



Łukasz Chudy

## Hydrowęzeł beskidzki. Cz. I

W grudniu 2004 minęło 68 lat od otwarcia zapory wodnej w Porąbce, 40 lat od zakończenia budowy zapory Tresna i 25 lat od przekazania do eksploatacji elektrowni szczytowo-pompowej Porąbka-Zar. Artykuł ma na celu przybliżenie Czytelnikom Gazety Obserwatora zespołu zbiorników retencyjnych i elektrowni kaskady Soły oraz integralnego elementu wchodzącego w skład beskidzkiego hydrowęzła, jakim jest elektrownia szczytowo-pompowa Porąbka-Zar.

### Zbiornik Porąbka (Jezioro Międzybrodzkie)

Pomysł wybudowania zapory i zbiornika na Sole w okolicach Porąbki pochodzi z początku ub. wieku. Inżynier Karol Pomianowski, opracowując trzeci tom „Sił wodnych w Galicji”, wskazał lokalizację zapory w Porąbce ze zbiornikiem (30 mln m<sup>3</sup>) i elektrownią. Wody zbiornika miała piętrzyć kamienna, zakrzywiona w planie zapora, ze sztolniami obiegowymi w obydwu przyczółkach. Po zatwierdzeniu projektu w 1912 r., jednak bez elektrowni, w lutym 1914 r. komisja do regulacji rzek kanałowych wyasygnowała pierwsze fundusze na rozpoczęcie budowy (Fiedler 1987). Szczegółowy projekt zapory opracowali inż. Tadeusz Baecker i inż. Kazimierz Maćkowski (Baecker 1914).

Po I wojnie światowej prof. Gabriel Narutowicz, prof. Karol Pomianowski i inż. Tadeusz Baecker po wizji terenowej<sup>1)</sup> przyjęli lokalizację zapór w Porąbce i w Mucharzu na Skawie. Inż. Baecker korzystając ze wskazówek prof. Narutowicza opracował projekt ciężkiej, prostoliniowej zapory betonowej z osią przesuniętą o 300 m w górę rzeki w stosunku do lokalizacji pierwotnej, dwiema sztolniami obiegowymi w lewym przyczółku i przelewem o ośmiu światłach po 6 m. W trzech sekcjach zapory przewidziano monolityczne powiązanie z elektrownią o mocy 10,8 MW. W okresie 1921-1933 wydrążono sztolnie, wykonano przyczółki zapory, przełożono odcinek drogi Żywiec-Kęty oraz zabudowano potoki wpadające do zbiornika. Dopiero w 1933 r. po utworzeniu Funduszu Pracy, poparcu przez Ministerstwo Komunikacji i przejęciu kierownictwa budowy przez inż. Jerzego Skrzyńskiego tempo budowy znacznie wzrosło. Równocześnie wprowadzono zmiany w projekcie, zwiększając moc elektrowni do 20 MW, zmniejszając liczbę światel prze-

lewów do 5, zwiększając ich światło do 11 m oraz zmieniając typ zasuw z opuszczanych na podnoszone.

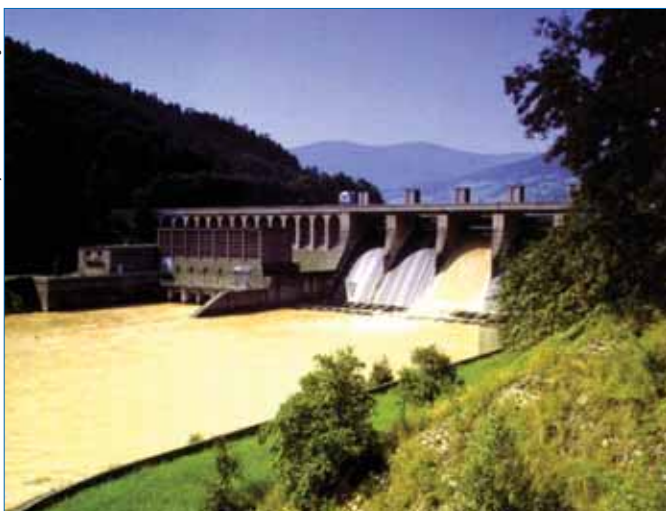
W 1934 r., roku pamiętnej powodzi w Małopolsce, do budowy zaangażowano Polsko-Francuskie Towarzystwo Robót Publicznych, a także w 7 miesięcy zbudowano 75-metrowy łukowy most żelbetonowy w Tresnej nad Sołą, zniszczony w czasie wojny. Uroczyste otwarcie zapory nastąpiło 13 grudnia 1936<sup>2)</sup>. W następnym roku zamontowano zamknięcia przelewów i rozpoczęto napełnianie zbiornika. Budowę elektrowni odłożono na lata późniejsze.

W założeniach zbiornik miał służyć celom przeciwpowodziowym i energetycznym (Hennig 1991). Zasilanie Wisły wodą zgromadzoną w zbiorniku do celów żeglugowych, wobec niewielkiej pojemności zbiornika i szybkiego zaniku wypuszczanych fal (Kollis 1938), okazało się nieopłacalne. Zdolności wyrównawcze pierwotnie szacowane na 6 m<sup>3</sup>/s okazały się znacznie mniejsze (2,5-3,0 m<sup>3</sup>/s) (Czyżewski 1970), jednak mimo to zbiornik nadal odgrywa ważną rolę w wyrównywaniu przepływów Soły, zwiększając efekt wyrównawczy zbiornika Tresna o 1,8 m<sup>3</sup>/s (Hennig i in. 1991). Podobnie oceny możliwości redukcji fal wezbraniowych, zwłaszcza tych największych z lat 1940, 1958 i 1960, okazały się zbyt optymistyczne. Powódź 1958 r. spowodowała częściowe zalanie elektrowni w związku z czym zaszła konieczność ręcznego uruchamiania zasuw przelewu, a niekiedy wypadowa uległa uszkodzeniu. Porąbka odegrała strategiczną rolę we wrześniu 1939 r. Wypuszczono wówczas falę ze zbiornika, która umożliwiła wywiezienie dóbr kultury z Krakowa (Fiedler 1987).

Zapora Porąbka znajduje się w 34,6 km biegu Soły i zamyka 1091,2 km<sup>2</sup> (78,5%) zlewni Soły. Poza Sołą zbiornik zasilają potoki: Roztoka, Isepnica, Ponikiewka oraz Żarnówka Wielka i Mała. Zapora w Porąbce jest ciężką zaporą betonową składającą się z osiemnastu sekcji. Wysokość maksymalna zapory wynosi 37,3 m, długość w koronie 260 m, szerokość w podstawie 18,3 m, w koronie 8,9 m, a objętość betonów ok. 100 tys. m<sup>3</sup>. Pięć sekcji przelewowych jest zamykanych zasuwami płaskimi o wymiarach 11,2 x 4,0 m. Poza przelewami, urządzeniami upustowymi zapory są dwie sztolnie spustowe w lewym przyczółku zapory o łącznej powierzchni przekroju 21,6 m<sup>2</sup>. Całkowita przepustowość urządzeń upustowych wynosi 1690 m<sup>3</sup>/s.

Pojemność zbiornika Porąbka, nazywanego również jeziorem Międzybrodzkim, wynosiła początkowo 32,2 mln m<sup>3</sup>, jednak w ciągu ok. 70 lat eksploatacji uległa znacznemu zamuleniu i obecnie wynosi 26,6 mln m<sup>3</sup>. Szacuje się, że mimo funkcjonowania powyżej zbiornika Tresna, pojemność Porąbki zmniejsza się o 60 tys. m<sup>3</sup> rocznie (Spaleny 1977), a strata ta w związku z postępującym zamulaniem zbiornika Tresna i tym samym zmniejszeniem jego zdolności do retencjonowania rumowiska unoszonego będzie się stopniowo zwiększała (Łajczak 1995). W przypadku nie podjęcia prac ograniczających bądź zmniejszających ilość osadów (bagrowanie, refulacja, płukanie) w ciągu ok. 250 lat zbiornik zamuli się w stopniu praktycznie

- 1) „Sprawozdanie z podróży do Małopolski w czasie od 18-go do 22 września 1919 r.” autorstwa Gabriela Narutowicza opublikowane w Gospodarce Wodnej nr 1/2005, s. 15.
- 2) Między innymi z powodu długiego okresu budowy zapora w Porąbce, jak większość przeciagających się na dziesięciolecia inwestycji hydrotechnicznych w naszym kraju (Czorsztyn-Niedzica, Klimkówka, Świnna Poręba), należała do wyjątkowo kosztownych (Głodek 1985).



Zapora i elektrownia w Porąbce

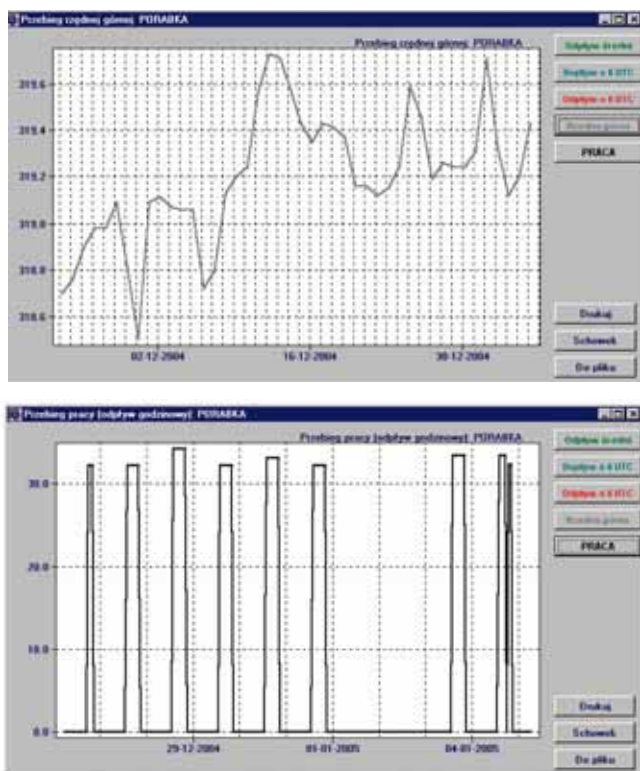
uniemożliwiającym eksploatację<sup>3)</sup>. Powierzchnia zbiornika wynosi 367 ha, długość 6,6 km, a długość linii brzegowej ponad 15 km. Do czasu dobudowania elektrowni oraz w okresach największego zagrożenia powodziowego w zbiorniku utrzymywano znaczną – 10-23 mln m<sup>3</sup> – rezerwę powodziową. Po wybudowaniu zapory i zbiornika w Tresnej rezerwę powodziową Porąbki zmniejszono do 5 mln m<sup>3</sup>. Oznacza to teoretycznie, że w czasie wezbrania np. przez 12 godzin z Porąbki można odprowadzać odpływy o 115 m<sup>3</sup>/s niższe niż z Tresnej. Katastrofalne wezbrania w czerwcu 1958 i lipcu 1960 nie zostały w wystarczającym stopniu zredukowane przez zbiornik. Maksymalny dopływ do zbiornika w czerwcu 1958 szacowany na 1382-1800 m<sup>3</sup>/s<sup>4)</sup> został zredukowany do 1270 m<sup>3</sup>/s (Kłossowicz, Jaśkiewicz 1986).

W okresie powojennym zbiornik Porąbka został dwukrotnie całkowicie opróżniony: w latach 1956 i 1965. Opróżnienie zbiornika w 1965 r., przed przekazaniem do eksploatacji kaskady, służące częściowemu odmuleniu i płukaniu zbiornika oraz umożliwiające remont urządzeń podwodnych spowodowało spływ mułu i masowe śnięcie ryb (Bolesta 1966), które dziś nazwalibyśmy katastrofą ekologiczną.

## Elektrownia Porąbka

Na początku lat 50. do prawych sekcji zapory dobudowano wg projektu mgr: inż. Leonarda Zaremby elektrownię wodną o łącznej mocy 12,6 MW. Elektrownia jest wyposażona w trzy turbiny: dwie Kaplana po 6,1 MW i jedną Francisca 0,4 MW firmy Voith z generatorami firmy Siemens-Schuckert. Łączny przepływ turbin wynosi 64 m<sup>3</sup>/s.

Do czasu wybudowania zbiornika wyrównawczego w Czańcu mała turbina Francisca pracowała głównie w okresach niskiego zapotrzebowania na energię, kiedy ze zbiornika odprowadzano niskie przepływy, bliskie przepływowi biologicznemu. Jednak potrzeby użytkowników wody wymusiły na zarządzającym elektrownią zrzucanie 6,45 m<sup>3</sup>/s poza szczytami energetycznymi. Wymagało to pracy jednej turbiny Kaplana w strefie bardzo niskich współczynników sprawności. W połączeniu z koniecznością utrzymywania obniżonego piętrzenia (duża rezerwa powodziowa) powodowało to zmniejszenie produkcji energii elektrycznej, która w okresie 1955-1966 wynosiła od 15,5 do 28,9 GWh (Osuch-Chacińska 1987). Po uruchomieniu kaskady



Rys. 1. Praca elektrowni Porąbka na przełomie roku 2004 i 2005 na tle poziomów piętrzenia zbiornika Porąbki

średnia produkcja energii wzrosła do 23 GWh rocznie. Przykładowo w 1994 r. elektrownia pracując 1834 godziny wyprodukowała 23,1 GWh energii (Malinowski 1998).

W celu uzupełnienia zbiornika Czaniec, ze względu na jego małą pojemność zachodziła konieczność uruchamiania elektrowni Porąbka nawet w niedziele i święta, czyli w okresach najniższego zapotrzebowania na energię. Obecnie praca elektrowni wynika z zapotrzebowania na energię i w dniach zmniejszonych jej poborów odpływy ze zbiornika są zmniejszane bądź całkowicie ograniczane (rys. 1).

## Kaskada Soły

Najprostszym rozwiązaniem pozwalającym powiększyć retencję zbiornikową na Sole było podwyższenie zapory Porąbka do wysokości ok. 60 m umożliwiające utrzymanie maksymalnej rzędnej piętrzenia na poziomie zbliżonym do dzisiejszego zbiornika Tresna (345 m npm). Jednak ze względu na zagospodarowanie otoczenia zbiornika Porąbka i przewidzianą w planach elektrownię szczytowo-pompową Porąbka-Żar realizacja tego rozwiązania nie była możliwa. Tym samym retencja zbiornikowa na Sole wzrosła o 100 mln m<sup>3</sup> w porównaniu z ok. 180 mln m<sup>3</sup> w wariancie Porąbka II (Wielka Porąbka) polegającym na podwyższeniu istniejącej zapory<sup>5)</sup>. Kaskada składa się z trzech zbiorników: Tresna, Porąbka i Czaniec zlokalizowanych na odcinku Soły od Żywca do Kęt, w obrębie przełomu przez Beskid Mały (rys. 2). Generalnymi projektantami kaskady Soły byli mgr inż. Jerzy Skrzyński i mgr inż. Maciej Jędrysik z „Hydroprojektu”.

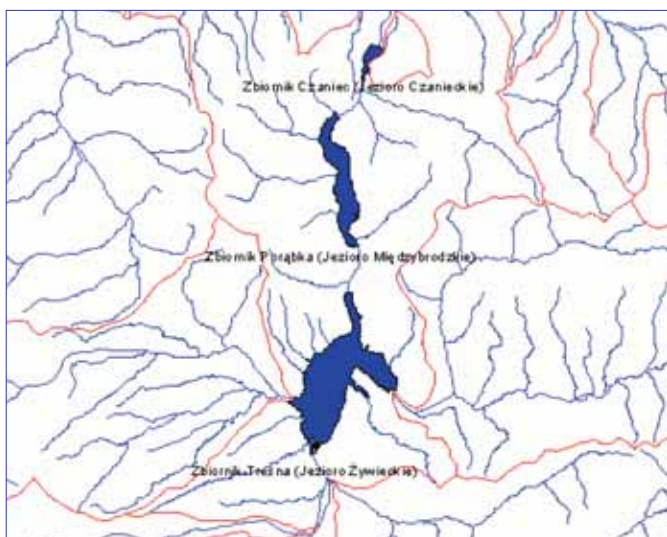
## Zapora Tresna

Przełom Soły przez Beskid Mały sprzyjał lokalizacji drugiej zapory na Sole powyżej zbiornika Porąbka. Zapora w Tresnej wybudowana w latach 1959-1967 znajduje się kilometr poniżej początku przełomu. Planowano budowę zapory betonowej z elektrownią o mocy 11,6 MW. Jednak wobec deficytu cementu, braku wytwórni betonu i dźwigów, mimo licznych głosów przeciwnych, zdecydowano o wyborze zapory ziemno-narzutowej uszczelnionej centralnym rdzeniem glinianym. Głównym projektantem zapory był dr hab. Wojciech Wolski z „Hydroprojektu”. W założeniach zakładano, że przez zaporę nie będą przebiegały żadne konstrukcje mogące stworzyć uprzywilejowane drogi filtracji bądź przyczynić się do nierównomiernej osiadania korpusu. Zapora w Tresnej miała z założenia pełnić również rolę przejścia przez Sołę drogi Żywiec-Oświęcim i węzła drogowego (drogi: Czernichów-Zarzeczce i Tresna-Międzybrodzie).

Zapora o wysokość 39 m, 300 m długości i objętość 482 tys. m<sup>3</sup> położona w 41,9 km biegu Soły zamyka 1036,6 km<sup>2</sup> jej zlewni. Ostateczny układ zapory wynika z odstąpienia od budowy sztolni spustowej na rzecze spustu przebiegającego w poprzek zapory. Rezygnacja z budowy w lewym przyczółku sztolni spustowej o średnicy 6,7 m

- 3) Eksploatacja elektrowni szczytowo-pompowej Porąbka-Żar będzie znacznie utrudniona.
- 4) Przeliczenia z wodowskazu Żywiec (784,8 km<sup>2</sup>) do przekroju zapory w Tresnej (1036,6 km<sup>2</sup>) dają wartość 1500 m<sup>3</sup>/s, dla porównania obliczenia „wstecz” „wody kontrolnej” w Żywcu z wody kontrolnej w Tresnej 2700 m<sup>3</sup>/s dają przepływ 2247 m<sup>3</sup>/s w Żywcu, a więc znacznie większy niż wartość MWW oszacowana na 1833 m<sup>3</sup>/s (Ozga-Zielińska i in. 2003). Korzystając z najprostszycch formuł obliczania MWW opartych na maksymalnym dotychczas zaobserwowanym przepływie Soły w Żywcu, MWW można szacować na 2500 m<sup>3</sup>/s, co daje w przekroju zapory w Tresnej 3000 m<sup>3</sup>/s. Przepływ 0,01% w Żywcu obliczony metodą alternatywy na podstawie danych z okresu 1956-2000 wynosi 2202 m<sup>3</sup>/s, jest to więc niemal identyczna wartość jak ta pochodząca „z przeniesienia do tego profilu wody kontrolnej zapory w Tresnej”.
- 5) Prof. Karol Pomianowski w 1946 r. przedstawił pomysł podwyższenia zapory Porąbka o 10-12 m; 9 lat później prof. Wiktor Mamak zaproponował podwyższenie Porąbki o 18 m – podstawową przeszkodą realizacji tych koncepcji była przewidziana w planach budowa elektrowni szczytowo-pompowej Porąbka-Żar (zmniejszenie spadku, trudności w realizacji zalepcza i niekci odpływowej) oraz zabudowa doliny Soły, a z perspektywy realizacji Tresnej i Porąbki-Żar zagrożenie osuwiskami [przypp. ł. C.].

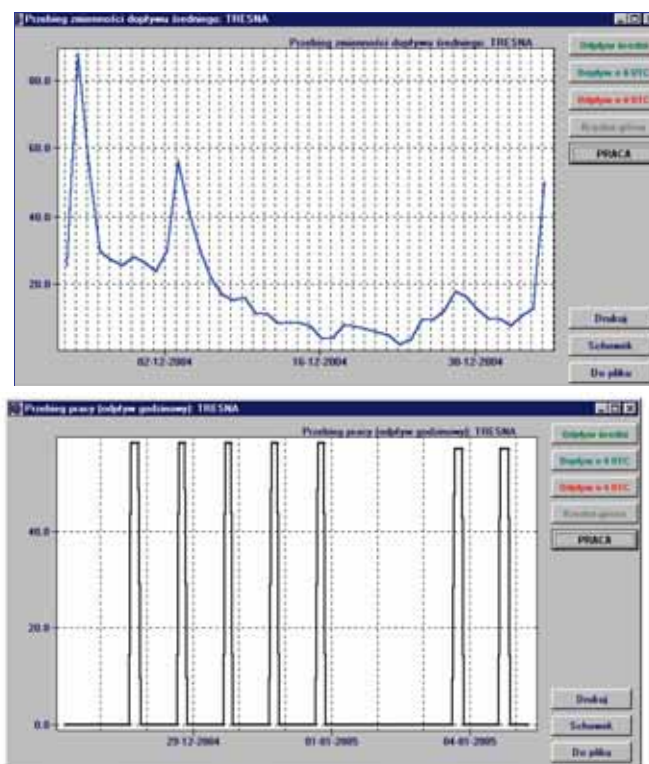




Rys. 2. Kaskada Soły – mapa poglądowa (z komputerowego Podziału hydrograficznego Polski)

okazała się koniecznością wobec wystąpienia jesienią 1960 r. osuwiska, które objęło znaczną część wzgórze na lewym brzegu doliny (Hawrylkiewicz 1970). Rolę tej stolni przejął spust denny o trzech światłach 3,0 x 4,0 m (w przekroju zamkniętym) i przepustowości 730 m<sup>3</sup>/s, co stanowi ok. 55% przepływu o prawdopodobieństwie 1% przyjętego w projekcie zapory<sup>6)</sup>.

Poza spustem podstawowym, urządzeniem upustowym zbiornika jest przelew powierzchniowy znajdujący się na prawym przyczółku zapory. Składa się z trzech przęsł. Dwa skrajne stałe (nie zamykane) przelewy z krawędzią na rzędnej 342,7 m mają po 23 m w świetle i umożliwiają przepuszczenie 335 m<sup>3</sup>/s przy piętrzeniu zbiornika do rzędnej 345,0 m. Środkowe przęsło o szerokości 15 m i progu na rzędnej 341,0 m jest zamykane kłapą, której położenie powoduje wzrost wydatku przelewu do 571 m<sup>3</sup>/s. Dalsze nadpiętrzenie zbiornika o 0,8 m zwiększa przepływ przez przelew do 841 m<sup>3</sup>/s. Katastrofalne (dopuszczalne) nadpiętrzenie zbiornika o dalsze 0,5 m do rzędnej 346 m, czyli 1,7 m poniżej korony zapory, pozwala na przepuszczenie przez przelew ok. 1040 m<sup>3</sup>/s<sup>7)</sup>. Łącz-



Rys. 3. Praca elektrowni Tresna na przełomie roku 2004 i 2005 na tle dopływów średnich dobowych do zbiornika Tresna

nie ze spustem dennym i elektrownią przy tym poziomie piętrzenia można odprowadzić ok. 1900 m<sup>3</sup>/s. Przekracza to wielkość przepływu miarodajnego o prawdopodobieństwie 0,1%, bez uwzględnienia redukcji kulminacji fali przez zbiornik. Bezpieczeństwo zapory zbiornika w skrajnych sytuacjach dodatkowo zapewnia otwarta część (ok. 13 mln m<sup>3</sup>) rezerwy powodziowej zbiornika, która przy całkowitym otwarciu spustu dennego, pracującej elektrowni i położonej kłapie na przelewie w fazie narastania fali umożliwia samoczynną redukcję fal wezbraniowych o kulminacjach większych od 1423 m<sup>3</sup>/s.

## Zbiornik Tresna (Jezioro Żywieckie)

Początkowa pojemność zbiornika Tresna wynosząca 100 mln m<sup>3</sup> przy piętrzeniu do rzędnej 345,0 uległa wskutek postępującego zamulenia zbiornika (Spaleny 1977) zmniejszeniu i wynosi 94 mln m<sup>3</sup>. Średnie roczne zamulenie zbiornika wynosiło w pierwszych 10 latach eksploatacji ok. 270 tys. m<sup>3</sup>, co w przeliczeniu na cały 38-letni okres eksploatacji dawałoby stratę ponad 10 mln m<sup>3</sup>. Powierzchnia zalewu przy normalnym poziomie piętrzenia wynosi 940 ha i 330 ha przy poziomie minimalnym. Maksymalna długość zbiornika to ok. 8 km, szerokość ponad 2 km, a długość linii brzegowej 33,7 km (Stachowicz, Czernoch 1992). Poza Sołą do zbiornika uchodzą Żylica, Łękawka i Moszczanica, Żarnówka oraz mniejsze potoki.

Budowa zbiornika Tresna wiązała się z przesiedleniem ponad 3800 osób i całkowitą likwidacją wsi Zadziele oraz dzielnicy Stary Żywiec (Jagiello 1970 b).

Nowa droga Żywiec-Kęty wytyczona na wschodnim brzegu zbiornika Tresna i dalej biegnąca przez zaporę i zachodnim brzegiem Porąbki jest wyjątkowo malownicza, ale i niebezpieczna. Ze względu na sąsiedztwo zbiornika, podwyższoną wilgotność powietrza oraz możliwość spływu wód opadowych istnieją tu sprzyjające warunki do występowania oblodzeń, zwłaszcza na niektórych odcinkach. Do takich z pewnością należy Wilczy Jar w okolicach Żywca-Oczkowa, w którym zatokę zbiornika przecina estakada i łukowy most o wysokości 28 m. Miejsce to i zbiornik Tresna odkryte jest cieniem jednej z największych tragedii-katastrof w powojennej Polsce. 15 listopada 1978 r. z mostu do jeziora spadły dwa autobusy wiozące górników do pracy w kopalniach Śląska. Zginęło wówczas 30 osób<sup>8)</sup>.

W celu zapewnienia ochrony wód zbiornika przed zanieczyszczeniami, została rozbudowana sieć kanalizacyjna wraz z oczyszczalnią ścieków w Żywcu oraz sieć wodociągowa, których koszt przekroczył 25% kosztów budowy zbiornika – ponad 700 mln złotych (1965 r.) (Ziętara 1986).

W związku z koniecznością wykonania niezbędnych remontów urządzeń podwodnych zapory zbiornik Tresna został opróżniony po 10 latach eksploatacji (Spaleny 1977) i następnie pod koniec 1991 r. i w 1992 r. (Łączak 1995). Opróżnienie zbiornika w 1991 r. wywołało protesty PZW – wędkarskiego gospodarza akwenu. W związku z koniecznością zagospodarowania ryb żyjących w zbiorniku, poza zabiegiem odłowienia zbiornika, w zatoce Moszczanicy utworzono tymczasowy niewielki zbiornik – zimochów dla ryb, który uległ katastrofie w grudniu 1991 r. (Igański 1992).

Elektrownia Tresna została oddana do eksploatacji w 1966 r. Głównym projektantem elektrowni był mgr inż. Aleksander Łaski z „Hydroprojektu”. Jest to elektrownia szczytowa (rys. 3), o mocy 21 MW pracująca przeciętnie 1350 godzin w roku<sup>9)</sup>. Wielkość

- 6) W okresie projektowania zbiornika Tresna, po powodziach w latach 1958 i 1960 i w związku ze zmianą przepisów, zaszła konieczność ponownego przeliczenia przepływów maksymalnych o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia, przepływu miarodajny (0,1%) 1440 m<sup>3</sup>/s wzrósł do 1810 m<sup>3</sup>/s, natomiast kontrolny (0,01%) 1806 m<sup>3</sup>/s wzrósł do 2700 m<sup>3</sup>/s (0,02% + błąd oszacowania) (Jędrzyk 1970 a).
- 7) Wartość wyznaczono z ekstrapolacji liniowej [przyp. Ł. C.].
- 8) Na podstawie filmu „Wilczy Jar” Leszka Wasiuty wyemitowanego w serii „Nieznane katastrofy” 12 grudnia 2003 w TVP3.
- 9) Przykładowo w 1994 r. elektrownia pracując 1321 godzin wyprodukowała 27,75 GWh energii (Malinowski 1998).

produkcji wynosi średnio 28,4 GWh, w roku suchym 11,3 GWh, a w mokrym 47,2 GWh (Łaski 1970).

Stosunkowo niewielki budynek elektrowni znajduje się na lewym brzegu i jest częściowo wkomponowany w dolny taras zapory. Dzięki temu uzyskano nie tylko lepszą formę architektoniczną, ale przede wszystkim skrócono długość sztolni doprowadzającej wodę do turbin (Strzemięcki 1970). Pozwoliło to na uniknięcie budowy komory uderzeń na doprowadzeniu wody, co przy wyjątkowo skomplikowanych warunkach geologiczno-geotechnicznych (osuwisko) doprowadziło do znacznych oszczędności. Kolejne oszczędności osiągnięto rezygnując z hali z suwnicami. Jej miejsce zajęła pólhala z zewnętrznym dźwigiem portalowym. Zastosowanie niskiej pólhali praktycznie wymusiło przyjęcie tzw. układu parasolowego generatorów i turbin, który charakteryzuje się znacznie mniejszą wysokością niż układ tradycyjny.

W elektrowni zainstalowano dwie turbiny Kaplana o łącznym przepływie 122 m<sup>3</sup>/s pracujące na spadach od 12,4 do 26,7 m, przy spadzie nominalnym 20,4 m. Zarówno turbina, jak i generator są produkcji czeskiej.

Zbiornik Czaniec powstał jako zbiornik wyrównawczy, gdyż w przeciętnych warunkach hydrologicznych przepływy poniżej zapory Porąbka zmieniały się w ciągu doby od 2,8 m<sup>3</sup>/s, kiedy poza szczytami energetycznymi pracowała mała turbina, odprowadzając przepływ niezbędny do pokrycia przepływu biologicznego i zapewnienia wody dla ujęć poniżej Porąbki, do 65 m<sup>3</sup>/s w szczycie energetycznym. Równocześnie zbiornik Czaniec został wybrany na miejsce lokalizacji ujęć wody z Soły dla GOP-u i Bielska-Białej. Ze względu na usytuowanie czaszy zbiornika na utworach przepuszczalnych i konieczność budowy dwustronnych zapór bocznych pojemność zbiornika ograniczono do 1,2 mln m<sup>3</sup>. Zapora ziemna o długości 670 m uszczelniona ekranem żelbetowym ma wysokość 8 m, a długość zapór bocznych wynosi ok. 2400 m. Powierzchnia zbiornika nie przekracza 50 ha.

Jaz zlokalizowany w km 31,0 Soły ma światło 3 x 15 m zamykane kłapami o wysokości 4,5 m. Światło jazu dostosowano do przepływów wezbraniowych zredukowanych przez zbiorniki Tresna-Porąbka zakładając, że woda miarodajna powinna przechodzić przez zbiornik bez nadpiętrzenia. Przepustowość jazu wynosi 900 m<sup>3</sup>/s. Dodatkowo w zaporze czołowej wydzielono sekcję przewałową długości 70 m o obniżonej o 0,5 m koronie, która zacznie pracować, gdy poziom wody przekroczy o 0,8 m normalny poziom piętrzenia. Przepustowość jazu przy takim poziomie wzrasta do 1160 m<sup>3</sup>/s (Jeźdzysik 1970 b). W przypadku katastrofalnej powodzi przez rozmyty przewał i jaz może odpływać ze zbiornika ok. 1700 m<sup>3</sup>/s, co odpowiada maksymalnemu wydatkowi wszystkich urządzeń upustowych zapory Porąbka. Przy lewym przyczółku jazu znajduje się przepławka dla ryb składająca się z 14 komór; przez które przepływa 0,5 m<sup>3</sup>/s wody. Niestety, zapory w Porąbce i w Tresnej nie zostały wyposażone w urządzenia umożliwiające rybam pokonanie tych obiektów.

Tabela 1. Stosunek podstawowych składników pokarmowych w wodach wybranych zbiorników karpackich (wg Bombówny, 1990)

Zbiornik	C:N:P - stosunek wagowy		
	Maj	Styczeń	Wrzesień
Powyżej Goczałkowice	100:16:1	520:82:1	215:21:1
Poniżej	100:28:1	755:63:1	292:27:1
Powyżej Tresna	440:74:1	514:111:1	441:43:1
Poniżej	256:156:1	813:173:1	825:89:1
Powyżej Rożnów	392:27:1	618:50:1	511:24:1
Poniżej	334:68:1	1872:117:1	894:55:1
Powyżej Solina	255:37:1	1491:133:1	565:32:1
Poniżej	1360:333:1	2539:308:1	626:62:1



Zbiornik Czaniec – stąd jest pobierana woda dla Śląska, Bielska Białej i Kęt (na pierwszym planie prawa zapora boczna, w głębi kościół, domy i most w Porąbce)



Jedno z trzech przesł jazu kłapowego zapory w Czańcu – przepustowość jazu przekracza 1000 m<sup>3</sup>/s

### Czystość wód kaskady<sup>10)</sup>

Wody Soły powyżej kaskady charakteryzują się odczynem zasadowym, wysokim nasyceniem tlenem i na ogół niską mineralizacją. Największe stężenia to stężenia azotanów i to nawet na odcinku źródłowym. Maksymalną zawartość N-NO<sub>3</sub>, podobnie jak N-NH<sub>4</sub>, notuje się w Żywcu. Stężenia fosforanów i fosforu ogólnego w rejonie Żywca były dwukrotnie wyższe niż średnie zawartości na odcinku Rajcza-Żywiec. O wpływie zanieczyszczeń ściekami w Żywcu świadczą m.in. wartości BZT<sub>5</sub>, zawiesiny i metali ciężkich. W wodach Koszarawy i Żylicy stwierdzono więcej miedzi i azotanów (Koszarawa) oraz ołowiu i fenoli (Żylicza) niż maksymalne stężenia dla Soły. Równocześnie, w przeciwieństwie do górnej Soły w okolicach Rajczy, stwierdzono niskie skażenie bakteriologiczne. Skażenie w Rajczy przekraczające dopuszczalne normy pojawia się okresowo. Może to mieć związek z ruchem turystycznym, warunkami hydrometeorologicznymi bądź opróżnianiem zbiorników na ścieki bytowe.

W drugiej połowie lat 70. Soła poniżej Żywca należała do wód zanieczyszczonych, kwalifikując się do III klasy czystości. W okresie 1978-1983 czystość Soły nieznacznie się poprawiła. Do zbiornika Tresna na początku lat 70. dopływało 20-24 tys. m<sup>3</sup> ścieków na dobę, a w 1990 r. już 44 tys. m<sup>3</sup>, z czego w rejonie Żywca aż 37 tys. m<sup>3</sup>. Średnio w ciągu doby do zbiornika dopływa m.in. ponad 3100 kg azotanów, ok. 250 kg fosforanów i 120 t zawiesiny (Stachowicz, Czernoch 1992).

W 2003 r. stan czystości Soły według ocen miarodajnych pod względem wskaźników fizykochemicznych na 92,2% odcinków zalicza się do pierwszej klasy czystości wg starej nomenklatury klas

10) Opracowano na podstawie „Charakterystyki ekologicznej zbiorników zaporowych na Sole” (Stachowicz, Czernoch 1992).

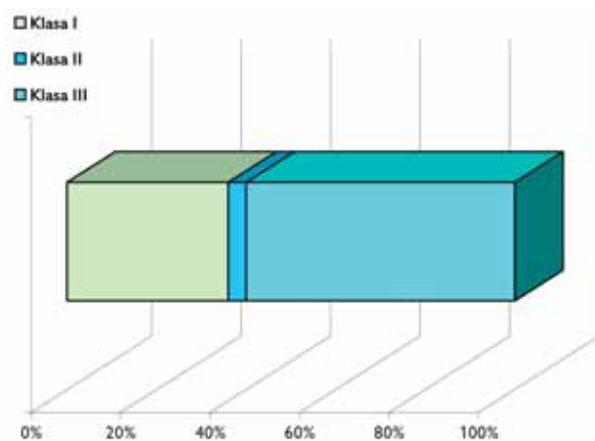


czystości, a 7,8% do klasy drugiej. Oceny statystyczne z gwarancją 90% kwalifikują 36% spośród 68 km kontrolowanych odcinków do klasy I, 4% do klasy II, a 60% do klasy III (rys. 4). Natomiast biorąc pod uwagę wskaźniki bakteriologiczne zarówno oceny miarodajne, jak i statystyczne kwalifikują 100% kontrolowanych odcinków do III klasy czystości.

Przezroczystość wody części przyzaporowej zbiornika Tresna na początku lat 70. w lecie wynosiła 2,3-3,8 m i zwiększała się od cofki do zapory, co jest typowe dla zbiorników zaporowych. Duży wpływ zarówno na przezroczystość, jak i mętność wód zbiornika mają warunki hydrometeorologiczne determinujące ilość zawiesiny wprowadzonej z wodami Soły i pozostałych dopływów (Kostecki 1979). Wody zbiornika nie są zbyt zmineralizowane, przy czym począwszy od napełnienia zbiornika stopniowo wzrasta zawartość azotanów. Większe stężenia tych związków w wodach dopływów notowano w okresie wiosennych roztopów niż w lecie. Fosforany były obecne w zbiorniku jedynie w początkowych latach eksploatacji zbiornika. Później niezależnie od pory roku brak było  $\text{PO}_4^{3-}$ , ponieważ cała jego zawartość jest wyczerpywana przez fitoplankton. Tym samym fosfor limituje rozwój fitoplanktonu w zbiorniku Tresna (Kajak 1979). Zawartość węgla i azotu przypadająca na jednostkę masy fosforu w wodzie poniżej zbiornika Tresna (z wyjątkiem zawartości węgla w maju), podobnie jak poniżej zbiorników Rożnów i Solina<sup>11)</sup>, jest dwu-, trzy-, a nawet kilkakrotnie większa niż powyżej (tab. 1). Wynika to z depozycji składników pokarmowych w zbiorniku i ich transformacji, które to procesy przyczyniają się do zmniejszenia żyzności wód poniżej zbiorników kosztem przyspieszenia eutrofizacji samego zbiornika (Kajak 1979, Bombówna 1991, Stachowicz, Czernoch 1992).

Szczególnie zawartość metali ciężkich (Zn i Cd), których stężenia kilkakrotnie przewyższały wartości dla wód czystych, świadczy o do-

11) W przeciwieństwie do głębokich zbiorników, jakimi są Tresna, Rożnów i Solina, płytki żyzny zbiornik o dużej powierzchni, jakim jest zbiornik Gozałkowiec, przyczynia się do wzrostu żyzności wody w ziemie, natomiast wpływ w pozostałych porach roku jest relatywnie mały.

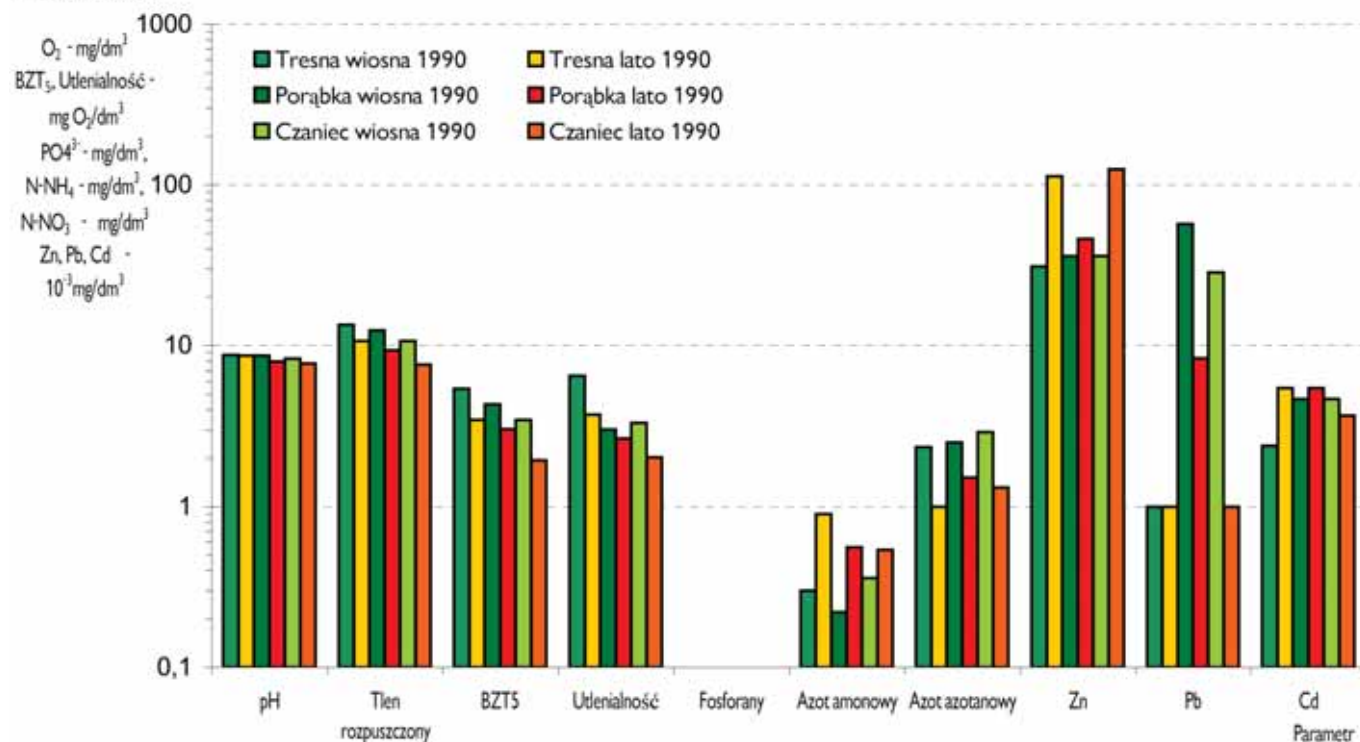


Rys. 4. Stan czystości wód Soły – procentowy udział odcinków w danych klasach czystości wg wskaźników fizykochemicznych – ocena statystyczna z gwarancją 90% wg danych GUS (Ochrona środowiska 2003)

plywie zanieczyszczeń przemysłowych. Możliwe jest także występowanie wymienionych metali w czaszy zbiornika przed zalaniem oraz docieranie tych pierwiastków z wiatrami niosącymi zanieczyszczenia z obszaru GOP-u. Znaczna zawartość metali ciężkich w osadach dennych i słaby wzrost ich zawartości w profilu podłużnym zbiornika może świadczyć o tych właśnie źródłach pochodzenia Zn, Cr, Mn, Cd, Co i Pb. Prawdopodobnie część metali dopływa wraz z wodami Soły (odlewnia żeliwa w Węgierskiej Górze, fabryka śrub w Żywcu), w mniejszym stopniu pozostałych dopływów (garbarnia w zlewni Żylicy), część z czaszy zbiornika, a część dotarła wraz ze śląskimi pyłami.

Przezroczystość wody zbiornika Porąbka w latach 60. wynosiła od 0,4 do 2,4 m, natomiast w 1990 r. 1,2 do 1,6 m. Wody tego zbiornika charakteryzują się małą mineralizacją i zupełnym brakiem fosforanów. Stężenia form azotu wiosną są wyższe niż w lecie i od połowy lat 60. wzrosły ok. dwukrotnie –  $\text{N-NH}_3$  z 0,26 do 0,80  $\text{mg/dm}^3$ , a  $\text{N-NO}_3$  z 1,2 do 2,68  $\text{mg/dm}^3$ . Przy ogólnie niewiel-

Wartości parametrów



Rys. 5. Wartości wybranych parametrów charakteryzujących czystość wód zbiorników kaskady Soły w 1990 r. (na podstawie danych Stachowicz, Czernoch 1992)

kim stopniu zanieczyszczenia wody zbiornika Porąbka niepokojąca jest zawartość metali ciężkich, w tym Pb, którego stężenie w 1990 r. przekroczyło  $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ . Również w osadach dennych zbiornika, których grubość do czasu wybudowania Tresnej przyrastała w tempie  $5 \text{ cm}/\text{rok}$ , stwierdzono dużą zawartość Cr, Mn, Co i Cu.

Wody potoku Wielka Puszcza, który dopływa do zbiornika Czaniec, w 1999 r. klasyfikowały się do I klasy pod względem parametrów fizykochemicznych, natomiast do III klasy czystości w grupie bakteriologii (przekroczone wartości dopuszczalne miano coli). W 2000 r. czystość wód potoku była zbliżona, a w 2001 r. wody mieściły się w II klasie czystości w grupie fizykochemicznej, natomiast w I klasie czystości w grupie bakteriologii. W okresie wiosennym 1999 r. przeprowadzone badania fizykochemiczne i biologiczne wykazały, że jakość badanej wody odpowiada normom dla II klasy czystości. Wskaźnik czystości sanitarnej miano coli odpowiadał I klasie czystości. W okresie letnim 1999 r. przeprowadzone badania fizykochemiczne wykazały, że jakość badanej wody nie uległa zmianie w stosunku do badania wiosennego i nadal odpowiadała II klasie czystości. Czystość bakteriologiczna zbiornika uległa okresowemu pogorszeniu i w rejonie ujścia Soły do zbiornika odpowiadała III klasie czystości. Badania przeprowadzone w 2000 r. wykazały, że jakość wody w większości parametrów odpowiada I lub II klasie czystości, wartości pozaklasowe odnotowano w parametrach z grupy azotowej oraz pod względem przezroczystości. Nadmierne zmętnienie wody należy wiązać z pracami hydrotechnicznymi w obrębie zbiornika (ujęcie wody) oraz napływem wód z dużą ilością zawiesiny po opadach deszczu. Ogólnie zbiornik został sklasyfikowany w okresie wiosennym i letnim do II klasy czystości, a w okresie jesiennym do I klasy. Stan bakteriologiczny w okresie wiosennym odpowiadał II i III klasie, w okresie letnim I i II klasie, a jesienią – I klasie czystości. Przeprowadzone w 2001 r. badania fizykochemiczne wskazały, że jakość badanej wody w całym okresie odpowiadała normom dla II klasy czystości. Wskaźnik czystości sanitarnej miano coli w warstwach powierzchniowych zbiornika odpowiadał normom dla II klasy czystości.

*W drugiej części artykułu (Gaz. Obserwatora 4/2005) zostaną przedstawione zagadnienia ichtiofauny kaskady Soły i jej gospodarki wodnej, także w czasie powodzi.*

*Zostaną przedstawione również: elektrownia szczytowo-pompowa Porąbka-Żar, a także kwestie perspektyw tego typu elektrowni w sąsiedztwie kaskady, zwiększenie retencji dorzecza Soły m. in. przez budowę małych zbiorników na dopływach Soły i funkcjonowania samej kaskady w przyszłości, także wykaz wykorzystanej w artykule literatury. ■*

O autorze:

*mgr inż. Łukasz Chudy, Zakład Zastosowań Metod Matematycznych i Badania Procesów w Hydrologii, Ośrodek Główny IMGW  
e-mail: Lukasz.Chudy@imgw.pl*