

## ZASTOSOWANIE BYSTRZY W CELU ZMNIEJSZENIA SPADKU RZEK NIZINNYCH

*Marek Jarosław Łoś*

Biuro Projektów Wodnych Melioracji w Lublinie  
Dyrektor: inż. J. Gierczak

### WSTĘP

Przy regulacji rzek zagrożonych erozją występuje często potrzeba zmniejszenia spadku podłużnego koryt celem ograniczenia prędkości wody do wielkości uznanych za bezpieczne. Temu celowi służyć mogą stopnie lub bystrza\*, zapewniające koncentrację spadku wody na krótkim, silnie umocnionym odcinku koryta. Istota bystrza polega na tym, że dwa różne poziomy dna cieku połączone są odcinkiem o znacznym nachyleniu (pochylnią), po którym woda spływa z prędkościami przekraczającymi prędkość krytyczną.

W niniejszej pracy dokonano próby podsumowania wyników stosowania bystrzy przy regulacji małych rzek nizinnych. Ze względu na odrębną specyfikę pominięto bystrza na rzekach i potokach górskich.

### CHARAKTERYSTYKA BYSTRZA

Bystrza różnią się między sobą zarówno co do konstrukcji jak i sposobu rozpraszania nadmiernej energii wody. Ogólnie bystrza można podzielić, zależnie od przekroju poprzecznego, na prostokątne, trapezowe i o kształcie złożonym. Pod względem hydraulicznym rozróżniamy bystrza gładkie, o zwiększonej szorstkości oraz wyposażone w szykany.

Bystrza gładkie nie mają urządzeń hamujących przepływ wody. Są one wykonywane bądź z betonu na mokro, bądź z elementów prefabrykowanych. Zasady obliczeń tego rodzaju budowli podał Żbikowski [18].

Bystrza o zwiększonej szorstkości mają pochylnie wyposażone w niskie poprzeczne lub ukośne występy, progi, żebra i tym podobne urządzenia hamujące prędkość wody. Hydrauliczne podstawy obliczania tego ro-

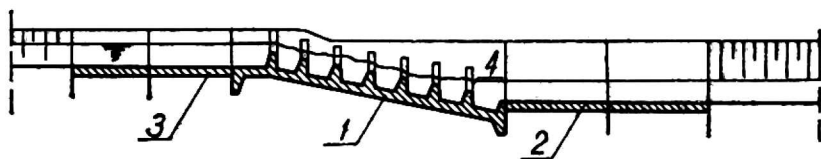
\* Obok określenia „bystrze” używane jest również określenie „bystrtok”.

dzaju bystrzy ustalono są w oparciu o badania modelowe: tak na przykład wyniki badań Zamarina [15] znalazły w ZSRR szerokie zastosowanie przy projektowaniu budowli melioracyjnych [13] i drogowych [9]. Przykłady konstrukcji tego rodzaju podają także Kezdi i Marko [2]. Odmiennie rozwiązanie bystrza o zwiększonej szorstkości zastosował Ziemiński [16, 17], przy ubezpieczeniu linii spływu na zboczu zwału kopalni siarki w Piasecznie.

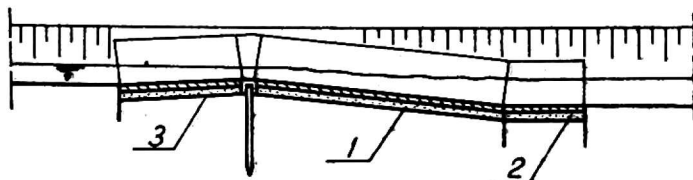
Bystrza wyposażone w szykany zapewniają skuteczne rozproszenie nadmiaru energii wody na pochylni. Różnią się one od budowli wymienionych poprzednio większym nachyleniem (rzędu 30-50‰ wobec 5-20‰) oraz wyższymi urządzeniami utrudniającymi przepływ wody, posiadają natomiast podobne kształty i funkcję. Do tego rodzaju należy zaliczyć amerykańskie bystrza typu Peterki wyposażone w szykany w formie graniastosłupów [12]. Znalazły one zastosowanie również w Polsce: na potoku Lubenia koło Rzeszowa [3] oraz na górnym Wieprzu w Krasnobrodzie [5]. Schematyczne przekroje podłużne dwu bystrzy różniących się szorstkością pochylni przedstawiono na rysunku 1.

W porównaniu do stopni, bystrza w Polsce stosowane są rzadko. Również krajowa literatura na ten temat jest raczej uboga.

### *Bystrze Rzeczyca*



### *Bystrze Gorzków*



Rys. 1. Schematy: bystrza o zwiększonej szorstkości w Rzeczyca i bystrza gładkiego z płyt IOMB w Gorzkowie

1 — pochylnia, 2 — poszur, 3 — ponur, 4 — żebra

### BADANE OBIEKTY

Badania terenowe przeprowadzone zostały w latach 1970-1976 w ramach pracy studialnej dotyczącej stopni i bystrzy. Wyniki badań dotyczące stopni już opublikowano w oddzielnym opracowaniu [6], natomiast w niniejszej pracy omówiono pracę bystrzy. Obserwacje i pomiary wy-

konano na rzekach województw lubelskiego i zamojskiego. Dla rozszerzenia materiału przeprowadzono w 1976 r. przegląd bystrzy wykonanych w województwach elbląskim i olsztyńskim. Ogółem zarejestrowano 13 bystrzy na ciekach stale prowadzących wodę, z czego dwa (w Kransobrodzie na Wieprzu i w Naryjskim Młynie na Miłakówce) wyposażone są w urządzenia piętrzące. Do badań wytypowano 11 budowli bez zamknięć (tab. 1). Zostały one wykonane na małych rzekach o powierzchni zlewni w granicach od 16 do 155 km<sup>2</sup> i szerokości regulacyjnej koryta w granicach od 1,2 do 4,0 m. Można stwierdzić wyraźne różnice pomiędzy bystrzami z terenu województw lubelskiego i zamojskiego (przekrój trapezowy, wysokość spadu 0,80-1,20 m), a bystrzami z terenu województw elbląskiego i olsztyńskiego (przekrój prostokątny, wysokość spadu 1,20-5,20 m). Budowle drugiej grupy mają znacznie dłuższe umocnienie poszuru i wyposażone są w niecki wypadowe.

Poniżej podano krótką charakterystykę erozyjną zlewni rzek, na których wykonano bystrza. Nasilenie erozji w zlewni posiada poważny wpływ na równowagę koryt rzecznych i warunki pracy budowli korekcyjnych:

— Rzeczyca jest lewym dopływem Sołokiji. Zlewnia rzeki znajduje się na obszarze Grzędy Sokalskiej (Wyżyna Zachodniowołyńska) pokrytej glebami wytworzonymi z lessów. Nasilenie erozji powierzchniowej można ocenić jako słabe.

— Żółkiewka jest lewym dopływem Wieprza. Przepływa ona przez Wyniosłość Giełczewską (Wyżyna Lubelska) pokrytą glebami wytworzonymi z lessów. Obrączka, który badał tę zlewnię [10, 11] ocenia, że ok. 14% jej powierzchni zagrożone jest erozją silną lub okresowo silną, a dalsze 30% erozją średnią i słabą.

— Jankówka jest prawym dopływem Wrzelowianki płynącej w rozszerzeniu pradoliny środkowej Wisły (Kotlina Chodelki). Zarówno charakter gleb: bielice wytworzone z piasków gliniastych oraz mady średnie, jak i płaskie ukształtowanie terenu, powodują że nasilenie erozji powierzchniowej w zlewni jest znikome.

— Marwicka Młynówka i Brzeźnica są to dwa sąsiednie cieki spływające z północnej krawędzi wysoczyzny Pojezierza Iławskiego do Jeziora Drużno. Zlewnie obu cieków pokrywają gleby wytworzone z glin zwałowych a więc stosunkowo odporne na erozję powierzchniową. Natomiast krawędziowe usytuowanie zlewni wskazuje na potencjalne zagrożenie przez erozję liniową.

— Miłakówka jest lewym dopływem Pasłęki (Pojezierze Iławskie). Gleby zlewni wytworzone zostały z glin zwałowych i piasków pochodzenia wodnolodowcowego. Duża ilość jezior oraz znaczne zalesienie zlewni silnie ograniczają nasilenie procesów erozyjnych.

Tabela 1

## Zestawienie badanych bystrzy

Miejscowość	Rzeka	Powierzchnia zlewni km <sup>2</sup>	Spadek na bystrzu %	Światło bystrza m	Spad bystrza m	Maksymalne		Uwagi
						+ zamulenia powyżej	- rozmycia	
						cm	cm	
Rzeczyca	Rzeczyca	35	12	1,2	1,2	-15	-40	T, zs
Gorzków	Żółkiewka	155	11	2,0	0,8	-100	-45	T, IOMB
Chorupnik	Żółkiewka	133	15	2,0	0,8	-30	-30	T, zs
Olchowiec	Żółkiewka	74	15	2,0	0,8	-70	-40	T, zs
Rożki	Żółkiewka	29	20	1,2	0,6	+10	-10	T, g
Niedźwiada	Jankówka	48	15	2,0	0,8	+50	0	T, IOMB
Marwica	Marwica Młynówka	16	20	2,0	4,5	-30	-25	P, zs
Grądowy Młyn	Brzeźnica	37	20	4,0	5,2	0	-15	P, zs
Warny	Miłakówka	88	15	3,0	3,0	-20	-45	P, zs
Sątopy	Ryn	85	15	4,0	2,1	+70	-65	P, zs
Sątopy	Unikowo	30	15	3,0	1,2	+40	-10	P, zs

Oznaczenia bystrzy: T — trapezowe, P — prostokątne, g — gładkie, zs — o zwiększonej szorstkości, IOMB — wykonane z płyt IOMB.



— Rzeki Ryn i Unikowo są dopływami Sajny (Pojezierze Mragowskie). Ujścia tych rzek znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie polderu Sątopy-Samujlewo. W zlewniach przeważają gleby brunatne wytworzone z glin zwałowych. Nasilenie erozji powierzchniowej można ocenić jako słabe.

Powody zastosowania budowli korekcyjnych na poszczególnych rzekach były różne. W wielu przypadkach konieczność budowy bystrzy została spowodowana zniszczeniem piętrzeń młyńskich. Dotyczy to obiektów: Rzeczyca, Marwica, Gradowy Młyn, Warny oraz pominiętych w tabeli obiektów: Krasnobród, Lubenia i Naryjski Młyn. Do tej kategorii należą bystrza o największych spadkach co wskazuje na szczególne niebezpieczeństwo erozji koryta na skutek zniszczenia piętrzeń młyńskich.

Potrzeba budowy dalszych trzech bystrzy: jednego w Niedźwiadzie i dwu w Sątopach powstała na skutek znacznego pogłębienia koryt głównych cieków odwadniających tereny depresyjne. Dopływy tych cieków nie wymagały tak dużego pogłębienia i powstałe uskoki dna należało utrwalić.

Inny charakter mają stopnie i bystrze na Żółkiewce, gdzie w trakcie regulacji okazało się niezbędne zmniejszenie spadku podłużnego cieku o ok. 50% [4]. Na objętym badaniami odcinku Gorzków-Różki wykonano ogółem 4 bystrza, 7 stopni i 3 jazy o wysokich progach. Wszystkie te budowle mają za zadanie zabezpieczenie koryta rzeki przed niebezpieczeństwem erozji. Niebezpieczeństwo to do czasu przeprowadzenia regulacji nie było groźne. Dopiero skrócenie trasy i pogłębienie koryta spowodowało zagrożenie. Zastosowanie zarówno stopni jak i bystrzy na jednym odcinku rzeki pozwala na porównanie działania obu rodzajów budowli. Wszystkie badane bystrza mają zahamować erozję przyspieszoną działaniem człowieka (regulacja rzek), bądź też zaniedbaniami spowodowanymi przez człowieka (awaria piętrzeń młyńskich).

#### WARUNKI PRACY BYSTRZY

Rzeczywiste warunki pracy bystrzy w wielu przypadkach odbiegają od warunków przyjętych w projektach. Złożoność zjawisk przyrodniczych i z reguły ich zbyt słabe rozeznanie powodują, że schematy obliczeniowe są nadmiernie uproszczone i nie uwzględniają zmienności warunków pracy bystrzy. Niejednokrotnie zmiany w konstrukcji wprowadzone w trakcie budowy powodują zmiany reżimu hydraulicznego. Tak na przykład na bystrzy w Rzeczycy zmniejszono ilość żeber z 7 do 5 co spowodowało zmniejszenie spadku z 1,20 m w projekcie do 1,00 w rzeczywistości i erozję dna rzeki powyżej ponuru (rys. 2).

Na warunki pracy bystrzy może mieć wpływ niepełne rozeznanie potencjalnej erozji dolnego koryta w dalszej odległości od budowli. Tak



Rys. 2. Bystrze w Rzeczy. Fot. M. J. Łoś

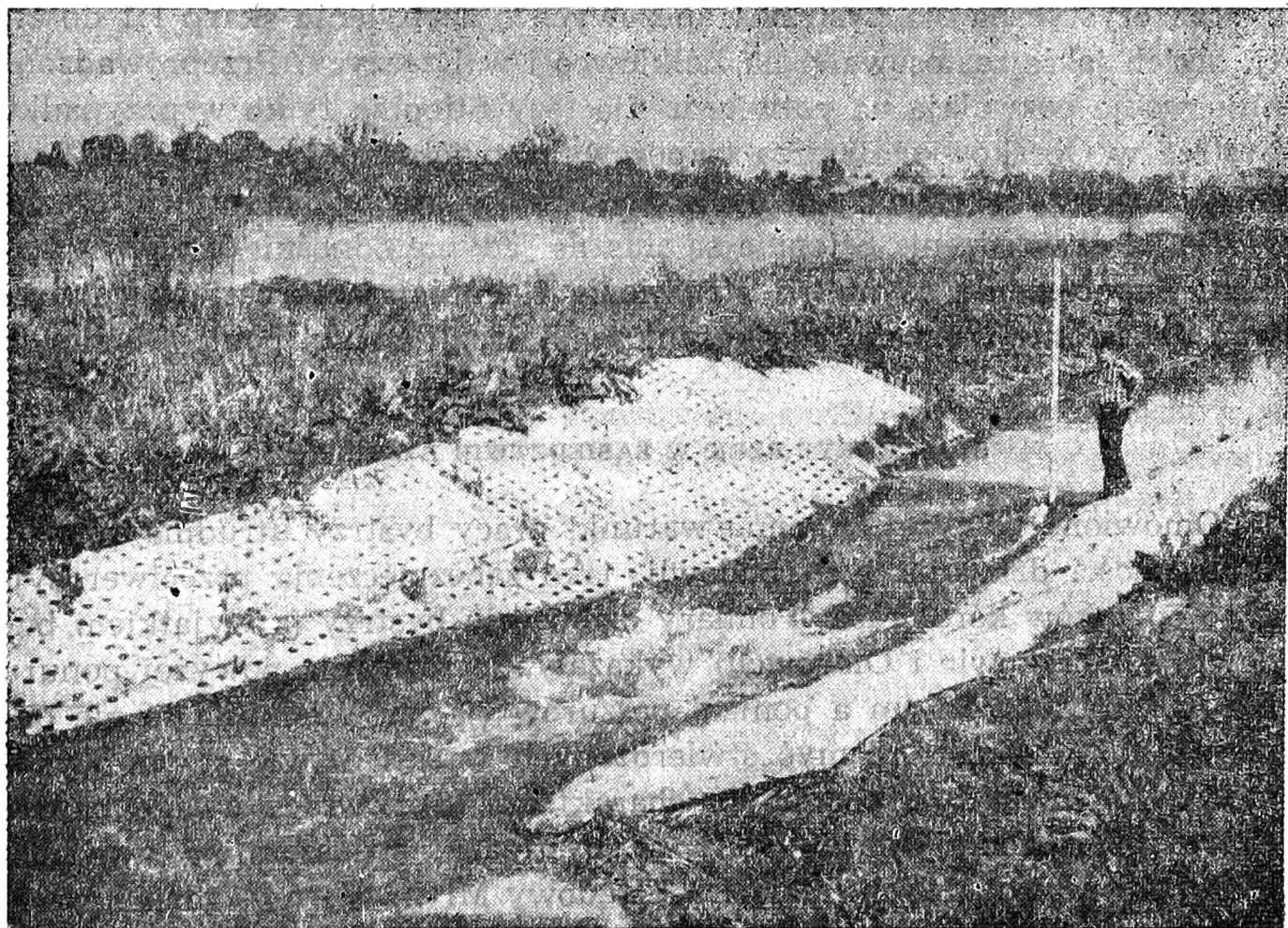
np. zniszczenie śluzy młyńskiej w Marwicy spowodowało powstanie jaru o głębokości 6-7 m. Pozostałości progu ujęcia wody na młyn znajdują się ponad 4 m nad obecnym dnem Marwickiej Młynówki. Pomimo silnej zabudowy biologicznej brzegów i pozostałości budowli hamujących erozję denną będzie się ona dalej rozwijać, gdyż lokalne spadki poniżej bystrza wynoszą ok. 30‰, a łączny spad ok. 1,50 m. Już obecnie wystąpiła konieczność zabezpieczenia koryta poprzecznymi palisadami. Należy podkreślić, że bezpośrednio poniżej poszuru bystrza koryto utrzymuje się w dobrym stanie. Powstałe uszkodzenia nie są związane z niedostatecznym rozpraszaniem energii wody na wykonanej budowli lecz z brakiem następnej budowli, która winna zabezpieczyć wytworzony jar przed dalszą erozją.

Odmienne warunki występują, gdy bystrza wykonane są dla zabezpieczenia ujściowych odcinków dopływów rzek głównych pogłębianych dla zapewnienia odpływu z terenów depresyjnych. Rzeki takie mają z reguły minimalne spadki co ułatwia ich zamulanie, zarastanie i spiętrzenie wody. W przypadku bystrza w Niedźwiadzie spiętrzenie wody we Wrzelowiance spowodowało zatopienie budowli i zasypanie jej rumowiskiem



nanoszonym przez Jankówkę. Spiętrzenie wody w Sajnie spowodowało zmniejszenie rzeczywistego spadku bystrzy: na Rynie z 2,10 m do 1,40 m, a na Unikowie z 1,20 do 0,80 m.

Bardziej złożone są warunki pracy bystrzy na Żółkiewce. W okresie pozawegetacyjnym warunki przepływu wody w korycie są zbliżone do projektowanych, natomiast rozwój roślinności wodnej powoduje w okresie letnim silne spiętrzenie biologiczne zmniejszające spady na budowach z projektowanych 0,80 m do 0,10-0,30 m. Roślinność wodna powoduje zmniejszenie prędkości wody i sedymentację unoszonego rumowiska. W cyklu rocznym występują zatem okresy degradacji i agradacji dna. Dotychczasowe obserwacje nie pozwalają stwierdzić, który z procesów przeważa. O skali procesu może świadczyć przykład bystrza w Gorzkowie zlokalizowanego w czaszy osuszonego i częściowo zmeliorowanego stawu (rys. 3). Dno i brzegi rzeki na tym odcinku stanowią sła-



Rys. 3. Bystrze w Gorzkowie. Fot. M. J. Łoś

bo skompresowane namuły mineralno-organiczne podatne na rozmycie. Poniżej bystrza powstał w pierwszym roku obszerny wybój o głębokości ponad 1,0 m. Spowodowało to uszkodzenie części umocnień bystrza. Ze względu na elastyczną konstrukcję (płyty żelbetowe typu IOMB na wy-

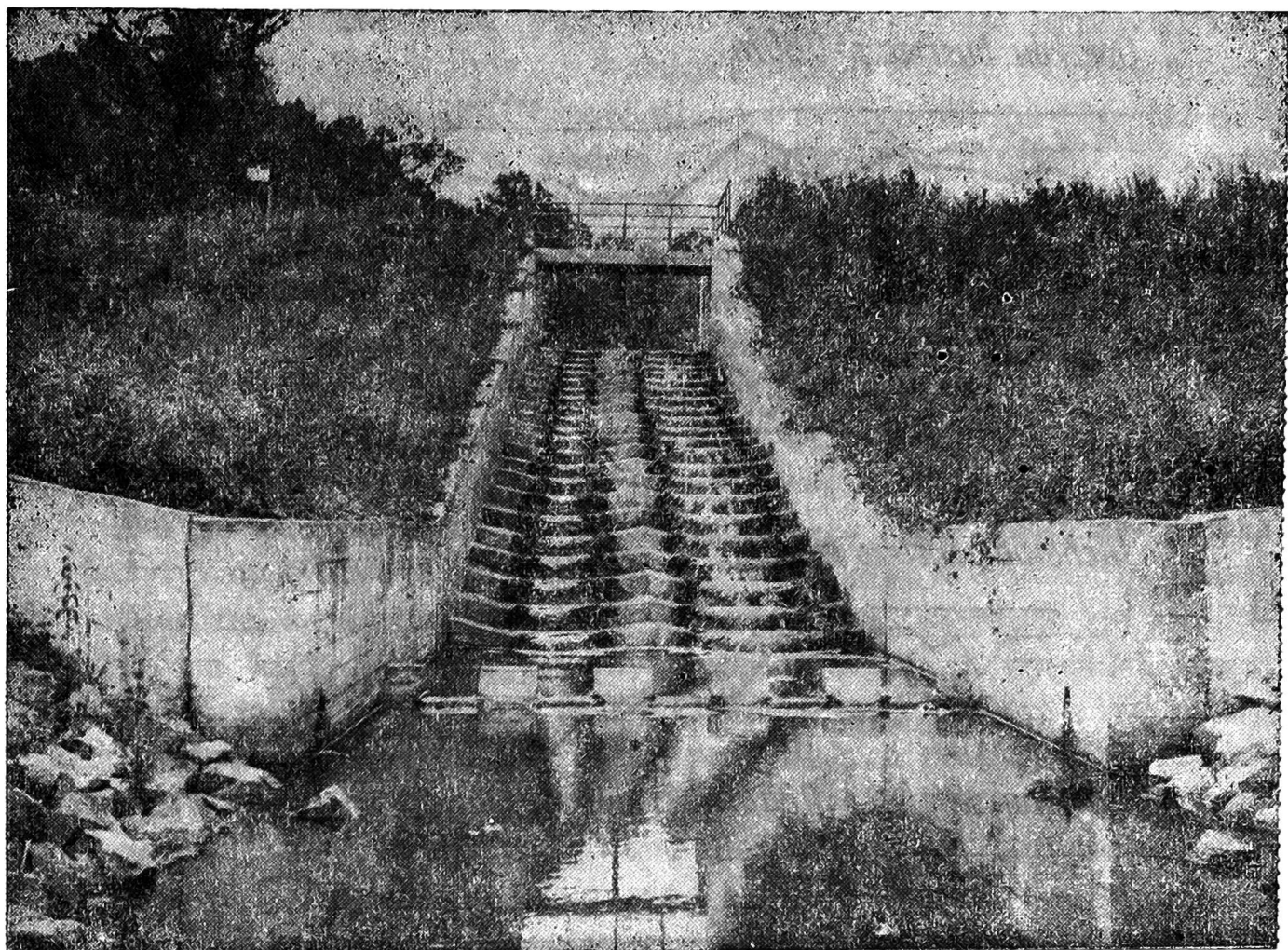
ściółce faszynowej) remont budowli był stosunkowo łatwy, ale wybój rozwijał się dalej. Rozwój ten został zahamowany na skutek zarastania dolnego koryta. W następnym roku stwierdzono, że w znacznej mierze wybój został wypełniony luźnym namulem, na którym zaczyna rozwijać się roślinność wodna. Nastąpiła chwilowa stabilizacja wyboju, ale należy przypuszczać, że w przypadku wystąpienia znacznego wezbrania (zwłaszcza w okresie przedwegetacyjnym) rozpocznie się erozja denna i budowla zostanie ponownie zagrożona. Zagrożenie to może być tym większe, że na bystrzu w Gorzkowie występują wyraźne zakłócenia w przepływie wody (rys. 3).

Strumień tranzytowy odchyła się od osi budowli atakując jeden z brzegów. Jednocześnie powstają trzy wiry o osi pionowej przy czym najsilniejszy z nich występuje bezpośrednio poniżej odskoku. Wiry te atakują brzegi powodując rozszerzenie wyboju na boki. Stiepin [14] w oparciu o badania modelowe stwierdził, że tego rodzaju asymetria jest charakterystyczna dla bystrzy trapezowych o nachyleniu skarp 1:1 do 1:2 tj. takich jakie zastosowano na Żółkiewce i w Rzeczyca. Przeprowadzone obserwacje pozwalają na potwierdzenie tezy Stiepina tylko w przypadku bystrza w Gorzkowie. Bystrza trapezowe o zwiększonej szorstkości (Rzeczyca, Chorupnik i Olchowiec) nie wykazują zakłóceń przepływu. Można sądzić, że stwierdzenia Stiepina są słuszne jedynie odnośnie bystrzy gładkich. Zapobieżenie asymetrii strumienia i zmniejszenie zasięgu zawirowań ma istotne znaczenie dla ograniczenia erozji koryta poniżej budowli.

#### STAN KORYT RZEK W SĄSIEDZTWIE BYSTRZY

Omówione powyżej zmienne warunki pracy bystrzy utrudniają ocenę skuteczności działania tych budowli, jako zabezpieczenia przeciwerozyjnego odcinków koryt rzek. Pomiarzy dziewięciu bystrzy (z wyjątkiem budowli w Gorzkowie i Olchowcu) wykazały, że rozmycia powyżej ponuru nie przekraczają 65 cm a poniżej poszurów 30 cm. Wielkości te nie odbiegają od wielkości rozmyć stwierdzonych w sąsiedztwie stopni wykonanych na rzekach o podobnym charakterze [6]. Zwraca uwagę bardzo dobre rozproszenie energii wody na bystrzach, zwłaszcza na wysokich bystrzach prostokątnych (Marwica, Grądowy Młyn, Warny), gdzie stwierdzone rozmycia dna poniżej budowli są znikome w porównaniu do wysokości spadu (rys. 4). Większe rozmycia występują powyżej budowli co świadczy o niedostatecznym zabezpieczeniu przeciwdepresyjnym, w szczególności bystrza prostokątne nie posiadają progów wlotowych ani zwężenia przelewu. W lecie 1976 r. przeprowadzono pomiary kontrolne na odcinku rzeki Żółkiewki od Gorzkowa do Olchowca, na którym wykonane zostały 3 bystrza i 3 stopnie o spadzie 80 cm każdy. Wyniki pomia-





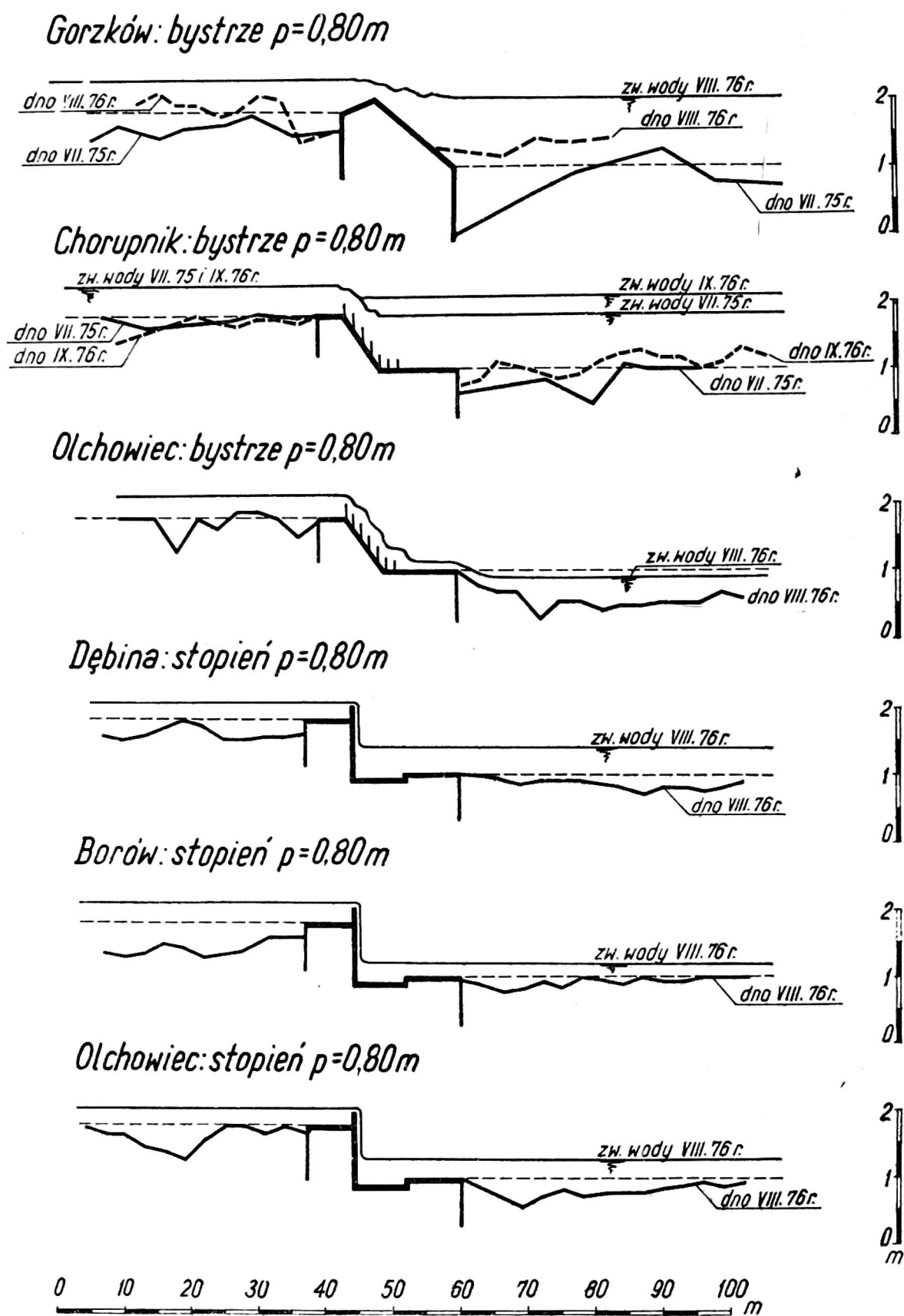
Rys. 4. Bystrze w Grądowym Młynie Fot. M. J. Łoś

rów zestawiono na rysunku 5. Porównanie profili podłużnych cieków w sąsiedztwie bystrza w Chorupniku i trzech badanych stopni pozwala na stwierdzenie podobnej skuteczności pracy tych czterech budowli. Natomiast w sąsiedztwie bystrzy w Gorzkowie i Olchowcu rozmycia dna są znacznie większe co świadczy o niedostatecznym rozpraszaniu energii wody. Bystrze w Gorzkowie nie ma ani szykan ani niecki wypadowej, toteż odskok powstaje poniżej umocnień i powoduje rozmycia zarówno dna jak i brzegów koryta. Bystrze w Olchowcu pod względem konstrukcyjnym nie różni się od pracującego prawidłowo bystrza w Chorupniku, zostało jednak posadowione wyżej niż to wynikało z projektu (na skutek niedokładności niwelacji). Porównanie stanu cieku w sąsiedztwie obu budowli świadczy o dużym znaczeniu, jakie ma właściwy dobór parametrów hydraulicznych i konstrukcyjnych bystrzy dla zapewnienia ich skutecznego działania.

#### WALORY KRAJOBRAZOWO-PRZYRODNICZE

Przy omawianiu bystrzy należy zwrócić uwagę na ich walory krajobrazowo-przyrodnicze. Bystrze zwłaszcza o przekroju trapezowym, sto-





Rys. 5. Deformacja dna rzeki Zółkiewki w sąsiedztwie trzech bystrzy i trzech stopni

sunkowo łatwo dają się wkomponować w koryto rzeki. Przy rozwiniętej zabudowie biologicznej, szczególnie tam gdzie jest dopuszczalne korzenie nie się roślinności na umocnieniach (np. budowle wykonane z płyt IOMB), bystrza są mało widoczne i przypominają naturalne progi występujące

na niektórych rzekach. Na pochylni bystrza następuje napowietrzenie wody co ma poważny wpływ na warunki przepływu a zwłaszcza na rozpraszanie energii [1, 15, 18]. Napowietrzenie strumienia ma również duży wpływ na warunki życia w wodzie a zwłaszcza na szybkość procesów biologicznych i rozkład zanieczyszczeń. Należy zaznaczyć, że oprócz ścieków z rozproszonych zakładów przemysłu terenowego, zwłaszcza spożywczego oraz z kanalizacji komunalnych do rzek dostają się związki chemiczne — zmywane z pól. Szczególnie istotne jest to w zlewniach o dużym nasileniu erozji powierzchniowej, gdzie wraz ze zmywanymi cząstkami gleby do rzeki trafiają składniki pokarmowe powodujące nadmierną eutrofizację wód. Badania nad wpływem budowli korekcyjnych na proces samooczyszczenia się potoku górskiego [7, 8] wykazały poważny, pozytywny wpływ tych budowli na jakość wody, a ponadto pozwoliły stwierdzić, że szczególnie duże napowietrzenie uzyskuje się stosując budowle, na których woda przepływa przez wiele niewysokich stopni pracujących jako kaskada. Za taką kaskadę można uważać również bystrze o zwiększonej szorstkości, które przy niskich przepływach pracuje jako zespół kolejnych niskich stopni (rys. 2 i 4). Właśnie w okresie przepływów niskich zapotrzebowanie tlenu niezbędnego do utrzymania życia w wodzie jest największe.

#### WNIOSKI

W oparciu o przeprowadzone badania można stwierdzić co następuje:

1. Bystrza charakteryzują się zblizoną do stopni skutecznością rozpraszania energii wody i zabezpieczenia koryt przed erozją. Podstawowym warunkiem skutecznej pracy bystrza jest właściwy dobór parametrów hydraulicznych przelewu, pochylni i niecki wypadowej.

2. Stwierdzone w kilku przypadkach uszkodzenia koryt rzecznych w sąsiedztwie bystrzy wskazują na popełniane błędy w projektowaniu i wykonawstwie oraz na konieczność udoskonalenia konstrukcji tych budowli.

3. Przy ustalaniu lokalizacji i parametrów bystrzy konieczne jest wnikliwe rozpatrzenie warunków terenowych a zwłaszcza zjawisk erozyjnych w zlewni i cieku oraz zarastania koryta.

4. Bystrza zasługują na szersze stosowanie przy zabudowie przeciwerozyjnej małych rzek o powierzchni zlewni od kilkunastu do stukilku-dziesięciu kilometrów kwadratowych. W porównaniu do stopni stanowią one budowle łatwiej dające się wkomponować w otaczający krajobraz i zapewniające lepsze natlenienie a za tym przyspieszenie procesów samooczyszczenia się wody.

## LITERATURA

1. Borowski J.: Wpływ zjawisk aeracji na zmianę głębokości przepływu na bystrzu. Gosp. wod., nr 8, 1967
2. Kezdi A., Marko J.: Eerdbauten, Düsseldorf 1969
3. Kisiński J., Stasiak R.: Bystrze z szykanami typu Peterki zastosowane na potoku Lubenia. Gosp. wod., nr 10-11, 1971
4. Łoś M. J.: Techniczne problemy melioracji dolin rzecznych Wyżyny Lubelskiej. Wiad. melior. i łąk., nr 3, 1974
5. Łoś M. J.: Jaz z bystrzem na Wieprzu. Gosp. wod., nr 3, 1975
6. Łoś M. J.: Wpływ stopni na erozję koryt małych rzek nizinnych. Zesz. probl. Post. Nauk rol., z. 193, 1977
7. Malinowska-Twardowska J.: Kaskady napowietrzające. Arch. Ochr. Środowiska, z. 1, 1975
8. Mańczak H.: Poprawa warunków tlenowych potoków górskich za pomocą zabezpieczeń hydrotechnicznych. Pr. IGW, t. II, z. 3, 1964
9. Muromow W. S., Liwszic M. Ch.: Kosogornyje wodopropusknyje truby. Moskwa 1975
10. Obrączka R.: Charakterystyka zlewni rzeki Żółkiewki. Zesz. probl. Post. Nauk rol., z. 138, 1973
11. Obrączka R.: Wodna erozja gleb w zlewni rzeki Żółkiewki. Zesz. probl. Post. Nauk rol., z. 138, 1973
12. Peterka A.: Hydraulic design of stilling basins and energy dissipators. Waszyn-ton 1963
13. Popow K. B., Korjukin S. M.: Sooruzenija na melioratiwnych kanałach. Moskwa 1972
14. Stiepin W. A.: O gidrawliczeskim przyżkie za bystrotokom. Gidrawlika i Gidrotechnika, nr 16, 1973
15. Zamarin E. A., Fandiejew W. W.: Gidrotechniczieskije sooruzenija. Moskwa 1960
16. Ziemnicki S.: Die Lösung des Problemes der Wasserverhältnisse als Grundlage. IV Symposium über die Wiedernutzbarmachung der durch die Industrie devastierten Territorien. Lipsk 1970
17. Ziemnicki S., Fijałkowski D.: Roślinność wprowadzona i naturalna na zboczu zwału w Piasecznie. Zesz. probl. Post. Nauk rol., z. 170, 1975
18. Żbikowski A.: Małe budowle wodne. Cz. II. Warszawa 1966

*Марек Ярослав Лось*

## ПРИМЕНЕНИЕ БЫСТРОТОКОВ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ УКЛОНА РЕК

### Резюме

Для уменьшения продольного уклона рек находящихся под угрозой эрозии применяются ступени или быстротоки. Общие схемы быстротоков показаны на рис.1. В течение годов 1970—1976 проводились полевые исследования с целью определения эффективности рассеивания энергии воды упомянутыми сооружениями. Из 11 обнятых исследованием быстротоков 7 имело трапезовидный разрез (рис. 2 и 3), а остальные 4 прямоугольный разрез (рис. 4).

Разница уровней дна реки ниже и выше быстротоков составляла от 0,80 м до 5,20 м (табл.). С целью сравнения быстротоков и ступеней проведен анализ состояния противоэрозионных сооружений на реке Жулкевка, где применено оба вида сооружений (рис. 5). В результате анализа собранного материала заключается, что эффективность рассеивания энергии воды быстротоками и ступеньями приблизительно одинакова.

Однако быстротоки применяются реже и при их проектировании и постройке неоднократно делают ошибки влияющие на состояние русла реки.

В окончании уделяется внимание ландшафтно-природным достоинствам быстротоков, особенно насыщению воды воздухом во время переплыва потока через каскад состоящий из рёбер быстротока (рис. 2 и 4). Насыщение воздухом воды имеет существенное значение для ускорения биологических процессов распада загрязнений в воде.

*Marek Jarosław Łoś*

## APPLICATION OF THRESHOLDS WITH STEEP WALL FOR DIMINISHING INCLINATION OF LOWLAND RIVERS

### Summary

In order to diminish longitudinal inclination of the rivers threatened by erosion thresholds with perpendicular or steep wall are applied. The general scheme of the thresholds with steep wall are presented in Fig. 1. In the years 1970—1976 field experiments in order to estimate the effectiveness of dispersion of water energy by these structures have been carried out. Seven out of eleven thresholds with steep wall were trapezium shape in cross-section (Figs. 2 and 3) and four were rectangular (Fig. 4). The difference of levels of the river bottom upstreams and downstreams the thresholds with steep wall ranged from 0,80 m to 5,20 m (table). In order to compare thresholds with steep wall and thresholds with perpendicular wall the analysis of the state of anti-erosion structures on the part of the river Żółkiewka where both kinds of structures have been applied (Fig. 5), has been made. After the analysis of the collected data it has been stated that the effectiveness of dispersion of water energy by thresholds with steep wall and thresholds is similar.

Thresholds with steep wall are the structures hardly ever used so at their designing and performance mistakes are often made which influence the state of the river-bed.

Attention should be dawn to touristic aspects of the thresholds, especially to mixing stream of water falling through the cascade created by ribs of the threshold (Fig. 2 and 4) with the air. Mixing stream of water with air is of great importance to speeding up biological processes of decomposition of pollution in water.