przepławka o spadku (zależnym od długości komór), w żelbetowym prostopadłościennym kanale, przelewy w formie regularnych kaskad z ustawionych „na sztorc" głazów, związanych l z podłożem Odstępy pomiędzy głazami w kaskadach (prze-lewach) dobierane są na podstawie składu gatunkowego ryb. Posiada dwa pionowe korytarze migracji o różnych prędkościach wody powyżej i poniżej korony głazów	Stosowana praktycznie przy wszystkich przegro-dach i wszystkich wysokościach piętrzeń. przy średnich przepływach dyspozycyjnych (od 1,0 do 3,0 m^3/s). Szczególnie przydatna przy udrażnianiu istniejących przegród. Przy piętrzeniach ze zmiennym poziomem wody górnej, konieczne stosowanie dodatkowych konstrukcji (sekcja sterująca) do regulacji przepływu wody.	Średnie koszty budowy, średnie nakłady na utrzymanie. Średni prąd wabiący, Jego poprawa może wymagać zainstalowania rurociągu dodatkowej wody wabiącej. Średnie samooczyszczanie podczas wezbrań. Nie potrzebuje wiele miejsca na brzegu, może wymagać wykonania głębokich wykopów oraz budowy mostów lub przepustów.	Umożliwia dwukierunkowe migracje prawie wszystkim organizmom wodnym. Zwykle wymaga budowy osobnego przelewu migracyjnego. W dnie przepławki nie wytworzą się semi-naturalne mikrosiedliska techniczne mające pozytywny wpływ na stan zachowania gatunków „naturowych" i objętych ochroną.
urządzenia techniczne	**przepławka szczelinowa (komorowa)**	Przepławka o spadku (zależnym od długości komór), w żelbetowym prostopadłościennym kanale, przelewy w formie pionowych szczelin z deflektorami Szerokości szczelin dobierane na podstawie składu gatunkowego ryb. Posiada dwa pionowe (umowne) korytarze migracji o różnych prędkościach wody poniżej i powyżej 1/3 wysokości słupa wody w szczelinie	Stosowana praktycznie przy wszystkich przegro-dach i wszystkich wysokościach piętrzeń. przy średnich przepływach dyspozycyjnych (od 1,0 do 3,0 m^3/s). Szczególnie przydatna przy udrażnianiu istniejących przegród. Przy piętrzeniach ze zmiennym poziomem wody górnej, konieczne stosowanie dodatkowych konstrukcji (sekcja steru-jąca) do regulacji prze-pływu wody.	Duże koszty budowy, średnie nakłady na utrzymanie. Słaby prąd wabiący. Jego poprawa zwykle wymaga zainstalowania rurociągu dodatkowej wody wabiącej. Słabe samooczyszcza-nie podczas wezbrań. Nie potrzebuje wiele miejsca na brzegu, może wymagać wykonania głębokich wykopów oraz budowy mostów lub przepustów.	Umożliwia dwukierunkowe migracje prawie wszystkim organizmom wodnym. Zwykle wymaga budowy osobnego przelewu migracyjnego. W dnie przepławki nie wytworzą się semi-naturalne mikrosiedliska mające pozytywny wpływ na stan zachowania gatunków „naturowych" i objętych ochroną.

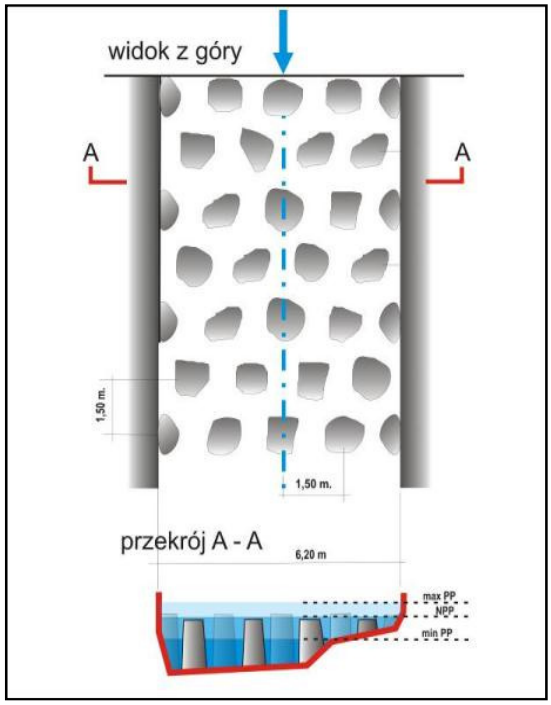
Zebrane w tabeli urządzenia do migracji ryb nie są w stanie zapewnić pełnej, porównywalnej z warunkami naturalnymi, łączności pomiędzy poszczególnymi populacjami i zgrupowaniami ryb bytujących w kaskadzie Górnej Wisły. Pozwolą natomiast na zmniejszenie tempa degradacji ichtiofauny górny Wisły oraz na poprawę potencjału ekologicznego wód Wisły i stanu ekologicznego wód dopływów Wisły.

W tabeli 11 zestawiono minimalne parametry urządzeń służących migracji ryb wybranych pod kątem przedstawicieli ichtiofauny wymienionych w tab. 7, 8 i 9.

Tab. 11. Zalecane wartości parametrów urządzeń służących migracji ryb.

Parametry gatunki ryb	min. głębokość korytarza migracji [m]	min. głębokość basenu lub komory [m]	min. szerokość basenu lub komory [m]	min. długość basenu lub komory [m]
jesiotr	1,40	1,80	4,00	6,00
łosoś	0,60	0,90	2,20	3,30
kiełb białopłetwy	0,30	0,60	0,40	0,60
boleń	0,50	0,90	1,60	2,40
różanka	0,30	0,60	0,40	0,60
koza	0,30	0,60	0,40	0,60
troć wędrowna	0,50	0,80	1,80	2,70
certa	0,30	0,60	0,80	1,20
węgorz	0,30	0,60	1,50	2,30
brzana	0,40	0,80	1,80	2,70
świnka	0,30	0,60	1,00	1,50
kleń	0,35	0,70	1,2	1,80
jaź	0,45	0,90	1,40	2,10
szczupak	0,40	0,70	2,40	3,60
płoć	0,30	0,60	0,80	1,20
leszcz	0,60	1,20	1,50	2,30
okoń	0,30	0,60	0,80	1,20
miętus	0,30	0,60	1,20	1,80
sum europejski	1,00	2,00	4,00	6,00

Załącznik nr I - urządzenia „bliskie naturze” - bystrotoki



Rys. I. 1. Schemat bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami.

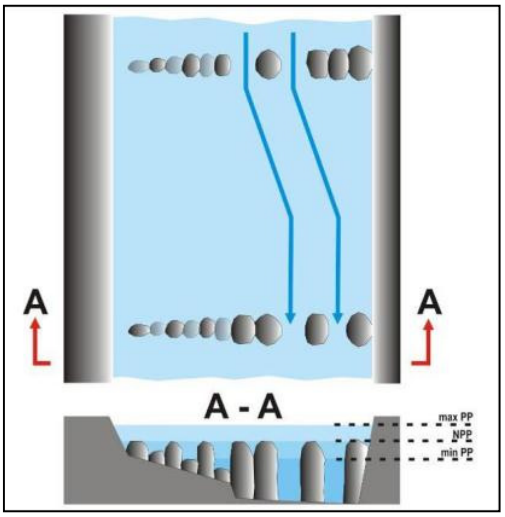
Bystrotok z regularnie rozmieszczonymi głazami funkcjonuje podobnie jak przepławka z deflektorami dennymi (rys. I. 1). Łagodne stałe nachylenie dna urządzenia i wytworzenie dwudzielnego koryta z dwoma korytarzami migracji oraz szorstkie, kamienisto - żwirowe wykończenie dna powoduje, że bystrotok z regularnie rozmieszczonymi głazami jest urządzeniem uniwersalnym i nadaje się zarówno dla dużych jak i małych gatunków ryb. Średnia prędkość wody w warstwie przydennej (od strony płytkiego brzegu) będzie wynosić ok. 1,0 m/s, co pozwoli na bezproblemowe pokonanie przepławki osobnikom o długości ciała ok. 7-13 cm, umożliwiając tym samym migrację stadiom młodocianym. Urządzenie to poza zapewnieniem warunków migracji może pełnić funkcję siedliska dla reofilnych (żwirolubnych) gatunków ryb.

Profil podłużny dna przepławki powinien być poziomy ze spadkiem zaś przekrój poprzeczny dna ukośny i niesymetryczny, z jednej strony głębszy a z drugiej płytszy. Kanał przepławki (przynajmniej jeden) powinien zostać wykonany z materiałów naturalnych (kamień, żwir), dopuszczalna jest „miękka” stabilizacja brzegu np. geokratą.

W kanale bystrotoku przewidziano rozmieszczenie głazów (ciosy kamienne lub prefabrykaty żelbetowe) o kształcie zbliżonym do cylindrycznego z ostrymi krawędziami o średnicy 0,6-0,9 m w poprzecznych rzędach na całej szerokości i długości bystrotoku (za wyjątkiem sekcji sterującej) wg schematu na rys. I. 1. Odległości osiowe pomiędzy głazami w rzędzie powinny wynosić 1,5 m, co oznacza, że odstępy (szczeliny) pomiędzy głazami będą wynosić ok. 0,70-0,80 m. Kolejne rzędy głazów będą przesunięte względem siebie jak na rys. I. 1 i oddalone osiowo (rząd od rzędu) o 1,50 m. Głazy w poszczególnych rzędach powinny mieć tę samą rzedną i tę samą wysokość mierzona do dna kanału bystrotoku:

Decyzja o wykonaniu sekcji sterującej powinna zależeć od szczegółowych parametrów pracy jazu. Sekcję tę należy zaprojektować w formie kilku komór przepławki dwuszczelinowej (Załącznik II).

Bystrotok kaskadowy funkcjonuje podobnie jak przepławka z kaskadowa (komorowa) (rys. I. 2). Zalecane nachylenie dna urządzenia przy założonym spadku na kaskadach 0,15 m i długości basenów 6,0 m jest łagodne i wynosi 2,4%.



Rys. I. 2. Schemat bystrotoku kaskadowego

Podobnie jak w przypadku bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami w urządzeniu tym należy zaprojektować dwudzielne koryto z dwoma korytarzami migracji oraz szorstkie, kamienisto-żwirowe wykończenie dna powodujące, że bystrotok kaskadowy będzie umożliwiał migrację wszystkich występujących na tym odcinku Wisły gatunków ryb. Średnie oraz maksymalne - występujące w szczelinach kaskad - prędkości wody są zbliżone do obserwowanych w bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami i tolerowalne zarówno przez duże jak i małe gatunki ryb, a także przez ich stadia młodociane

Decyzja o wykonaniu sekcji sterującej powinna zależeć od szczegółowych parametrów pracy jazu. Sekcję tę należy zaprojektować w formie kilku komór przepławki dwuszczelinowej (Załącznik II). Poniżej w tabeli I.1. zestawiono podstawowe parametry bystrotoków.

Tab. I. 1. Parametry bystrotoku z regularnie rozmieszczonymi głazami i bystrotoku kaskadowego.

Parametry bystrotoków		bystrotok kaskadowy	bystrotok z regularnie rozmieszczonymi głazami
szer. szczelin głównych [m]	**s**	**0,80**	**0,75**
szer. szczelin dodatkowych [m]	**s_1**	**0,35**	**nie dotyczy**
szer. wewnętrzna bystrotoku [m]	**b**	**6,20-8,20**	**6,20-8,20**
szer. głównego (głębokiego) korytarza migracji [m]		**4,00-5,00**	**4,00-5,00**
szer. dodatkowego (płytkiego) korytarza migracji [m]		**2,20-3,20**	**2,20-3,20**
dług. wewnętrzna basenu [m]	**b_1**	**6,00**	**nie dotyczy**
dług. całkowita basenu od osi kaskad [m]		**6,35 **)**	**nie dotyczy**
głębokość wody w korytarza NPP-min.PP [m]	**h_{npp}**	**1,60 - 1,20**	**1,60 - 1,20**
spadek pomiędzy basenami [m]		**0,15**	**nie dotyczy**
spadek jednostkowy dna [%]		**2,4**	**2,0-3,0**
min przepływ wody [m^3/s]		**1,90 2,50***)**	**2,20-2,90***)**
max przepływ wody [m^3/s]		**3,90 5,10***)**	**4,10 5,40***)**
dyssypacja objętościowa w komorach [W/m^3]		**121,0**	**nie dotyczy**

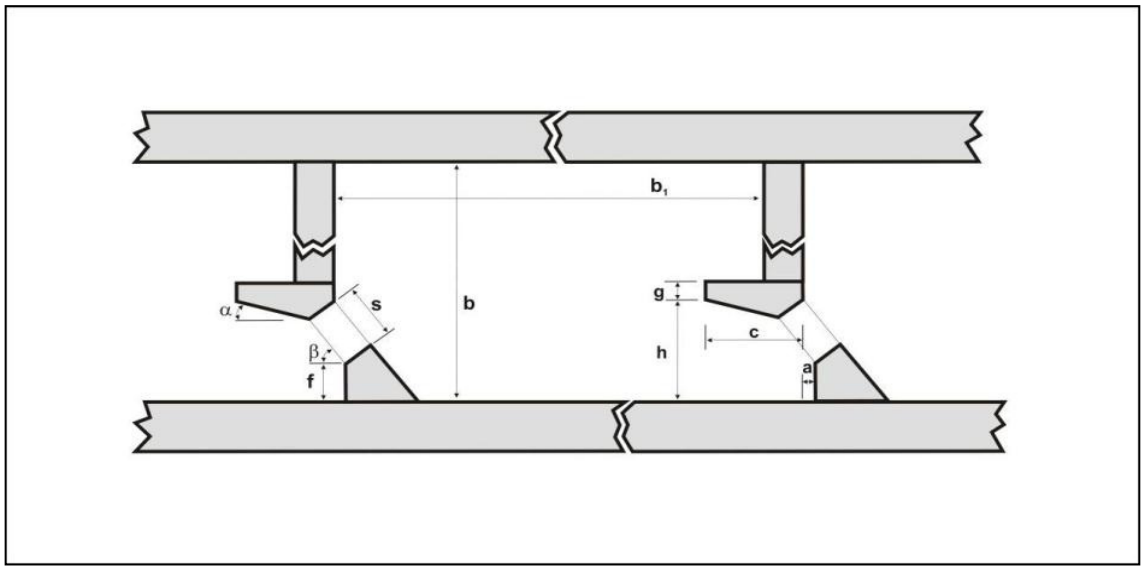
****)** Przyjęto grubości kaskad / ścian pomiędzy komorami bystrotoku kaskadowego 0,7 m .

*****)** Zmiany wielkości przepływu odpowiadają wahaniom wody górnej wynoszącym 0,60 m.

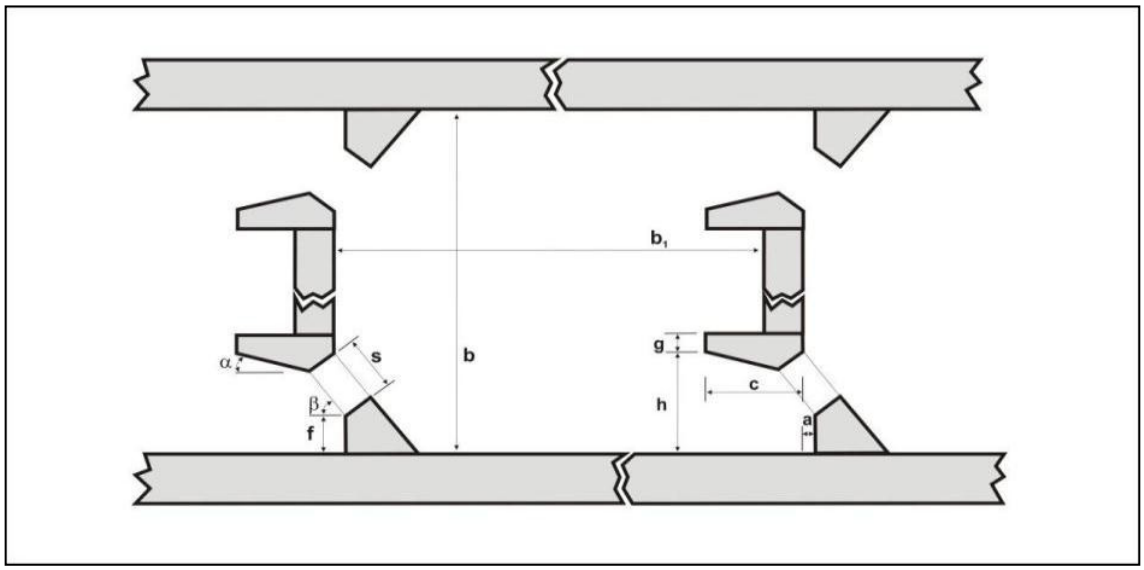
Załącznik nr II - urządzenia „techniczne” - przepławki szczelinowe

Przepławki jednoszczelinowe (rys. II.1) są uważane za jedne z najlepszych przepławek technicznych i akceptowane przez praktycznie wszystkie gatunki ryb. Jedyne problemy z funkcjonowaniem tych przepławek dotyczą masowych migracji ryb karpiowatych: alozy w Europie zachodniej i najprawdopodobniej certy (Larinier i in. 2002, Larinier, 1998). Przy dużej liczbie ryb w przepławce i zawirowaniach prądu wody charakterystycznych dla tego typu przepławek słabsze osobniki trafiają do stref bezprądowych i wówczas może nastąpić śnięcie części z nich oraz pogorszenia warunków migracji dla pozostałych.

Rozwiązaniem tego problemu są **przepławki dwuszczelinowe** (rys. II. 2), lepiej przystosowane do wymagań ryb karpiowatych. Jej zaletą są krótsze komory i co za tym idzie mniejsze zawirowania i znacznie krótsze urządzenie, zaś wadą większa szerokość komór i wysokie koszty realizacji.



Rys. II. 1. Schemat przepławki komorowej jednoszczelinowej



Rys. II. 2. Schemat przepławki komorowej dwuszczelinowej

Urządzenia te są zwykle budowane przy niewielkich i średnich piętrzeniach, maksymalnie do 10 metrów wysokości. Jest to bez wątpienia najbardziej efektywna przepławka w grupie przepławek technicznych

Tab. II. 1. Parametry przepławek jedno i dwuszczelinowych

Parametry przepławki		przepławka jednoszczelinowa	przepławka dwuszczelinowa*)
szer. szczeliny głównej [m]	**s**	**0,75**	**0,60**
szer. szczeliny dodatkowej / drugiej [m]	s_1	**nie dotyczy**	**0,60**
szer. wewnętrzna komory [m]	**b**	**4,70**	**5,00**
szer. zewnętrzna komory [m]		**5,20**	**5,50**
dług. wewnętrzna komory [m]	b_1	**6,30**	**4,40**
dług. całkowita komory od osi ścian [m]		**6,55**	**4,65**
dług. ostrogi przy ścianie działowej [m]	**c**	**1,67**	**1,08**
min. szer. ostrogi przy ścianie działowej [m]	**g**	**0,33**	**0,20**
max. odl. ostrogi przy ścianie działowej od bocznej ściany komory [m]	**h**	**1,77**	**1,10**
kąt odchylenia ostrogi przy ścianie działowej od osi przepławki	α	**19°**	**20°**
szer. deflektora poniżej szczeliny [m]	**f**	**0,81**	**0,40**
odl. od ściany działowej do deflektora poniżej szczeliny [m]	**a**	**0,31**	**0,20-0,30**
kąt odchylenia szczeliny od osi przepławki	β	**45°**	**45°**
głębokość wody w komorach NPP-min.PP [m]. [m]	h_{npp}	**1,80 - 1,40**	**1,80 - 1,40**
spadek pomiędzy komorami [m]		**0,15**	**0,15**
całkowita długość urządzenia [m]		**132,0****)**	**94,0****)**
min przepływ wody m^3/s]		**1,35*****)**	**2,16*****)**
max przepływ wody [m^3/s]		**1,74*****)**	**2,78*****)**
dyssypacja objętościowa w komorach [W/m^3]		**47,9**	**103,3**

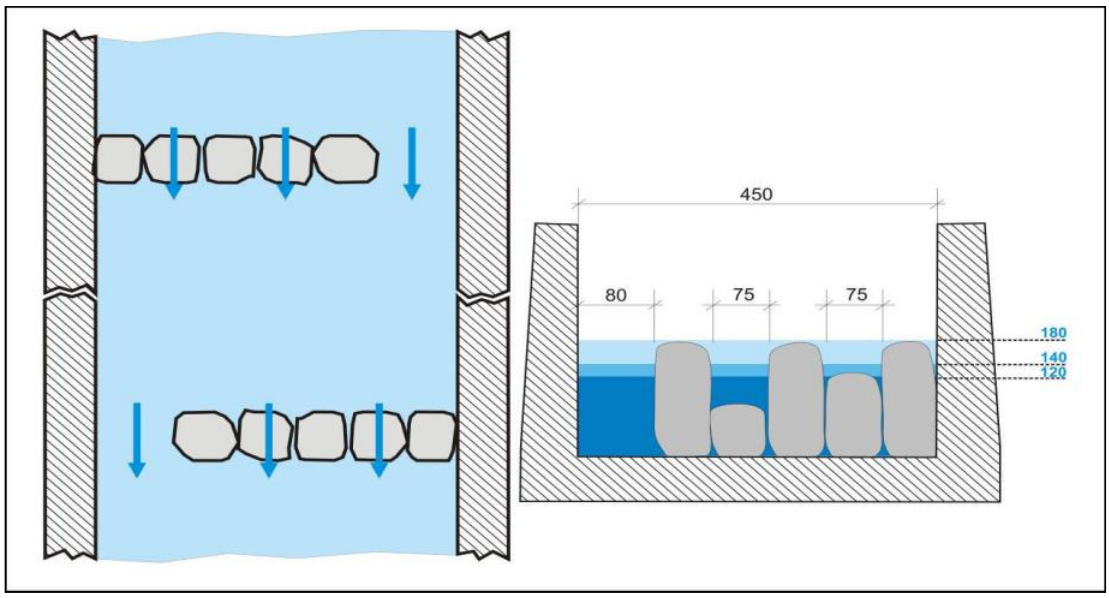
***)** Parametry przepławki dwuszczelinowej podano na podstawie doskonale funkcjonującego urządzenia służącego migracji ryb dwuśrodowiskowych na rzece Rodan w Belleville we Francji. Mniejsza niż założona w tab. 4 (str. 7) szerokość szczelin nie będzie mieć negatywnego oddziaływania na efektywność migracji kluczowych gatunków ryb.

****)** Przyjęto grubości ścian pomiędzy komorami przepławek szczelinowych 0,25 m.

*****)** Zmiany wielkości przepływu odpowiadają wahaniom wody górnej wynoszącym 0,60 m.

Załącznik nr III - urządzenia „techniczne” – przepławki kaskadowe (ryglowe)

Przepławka kaskadowa z przelewami naśladującymi warunki naturalne zapewnia dobre warunki dla migracji organizmów wodnych (rys. IV.1, tab. IV. 1). Rozkład szczelin i przelewów w tym urządzeniu zapewnia łagodne zmiany kierunku prądy wody od jednej do drugiej ściany kanału przepławki i powoduje, że w komorach nie tworzą się zawirowania prądu wody dezorientujące wędrujące ryby. Przepławka kaskadowa nadaje się dla wszystkich gatunków ryb rzecznych, w tym zwłaszcza dla jesiotra oraz dla masowych migracji ryb karpiowatych (certa, świnka, brzana), w tym dla młodocianych stadiów ryb. Toleruje wyłącznie niewielkie zmiany poziomów wody górnej i dolnej, przy budowlach ze zmienną rzędną piętrzenia wymaga sekcji sterującej.



Rys. III. 1. Schemat przepławki komorowej kaskadowej/ryglowej

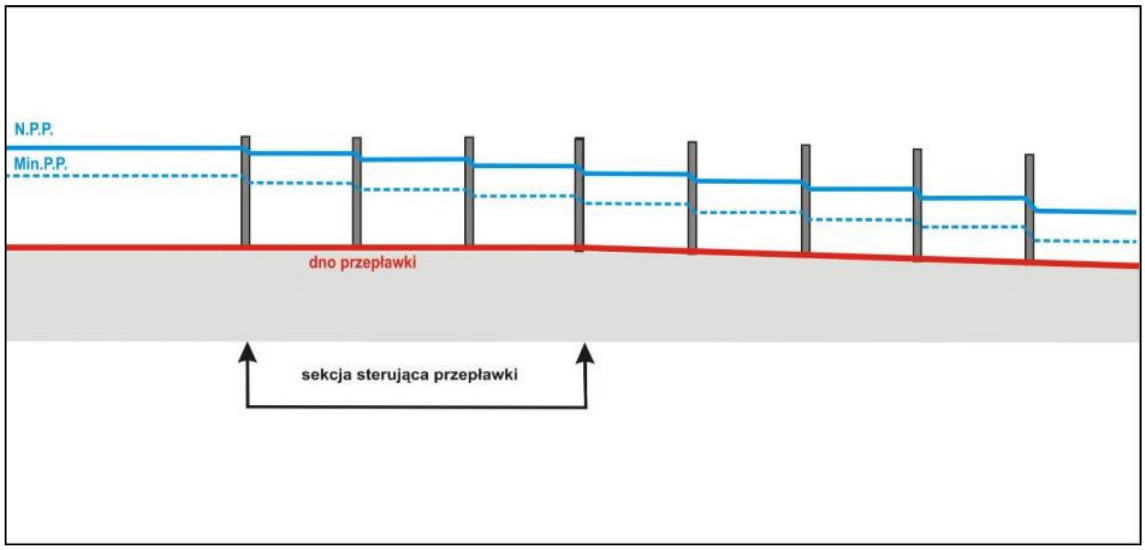
Tab. III. 1. Parametry przepławki komorowej kaskadowej/ryglowej

Parametry przepławki		przepławka kaskadowa
szer. szczeliny głównej [m]	**s**	**0,80**
szer. szczeliny dodatkowej / drugiej [m]	**s_1**	**0,75**
szer. wewnętrzna komory [m]	**b**	**4,50**
szer. zewnętrzna komory [m]		**5,00**
dług. wewnętrzna komory [m]	**b_1**	**6,00**
dług. całkowita komory od osi ścian [m]		**6,25**
głębokość wody w komorach przy npp. [m]	**h_{npp}**	**1,80 - 1,40**
spadek pomiędzy komorami [m]		**0,15**
min przepływ wody [m^3/s]		**1,62*****)
max przepływ wody [m^3/s]		**3,38*****)

*****) Zmiany wielkości przepływu odpowiadają wahaniom wody górnej wynoszącym 0,60 m.

Załącznik nr IV - urządzenia „techniczne” – sekcje sterujące

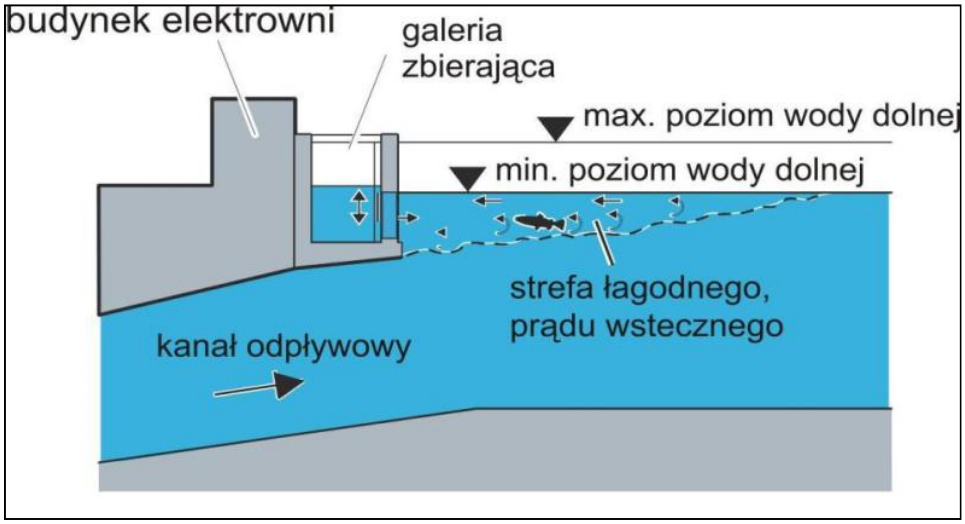
Przepławki szczelinowe doskonale tolerują zmienne poziomy wody górnej i dolnej. Podczas zmiany tych poziomów i zmiany wysokości spadu całkowitego specyficzna konstrukcja szczelin powoduj, że „ustalają” one przepływ wody i przepławka pracuje poprawnie przy zwiększonej lub zmniejszonej różnicy poziomów wody pomiędzy komorami. I tak, wzrost energii kinetycznej wody wynikający ze zwiększonego spadu i przepływu wody jest tłumiony w komorach przepławki, gdzie adekwatnie do wzrostu objętości przepływu rośnie objętość wody w komorach. Oznacza to, że dyssypacja objętościowa w poszczególnych komorach przepławki szczelinowej praktycznie nie zwiększa się wraz z wzrostem przepływu wody. Z tego względu przepławki szczelinowe można wykorzystać do budowy sekcji sterujących dla innych przepławek, zwłaszcza przepławek „bliskich naturze”. Poniżej na rys. III. 3 pokazano przekrój przez sekcję sterującą opartą na konstrukcji przepławki szczelinowej.



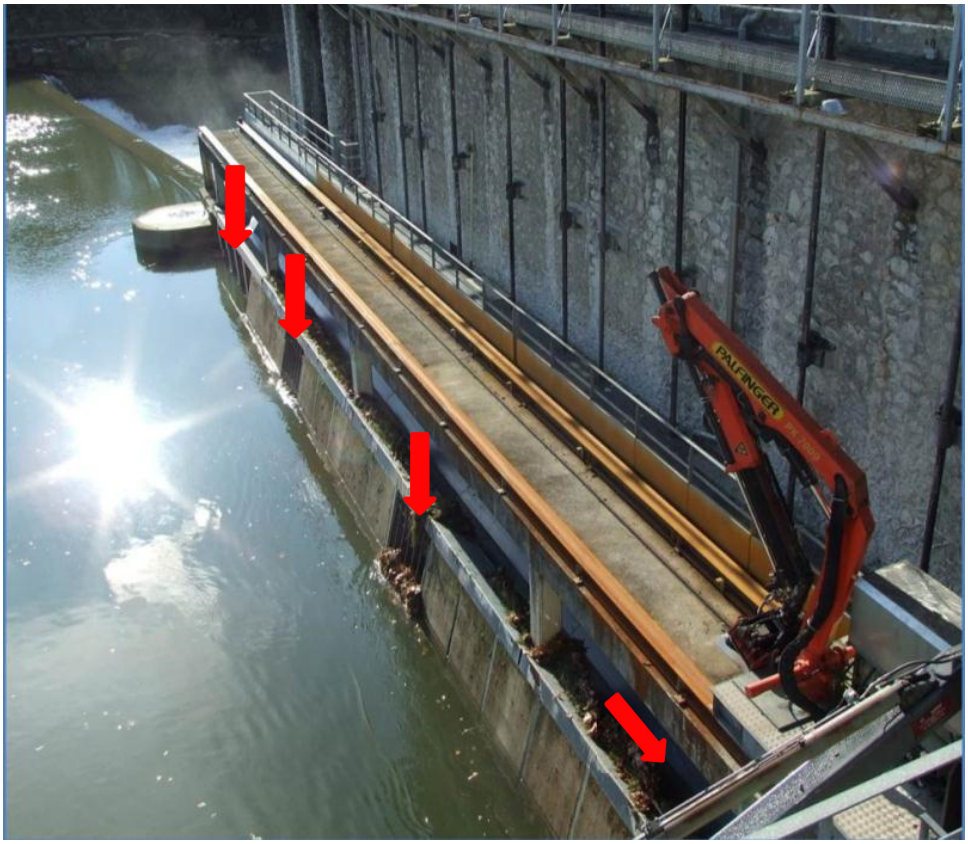
Rys. IV. 1. Przekrój podłużny i schemat działania „sekcji sterującej” wykonanej z typowych komór przepławki szczelinowej. Niebieskie linie ciągła i przerywana oznaczają odpowiednio rozkład rzędnych w komorach przepławki szczelinowej przy normalnym i minimalnym poziomie piętrzenia. Czerwona gruba linia wskazuje przebieg dna przepławki, które w ostatnich (górnych) trzech komorach jest poziome. Szczeliny w ścianach działowych tych komór mają tę samą wysokość a ich dolne części sięgają poziomego dna przepławki. W typowych warunkach hydraulicznych przy zakładanej głębokości pracy przepławki na odcinku poniżej sekcji sterującej wynoszącej 1,8 m (spad pomiędzy komorami 0,15 m), wysokość słupa wody w najwyżej położonej (czwartej) szczelinie sekcji sterującej wyniesie ok. 2,4 m a w najniżej położonej (pierwszej) szczelinie 1,95 m.

Załącznik nr V - urządzenia „techniczne” – galerie zbierające i przelewy migracyjne

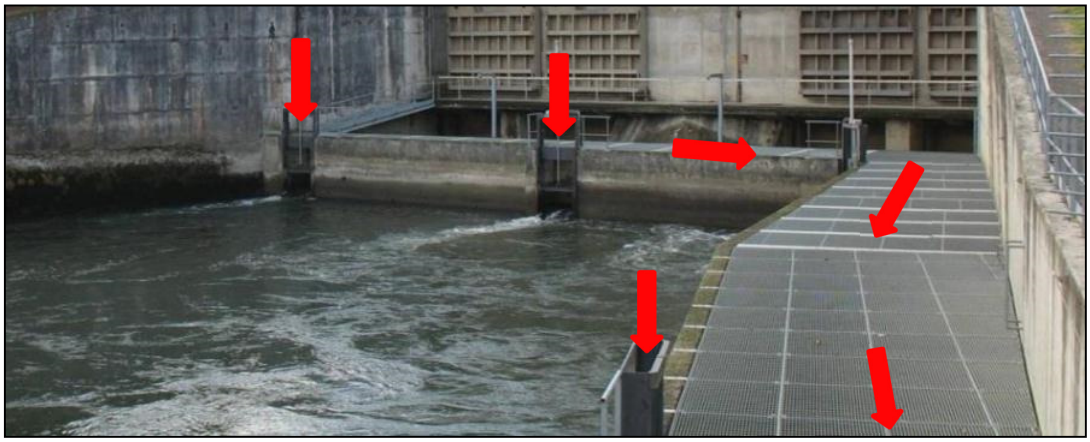
Galeria zbierająca jest rozwiązaniem poprawiającym skuteczność kierowania ryb do przepławki zarówno od wody dolnej jak i od wody górnej. Wykorzystuje w tym celu zachowanie migrujących w dół rzeki ryb, które kierują się prądem wody (rys. V. 1, fot. V. 1, fot. V. 2).



Rys. V. 1. Przekrój poprzeczny galerii zbierającej (DVWK 2002 wg Larinier 1992)



Fot. V.1. Galeria zbierająca nad wlotami wody do hydroelektrowni, od wody górnej na stopniu Castetarbe na rzece Pau. Strzałki pokazują wloty i kierunek przepływu wody.



Fot. V.2. Galeria zbierająca nad wylotami wody z hydroelektrowni, od wody dolnej na rzece Garonna. Strzałki pokazują wyloty i kierunek przepływu wody.

Stokowe przelewy migracyjne (spillway) stosowane dla zapewnienia migracji ryb w dół rzeki stosuje się zwykle łącznie z barierami / ekranami kierującymi migrujące ryby na przelewy a nie np. na turbiny. Istotne jest aby struga wody cały czas miała odpowiednią - dla danego gatunku ryby oraz rozmiarów osobników - głębokość, stały kontakt z częścią z dnem przelewu i trafiała do głębokiej niecki wypadowej. Za nieszkodliwe dla małych ryb (np. spływających do morza smoltów łososia lub troci) uznaje się przelewy o wysokość spadu wynoszącej do 30 metrów, na których woda osiąga prędkość do 15 m/sek. a dla dużych ryb przelewy o wysokości spadu do 12 metrów.

W niniejszym opracowaniu zaleca się stosowanie przelewów migracyjnych w miejscach potencjalnie niebezpiecznych dla ryb np. przed wlotami na turbiny hydroelektrowni (od wody górnej) oraz przy jazach gdzie z braku miejsca nie można było umieścić wlotu wody do przepławki w pobliżu przelewu jazu. Warto podkreślić że nie chodzi tu o wysokość spadu budowli ale o głębokość wody na przelewie jazu, która okresowa może być zbyt mała dla migrujących w dół rzeki ryb. Na zdjęciu poniżej pokazano przelewy migracyjny (fot. V. 3, fot. V. 4).

Fot. V.3. Na dalszym planie (za przepławką szczelinową) stały przelew migracyjny, na stopniu Artix na rzece Pau. Strzałka pokazuje kierunek przepływu wody.

Fot. V.4. Na pierwszym planie demontowalny przelew migracyjny, dalej przepławka komorowa (fot. Kuba Puchowski). Strzałka pokazuje kierunek przepływu wody

Literatura

Bailey M., Isely J., Bridges W., 2004 r. Movement and population size of American shad near a low-head lock and dam. *Transactions of the American Fisheries Society*, Nr 133, str. 300–308.

Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyżga B., Zalewski J., 2005. Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich. *Ministerstwo Środowiska, Departament Zasobów Wodnych*. Warszawa, 143 str.

DVWK/FAO, 2002. Fish passes: design, dimensions and monitoring. *Rome FAO*, str. 1-119

Jelonek M., Wierzbicki M. 2008. Prezentacja technicznych możliwości przywrócenia wędrówek ryb w rzekach na podstawie wybranych przykładów inwestycji zrealizowanych we Francji i Niemczech oraz USA. Manuskrypt, prezentacje multimedialne na CD. *Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi*. Warszawa.

Larinier M., Travade F., Porcher J.P., 2002 r. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, Appendix 364, 208 str.

Moser, M. L., A. M. Darazsdi, and J. R. Hall. 2000. Improving passage efficiency of adult American shad at low-elevation dams with navigation locks. *N. Amer. J. Fish. Manage*. 20, str. 376-385.

Roche P., Balle G., Brosse L., Delhom J., Gomes P., Lebel I., Subra S., Vanel N., 2007 r. Etude par radiopistage de la migration de l'Alose dans le Rhône aval. *ONEMA, MRM, CNR, Agence RMC*, Sprawozdanie za lata 2004-2005-2006, 60 str.