

Artur Radecki-Pawlik, Marek Madeyski, Katarzyna Król

**ZMIANA WARUNKÓW HYDRAULICZNYCH
WZDŁUŻ UREGULOWANEGO ODCINKA
POTOKU CEDRON W BESKIDZIE ŚREDNIM**

***SOME CHANGES OF HYDRAULICS CONDITIONS ALONG
A RIVER ENGINEERED PART OF THE CEDRON STREAM
IN THE BESKID SREDNI MOUNTAINS***

Streszczenie

W pracy przedstawiono skutki zabudowy hydrotechnicznej potoku i jej wpływ na zmianę wybranych parametrów hydraulicznych koryta. Reżim przepływu w korytach jest charakteryzowany przez rozkład prędkości wody w pionach hydrometrycznych, wartość naprężeń stycznych na dno, wartość mocy strumienia oraz wartość mocy jednostkowej strumienia. Założono sześć przekrojów poprzecznych na potoku Cedron w Beskidzie Średnim, w których zostały wykonane pomiary prędkości na kilku głębokościach nad dnem przed i po regulacji, a następnie obliczono naprężenia styczne na dnie cieku, całkowite i jednostkowe moce strumienia i przeprowadzono analizę obliczonych parametrów.

Słowa kluczowe: regulacja rzek, potok górski, hydraulika przepływu

Summary

The paper presents the effects of applied river engineering works and its influence on the changes of chosen hydraulics parameters along a reach of the mountainous stream. It was done by presenting the regime of the stream before and after river engineering works. The key parameters used for the hydraulics analysis were: stream velocity, shear stresses, stream power and finally the unit stream power. The research area was located in Polish Carpathians in the Beskid Sredni Mountains. The research stream is called the Cedron and the research reach is located close to Radziszow municipality around 30 kilometers from Krakow. The research was carried out in 2003 (before the river engineering works, after the major flooding in the region) and in 2004 after finishing river training

works, which were mostly targeted to stop the bottom of the river and its banks from erosion. To carry on the research 6 cross sections were chosen where detailed velocities of running water were measured in the velocity profiles. Later the rest of analyzed hydraulics parameters such as stream power and shear stresses were calculated. The results were presented in graphical manner (fig. 1-4) and analyzed. In final conclusions it was pointed out, that all river training works have the inevitable influence on river regime changes, thus after river engineering works which had a place on the left bank of the Cedron river (where special river bank protection gabions were installed) the shear stresses acting on the river bed and banks were stabilized.

Key words: river regulation, mountain stream, hydraulic of flow

WSTĘP

Największe zniszczenia w rzekach karpackich powstają w czasie wezbrań, dlatego regulacja takich rzek polega na obudowie koryta dla wielkiej wody. Duża siła unoszenia przy wysokich stanach wody, krzyżowanie się nurtów powoduje, że wszystkie budowle regulacyjne są silnie atakowane przez wodę i rumowisko. Niszczącemu jej działaniu nie są w stanie przeciwstawić się nawet budowle regulacyjne o mocnej konstrukcji i zwiększonych wymiarach.

Projektując regulację cieków należy rozważyć, czy po jej wykonaniu wystąpi prędkość, która spowodowałaby erozję dna i skarp. Sprawdzenie to polega na porównaniu dopuszczalnych prędkości, ze względu na rozmycie, z prędkościami przewidywanymi po wykonaniu projektu. Przy prawidłowo zaprojektowanej regulacji oczekuje się, że w czasie eksploatacji ustalą się stosunkowo szybko nowe warunki hydrodynamiczne, a koryto ustabilizuje się. Przykłady takiej regulacji są opisywane w literaturze [Bednarczyk i in. 2002]. Regulacja rzek to oczywiście, między innymi zabezpieczenie brzegów. W rzekach górskich prąd wody często powoduje ich podmywanie, co w konsekwencji prowadzi do erozji brzegów. Najbardziej narażone na działanie wody są brzegi wklęsłe i odcinki proste. Dobór materiałów budowlanych do ubezpieczenia zależy przede wszystkim od siły unoszenia wody oraz od wielkości spodziewanych przegłębień dna o różnych typach zabezpieczeń brzegów, począwszy od darniowania skarp, poprzez tak zwane kiszki i płotki faszynowe, opaski Seelinga, pisało w polskiej literaturze technicznej już od dawna [Mamak 1958; Skatula 1964; Prochal 1973]. W ostatnich latach stosowanym często ubezpieczeniem brzegów są kosze siatkowo-kamienne zwane gabionami [Bartnik i in. 2004; Jędryka 2006].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie, w jaki sposób zabudowa hydrotechniczna potoku wpływa na zmianę wybranych parametrów hydraulicznych koryta. Reżim przepływu w korytach jest charakteryzowany przez rozkład prędkości wody w pionach hydrometrycznych, wartość naprężeń stycznych na dno, wartość mocy strumienia oraz wartość mocy jednostkowej strumienia.

Jako obiekt badań wybrano odcinek potoku Cedron (km 0+628 – 0+554), zlokalizowany w miejscowości Radziszów. Aby zrealizować zamierzony cel, badania przeprowadzono przed regulacją techniczną w 2003 roku oraz po wykonaniu zabudowy potoku w 2004 r.

Regulacja dotyczyła usuwania skutków powodzi, która miała miejsce w lipcu 2001 roku. Projektowany remont koryta potoku miał na celu zabezpieczenie brzegów i dna przed erozją oraz poprawę warunków przepływu wód.

Wykonano następujące prace badawcze:

- założono sześć przekrojów poprzecznych, w których zostały wykonane pomiary prędkości na kilku głębokościach nad dnem przed i po regulacji,
- wyznaczono naprężenia styczne na dnie cieków w tych przekrojach,
- obliczono całkowite i jednostkowe moce strumienia,
- przeprowadzono analizę obliczonych parametrów.

OPIS BADANEJ ZLEWNI I KORYTA RZEKI

Zlewnia potoku Cedron położona jest na terenie Beskidu Średniego. Powierzchnia zlewni w przekroju ujściowym wynosi 93,4 km², a średni roczny opad około 700 mm. Teren zlewni charakteryzuje się pagórkowatym i podgórskim ukształtowaniem. Średni podłużny spadek dna wzdłuż cieków wynosi ok. 10‰, a spadki poprzeczne wahają się w granicach 5–20‰

W strukturze użytkowania dominują zdecydowanie grunty orne. Tereny zalesione zajmują obszar około 10%. W zlewni przeważają gleby zwarte i średnio zwarte o ograniczonej przepuszczalności.

Potok Cedron jest lewobrzeżnym dopływem rzeki Skawinka w zlewni rzeki Wisły, uchodzącym do niej w miejscowości Radziszów. Potok przepływa przez tereny o bardzo rozproszonej zabudowie typu luźnego, a grunty znajdujące się w sąsiedztwie koryta mają charakter rolny lub leśny.

Na całej swej długości potok płynie przez utwory fliszowe Pogorza Wielickiego, głównie łupki i piaskowce. Koryto cieków wykształcone jest w gruntach gliniasto-ilastych zwężonych, a dno stanowią grunty żwirowe z otoczkami naniesionymi z górnych partii zlewni.

Znaczne spadki koryta sięgające 20‰ i zmienne przepływy charakteryzujące się gwałtownymi i wysokimi wezbrzeniami powodują, że Cedron jest zaliczany do cieków górskich, czyniąc częste szkody, niszcząc brzegi, a nawet zmieniając koryto.

Potok Cedron był regulowany w latach 1977–1979 na długości około 1 km. Pełna regulacja została zaprojektowana na długości około 0,5 km od 1+828 do 2+372 km. W kilometrze 2+368 usytuowano stopień o wysokości spadku 0,5 m. Regulacja polegała na umocnieniu dna i podnóża skarp kamieniem w koszach siatkowo-kamiennych o wymiarach 0,5x1,5x5,0 m i umocnie-

niu skarp na łukach wklęsłych faszynowymi brzegosłonami krytymi. Brzegi powyżej umocnień zostały przewidziane do zazielenienia. Koryto rzeki zostało zaprojektowane jako dwudzielne. W celu skoncentrowania przepływu niska woda powinna przepływać między koszami, a więc w korycie o szerokości 4 m i głębokości 1 m. Szerokość koryta właściwego była zaprojektowana na 7 m. Dalsze lokalne umocnienie brzegów zostało przewidziane jako opaska z koszy siatkowo-kamiennych wbudowanych w brzegi wklęsłe jak tama podłużna.

W wyniku powodzi w 1997 roku wystąpiły liczne zniszczenia zarówno koryta jak i skarp potoku. Uległy zniszczeniu naturalne ubezpieczenia brzegów, wystąpiła erozja denną oraz dążenie cieku do zmiany koryta. Potwierdziło to konieczność wykonania regulacji cieku i zabezpieczenia newralgicznych odcinków w rejonie istniejących meandrów i powstałych wyrw, w szczególności w rejonie kościoła, boiska sportowego, strażnicy oraz odcinka ujściowego.

Celem zabezpieczenia i naprawy zniszczeń wykonano umocnienia dna i brzegów w postaci opasek z koszy siatkowo-kamiennych z narzutem kamiennych od strony wody, tam podłużnych zakończonych koronką z żywej faszyny i narzutem kamiennym od strony wody oraz umocnienie skarp nad tymi budowlami brzegosłonom płaskim.

W wyniku powodzi w lipcu 2001 roku część ubezpieczeń brzegu została powtórnie uszkodzona, a największe zniszczenia wystąpiły w km 0+000-0+660. Jest to odcinek od ujścia do mostu drogowego. Koryto jak i skarpy cieku zostały w tym rejonie silnie zdewastowane. Przekrój był nieregularny, szerokość dna wahała się od 5 do 12 m, zaś głębokość wynosiła od 3 (lewy brzeg) do 5 m (prawy brzeg). Płotki faszynowe zostały odsłonięte poprzez wymycie ziemi, opaski z koszy siatkowo-kamiennych zostały podmyte, a nawet w kilku miejscach zrzucone do koryta. Natomiast niektóre odcinki brzegu, po zniszczeniu opasek zostały wyrwane na głębokość do kilkunastu metrów, tworząc bardzo duże wyrwy powodziowe. Tak znaczne zniszczenia były spowodowane między innymi zmiennymi spadkami, jak również licznymi zakolami występującymi na tym odcinku.

Wyżej wspomniany ujściowy odcinek potoku Cedron został odbudowany po raz kolejny w 2004 roku, poprzez wykonanie takich budowli regulacyjnych, jak opaski z koszy siatkowo-kamiennych na wyściółce faszynowej, opaski wykonane z grubego narzutu kamiennego, opaski z brzegosłonów krytych z faszyny powyżej budowli siatkowo kamiennych gurty, czyli poprzeczne kosze wykonane w dnie cieku oraz sadzonki z wikliny i obsiew mieszkanką traw.

Odcinek badawczy miał długość 74,0 metrów i wyznaczono na nim sześć przekrojów poprzecznych. Przekrój I–I wyznaczono na odcinku prostym w odległości 8,0 m od mostu drogowego i 4,0 m od istniejącego stopnia betonowego. Przekrój II–II oparto o lewy przyczółek mostu drogowego. Przekrój III–III odległy był o 28,0 m od poprzedniego, w dół rzeki w miejscu, w którym koryto rzeki przed regulacją wyraźnie rozszerzało się, a po regulacji na lewym

brzegu (wklęsłym) zostało ubezpieczone kilkoma warstwami koszy siatkowo-kamiennych na wyściółce faszynowej. Przekrój IV–IV umiejscowiony był 46,0 m niżej, w miejscu najszerszego rozlewiska potoku przed regulacją, a równocześnie w miejscu wyraźnego przegłębienia powstałego po powodzi w 2001 roku. Po regulacji w przekroju tym koryto miało jednolitą szerokość regulacyjną, a lewy brzeg (wklęsły) w dalszym ciągu był ubezpieczony koszami siatkowo-kamiennymi. Przekrój V–V umiejscowiono 20,0 m poniżej, w miejscu gdzie przed regulacją kończył się odcinek rozlewiska rzeki, a po regulacji zaczynał się odcinek prosty rzeki i kończyło się ubezpieczenie lewego brzegu koszami. Po między przekrojem V–V i VI–VI (odległość około 8,0 m), po regulacji wybudowano próg z koszy siatkowo-kamiennych.

METODY POMIARÓW I OBLICZEŃ

Pomiary prędkości wody na odcinku pomiarowym potoku Cedron zostały wykonane młynkiem hydrometrycznym typu Nautilus C – 2000. Konstrukcja młynka pozwala na dokładne pomiary prędkości średniej i chwilowej. Jego dokładność pomiarowa wynosi 0,0 2 m/s. Pierwsze badania terenowe przeprowadzono w lipcu 2003 r. po powodzi, która miała miejsce w 2001 r. Pomiary wykonano w sześciu charakterystycznych przekrojach. Powtórzono je po zabudowie technicznej potoku, w tych samych przekrojach, w czerwcu 2004 r. Do określenia wartości naprężeń stycznych w dnie, na odcinku pomiarowym potoku Cedron wykorzystano metodę Gordon [Radecki-Pawlik 2002], za pomocą wykresów profili prędkości. Gordon stwierdziła bowiem [Radecki-Pawlik, Radzikiewicz 1998], że jeżeli pomiary zostały przeprowadzone tuż nad dnem potoku, a ich wykresy są w przybliżeniu liniami prostymi (w skali półlogarytmicznej), to naprężenia styczne można obliczyć z powszechnie znanej zależności:

$$\tau_{kr} = \rho \cdot V^{*2} \quad [N \cdot m^{-2}] \quad (1)$$

gdzie :

ρ – ciężar objętościowy wody [$kg \cdot m^{-3}$],
 V^* – prędkość ścinająca [$m \cdot s^{-1}$].

Wartość prędkości ścinającej można wyznaczyć z wykresu prostej $v = f(h)$ jako:

$$V^* = \frac{a}{5,75} \quad [m \cdot s^{-1}] \quad (2)$$

gdzie:

a – współczynnik nachylenia prostej $v = f(h)$, zgodnie z równaniem $y = ah+b$,
 h – odległość pomiaru prędkości wody nad dnem cieku [m].

Moc strumienia obliczono stosując metodę Briggsa i Middeltona [za Dąbkowskim i in. 1982] za pomocą równania :

$$\Omega = \gamma \cdot Q \cdot E_t \quad [N \cdot m \cdot s^{-1}] \quad (3)$$

$$E_t = \alpha V^2 / 2g + h \quad [m] \quad (4)$$

gdzie :

- γ – ciężar objętościowy wody [$N \cdot m^{-3}$],
- Q – przepływ [$m^3 \cdot s^{-1}$],
- E_t – wysokość energii [m],
- V – prędkość średnia w profilu [$m \cdot s^{-1}$],
- g – grawitacja [$m \cdot s^{-2}$],
- h – średnie napełnienie w przekroju [m].

WYNIKI POMIARÓW, Dyskusja

Wyniki pomiarów i obliczeń naprężeń stycznych, mocy strumienia i mocy jednostkowych, wykonane dla każdego przekroju pomiarowego w okresie przed i po regulacji technicznej, zestawiono w tabelach 1 i 2. Natomiast dla przykładu na rysunku 1 pokazano rozkład wartości prędkości ścinającej i naprężeń (na odcinku badawczym) przed zabudową i po zabudowie (rys. 2) a także rozkład naprężeń i mocy jednostkowej strumienia przed zabudową (rys. 3) i po zabudowie (rys. 4)

Tabela 1. Zestawienie wyników dla przekrojów pomiarowych przed regulacją techniczną

Table 1. The results of measurements sections before the river training

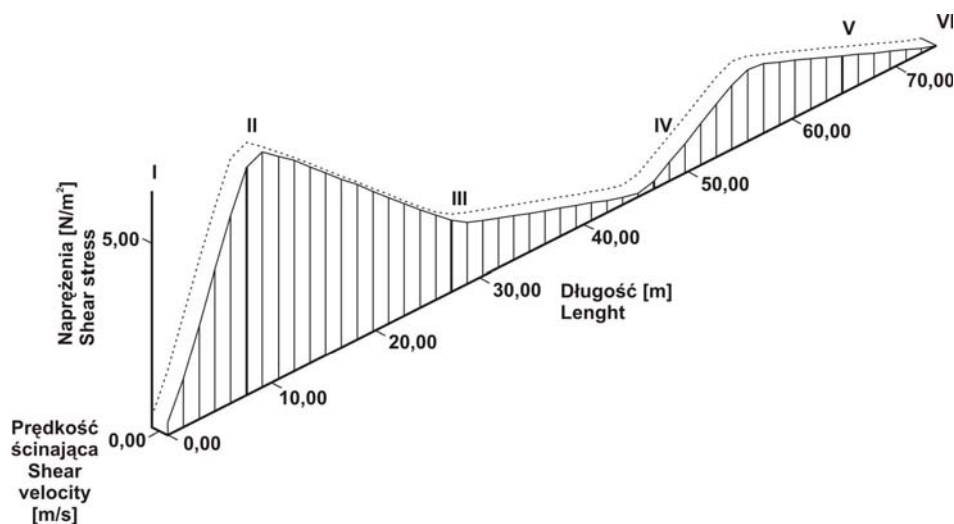
Przekrój Cross-section	Naprężenie styczne Shear stress $\tau = \rho \cdot V^2 [N \cdot m^{-2}]$	Moc strumienia Stream power $\Omega = \gamma \cdot Q \cdot E_t [W]$	Moc jednostkowa Unit stream power $\Omega_m = \frac{\Omega}{A} [W \cdot m^{-2}]$
I-I	0,053	882,9	169,8
II-II	6,738	494,4	95,1
III-III	1,728	282,5	54,3
IV-IV	0,0005	1165,4	224,1
V-V	2,076	565,1	108,7
VI-VI	0,0008	953,5	183,4

Tabela 2. Zestawienie wyników dla założonych przekrojów po regulacji technicznej
Table 2. The results after the river training

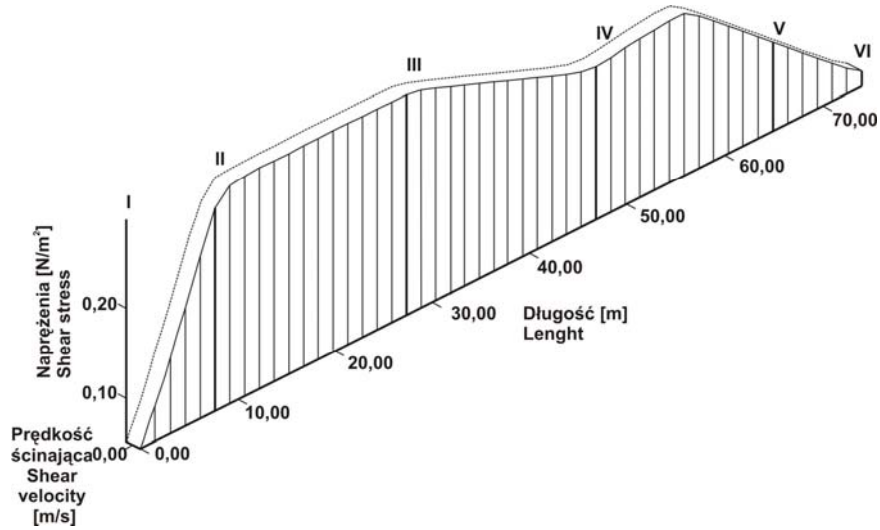
Przekrój Cross section	Naprężenia styczne Shear stress $\tau = \rho \cdot V^{*2} [N \cdot m^{-2}]$	Moc strumienia Stream power $\Omega = \gamma \cdot Q \cdot E_t [W]$	Moc jednostkowa Unit stream power $\Omega_m = \frac{\Omega}{A} [W \cdot m^{-2}]$
I–I	0,041	164,8	96,9
II–II	0,296	412,0	242,4
III–III	0,296	597,4	351,4
IV–IV	0,219	473,8	278,7
V–V	0,234	391,4	230,2
VI–VI	0,067	782,8	460,5

Na wykresach naniesiono lokalizację przekrojów (I–VI).

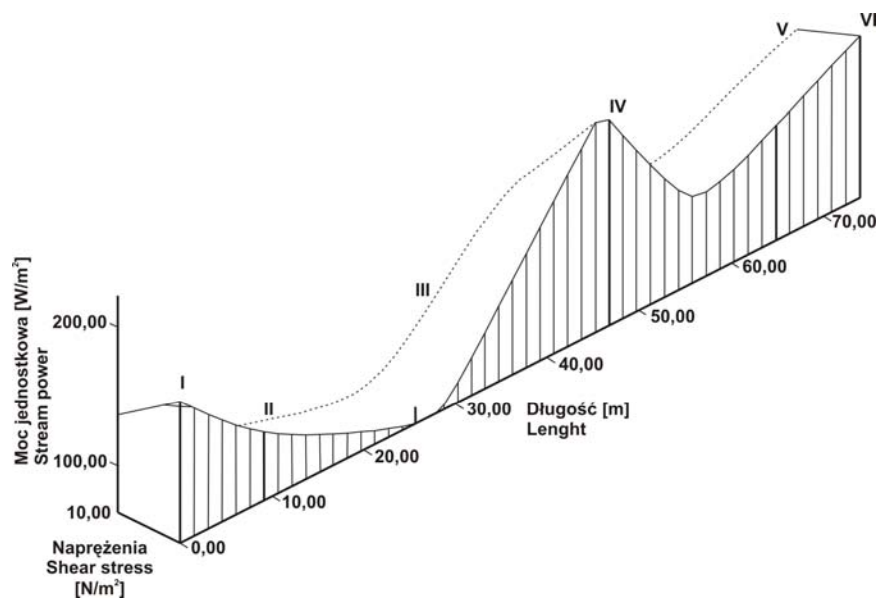
Z wykresu rozkładu naprężeń stycznych przed regulacją wynika, że ich wielkości są bardzo zmienne i mieszczą się w przedziale od $0,0008 N \cdot m^{-2}$ do $6,738 N \cdot m^{-2}$. Poniżej stopnia betonowego, redukującego spadek w przekroju pomiarowym I–I, wartość naprężeń wynosi $0,053 N \cdot m^{-2}$. W przekroju II–II naprężenia wzrastają, osiągając maksymalną wartość $6,738 N \cdot m^{-2}$. Fakt ten spowodowany jest zwężeniem strugi pod mostem, powstałym w skutek znajdującej się tam łachy z nagromadzonym rumoszem oraz lokalnym obniżeniem głębokości potoku do 12 cm.



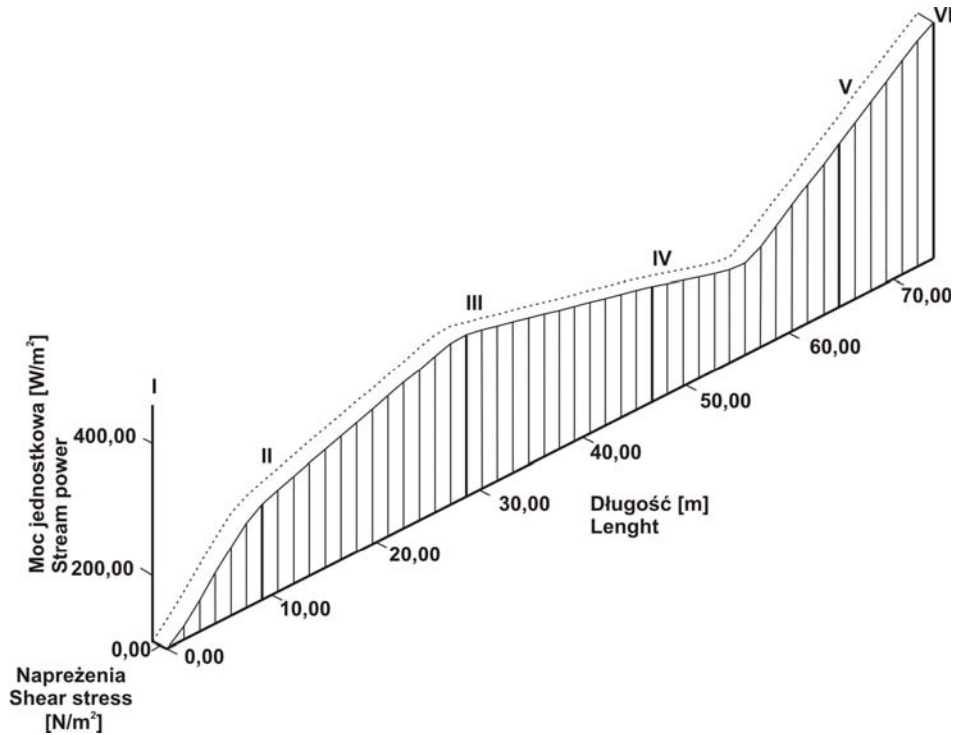
Rysunek 1. Rozkład wartości prędkości ścinających i naprężeń przed regulacją potoku
Figure 1. The distribution of shear velocity values and shear stresses before river training



Rysunek 2. Rozkład wartości prędkości ścinających i naprężeń po regulacji potoku
Figure 2. The distribution of shear velocity and versus shear stress after river training



Rysunek 3. Rozkład naprężeń i mocy jednostkowej przed regulacją potoku
Figure 3. The distribution of shear stress values and of unit stream power before river training



Rysunek 4. Rozkład naprężeń i mocy jednostkowej po regulacji potoku
Figure 4. The distribution of shear stress value and of unit stream power after river training

W przekroju II–II naprężenia wzrastają, osiągając maksymalną wartość $6,738 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$. Fakt ten spowodowany jest zwężeniem strugi pod mostem, powstałym w skutek znajdującej się tam łachy z nagromadzonym rumoszem oraz lokalnym obniżeniem głębokości potoku do 12 cm. W przekrojach III–III i V–V wartości naprężeń są zbliżone i wynoszą odpowiednio $1,728 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$ i $2,076 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$. Ma to związek z tym, że obydwa przekroje zostały założone w miejscach, gdzie znajduje się obszar bystrza. Prędkości ścinające mają tu zbliżone wartości ($0,042 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $0,046 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Przekrój IV–IV został założony w miejscu, gdzie w wyniku powodzi w 2001 r. powstała duża wyrwa tworząc głębokie rozlewisko, w tym miejscu wartość naprężeń jest minimalna i wynosi $0,0005 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$. Podobne rozlewisko powstało w przekroju VI, gdzie naprężenia osiągają również niską wartość $0,0008 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$.

Wartość mocy strumienia w poszczególnych przekrojach waha się w granicach od 282,5 W do 1165,4 W. Z kolei moc jednostkowa osiąga wartości od $54,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ do $224,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Minimalne wartości zarówno mocy strumienia jak i mocy jednostkowej, występują w przekroju II–II i wynoszą odpowiednio 282,5 W

i $54,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Ma to związek z małą głębokością, a w konsekwencji ze zmniejszeniem wysokości energii. Największą wartość moc strumienia osiąga w przekroju IV–IV – $1165,4 \text{ W}$.

Po wykonaniu regulacji technicznej potoku zauważyć można, że wartości naprężeń stycznych są zbliżone w poszczególnych przekrojach i mieszczą się w przedziale $0,041 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ - $0,296 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$. Wartość naprężeń w przekroju I –I wynosi $0,041 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ i nie wiele różni się od wielkości sprzed regulacji ($0,053 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$), co wynika z faktu iż na omawianym odcinku nie wykonywano regulacji. Naprężenia w przekrojach II–II, III–III i IV–IV są bardzo wyrównane i wynoszą odpowiednio $0,296 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$, $0,296 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ i $0,219 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$. Ma to bezpośredni związek z wykonaną na tym odcinku regulacją: usunięciem łąch i przetamowań z koryta ciekłu, zabudowaniem istniejących wyrw, wybudowaniem na lewym brzegu opaski z koszy siatkowo-kamiennych oraz wyrównaniem trasy ciekłu. W przekroju VI–VI wartość naprężeń wynosi $0,067 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ i jest zbliżona do wartości w pierwszym przekroju, gdyż zarówno pierwszy jak i ostatni przekrój założono poniżej budowli redukujących spadek tj. stopnia betonowego i progu wykonanego z koszy siatkowo kamiennych.

Po regulacji technicznej, wartość mocy strumienia waha się w granicach $164,8 \text{ W}$ – $782,8 \text{ W}$. Moc jednostkowa mieści się w przedziale $96,6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ – $460,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Na odcinku objętym regulacją za pomocą opasek z koszy siatkowo-kamiennych, gdzie usytuowano przekroje od II–II do V–V wartość mocy strumienia utrzymuje się w przedziale od $391,4 \text{ W}$ – 597 W , natomiast moc jednostkowa od $230,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ do $351,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Nagły wzrost mocy strumienia widoczny na wykresie, w ostatnim VI–VI przekroju do wartości $782,8 \text{ W}$, spowodowany jest dużym wzrostem głębokości (do około 60 cm), a w konsekwencji zwiększeniem wysokości energii. Ma to miejsce poniżej stopnia.

WNIOSKI

Z analizy pomiarów i obliczeń przeprowadzonych na odcinku objętym badaniami potoku Cedron, wynikają następujące wnioski:

1. Regulacja ciekłu ma istotny wpływ na zmianę reżimu przepływu.
2. Przed regulacją zaobserwowano duże zmiany naprężeń stycznych i mocy strumienia, co ma związek z dużymi zmianami turbulencji wody a w konsekwencji przekłada się na zniszczenie dna i powstanie wyboju w rejonie zakrętu rzeki w km 0+540–0+620.
3. Wykonana regulacja zlikwidowała wybój w km 0+540–0+620 co spowodowało zredukowanie gwałtownych zmian naprężeń stycznych w tym miejscu.
4. Po regulacji na odcinku, gdzie wybudowano opaskę z koszy siatkowo kamiennych na lewym brzegu, nastąpiło wyrównanie sił działających na dnie potoku.

5. Zmniejszenie naprężeń poniżej i powyżej odcinka uregulowanego, tj. w I–I i VI–VI przekroju ma związek z istnieniem stopni na początku i końcu odcinka regulowanego.

6. Najmniejsza wartość mocy strumienia jak i innych parametrów hydraulicznych przed regulacją występowała na odcinku wyboju.

7. Wyniki pracy mogą posłużyć projektantom opracowującym regulację potoków górskich.

BIBLIOGRAFIA

- Bartnik W., Strużyński A., Święc A. *Ocena stabilności koryta Kruźłowianki po wybudowaniu gabionów*. Bliskie naturze kształtowanie dolin rzecznych. Monografia Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska nr 103. INTERN-DRUK. Koszalin 2004, s. 71–82.
- Bednarczyk T., Madeyski M., Radecki-Pawlik A. *Zabezpieczenie osuwiska i potoku przy zachowaniu walorów krajobrazowych parku miejskiego*. Zesz. Nauk. AR Wrocław nr 437, 2002, s. 55–63.
- Dąbkowski L., Skibiński J., Żbikowski A., *Hydrauliczne podstawy projektów wodnomelioracyjnych* PWR i L, Warszawa 1982.
- Jędryka E. *Wykorzystanie elementów siatkowo-kamiennych w krajowym budownictwie wodnym*. Zeszyty Naukowe AR Wrocław, nr 534, Inżynieria Środowiska XV, 2006, s. 111–122.
- Mamak W. *Regulacja rzek i potoków* PWR i L, Warszawa 1958.
- Prochal P. *Budownictwo wodne* tom I. PWR i L, Warszawa 1973.
- Radecki-Pawlik A. *Wybrane zagadnienia kształtowania się form korytowych potoku górskiego i form dennych rzeki nizinnej*. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej Kraków, Rozprawy nr 281, 2002.
- Radecki-Pawlik A., Radzikiewicz S. *Wpływ budowli regulacyjnej na rozkład naprężeń stycznych oraz skład granulometryczny rumowiska dennego na przykładzie wybranego obiektu hydrometrycznego*. Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej w Krakowie, 1998.
- Skatula L. *Zabudowa rzek i potoków górskich*. PWR i L, Warszawa 1964.

dr hab. inż. Artur Radecki-Pawlik
prof dr hab. Marek Madeyski
mgr inż. Katarzyna Król
Katedra Inżynierii Wodnej AR Kraków
Al. Mickiewicza 24/28 30-059 Kraków
e-mail: rradeck@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Włodzimierz Parzonka