

Przepływy Dunajca w Pienińskim Parku Narodowym w warunkach normalnej i powodziowej eksploatacji Zespołu Zbiorników Wodnych Czorsztyn-Niedzica i Sromowce Wyżne

Dunajec river flow in the Pieniny National Park during normal and flood operation
of Czorsztyn-Niedzica and Sromowce Wyżne reservoirs

HANNA FIEDLER-KRUKOWICZ, JERZY ŁANIEWSKI-WOŁŁK

Hydroprojekt-Warszawa sp. z o.o., ul. Dubois 9, 00-182 Warszawa

Abstract. Natural flows of the Vistula's right-hand tributary – the Dunajec river change quickly and within great range. Long and deep shortages as well as abrupt and disruptive floods were observed in the past. A large reservoir has been built in Czorsztyn just above the Pieniny Gorge to regulate the flows and to protect the valley against flooding. According to the operation rules only very low and extremely high flows will be transformed. The impact of the reservoir is illustrated by graphs and tables.

CHARAKTERYSTYKA HYDROLOGICZNA DUNAJCA

Dunajec jest typową rzeką górską. Znaczne przeciętne spadki terenu, a w górnym biegu jego składowych dopływów – bardzo duże, przy mało przepuszczalnym podłożu skalnym, a tym samym – niewielkiej zdolności retencyjnej – powodują, że wysokie w tym rejonie opady w przeważającej części odprowadzane są powierzchniowo. Dotyczy to w pierwszym rzędzie półrocza letniego. Okres zimowy w wyniku niskich i bardzo niskich temperatur, mimo opadów śniegu charakteryzuje się ograniczeniem odpływu, stwarzając pozory okresów posusznych. Reżim hydrologiczny górnej zlewni Dunajca charakteryzuje się:

- znacznymi zasobami wodnymi (najzasobniejszy w wodę z dopływów górnej Wisły) (Dynowska, Maciejewski 1991),
- nierównomiernym rozkładem zasobów w czasie i przestrzeni (bardzo niskie przepływy

w okresach posusznych i gwałtowne wezbrania w okresach deszczowych), przy zdecydowanej przewadze przepływów półrocza letniego,

- małą bezwładnością hydrologiczną, objawiającą się częstymi i znacznymi zmianami stanów wody w poszczególnych dniach a czasami nawet w godzinach,
- znacznym potencjałem powodziowym przy wyraźnej przewadze wezbrań letnich (opadowych), najczęściej w miesiącu lipcu, nad zimowymi,
- intensywnymi procesami erozyjnymi brzegów i dna rzecznego.

Bardzo niekorzystnym zjawiskiem hydrologicznym są długotrwałe niżówki. Wyjątkowo niski, lecz krótkotrwały przepływ nie jest tak szkodliwy, jak długotrwała, choć mniej głęboka niżówka, mogąca wywołać suszę glebową. Jako wielkość graniczną przepływów niżówkowych prof. J. Pun-

zet (1996) proponuje przyjmować przepływ równy 0.75 wody zwyczajnej (ZQ), tj. przepływu utrzymującego się (wraz z wyższymi) przez 182 dni w roku. O głębokiej niżówce można mówić, gdy przepływy są niższe niż wielkość średniej niskiej wody z wielolecia (SNQ).

Na górnym Dunajcu niżówki występują najczęściej w sezonie jesienno-zimowym (od września do marca), przy czym nieprzerwane niżówki, trwające 2–3 miesiące, nie należą do rzadkości. W ostatnim pięćdziesięcioleciu dwukrotnie (1951/52 i 1986/87) wystąpiły niżówki o czasie trwania rzędu 200 dni, niżówka z przełomu lat 1963/64 trwała 120 dni.

Zupełnie inny charakter mają wezbrania, które mogą występować nawet kilka razy w roku. Niektóre z nich (największe) wywołują powodzie, które od wieków notowane były w kronikach i archiwach. W zlewni Dunajca w ciągu ostatnich 200 lat w pamięci ludzkiej zapisały się powodzie z sierpnia roku 1813 (duże straty szczególnie w dolinie Popradu), w lipcu 1844, w lipcu 1867, lipcu 1903, lipcu 1934, 1960, 1970 i sierpniu 1972 (Langer 1952; Dynowska, Maciejewski 1991). Przyczyną wszystkich tych powodzi było wystąpienie tzw. deszczów rozlewnych tj. opadów o dużej intensywności, trwających przez kilka dni z rzędu i obejmujących swym zasięgiem znaczne obszary. Tworzą się wówczas fale powodziowe o dużej objętości, często także o dwóch kulminacjach. Deszcze nawalne mogą być przyczyną krótkotrwałych wezbrań o zasięgu lokalnym (choć często o bardzo wysokiej kulminacji).

Największe zanotowane dotychczas wezbranie wywołane zostało przez intensywne opady trwające nieprzerwanie od 14 do 18 lipca 1934 (łącznie na powierzchnię zlewni górnego Dunajca spadło wówczas ponad 300 mm deszczu), przy czym największe ich natężenie przypadło na dzień 16 lipca (ok. 200 mm w ciągu jednej doby). Kulminację fali w Czorszynie ($1700 \text{ m}^3/\text{s}$) obserwowano w późnych godzinach wieczornych, po ok. 6 godzinach od wystąpienia najbardziej intensywnych opadów w obszarach źródłowych (Tatry). Ponieważ wysokie opady objęły wówczas całą zlewnię Dunajca, przy ujściu do Wisły rzeka prowadziła już $4500 \text{ m}^3/\text{s}$ (przy przepływie Wisły wynoszącym jedynie $3000 \text{ m}^3/\text{s}$). Spowodowała

wówczas przerwanie wałów i zatopienie około 125 000 ha ziemi, uszkodzenie 22 000 budynków, 47 mostów, 116 km dróg.

KONCEPCJE „UJARZMIENIA” DUNAJCA

Zagospodarowanie zasobów wodnych Dunajca dla potrzeb gospodarki wodnej oraz opanowanie jego niszczących wezbrań powodziowych stało się celem wieloletnich studiów i działań inwestycyjnych. Rozpoczęto je jeszcze w okresie rozbiorowym na obszarze tzw. Galicji, a kontynuowali je po odzyskaniu niepodległości Polski tak wybitni specjaliści jak prof. Pomianowski i prof. G. Narutowicz (konsultant), prof. Z. Zmigradzki.

Po pamiętnej katastrofalnej powodzi na Wiśle w lipcu 1934 roku zapadła natychmiastowa decyzja o realizacji zbiornika Rożnów. Był to obiekt o najbardziej zaawansowanej dokumentacji. Następnym w kolejności dużym obiektem miał być zbiornik w Niedzicy. Wybuch wojny przerwał ten proces inwestycyjny, pozwalając jedynie na dokończenie zapory w Rożnowie i realizację stopnia wyrównawczego Czchów.

W okresie powojennym powrócono do realizacji idei zagospodarowania zasobów wodnych Dunajca i w roku 1950 powołano Zarząd Inwestycji dla potrzeb budowy zbiornika o pojemności 350 mln m^3 z zaporą w Niedzicy.

W wyniku zgłoszenia w resorcie energetyki koncepcji zbiornika w Zielonych Skałkach o pojemności 640 mln m^3 ze sztolnią o długości ponad 9.5 km do Tyłmanowej, omijającą Przełom Pieśniński, przerwano działania w przekroju Niedzicy i Zarząd Inwestycji został rozwiązany. Wskutek licznych zastrzeżeń do wariantu Zielone Skałki oraz protestów do PKPG zapadły postanowienia o konieczności kompleksowego rozpatrzenia wszystkich propozycji zabudowy dorzecza Dunajca, w tym również małymi zbiornikami, oraz uwzględnienia zastrzeżeń i postulatów ochrony przyrody, ochrony zabytków oraz potrzeb gospodarki narodowej. Jako efekt tych prac, badań, uzgodnień i kompromisów powstało rozwiązanie, będące obecnie w końcowej fazie realizacji (trwa napełnianie zbiornika).

Rozwiązanie to, składające się ze zbiornika głównego Czorszyn-Niedzica oraz z leżącego

bezpośrednio poniżej stopnia Sromowce Wyżne, umożliwia poważne złagodzenie gwałtownego charakteru górnego Dunajca przy zachowaniu jego niezmiennych zasobów wodnych w Przełomie Pienińskim. Dyspozycyjne ilości wody, zgromadzone w zbiorniku w warstwie wyrównawczej, pozwalają w pierwszym rzędzie wyrównać odpływ, likwidując długotrwałe niżówki jesienne i zimowe, dzięki alimentacji gwarantującej w okresie półrocza zimowego co najmniej $9 \text{ m}^3/\text{s}$, a w okresie letnim odpowiednio – $12 \text{ m}^3/\text{s}$ średnio dobowo. Jak przebiega ta alimentacja i jaki ma wpływ na kształtowanie się przepływów, pokazano w formie graficznej w dalszej części na historycznych hydrogramach przepływów, uzupełnionych do gwarantowanych wartości.

Wydzielona i utrzymywana stale rezerwa pojemności zbiornika w warstwie powodziowej umożliwia zasadnicze złagodzenie gwałtownych wezbrań, schodzących z górskiej zlewni Dunajca i będących załączkiem powodzi w jego środkowym i dolnym biegu. Również te zagadnienia zostaną dokładniej omówione w dalszej części referatu.

LOKALIZACJA I GŁÓWNE ZADANIA ZESPOŁU ZBIORNIKÓW

Zapora w Niedzicy, tworząca zbiornik główny Czorsztyn-Niedzica, usytuowana jest w przewężeniu doliny, około 300 m poniżej wzgórza zamku niedzickiego, w km 173.3 biegu Dunajca. Zbiornik wyrównawczy Sromowce Wyżne, stanowiący dolne stanowisko, ma przekrój piętrzenia o około 1 km niżej, powyżej wsi, od której wziął nazwę. Zbiornik górny leży na terenie trzech gmin: Łapsze Niżne na prawym brzegu, Czorsztyn (z siedzibą w Nowych Maniowych) na lewym brzegu, a w cofkowej części w Dębnie, na terenie gminy Nowy Targ.

Zapora czorsztyńska zamyka zlewnię o powierzchni 1147 km^2 , co stanowi 16.4% dorzecza Dunajca, obejmuje górską część zlewni, o najwyższych opadach, gdzie tworzy się ponad 23% odpływu. Średni przepływ w profilu zapory wynosi $23.8 \text{ m}^3/\text{s}$, minimalny zaobserwowany letni – $2.40 \text{ m}^3/\text{s}$, przy minimum zimowym $1.50 \text{ m}^3/\text{s}$, zaś maksymalny, w lipcu 1934 roku, szacuje się na $1700 \text{ m}^3/\text{s}$. Jako wielkość przepływu nieszkodliwego

ustalono $250 \text{ m}^3/\text{s}$, co odpowiada w przybliżeniu $Q_{\text{max}_{50\%}}$ (raz na dwa lata). Jest to jednocześnie łączny wydatek obu turbin elektrowni niedzickiej.

Powstały w wyniku spiętrzenia rzeki zbiornik, o całkowitej pojemności 231.9 mln m^3 , ma następujące zadania:

- zwiększyć dyspozycyjne zasoby wodne Dunajca w stopniu umożliwiającym sterowanie gospodarką wodną rzeki,
- zlikwidować przepływy niżówkowe, gwarantując w okresie lata odpowiednie warunki dla turystycznego spływu flisackiego,
- przyczynić się (we współpracy ze zbiornikiem w Rożnowie) do podniesienia minimalnych i niskich przepływów w Wiśle, rozcieńczając tym samym ponadnormatywnie zasolone wody górnej Wisły,
- znacząco obniżyć kulminacyjne przepływy powodziowe górnego Dunajca, a przy współpracy ze zbiornikiem w Rożnowie – również dolnego Dunajca i Wisły oraz praktycznie likwidować przeciętne wezbrania, przez zmniejszenie ich do przepływów nieszkodliwych,
- umożliwić wykorzystanie spiętrzenia i wyrównanego przepływu w elektrowni wodnej przy zaporze w Niedzicy do wytworzenia energii szczytowej oraz w elektrowni przy zaporze w Sromowcach Wyżnych dla produkcji podstawowej,
- stworzyć warunki do wypoczynku oraz rekreacji turystycznej i wodnej i w ten sposób przez napływ turystów zrekomensować straty, jakie poniosły małe gospodarstwa rolne wysiedlone z terenu zalewu,
- dzięki powstałemu zapleczu infrastrukturalnemu w formie wodociągów, kanalizacji i oczyszczalni na obrzeżach zbiornika oraz w całej zlewni, zasilającej zbiornik, stworzyć warunki do gromadzenia wód znacznie czystszych od spływających dotąd na odcinku rzeki objętej spiętrzeniem. Trzeba tu zaznaczyć, że w okresie zatwierdzania inwestycji Dunajec prowadził tu wody I klasy czystości, a pod koniec realizacji na odcinku poniżej Nowego Targu okresowo nie spełniał nawet norm dla III klasy.

Sposób realizacji tych zadań określony został

w instrukcjach gospodarki wodnej zbiornika, w którym wydzielono trzy podstawowe warstwy:

Pojemność tzw. martwa (35.8 mln m^3) położona poniżej minimalnego poziomu piętrzenia, tj. 510.00 m n.p.m. Pojemność ta nie bierze udziału w gospodarce wodnej zbiornika. Tym niemniej zgromadzona w niej woda podlega wymianie w cyklu pracy odwracalnych turbin elektrowni wodnej. Opróżnienie tej warstwy do rzędnej progów ujęć wody do sztolni może nastąpić jedynie przez spusty w przypadku remontu zapory lub przeglądu dna zbiornika.

Pojemność wyrównawcza (132.8 mln m^3), zawarta pomiędzy minimalnym poziomem piętrzenia tj. 510.00 m n.p.m. i normalnym poziomem piętrzenia tj. 529.00 m n.p.m., użytkowana jest dla potrzeb magazynowania zasobów dyspozycyjnych zbiornika i wyrównania przepływów. Zapewnia ona gwarantowane wielkości przepływów, jako wynik gospodarki wodnej, oraz umożliwia wykorzystanie hydroenergetyczne powstałego spiętrzenia. Spełniać może również okresowo rolę przypadkowej lub wymuszonej rezerwy powodziowej.

Pojemność powodziowa (63.3 mln m^3), zawarta pomiędzy normalnym poziomem piętrzenia 529.00 m n.p.m. a maksymalnym napełnieniem zbiornika 534.50, stanowi stałą rezerwę powodziową, napełnianą i opróżnianą samoczynnie przez krótkotrwałe wezbrania powodziowe. Zatrzymywana w zbiorniku kubatura wezbrania przepuszczana jest przez turbiny i przez automatycznie działający przelew stokowy.

GOSPODARKA WODNA ZBIORNIKA CZORSZTYN-NIEDZICA W WARSTWIE WYRÓWNAWCZEJ 510.0–529.0 I JEJ WPLYW NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ PRZEPŁYWÓW W PRZEŁOMIE PIENIŃSKIM

Zbiornik Czorsztyń-Niedzica, zgodnie z założeniami inwestycyjnymi prowadzi gospodarkę wodną dla celów wyrównania przepływów w Dunajcu w Przełomie i na odcinku rzeki do Nowego Sącza, a wraz ze zbiornikiem Rożnów może oddziaływać na wielkość przepływów w dolnym Dunajcu.

Generalne założenia gospodarki wodnej zbiornika można określić w następujący sposób:

Zbiornik w swojej pojemności wyrównawczej gromadzi dopływy ze zlewni i zasila koryto rzeki poniżej zespołu obu zbiorników (Czorsztyń i Sromowce) tak, aby w okresie zimowym od 1 października do 31 marca zapewnić przepływ $9 \text{ m}^3/\text{s}$, a w pozostałym okresie co najmniej średnio dobowo $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Bilans gospodarki wodnej prowadzony jest na bieżąco w cyklu dobowym (Hydroprojekt 1996b).

Wymagana na alimentację rzeki dobową kubatura wody musi zostać spracowana przez turbiny elektrowni wodnej w Niedzicy do zbiornika Sromowce, a następnie w sposób ciągły przepuszczana jest przez przekrój piętrzenia stopnia Sromowce Wyżne przez turbiny przepływowej elektrowni wodnej (4 turbozespoły) lub przez urządzenia upustowe jazu Sromowce. Turbiny tej elektrowni i urządzenia upustowe jazu (segmenty) dają gwarancję odprowadzania do przełomu rzeki takich ilości wody, jakie wynikają z założeń gospodarki wodnej zespołu zbiorników.

Dla pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną elektrownia w Niedzicy może spracować ze zbiornika głównego większą kubaturę niż to wynika z założeń gospodarki wodnej, jednak wykorzystując możliwości turbin odwracalnych **musi przepompować z powrotem** ze zbiornika Sromowce do zbiornika głównego taką kubaturę wody, jaka wynika z bilansu wody spracowanej ponadplanowo w stosunku do potrzeb alimentacji rzeki.

W okresach, gdy pojemność wyrównawcza zbiornika głównego nie jest wypełniona, tzn. gdy poziom piętrzenia nie osiąga rzędnej 529.0, ze zbiornika może być spracowywana **bezwrotnie** tylko objętość wody zapewniająca alimentację koryta rzeki przewidzianą w założeniach.

Przy całkowicie wypełnionej pojemności wyrównawczej, ze zbiornika głównego powinna być spracowywana taka pojemność, jaka dopływa w ciągu doby, a rzeka alimentowana jest średnio dobowym odpływem równym dopływowi.

Studia, założenia i efekty gospodarki wodnej zbiornika opracowano na podstawie danych z historycznego ciągu obserwacji przepływów z lat 1923–1989. Obliczenia symulacyjne gospodarki wodnej prowadzono programem matematycznym, uwzględniającym naturalne dopływy do

Tabela I. Czasy trwania przepływów średnich dekadowych w profilu Sromowce w sezonie letnim (IV–X) wg obserwacji z lat 1923–1989.

Duration of mean decade outflows in the Sromowce profile over summer season (IV–X) based on observations from the period 1923–1989.

Number of decades Ilość dekad	Percentage Procent	Natural outflows Przeływy naturalne	Regulated outflows Przeływy wyrównane
1	0.07	300.6	300.6
14	1	135.9	135.9
28	2	102.9	102.9
70	5	76.0	74.1
141	10	58.6	58.3
211	15	49.5	49.3
281	20	44.3	44.0
352	25	40.5	40.2
422	30	37.3	37.2
492	35	34.2	34.1
565	40	31.9	31.9
638	45	29.4	29.4
707	50	27.3	27.3
776	55	25.7	25.5
844	60	23.6	23.6
915	65	21.9	21.7
985	70	19.90	19.66
1055	75	17.90	17.74
1129	80	16.00	15.93
1196	85	14.40	14.13
1260	90	12.30	12.00
1337	95	9.80	12.00
1353	96	9.50	12.00
1369	97	8.80	12.00
1381	98	8.20	12.00
1393	99	7.30	12.00
1407	100	3.30	12.00

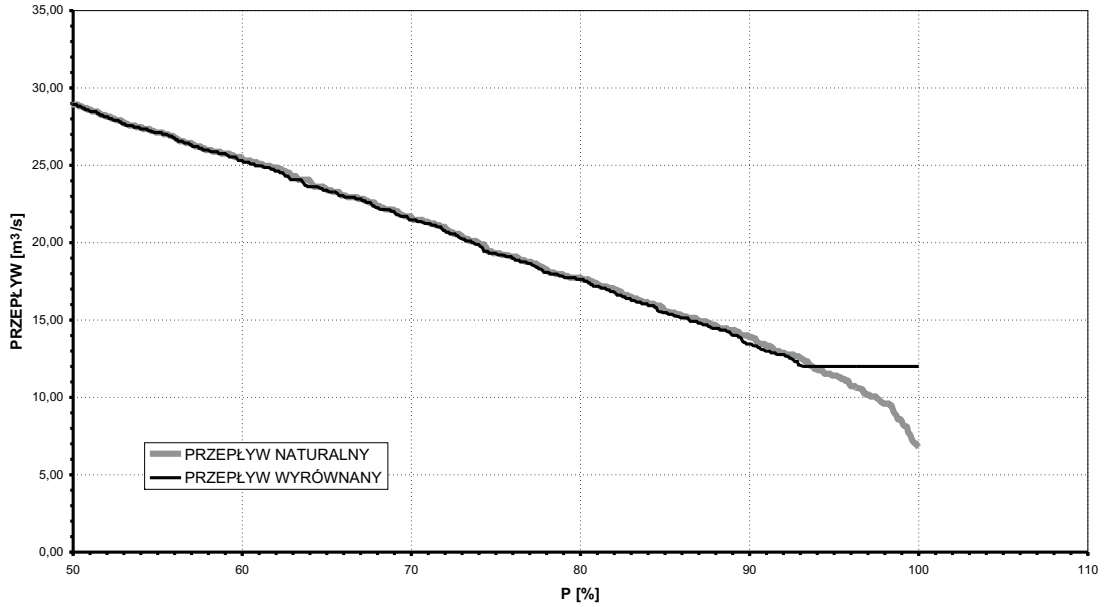
Tabela II. Czasy trwania przepływów średnich dekadowych w profilu Sromowce w sezonie zimowym (XI–III) wg obserwacji z lat 1923–1989.

Duration of mean decade outflows in the Sromowce profile over winter season (XI–III) based on observations from the period 1923–1989.

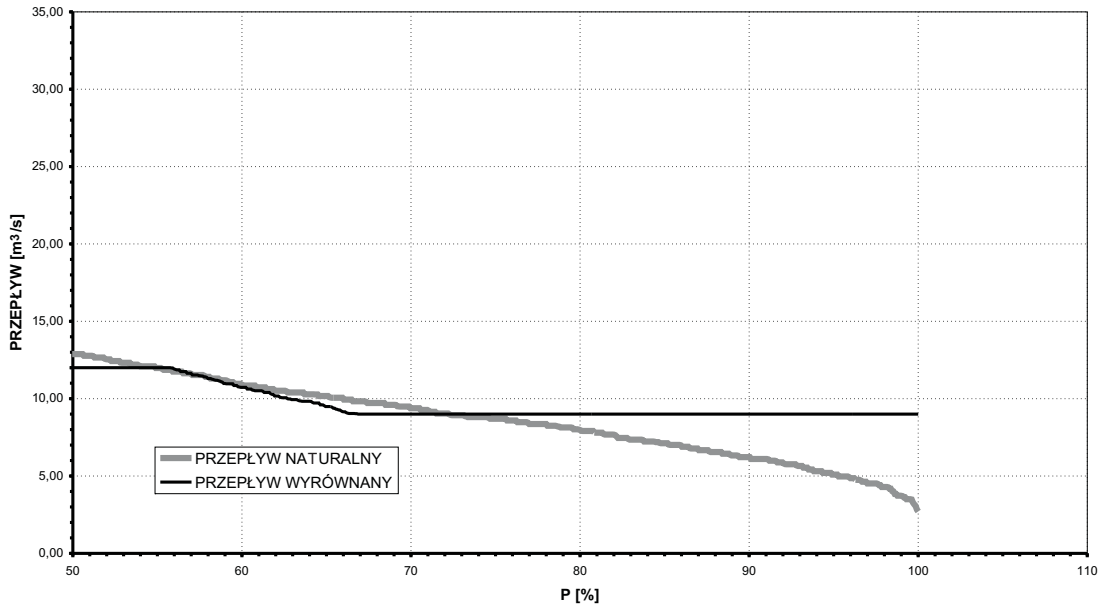
Number of decades Ilość dekad	Percentage Procent	Natural outflows Przeływy naturalne	Regulated outflows Przeływy wyrównane
1	0.10	85.3	85.3
10	1	67.1	67.1
20	2	60.1	60.1
50	5	42.0	41.7
101	10	32.2	30.6
151	15	27.2	26.0
202	20	22.8	21.8
251	25	20.7	19.3
305	30	18.53	17.40
352	35	16.27	15.26
406	40	14.80	13.45
453	45	13.45	12.20
503	50	12.43	10.98
553	55	11.53	9.94
603	60	10.40	9.00
656	65	9.83	9.00
704	70	8.93	9.00
754	75	8.36	9.00
806	80	7.46	9.00
854	85	6.55	9.00
908	90	5.88	9.00
956	95	4.97	9.00
968	96	4.63	9.00
977	97	4.52	9.00
986	98	4.18	9.00
996	99	3.62	9.00
1005	100	2.71	9.00

zbiornika głównego, a następnie transformację i ustalenie odpływów do dolnego stanowiska stopnia Sromowce Wyżne (Hydroprojekt 1996a). Zgeneralizowane efekty działania zbiornika obrazują wyniki obliczeń czasów trwania przepływów naturalnych i przetransponowanych przez gospodarkę wodną dla półrocza zimowego (XI–III)

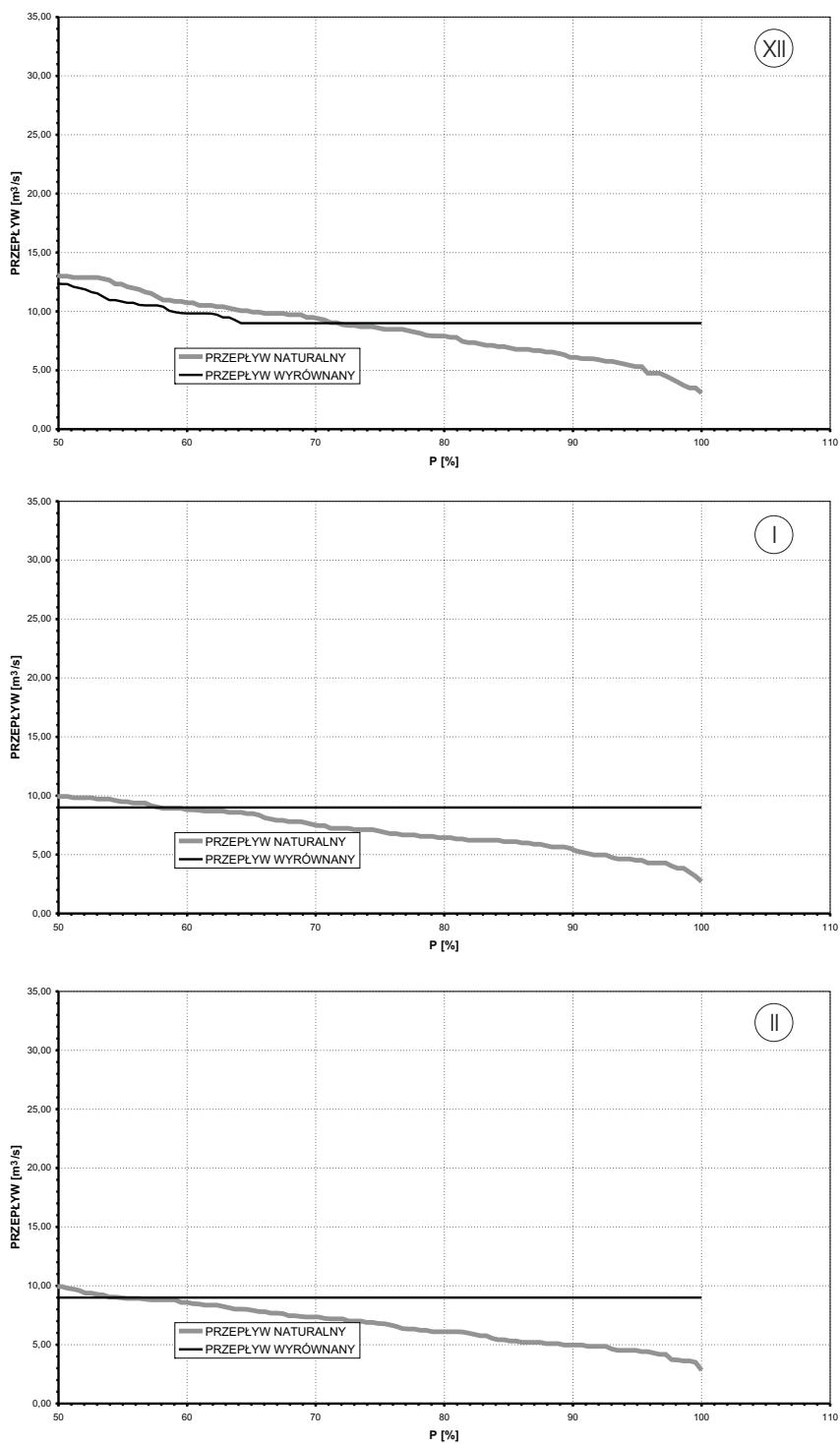
i letniego (IV–X). Prezentujemy je w postaci tabel (Tab. I i II) i wykresów. Załączone krzywe czasów trwania przepływów (wraz z wyższymi) obejmują odcinki wykresów od 50 do 100% ich trwania, tj. dolną gałąź, gdy występuje alimentacja. Dla przyjętego 67 letniego okresu obserwacji wartości 100% na krzywych półrocza letniego (Ryc. 1)



Ryc. 1. Czasy trwania przepływów naturalnych i wyrównanych w profilu Sromowce w sezonie letnim.
Duration of natural and regulated outflows in Sromowce in the summer time.

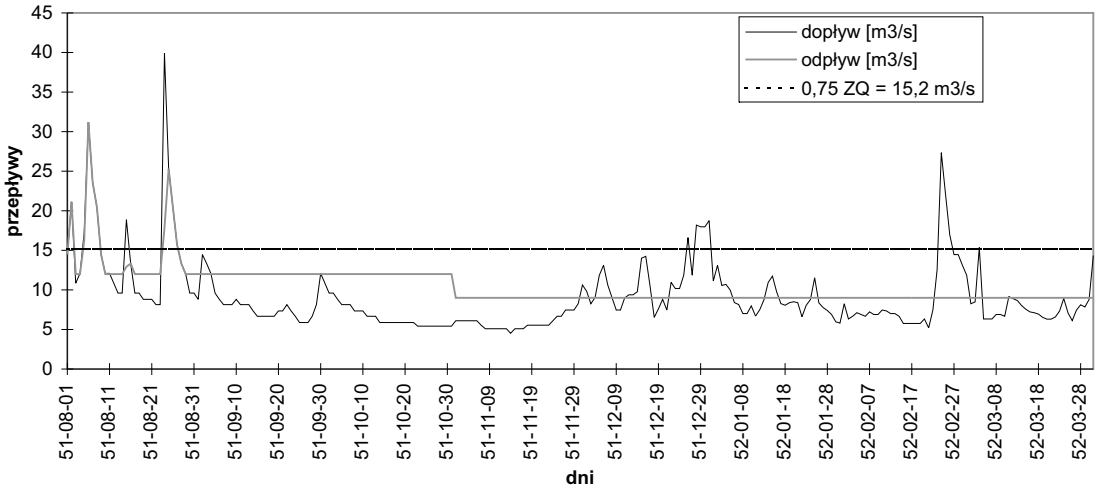


Ryc. 2. Czasy trwania przepływów naturalnych i wyrównanych w profilu Sromowce w sezonie zimowym.
Duration of natural and regulated outflows in Sromowce in the winter time.



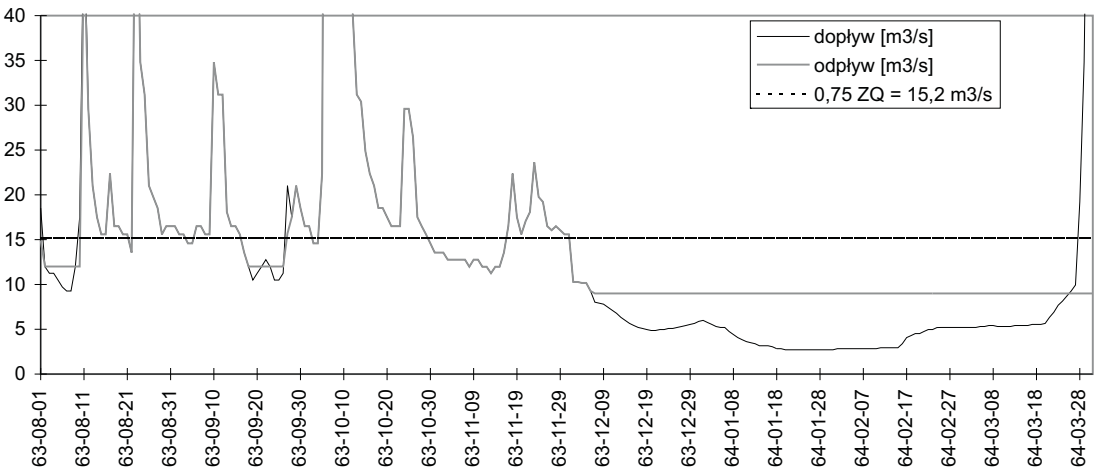
Ryc. 3. Czasy trwania przepływów naturalnych i wyrównanych w profilu Sromowce w miesiącach XII, I, II.
Duration of natural and regulated outflows in Sromowce in the months of December, January, February.

Niżówka 1951/1952



Ryc. 4. Hydrogram niżówki 1951/1952.
Hydrograph of low flows period 1951/1952.

Niżówka 1963/1964



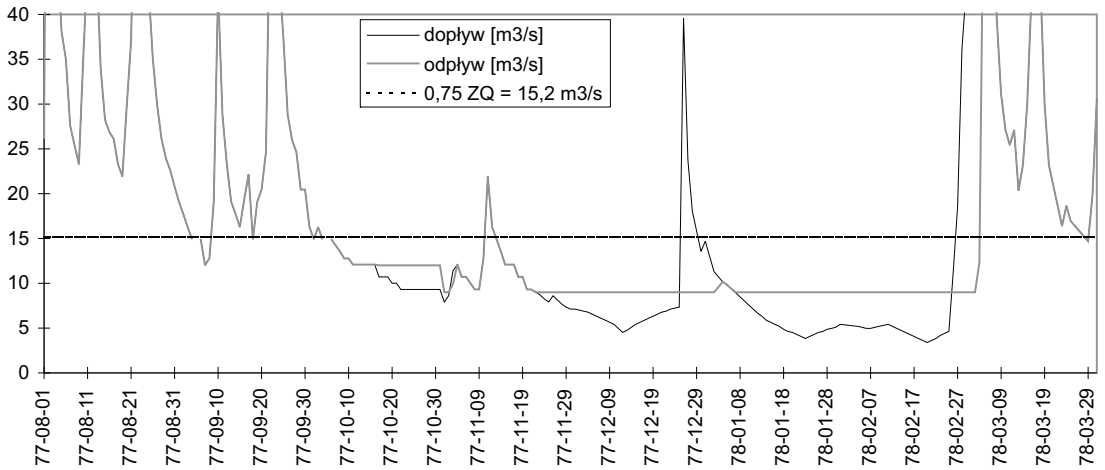
Ryc. 5. Hydrogram niżówki 1963/1964.
Hydrograph of low flows period 1963/1964.

odpowiada 1407 dekad, a zimowego (Ryc. 2) – odpowiednio 1005 dekad. Krzywe sporządzone dla poszczególnych zimowych miesięcy – wszystkich XII, I, II (Ryc. 3–5) obrazują w sposób jed-

noznaczny jak dalece zbiornik czorszyński stabilizuje przepływ w przełomie.

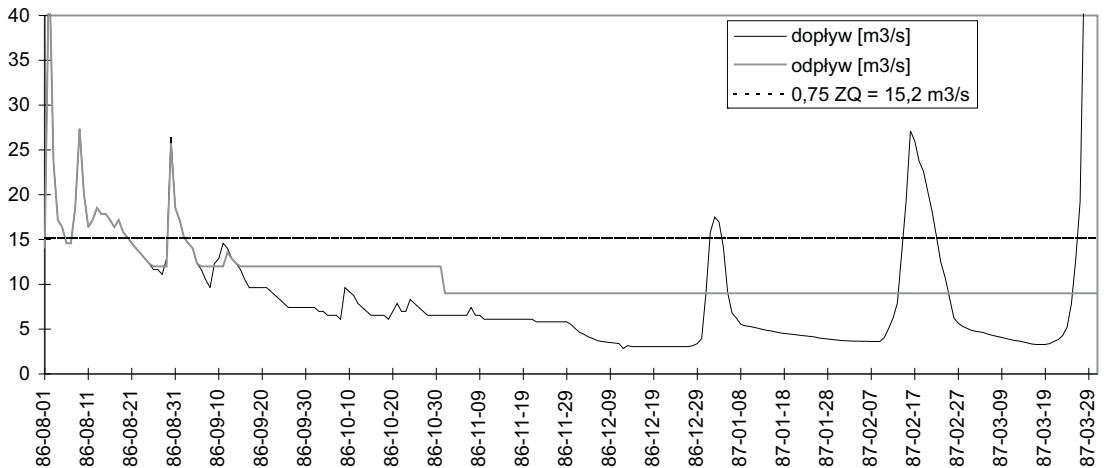
Dane przyjęte jako podstawa symulacji odpowiadają średnim dekadowym i nie zawsze wyraź-

Niżówka 1977/1978



Ryc. 6. Hydrogram niżówki 1977/1978.
Hydrograph of low flows period 1977/1978.

Niżówka 1986/1987



Ryc. 7. Hydrogram niżówki 1986/1987.
Hydrograph of low flows period 1986/1987.

nie obrazują efekty działania zbiornika. Z tego względu dołączono również, jako obraz działania alimentacji, hydrogramy historycznych okresów niżówkowych, uzupełnianych do gwarantowa-

nych wartości przepływów dla tego okresu wystąpienia niżówki.

Wykresy załączonych niżówek historycznych z przełomu lat 1951/1952, 1963/1964, 1977/1978

oraz 1986/1987 (Ryc. 6–9) z wrysowanymi poziomami przepływów gwarantowanych wykazują, że potrzeba alimentacji występuje nie tylko w okresie zimowym, lecz również w końcu lata i wczesną jesienią. Pozwala ona wtedy na utrzymanie turystycznego spływu Dunajcem przez Przełom.

W myśl uzgodnień przeprowadzonych ze Stowarzyszeniem Flisaków w okresach, gdy obliczony zgodnie z przyjętymi zasadami gospodarki wodnej odpływ dobowy jest niższy niż średni przepływ z wielolecia, wprowadzono zróżnicowanie wielkości przepływu w ciągu doby, zwiększając jego wartość w godzinach trwania spływu, a zmniejszając odpowiednio w godzinach nocnych. Zróżnicowanie to regulowane jest przez stopień Sromowce (przez elektrownię lub przez jaz, gdy elektrownia nie pracuje) i nie ma żadnego wpływu na gospodarkę wodną zbiornika głównego. Przyjęty rozkład zróżnicowania przepływu poniżej stopnia Sromowce w ciągu doby podaje tabela III.

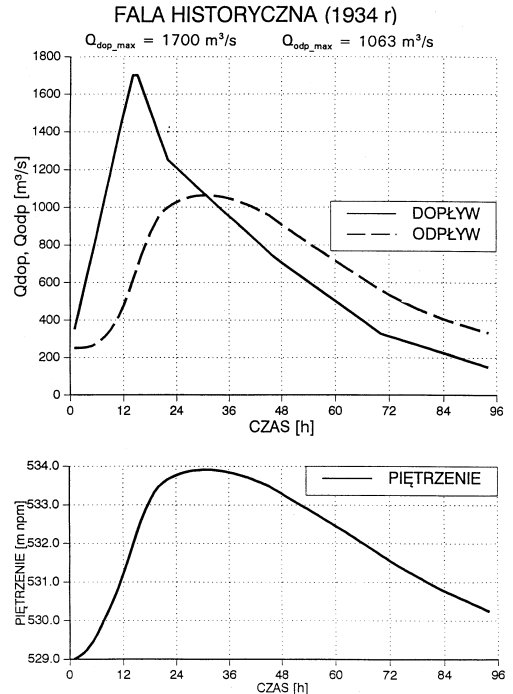
Tabela III. Przepływy dobowe poniżej Zespołu Zbiorników
The day flows from Sromowce reservoir.

Odpływ dysponowany poniżej Zespołu Zbiorników (m ³ /s) The outflow released from Sromowce reservoir		
średni dobowy day average	w czasie trwania spływu during rafting (10 h)	w pozostałej części doby after rafting (14 h)
12.0	16.2	9.0
13.0	18.6	9.0
14.0	19.6	10.0
15.0	20.0	11.4
16.0	20.0	13.15
17.0	20.0	14.85
18.0	20.0	16.6
19.0	22.0	16.85
20.0	24.0	17.14
21.0	26.0	17.42
22.0	28.0	17.71
23.0	30.0	18.0

GOSPODARKA WODNA ZBIORNIKA CZORSZTYN-NIEDZICA W WARSTWIE REZERWY POWODZIOWEJ POWYŻEJ RZĘDNEJ 529.0 I EFEKTY REDUKCJI FAL POWODZIOWYCH

Warstwa rezerwy powodziowej zbiornika Czorsztyń-Niedzica zawarta jest pomiędzy rzędnymi 529.0 a 534.5. Stanowi to kubaturę 63.3 mln m³, przeznaczoną do redukcji wezbrań powodziowych górskiej (tatrzańskiej) części zlewni Dunajca. Następuje to dzięki wykorzystaniu zjawiska retencji jeziorowej przy zachowaniu samoczynnego odpływu.

Zgodnie z założeniami konstrukcyjnymi i instrukcją eksploatacji napełnianie warstwy rezerwy powodziowej nie może być sterowane, a zamknięcia klapowe jazu wlotowego do przelewu stokowego **muszą być zawsze otwarte**. Rzędna progę jazu i otwartych klap odpowiada minimalnej rzędnej warstwy powodziowej, tj, 529.0. Zagrożenie lub alarm powodziowy sygnalizowany



Ryc. 8. Redukcja fali historycznej 1934.
Reduction of historical flood from 1934.

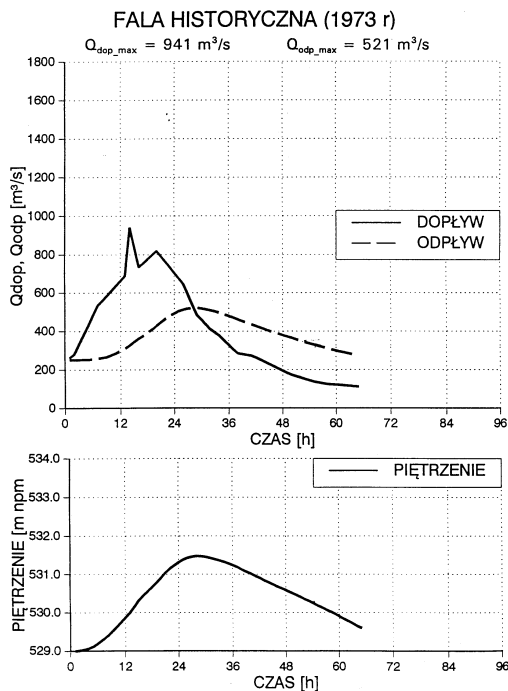
Tabela IV. Możliwości redukcji fal powodziowych.
Possibilities of flood reduction.

Fala Flood wave			Możliwości redukcji rzeczywiste (przy redukcji samoczynnej) teoretyczne (przy gospodarce idealnej) Possibilities of reduction real theoretical					Wskaźniki efektywności Efficiency index (%)		
Rok Year	P	Powta- rzalność Return period	Max dopływ Max inflow	Max odpływ Max outflow	Redukcja odpływu Outflow reduction	Max napętnienie Max filling	Max piętrzenie Max water level	redukcji odpływu of outflow reduction	wykorzystania of use of	
	(%)	(lata)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(mln m ³)	(m n.p.m.)		możliwości redukcyjnych reduction possibilities	warstwy powo- dziowej flood reserve
1934	0.2	666	1700	<u>1063</u> 718	<u>637</u> 982	<u>54.60</u> 63.30	<u>533.91</u> 534.50	<u>44</u> 68	67	71
1960	23	4	500	<u>340</u> 250	<u>160</u> 250	<u>13.47</u> 23.78	<u>530.29</u> 531.14	<u>64</u> 100	64	57
1973	4.5	22	941	<u>521</u> 250	<u>420</u> 691	<u>27.07</u> 43.08	<u>531.48</u> 532.88	<u>61</u> 100	61	63
Hip.	1	100	1330	<u>844</u> 502	<u>486</u> 828	<u>43.68</u> 63.30	<u>533.02</u> 534.50	<u>45</u> 77	59	69
Hip.	2	50	1150	<u>776</u> 340	<u>374</u> 810	<u>40.54</u> 63.30	<u>532.73</u> 534.50	<u>42</u> 90	46	64
Hip.	3	33	1040	<u>443</u> 250	<u>597</u> 790	<u>22.15</u> 28.61	<u>531.01</u> 531.57	<u>76</u> 100	76	77
Hip.	10	10	724	<u>491</u> 250	<u>233</u> 474	<u>25.23</u> 54.48	<u>531.30</u> 533.86	<u>49</u> 100	49	46

jest przez służby Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) do kierownictwa zespołu zbiorników. Gdy prognozowany dopływ do zbiornika Czorsztyn-Niedzica przekroczy wielkość 250 m³/s (czyli odpływ nieszkodliwy), a piętrzenie na zbiorniku osiągnie NPP (529.00 m n.p.m.), rozpoczyna się postępowanie przeciwpowodziowe, które trwać będzie do chwili, gdy dopływ zmniejszy się poniżej 250 m³/s, a rezerwa powodziowa zostanie opróżniona do 529.00 m n.p.m.

W redukcji wezbrania i odprowadzaniu w dół rzeki zredukowanego przepływu bierze udział elektrownia wodna w Niedzicy, której przetyk dwóch turbin odpowiada przepływowi nieszkod-

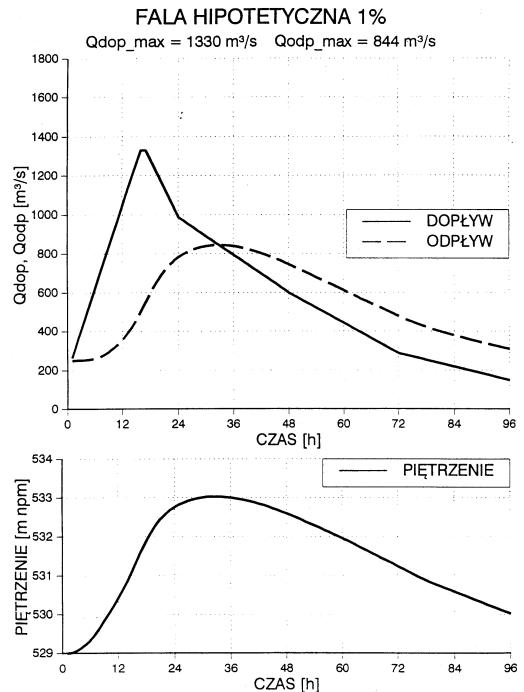
liwemu $Q_i = 250 \text{ m}^3/\text{s}$, oraz przelew stokowy, działający samoczynnie. Wydatek przelewu jest funkcją wypełnienia się warstwy powodziowej. W przypadkach krytycznych, grożących awarią w przekroju zapory, mogą być włączone do współpracy spusty denne, usytuowane w bloku elektrowni. Z chwilą, gdy przez przekrój piętrzenia w Niedzicy przepuszczany jest w sposób ciągły przepływ, wynikający z redukcji wezbrania powodziowego, zamknięcia jazu stopnia Sromowce Wyżne są otwarte, elektrownia pracuje w sposób ciągły pełnym przetykiem, a przez przekrój piętrzenia przepływa tyle wody, ile dopływa do zbiornika Sromowce.



Ryc. 9. Redukcja fali historycznej 1973.
Reduction of historical flood from 1973.

Krótki czas tworzenia się fali, aby umożliwić wiarygodną prognozę dopływu do zbiornika, wymaga ciągłych obserwacji opadów i przepływów w górnej części zlewni. Przeciętna prędkość przesuwania się kulminacji wynosi od 6 do 12 km/h. Ostonę hydrometeorologiczną zbiornika tworzy sieć posterunków sygnalizujących IMGW – 8 wodowskazów i 10 posterunków meteorologicznych, na których obserwacje prowadzone są standardowo raz na dobę, a w okresie zagrożenia powodziowego – co 3 godziny. Pięć posterunków meteorologicznych i 3 wodowskazy są włączone do systemu telemetrycznego VISTEL, umożliwiającego ciągłe pomiary i dostępność aktualnych wyników w ciągu 10 minut.

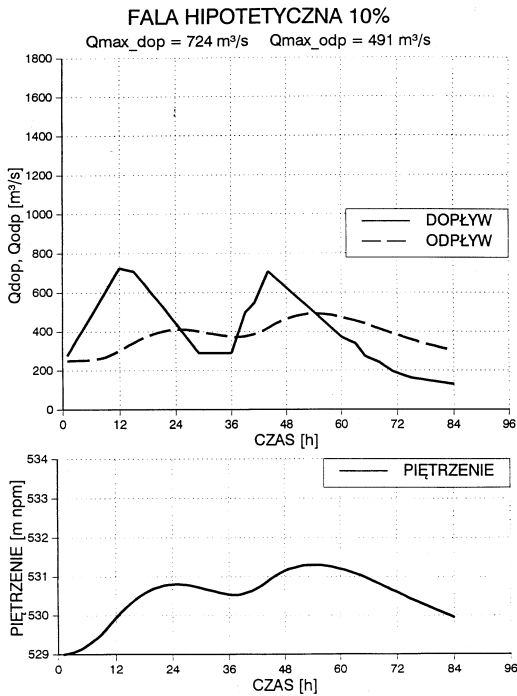
Dzięki utrzymywaniu stałej rezerwy powodziowej zbiornik czorsztyński stwarza możliwość znacznej redukcji fal powodziowych, co potwierdziły obliczenia symulacyjne (Hydroprojekt 1995) wykonane dla 10 zanotowanych fal historycznych i 5 hipotetycznych (od fali 10-letniej do 1000-letniej).



Ryc. 10. Redukcja fali hipotetycznej 1%.
Reduction of theoretical flood 1%.

Maksymalne obniżenie kulminacji fali powodziowej można by uzyskać przy tzw. gospodarce idealnej, przy założeniu posiadania pełnej, dokładnej prognozy wezbrania w momencie podjęcia gospodarki powodziowej na zbiorniku i możliwości pełnego sterowania wielkością odpływu w każdym momencie. Ponieważ uzyskanie wiarygodnej prognozy z wymaganym wyprzedzeniem jest obecnie niemożliwe, wyklucza się możliwość sterowania odpływem ze zbiornika przy przepływach przekraczających łączny przepływ turbin (ok. $250 \text{ m}^3/\text{s}$).

Dla potrzeb operacyjnych przyjęto model redukcji samoczynnej, w którym wielkość dysponowanego odpływu zależy od aktualnego poziomu napełnienia warstwy powodziowej. Zakłada się ciągłą pracę turbin pełnym przełykiem i pełne otwarcie przelewów (kłapy położone). Jeśli rzędna piętrzenia osiągnie wielkość 533.50 m n.p.m. (4.50 m ponad NPP) i jednocześnie prognozowany przez IMGW dopływ przekroczy wielkość



Ryc. 11. Redukcja fali hipotetycznej 10%.
 Reduction of theoretical flood 10%.

1300 m^3/s (łączy wydatek przelewu i turbin przy tej rzędnej) – otwierane będą upusty denne, które pracować będą do momentu, gdy poziom wody w zbiorniku opadnie ponownie do rzędnej 533.50 m n.p.m., a dopływ będzie mniejszy od 960 m^3/s . Sumaryczny wydatek urządzeń upustowych przy maksymalnym poziomie wypełnienia warstwy powodziowej wynosi 1539 m^3/s .

Obliczone efekty redukcji wybranych fal powodziowych w zbiorniku czorsztyńskim zestawiono w tabeli IV. Efekty te przedstawiono również graficznie na wykresach (Ryc. 10–11).

Analiza wyników symulacji wykazuje, że dzięki zbiornikowi czorsztyńskiemu można uzyskać znaczne obniżenie kulminacji fal powodziowych, a duża pojemność powodziowa i przyjęte zasady redukcji fal gwarantują pełne bezpieczeństwo – dla żadnej z rozpatrywanych fal rezerwa nie została całkowicie wypełniona. Proponowane zasady gospodarowania wodą prowadzą do obniżenia kulminacji fal powodziowych i wydłużenia czasu trwania wezbrań, nie mają jednak wpływu

na naturalną częstotliwość ich występowania; przy przepływach średnich i wysokich z reguły zachowany będzie naturalny reżim odpływów aż do 250 m^3/s (wielkość przepływu nieszkodliwego), średnio co 4 lata należy się nawet spodziewać pewnych strat powodziowych (przepływ 340 m^3/s wobec 500 m^3/s w warunkach naturalnych). Czas trwania postępowania przeciwpowodziowego będzie z reguły krótki – od kilku godzin do kilku dni.

Zestawiona tabela możliwości redukcji wezbrań przy założeniu obecnie realnych warunków realizacji prognozy oraz wykresy redukcji charakterystycznych fal wezbraniowych wykazują, że realnymi okresowo do spełnienia są postulaty Dyrekcji PPN o celowości „płukania” koryta Dunajca z osadów materiału aluwialnego, powodującego zarastanie dna doliny przełomu. Zredukowany odpływ $Q = 250 \text{ m}^3/\text{s}$ jest równy wodzie dwuletniej, uznanej za nieszkodliwą. Wydłużenie czasu trwania takiego przepływu w stosunku do krótkotrwałej większej kulminacji w warunkach naturalnych będzie skuteczniej płukać koryto, gdyż rumowisko zostanie przemieszczone na dalszą odległość. Można wnioskować, iż w wyniku zatrzymania rumowiska w górnej części zlewni Dunajca oraz wobec zabudowy przeciwoerozyjnej Niedziczanki (korekcja progowa) ilość materiału odkładającego się w przełomie bardzo poważnie zmaleje. Wydaje się pożądanym, aby na dopływach Dunajca na odcinku granicznym po stronie słowackiej również ograniczono zjawisko erozji.

LITERATURA

- Dynowska I., Maciejewski M. 1991. Dorzecze Górnej Wisły. — PWN, Warszawa-Kraków
- Hydroprojekt-Warszawa 1995. Instrukcja gospodarki przeciwpowodziowej Zespołu Zbiorników Czorsztyń-Niedzica i Sromowce Wyżne.
- Hydroprojekt-Warszawa 1996a. Obliczenia symulacyjne gospodarki wodno-energetycznej ZZW Czorsztyń-Niedzica i Sromowce Wyżne.
- Hydroprojekt-Warszawa 1996b. Instrukcja gospodarki wodnej w warunkach normalnej eksploatacji dla ZZW Czorsztyń-Niedzica i Sromowce Wyżne.
- Langer M. 1952. Bilanse powodzi z lat 1925, 1926, 1931 i 1934 w górnym dorzeczu Wisły. — Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej t. IV, z. 1, PIHM, Warszawa.

Punzet J. 1996. Niskie przepływy i czas ich trwania w górnych biegach rzek zachodniej części Karpat. — *Gospodarka Wodna* nr 11, Wydawnictwo Sigma NOT, Warszawa.

SUMMARY

The Dunajec river is the Vistula's right-hand tributary, flowing down from the Tatra mountains. Its natural flows change quickly and within great range. Long and deep shortages as well as abrupt and disruptive floods were observed in the past. After the greatest flood in 1934 the Rożnów reservoir was built. A large dam and a reservoir have been built recently in Czorsztyń just above the Pieniny Gorge to regulate the flows and to protect the valley against flooding. A hydro power plant with two reversible turbines was also constructed. According to the

operation rules only very low and extremely high flows will be transformed. The minimum required flow during winter time is 9 cum/s and during summer time – 12 cum/s to enable tourist rafting in the Gorge. The outflow will be regulated by the second, small compensation reservoir in Sromowce. It is also possible to release increased flow during the day to raise the water level in the Gorge for safer rafting. The high flows above 250 cum/s will be reduced automatically in constant flood reserve of the main reservoir. Even if the greatest observed flood wave occurs it would be considerably reduced and there should still be some free volume in the reserve. The impact of the reservoir on low flows is illustrated by graphs (duration curves and hydrographs) and Tables.