

Stopnie rampy zwane bystrzami o zwiększonej szorstkości jako ekologiczne rozwiązania utrzymania koryt rzek i potoków górskich

Prof. dr hab. inż. Artur Radecki-Pawlik, Politechnika Krakowska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, prof. dr hab. inż. Krzysztof Stypuła, Politechnika Krakowska, mgr inż., Bartosz Radecki-Pawlik, Politechnika Krakowska, dr Karol Plesiński, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

1. Wprowadzenie

Potok w stanie naturalnym o zarośniętych brzegach znajduje się zwykle w stanie równowagi dynamicznej i biologicznej. Likwidacja koryta wielonurtowego, obudowa dna poprzez stosowanie bystrotoków, a także likwidacja roślinności nadrzecznej (w tym zadrzewień) i roślinności występującej w obrębie koryta cieków – stanowi naruszenie jego naturalnego stanu powodujące zmniejszenie szorstkości, a tym samym zaburzenie równowagi dynamicznej cieków. Sprzeczności pomiędzy warunkami przepływu panującymi w potokach zabudowanych zgodnie z obowiązującymi zasadami projektowymi oraz zasadami dobrej praktyki inżynierskiej a wymogami środowiska naturalnego, stały się przyczyną poszukiwania nowych rozwiązań w dziedzinie regulacji potoków górskich. Jednym z takich rozwiązań są opisane poniżej stopnie rampy zwane też bystrzami o zwiększonej szorstkości.

2. Ekologiczne aspekty bystrz o zwiększonej szorstkości

Zastosowanie zabudowy techniczno-biologicznej potoków zmniejszyło ingerencję w środowisko człowieka, lecz nie spełniło oczekiwań ekologów.

Należy zauważyć, że zmniejszenie szorstkości cieków to nie tylko ujemne skutki ekologiczne dla zachowania cieków jako ekosystemów poprzez naruszenie równowagi pomiędzy biocenozą w rzekach a jej biotopem, ale także poważne zagrożenie dla innych ekosystemów. Wynika ono między innymi z faktu zmniejszenia retencyjności zlewni cieków (przyspieszenie spływu wód), co prowadzi do pogłębiania deficytu wodnego w środowisku, a także do intensyfikowania zjawisk powodziowych.

Rozwiązania techniczne spełniające postulaty ekologiczne w ramach naturalnego utrzymania potoków powinny spełniać następujące ogóle zasady [Kajak, 1992, Ratomski, 1992, Radecki 2006a, 2006b]:

- bieg potoku należy prowadzić tak, aby jak najmniej różnił się od biegu naturalnego,
- nie należy likwidować istniejących nieregularności, gdyż stanowią one ważny element dla życia biologicznego; należy pozostawić kamienie, nawisy brzegowe, korzenie stanowiące schronienie dla ryb, jak i innych żywych organizmów,
- celowe jest wbudowanie w uregulowane koryto dużych kamieni, które zmniejszając prędkość przepływu przeciwdziałają erozji i powodują zróżnicowanie głębokości, mogące stanowić schronienie dla żywych organizmów (szypot-płoso),
- skarpy zaleca się umacniać materiałami naturalnymi, takimi jak kamień oraz świeża faszyna zdolna do porostu,
- dopuszcza się usunięcie istniejących drzew i krzewów jedynie w tych miejscach, w których jest to konieczne.

Rozwiązaniem kompromisowym uwzględniającym postulaty ekologów są między innymi metody stabilizacji potoków poprzez wykorzystanie naturalnych elementów zwiększających szorstkość koryta. W tym celu stosuje się bystrza o zwiększonej szorstkości z płytą spadową wykonaną z kamienia naturalnego [Oertel 2013; Pagliara, Bung 2013; Pagliara, Palermo 2012; Zastera 1984; Ślizowski i in. 2008; Radecki-Pawlik 2013; Radecki-Pawlik i in. 2015, 2016, Plesiński i in. 2015], będące efektem poszukiwań budowli spełniającej wymogi zarówno techniczne, jak i przyrodnicze, a także formalne (Ramowa Dyrektywa Wodna Unii Europejskiej – RDW).

Bystrza o zwiększonej szorstkości stosuje się do stabilizacji mniejszych cieków wodnych, a w szczególności rzek i potoków górskich i podgórskich [Radecki-Pawlik, 2013, 2015]. Budowle te charakteryzują się krótkimi odcinkami koryta o spadku wynoszącym od 1:3 do 1:15 oraz zwiększoną szorstkością uzyskaną poprzez ułożenie odpowiednio zaprojektowanych bloków kamiennych o wielkości rzędu 1 m, w taki sposób, aby gwarantowały stabilność dna koryta. Szorstka powierzchnia bystrza, o której wspomniano powyżej, powoduje przesunięcie

lokalizacji głównego rozpraszania energii płynącej wody z niecki wypadowej na obszar płyty spadowej – rampę. Ponieważ wzdłuż wielu odcinków rzek karpackich ciągle jeszcze ingeruje się w systemy korytowe, poprzez nie do końca uzasadnioną regulację techniczną, należy zdawać sobie sprawę, jakie budowle utrzymania koryt rzek górskich są do zaakceptowania przez system fluwialny rzeki górskiej, a także, w myśl RDW, wpływając pozytywnie na życie biologiczne zarówno makrobentosu, jak i ryb [Korpak i in. 2008].

W niniejszej pracy przedstawiono istotne aspekty projektowania, jak i wykonania bystrz o zwiększonej szorstkości.

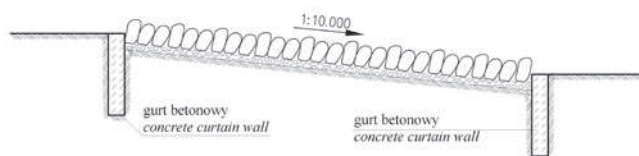
3. Przykłady bystrz o zwiększonej szorstkości

Utrzymanie koryt potoków górskich z wielu względów jest konieczne. Należy je przeprowadzać w sposób trwały i ekonomicznie uzasadniony, przy równoczesnym uwzględnieniu wymogów przyrody, estetyki i zachowania piękna krajobrazu [Kajak, 1992]. Najczęściej dotąd stosowanym systemem regulacji potoków górskich jest korekcja stopniowa. Stopień, obiekt przegradzający koryto, klasyfikuje się jako element sztuczny, zaburzający naturalny bieg cieku [Ratomski, 1992].

Na rysunku 1 przedstawiono przykład schematu bystrza o zwiększonej szorstkości.

Z kolei na rysunkach 2–4 podano przykłady bystrz o zwiększonej szorstkości, wykonane w polskich rzekach górskich w sposób poprawny, zgodny z zasadami prawidłowego utrzymania koryta rzecznoego w stanie bliskim naturze. Na rysunku 2 należy zwrócić uwagę na koncentrację przepływu na płycie spadowej bystrza, zapewniające przechodzenie ryb nawet przy niskich stanach wody (fot. A. Radecki-Pawlik). Na rysunkach 3 i 4 z kolei pokazano pozornie beładnie ułożony kamień łamany, spełniający rolę redukcji dna cieku oraz zabezpieczenia miejscowego dna. Projektowane bystrza tym lepiej spełniają swoją funkcję ekologiczną, zapewniając wędrówkę ryb i makrobentosu, im spadek płyty bystrza jest łagodniejszy, a ułożenie głazów zbliżone do naturalnego rozmieszczenia ziaren w korycie. Optymalny spadek bystrza zaleca się kształtować jako 1:10. Dopuszcza się ze względów na warunki miejscowe spadki większe, nie przekraczające jednak stosunku 1:5.

Bystrza wykonane na potokach o mniejszych spadkach – Poniczanka, są ustabilizowane gurtami stalowymi (rys. 3). Wykonanie budowli na dnie koryta jest tu jak najbliższe naturze. Budowle zaprezentowane na rysunku 4 – na potoku Celadka – gdzie mamy do czynienia z większymi spadkami cieku, wykonano z wyjątkowo dużej średnicy głazów pow. 1,2 m oraz z dużych ziaren ponadwymiarowych. Gwarantują one większą różnorodność hydrodynamiczną cieku – tj. tworzenie lokalnych przegłębień i lokalnych niecek wypadowych w cieniu tych głazów [Gebler 2009], co w efekcie generuje różnorodność ekologiczną.



Rys. 1. Schemat modelu bystrza z gurtami betonowymi



Rys. 2. Bystrze na potoku Porębianska; należy zwrócić uwagę na koncentrację przepływu na płycie spadowej bystrza, zapewniające przechodzenie ryb nawet przy niskich stanach wody (fot. A. Radecki-Pawlik)



Rys. 3. Bystrze na potoku Poniczanka – pomiary hydrometryczne (fot. A. Radecki-Pawlik)



Rys. 4. Bystrze na potoku Celadka – pomiary hydrometryczne (fot. M. Radecka-Pawlik)

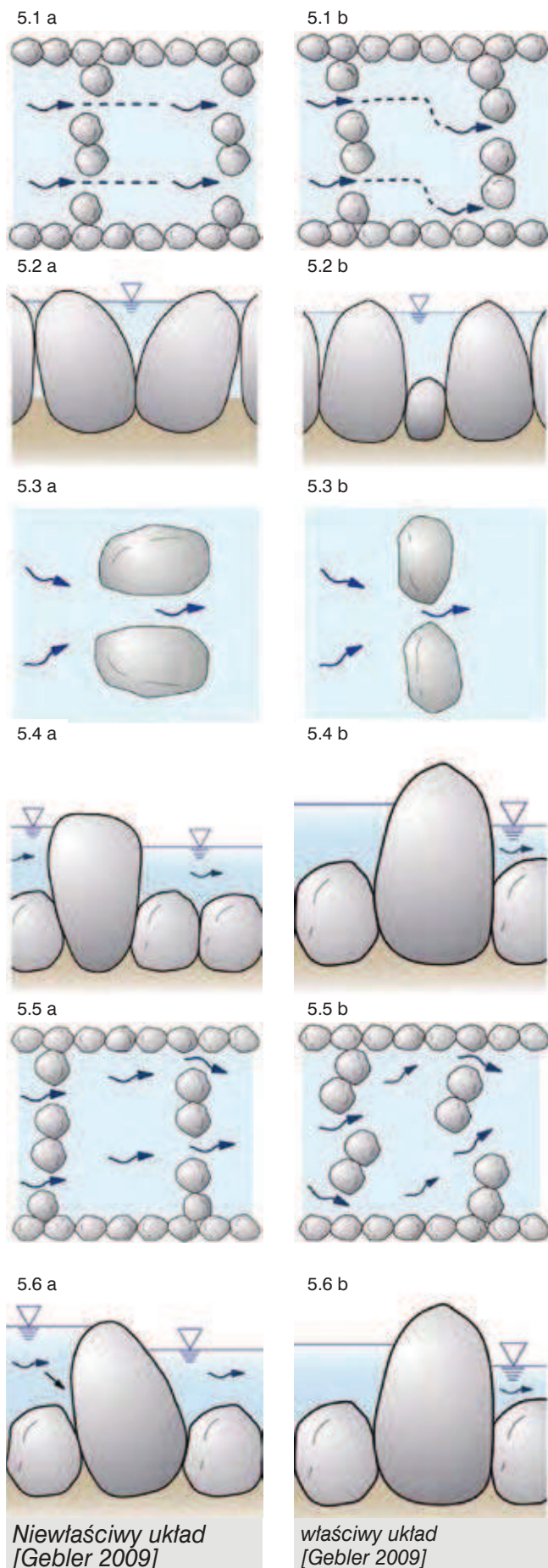


Tabela 1. Wielkość kamieni na bystrzu w zależności od spadku płyty bystrza i prędkości wody według Knaussa (1980)

Prędkość v dla nachylenia płyty bystrza 1:8 [m s ⁻¹]	Prędkość v dla nachylenia płyty bystrza 1:10 [m s ⁻¹]	Prędkość v dla nachylenia płyty bystrza 1:15 [m s ⁻¹]	Wielkość kamienia [m]
2,50	2,70	3,70	0,6
4,60	4,90	5,80	0,8
7,00	7,60	8,90	1,2

Bystrza wykonane na potoku Porębianka stanowią serię 25 ramp na długości 2,05 km cieku. Zabudowa tego typu sprzyja odtwarzaniu naturalnych łach korytowych powyżej i poniżej tych budowli. Przejawia się to w odbudowie koryta roztokowego, będącego naturalnym korytem rzeczny w warunkach górskich. Dodatkowo bystrze to jest wyposażone w część przelewową, która przechodzi w skoncentrowane korytko przebiegające wzdłuż płyty spadowej budowli. Pozwala to na koncentrację strugi wodnej, zapewniając warunki swobodnej migracji ryb nawet przy stanach niżówkowych.

4. Projektowanie i wykonawstwo bystrz o zwiększonej szorstkości

Głównym etapem projektowania bystrz o zwiększonej szorstkości jest dobór wielkości kamienia łamanego na płycie spadowej bystrza w zależności od prędkości obliczeniowej oraz spadku bystrza [Knauss 1980] (tab. 1).

W przypadku stosowania ziaren ponadwymiarowych niemiecka literatura sugeruje konieczność sprawdzenia warunków stateczności wybranych głazów [Aberle i in.. 2009]

W trakcie realizacji projektu należy kontrolować zarówno sposób ułożenia, jak i dopasowania głazów przez wykonawcę – celem ominięcia utraty stabilności całej rampy podczas wezbrania. Do najistotniejszych elementów dopasowania głazów należy [Gebler 2009]:

- przesunięcie względem siebie kolejnych rzędów głazów – celem redukcji dużych prędkości (rys. 5.1),
- odpowiednie upakowanie dużych głazów małymi (rys. 5.2),
- ułożenie dużych głazów szerszym bokiem prostopadle do kierunku przepływu – celem skrócenia rybotm przepływu przez odcinki o zwiększonej prędkości (rys. 5.3),
- ziarna ponadwymiarowe należy wbudowywać w podłoże szerszą podstawą (rys. 5.4),
- rozmieszczenie ziaren ponadwymiarowych powinno zachować maksymalną różnorodność – stając się najbliższym do naturalnego ułożenia (rys. 5.5),
- większe ziarna, powinny być lekko przechylone w kierunku przepływu – gwarantuje to przy większych przepływach nieakumulowanie się transportowanego rumowiska przed głazami bystrza, ale jego dalszy transport wzdłuż cieku (rys. 5.6).

Drugim istotnym aspektem w trakcie projektowania bystrz o zwiększonej szorstkości jest dobór sposobu stabilizacji bystrza. W zależności od morfologii ciekłu i warunków gruntowych stosuje się gurdy betonowe oraz ścianki szczelne z drewna lub stali. Pomimo chętnie stosowanych gurtów stalowych (czasem z oczepek betonowym) przez wykonawców, należy zwrócić uwagę na niemożność zabicia ścianek Larsena na projektowaną wysokość w dnie potoku, w którego materiale dennym dominują frakcje kamienne. W tych przypadkach zaleca się stosowanie gurtów betonowych.

5. Podsumowanie

W obecnie rozumianym zarówno przez środowiska ekologiczne, jak i dokumenty Ramowej Dyrektywy Wodnej Unii Europejskiej utrzymaniu koryt rzek i potoków górskich należy stosować środki techniczne tylko w przypadkach, w których jest to nieodzowne ze względu na uzasadnioną wyższą konieczność, przykładowo przy ochronie mostów drogowych, czy ochronie przeciwpowodziowej dużych skupisk ludzkich. W miejscach, w których rzeka nie stanowi żadnego zagrożenia, należy pozostawić jej szeroką strefę zalewową w ramach równi zalewowej. Należy również pozwolić na swobodny rozwój procesów morfologicznych, przez wytwarzanie sekwencji przegłębień i bystrzy oraz depozycję łach korytowych. Nie ma bowiem potrzeby chronić łąk lub nieużytków za pomocą niezmiernie kosztownych robót regulacyjnych, a wręcz przeciwnie, należy te tereny traktować jako zalewowe, dopuszczać tam do stagnowania wody, a przez to zwiększać retencję dolinową. W niektórych rejonach należy dążyć do wykupienia przez państwo gruntów rolnych, w innych należy powstrzymać niefrasobliwe wydawanie pozwoleń na budowę w obrębie teras zalewowych. Inżynierów hydrotechników należy zachęcać do stosowania nowoczesnych, „bliskich naturze” technik projektowania i wykonawstwa urządzeń regulacji i utrzymania rzek, takich jak prezentowane w pracy stopnie bystrza o zwiększonej szorstkości oraz wyczulać na istotę konieczności właściwego projektowania, jak i wykonywania wybranych elementów tych konstrukcji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Aberle, J., Naturnahe Sohlengleiten, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall Hennef: DWA, 2009
 [2] Gebler R.-J., Fischwege und Sohlengleiten, Verlag Wasser & Umwelt, Walzbachtal, ISBN: 3-939137-02-2, 2009
 [3] Kajak Z., Ekologiczne skutki zabudowy hydrotechnicznej i wykorzystania wód śródlądowych, XII Ogólnopolska Szkoła Hydrauliki, Międzyzdroje, 21–25 września, Materiały Szkoły, str. 17–36, 1992.
 [4] Knauss J., Dřsne skluzy, Vodni Hospodarstvi, řada A C 1, Praha, 1980
 [5] Korpak J., Krzemień K., Radecki-Pawlik A., Wpływ czynników antropogenicznych na zmiany koryt cieków karpaccich. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Tech. Inf. Wsi, PAN Oddz. w Krakowie 4, Monografia, 2008
 [6] Oertel M., In-Situ Measurements on Cross-Bar Block Ramps (in:) Bung DB, Pagliara S International Workshop on Hydraulic Design of

Low-Head Structures, IWLHS. Bundesanstalt für Wasserbau, str. 111–119, Aachen, 2013

- [7] Pagliara S, Palermo M., Effect of energy dissipation pool geometry on the dissipative process in the presence of block ramps. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 138 (11), str. 1027–1031, 2012
 [8] Pagliara S, Bung D., Design of Low-Head Structures. International Workshop on Hydraulic Design of Low-Head Structures. FH Aachen University of Applied Sciences. str. 230, 2013
 [9] Plesiński K, Radecki-Pawlik A, Wyzęga B., Sediment Transport Processes Related to the Operation of a Rapid Hydraulic Structure (Boulder Ramp) in a Mountain Stream Channel: A Polish Carpathian Example [in:] Heiningner P, Cullmann J (eds.). Sediment Metters, Springer, str. 259, 2015
 [10] Radecki-Pawlik A.: On using artificial rapid hydraulic structures (RHS) within mountain stream channels – some exploitation and hydraulic problems. (in:) Rowiński P. Experimental and Computational Solutions of Hydraulic Problems, series: GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences, Monograph, Springer, str. 101–115, 2013.
 [11] Radecki-Pawlik A, Plesiński K, Ślizowski R., Comparative research of interlocked-carpet block ramp (ICBR) made of natural stone with rapid hydraulic structures (RHS) of Peterka type [in:] Carvalho R.F., Pagliara S (eds.) IWLHS – The International Workshop on Hydraulic Structures: Data Validation IAHR, University of Coimbra, Marine and Environmental Sciences Centre, Coimbra, 2015, str. 105–114, ISBN: 978-3-939230-04-5, 2015
 [12] Radecki-Pawlik A., Plesiński K., Radecki-Pawlik B., Block ramp rebuilding and exploitation problems: chute stone dimension choosing; upstream the ramp river channel erosion, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2016, III/1, str. 835–847, ISSN: 1732–5587, 2016
 [13] Radecki-Pawlik A., On using artificial rapid hydraulic structures (RHS) within mountain stream channels – some exploitation and hydraulic problems. (in:) Rowiński P, Experimental and Computational Solutions of Hydraulic Problems, series: GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences, Monograph, Springer, str. 101–115, 2016
 [14] Ratomski J., Proekologiczna zabudowa rzek i potoków górskich, XII Ogólnopolska Szkoła Hydrauliki, Międzyzdroje, 21–25 września, Materiały Szkoły str. 59–68, 1992
 [15] Ślizowski R., Radecki-Pawlik A., N'Famara Sambou: Badania porównawcze bystrzy z kamienia naturalnego – elementu ekologicznej zabudowy potoków górskich – z bystrzami betonowymi typu Peterki, Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, 321, str. 33–41, 1997
 [16] Ślizowski R., Radecki-Pawlik A., Huta K., Analiza wybranych parametrów hydrodynamicznych na bystrzu o zwiększonej szorstkości na potoku Sanoczek. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich.. Tech. Inf. Wsi, PAN Oddz. w Krakowie, 2, str. 47–58, 2008
 [17] Zastera Z., Balvanite skluzy, Hydroprojekt ukol R-4, Brno, 1984

OPPORTUNITY IN NIGERIA

Renowned Engineering Consulting Company in Africa
 (www.aim-consultants.com) has openings in our Design Office
 for Structural, Electrical and Mechanical Engineers.

RETIRED engineers are most welcome.

E mail your CV to jobs@aim-consultants.com
 and rygatzke@aim-consultants.com

 AIM Consultants Ltd