

OCENA WARUNKÓW HYDRODYNAMICZNYCH SPRZYJAJĄCYCH BYTOWANIU RYB NA ODCINKU RZEKI SKAWY

Agnieszka Hawryło, Leszek Książek, Alicja Michalik

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Praca przedstawia ocenę warunków hydrodynamicznych na wybranym odcinku rzeki Skawy, gdzie stwierdzono występowanie tarlisk ryb. Badany odcinek charakteryzuje się zmiennym spadkiem i zmienną morfologią oraz zróżnicowaniem lokalnym prędkości i intensywności turbulencji. Przeprowadzono pomiary geodezyjne profilu podłużnego i profili poprzecznych koryta oraz składu granulometrycznego rumowiska. Wykonano również pomiary prędkości przepływu wody ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) na trzech stanowiskach: przed bystrzem, na bystrzu i poniżej niego. Wyniki pomiarów posłużyły do obliczenia naprężeń stycznych w korycie, rozkładów prędkości oraz rozkładów intensywności turbulencji. Dzięki tym badaniom zidentyfikowano typy siedlisk metodą MEM (Mesohabitat Evaluation Model). Według tej metody przepływy w strefie stanowisk przed bystrzem i na bystrzu sklasyfikowano jako normalne, natomiast na stanowisku poniżej bystrza jako przepływ szybki. Stwierdzenie na dwóch siedliskach przepływu normalnego pokazuje, że przyjęte kryterium w postaci szerokiego zakresu wartości naprężeń stycznych obejmującego dwa rzędy wielkości nie uwzględnia wystarczająco zmian warunków hydrodynamicznych uzyskanych w badaniach.

Słowa kluczowe: warunki hydrodynamiczne, intensywność turbulencji, siedliska rzeczne

WSTĘP

Zgodnie z wymaganiami Ramowej Dyrektywy Wodnej (RDW) w utrzymania koryt rzecznych konieczne jest rozpoznanie siedlisk pod względem hydraulicznym. Swobodny ruch organizmów żywych w środowisku wodnym jest możliwy przy zachowaniu drożności koryta rzecznej. Jednak dla życia ryb w różnych fazach rozwoju i czynnościach życiowych ważne są również warunki środowiskowe, jakie panują w korycie cieku. Dla odbycia tarła ważny aspekt środowiska stanowi temperatura, która jest związana z prędkością i głębokością wody. Natlenienie wody warunkuje również występowanie odpowiednich gatunków i procesów samooczyszczania wody. W rzekach górskich wskutek

Adres do korespondencji – Corresponding Author: mgr. inż. Agnieszka Hawryło, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: a.hawrylo@gmail.com.

ruchu turbulentnego, niskiej temperatury i dużej prędkości woda jest dobrze natleniona [Bryliński 1991].

Naturalne koryto charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem układu dna i brzegów oraz występującymi na przemian sferami głębokimi o małych prędkościach przepływu i sferami płytszymi o większej prędkości i turbulencji. Koryto takie ma liczne nieregularności dna (kamienie, żwirowiska), które zmniejszają lokalne prędkości przepływu i służą jako schronienie i znaki orientacyjne dla ryb [Ślizowski i in. 2008]. Dla zespołu zwierząt w rzekach żwirowatych istotne jest okresowe wykorzystywanie przestrzeni między żarnami żwiru. Podłoże w formie niezamulonego żwiru jest niezbędne dla przemieszczania się bezkręgowców wodnych, odbicia tarła ryb prądotłubnych oraz ich przezimowania pod lodem [Bojarski i in. 2005]. Warstwa wody mająca wpływ na życie w rzece znajduje się zatem przy dnie [Radecki 2006]. Zespoły warunków siedliskowych tworzą typy siedlisk. Rodzaj siedliska jest najczęściej rozpatrywany w obrębie formy morfologicznej i pozostaje z nią powiązany [Parasiewicz 2007]. Poszczególne jednostki morfologiczne charakteryzują się różnymi warunkami hydrodynamicznymi, które posłużą za podstawę dokonywania podziału siedlisk i ich charakterystyki. Istnieją podziały ze względu na różne parametry. Jowett [1993] dzieląc siedliska na bystrze, nurt i płoś, twierdzi, że najbardziej różnicujące parametry stanowią liczba Frouda, spadek zwierciadła wody oraz iloraz prędkości i głębokości. Hawkins [1993] dzieli siedliska trzystopniowo: wśród siedlisk „szybkiej wody” wyodrębnia (1) siedliska z wysoką i (2) siedliska z niską turbulencją – oba z różnymi typami jednostkowymi; wyróżnia też (3) siedliska „wolnej wody” (poszczególne typy występują w nurcie bądź za elementami zaburzającymi przepływ). Kemp [2000], biorąc pod uwagę liczbę Frouda, wyróżniła 15 typów – 8 z nich występowało przy małych wartościach liczby Frouda, a tylko 3 przy wysokich.

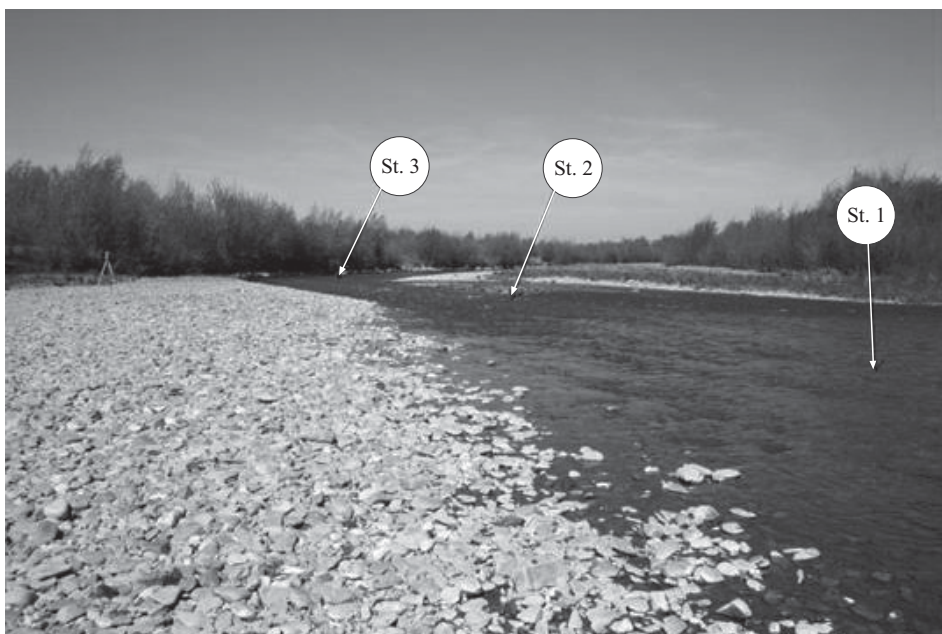
Celem prezentowanej pracy jest ocena lokalnych warunków hydrodynamicznych, które sprzyjają bytowaniu ryb na odcinku rzeki Skawy, gdzie stwierdzono występowanie gatunków świnka i strzebla potokowa, które bytują w miejscach dobrze natlenionych, o żwirowo-kamienistym dnie, blisko prądu lub w prądzie [Bryliński 1991]. Do klasyfikacji typów siedlisk wykorzystano metodę MEM opracowaną w Austrii [Hauer i in. 2008]. Dzięki nowym technologiom pozwalającym na pomiary prędkości z dużą częstotliwością, przy rozpatrywaniu warunków przepływu wody w jednostkach morfologicznych użytecznych dla organizmów żywych pojawia się kwestia scharakteryzowania ruchu turbulentnego. Cardinali i in. [2002] obliczają turbulentną energię kinetyczną, Harvey i in. [2009] charakteryzują wiry w ruchu turbulentnym, Smith i Brannon [2007] wykorzystują intensywność turbulencji. Charakterystyka warunków hydrodynamicznych w niniejszej pracy zawiera również określenie intensywności turbulencji.

METODYKA I PRZEDMIOT BADAŃ

Badania warunków hydrodynamicznych zostały przeprowadzone na Skawie, która jest rzeką drugiego rzędu o długości 98 km i powierzchni zlewni 1188 km²; kształt zlewni jest wydłużony w kierunku północnym (dł. 60 km, szer. 2–28 km). Badany odcinek ma długość 320 m i znajduje się w okolicach Wadowic przy ujściu lewobrzeżnego dopływu, potoku Choczenka w 18,370 km biegu Skawy. Powyżej tego dopływu zlewnia ma

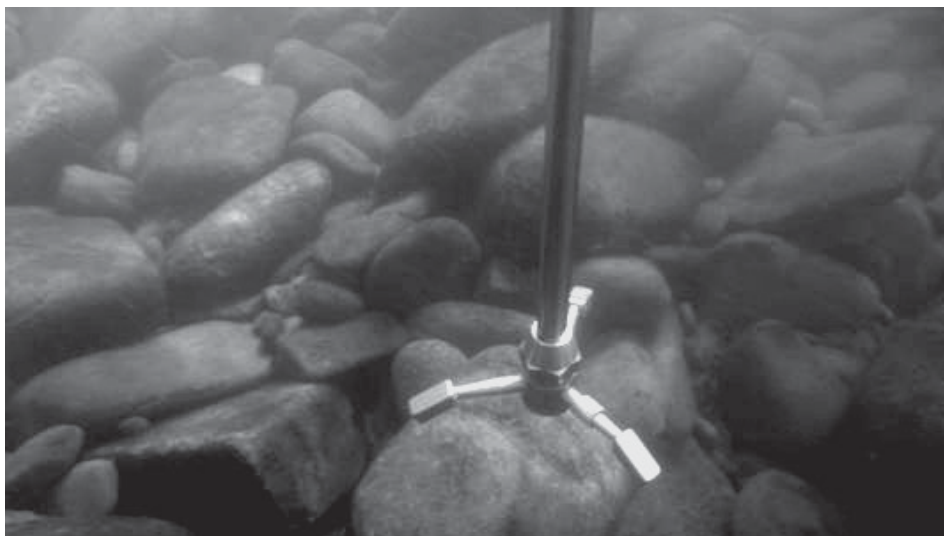
charakter górski (873 km²), natomiast poniżej podgórski (315 km²). Koryto na badanym odcinku jest zażwirowane, średni spadek dna wynosi 4,3‰. Tuż przed ujściem potoku na prawym brzegu Skawy znajduje się bystrze, do którego również na prawym brzegu przylega łacha żwirowa.

W celu określenia warunków hydrodynamicznych wykonano pomiary geodezyjne profilu podłużnego badanego odcinka i dziesięciu przekrojów poprzecznych koryta oraz określono skład granulometryczny materiału dennego. Ponadto przeprowadzono pomiary prędkości wody na trzech stanowiskach o różnych warunkach przepływu – przed bystrzem (stanowisko 1), na bystrzu (stanowisko 2) i poniżej ujścia potoku (stanowisko 3) (rys. 1).



Rys. 1. Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych
Fig. 1. Location of measurement positions

Zastosowano do nich przyrząd ADV (Acoustic Doppler Velocimeter, rys. 2), umożliwiający pomiar trzech składowych prędkości. W każdym punkcie pionu pomiar był wykonywany w czasie 1 min z częstotliwością 20 Hz. Komórka pomiarowa ADV znajduje się 5 cm poniżej sondy, która aby dokonać pomiaru, musi być zanurzona, dlatego piony hydrometryczne sięgają do głębokości względnej $z/h = 0,7$. Wyniki pomiarów zostały skorygowane ze względu na jakość sygnału $SNR > 4$ zgodnie z zaleceniami firmy Sontec; zostały również usunięte punkty odskakujące od przebiegu zależności [Goring i Nikora 2002] za pomocą oprogramowania WinADV. Opracowane wyniki posłużyły do określenia rozkładu prędkości w pionach hydrometrycznych, średniej prędkości oraz rozkładu intensywności turbulencji.



Rys. 2. Położenie sondy ADV podczas pomiaru
 Fig. 2. Location of ADV probe during measurement

W ruchu turbulentnym dla dostatecznie dużego czasu można wyznaczyć prędkości chwilowe według wzoru [Lewandowski 2006]:

$$u_x = \overline{u_x} + u_x'$$

gdzie:

- u_x – prędkość chwilowa w kierunku nurtu (x),
- $\overline{u_x}$ – prędkość uśredniona w czasie,
- u_x' – chwilowa pulsacja prędkości.

Analogicznie oblicza się składowe prędkości chwilowej w kierunkach y i z . Intensywność turbulencji ε dla poszczególnych składowych prędkości ma postać:

$$\varepsilon_x = \frac{\sqrt{u_x'^2}}{u_x} \quad \varepsilon_y = \frac{\sqrt{u_y'^2}}{u_y} \quad \varepsilon_z = \frac{\sqrt{u_z'^2}}{u_z}$$

Prędkość średnia w pionie hydrometrycznym została wyznaczona za Byczkowskim [1996]. Naprężenia styczne obliczono według wzoru:

$$\tau = \gamma \cdot h \cdot I$$

gdzie:

- τ – naprężenie styczne na dno, $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$,
- γ – ciężar objętościowy wody, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$,
- h – napelnienie, m,
- I – spadek zwierciadła wody.

Identyfikacji typów siedlisk dokonano metodą Mesohabitat Evaluation Model [Hauer i in. 2008], zgodnie z którą na podstawie reżimu przepływu przyjmuje się sześć typów siedlisk: (1) wartki nurt, (2) przepływ szybki, (3) przepływ normalny, (4) przepływ spokojny, (5) płytka woda i (6) zastoiska.

Podstawę tej klasyfikacji stanowi określona prędkość przepływu wody, napelnienie i naprężenia styczne. Podział jest realizowany za pomocą parametru MH :

$$MH = (K_d + K_v) \cdot K_\tau$$

gdzie:

K_d – kod napelnienia,

K_v – kod prędkości,

K_τ – kod naprężeń.

Kody są przypisane odpowiednim przedziałom napelnienia, prędkości i naprężeń, które wyznacza się na podstawie wizji w terenie i określenia podziału typów siedlisk na odcinku referencyjnym [Książek i Bartnik 2009]. Przedziały wyżej wymienionych wielkości (tab. 1) przyjęto jak dla rzeki alpejskiej Ois River w Austrii [Hauer i in. 2008].

Tabela 1. Klasyfikacja prędkości, napelnień i naprężeń stycznych do modelowania siedlisk

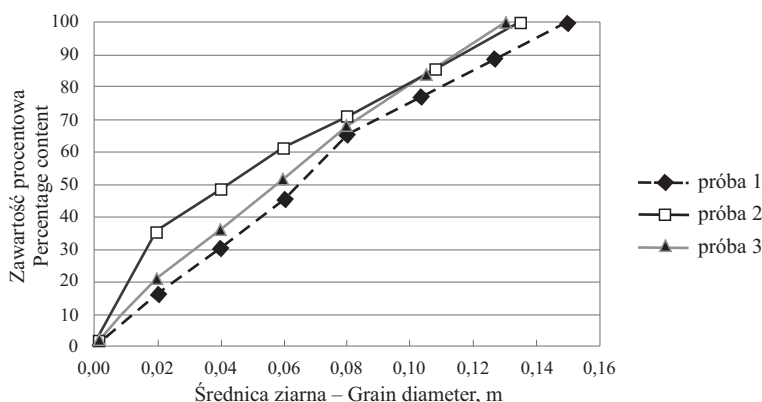
Table 1. Classification of velocity, depth and shear stress for mesohabitat modelling

Prędkość Velocity m · s ⁻¹	Kod Code	Napelnienie Depth m	Kod Code	Naprężenia styczne Shear stress N · m ⁻²	Kod Code
0,01–0,10	1	0,01–0,40	5	0,01–2,0	0
0,11–0,25	2	0,41–0,80	4	2,01–20,0	1
0,26–0,40	3	0,81–1,20	3	>20,0	2
0,41–0,75	4	1,21–1,50	2		
>0,75	5	>1,50	1		

Źródło – Source: Hauer C., Tritthart M., Habersack H., 2008. Computer-aided mesohabitat evaluation. I: Background, model concept, calibration and validation based on hydrodynamic numerical modeling. Int. Conf. on Fluvial Hydraulics – River Flow. T. – Vol. 3. Red. – Eds. M. Altınakar, M. Kocpinar, Y. Darama, B. Yegen, N. Harmancioglu. KUBABA Congress Department and Travel Services, Ankara, 1967–1974.

WYNIKI BADAŃ I INTERPRETACJA

Pomiary geodezyjne profilu i przekrojów poprzecznych pozwoliły na scharakteryzowanie badanego odcinka. Szerokość koryta przy zwierciadle wody wynosiła od 35 m powyżej bystrza, poprzez 16 m w przekroju, gdzie wpływa Choczenka, do około 20 m poniżej. Nurt biegł przy prawym brzegu na początku odcinka i przesuwał się do brzegu lewego. Napelnienia wynosiły 0,95 m przed bystrzem (st. 1) i około 0,5 na zbystrzeniu (st. 2), a poniżej ujścia przekraczały 1,0 m (st. 3). Pomierzone spadki zwierciadła wody mieściły się w przedziale od $i = 0,0015$ do $i = 0,011$, średni spadek na badanym odcinku wynosił zaś $i = 0,004$. Na podstawie pomiaru składu granulometrycznego rumowiska dennego wykreślono krzywe uziarnienia przedstawione na rys. 3.



Rys. 3. Krzywe uziarnienia rumowiska

Fig. 3. Grain size distribution of the river bed material

Z krzywej uziarnienia wyznaczono wskaźniki charakterystyczne dla materiału dennego [Dąbkowski i in. 1982, Gradziński i in. 1976] Wyliczono: ε_k – wskaźnik różnoziarnistości według Knorosa; u – stopień wysortowania według Hazena; C_d – wskaźnik jednostajności wg Kollisa; δ – odchylenie standardowe krzywej uziarnienia; S_0 – wskaźnik wysortowania według Traska (tab. 2).

Próba pierwsza została pobrana na lewym brzegu Skawy, około 20 m przed ujściem potoku. Średnice charakterystyczne rumowiska wynoszą: $d_m = 0,068$ m, $d_{50} = 0,006$ m, $d_{84} = 0,118$ m. Materiał ten był różnoziarnisty i umiarkowanie wysortowany. Druga próba również została pobrana z lewego brzegu. Średnica miarodajna wynosiła $d_m = 0,0543$ m, a średnice charakterystyczne $d_{50} = 0,043$, $d_{84} = 0,105$ m. Zawartość frakcji mniejszych od 0,02 m sięgała 35% próby, natomiast większych od 0,08 m – 29% próby. Wartości wyznaczonych charakterystyk wskazują, że materiał jest różnoziarnisty i umiarkowanie wysortowany. Próba trzecia została pobrana ok. 20 m powyżej poprzednich. Cechowała się średnicą miarodajną $d_m = 0,061$ m oraz średnicami charakterystycznymi $d_{50} = 0,058$, $d_{84} = 0,105$ m. Stopień wysortowania wg Traska pokazuje, że rumowisko jest umiarkowanie wysortowane.

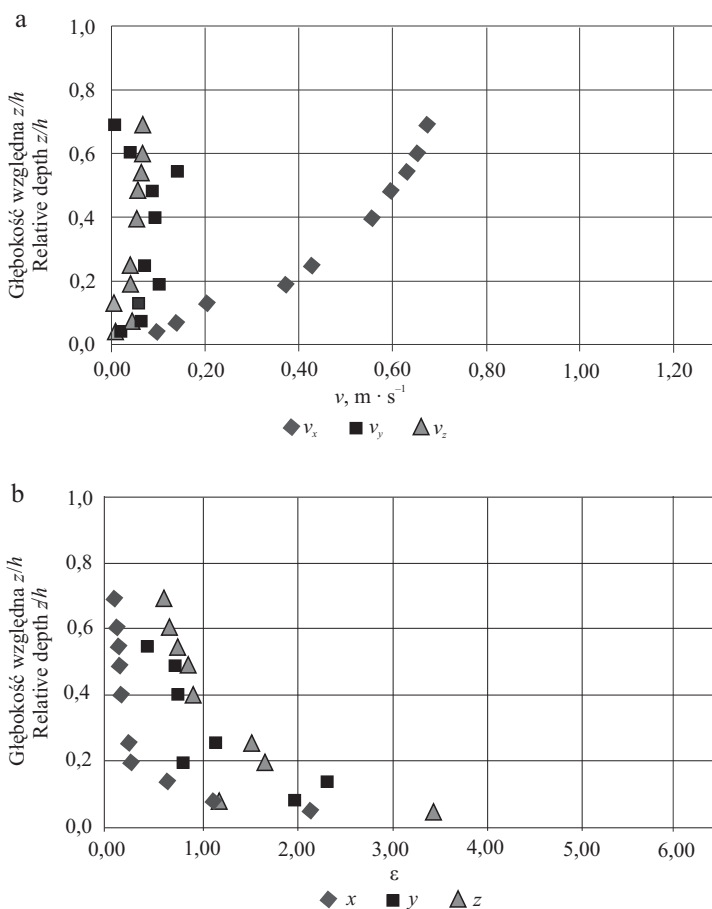
Tabela 2. Charakterystyki materiału dennego

Table 2. Characteristics of the bed material

Nr próby Number of probe	Wskaźnik uziarnienia Granulometric parameter				
	$\varepsilon = \frac{d_{95}}{d_5}$	$u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	$C_d = \frac{d_{90} \cdot d_{10}}{d_{50}^2}$	$\delta = \left(\frac{d_{84}}{d_{16}}\right)^{0,5}$	$S_0 = \left(\frac{d_{75}}{d_{25}}\right)^{0,5}$
1	22,24	5,95	0,39	2,42	1,74
2	44,11	10,23	0,36	3,39	2,49
3	20,67	7,37	0,32	2,62	1,89

Wyniki pomiarów otrzymano przy zastosowaniu programu Horizon ADV, kompatybilnego z przyrządem. W poszczególnych plikach zawarte są prędkości chwilowe trzech składowych, wykresy pulsacji prędkości oraz zestawienie statycznie licznych wartości prędkości średniej i odchylenia standardowego.

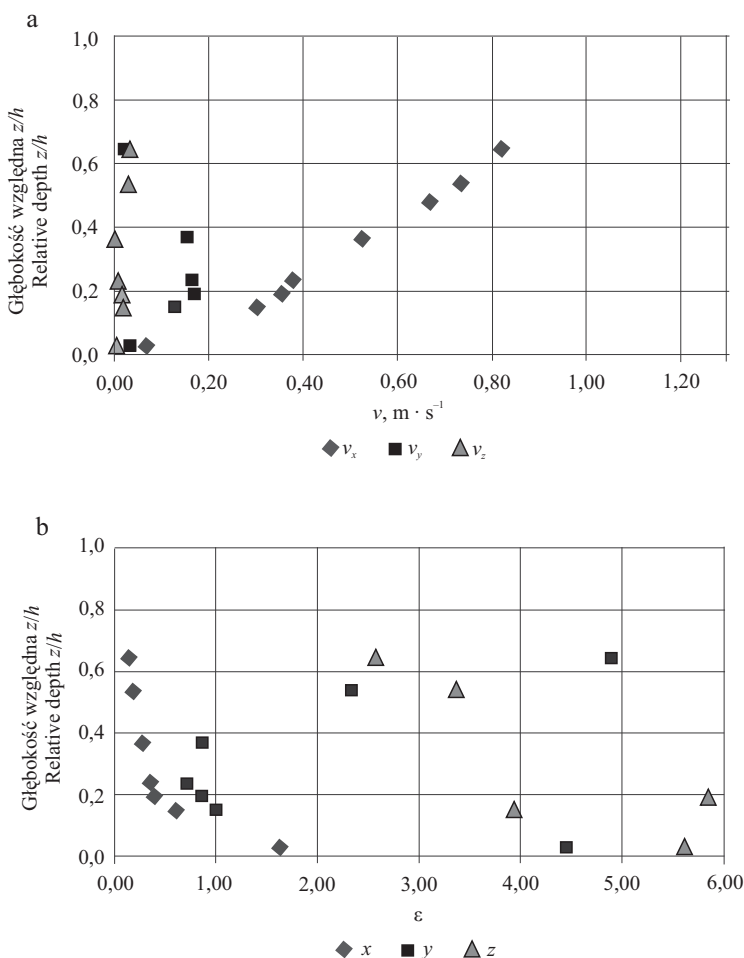
Do interpretacji wykorzystano rozkłady prędkości w badanych pionach hydrometrycznych oraz odpowiadające im intensywności turbulencji (rys. 4–6). Napełnienie na stanowisku pierwszym (rys. 4) wynosiło 0,34 m, pomiary prędkości wody sięgały do wysokości 0,23 m nad dnem. Wartości prędkości w kierunku nurtu kształtowały się w przedziale od $v_x = 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ przy dnie do $v_x = 0,67 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na głębokości $z/h = 0,69$, układając się wzdłuż krzywej rosnącej do góry, przy czym największa zmiana prędkości następowała na głębokości ok. $z/h = 0,18$. W kierunku poprzecznym do nurtu wartości prędkości pozostawały mało zróżnicowane, na końcach pionu były bliskie zera, natomiast w granicach głębokości 0,06–0,18 m oscylowały wokół $v_y = 0,08 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Prędkość w kierunku pionowym okazała się najmniejsza przy dnie (około $0,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) i rosła wzdłuż



Rys. 4. Profil prędkości (a) i rozkład intensywności turbulencji (b) na stanowisku pierwszym
Fig. 4. Velocity profile (a) and turbulence intensity distribution (b) on first location

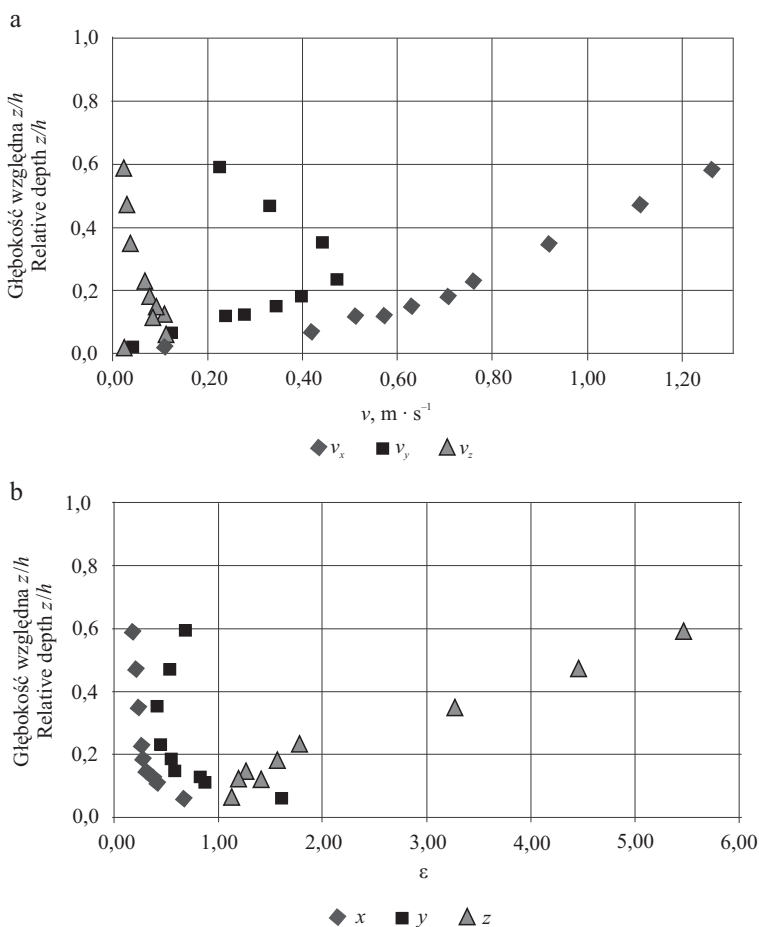
krzywej do wartości $v_z = 0,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Intensywność turbulencji na pierwszym stanowisku miała podobny przebieg we wszystkich trzech kierunkach, wzrastając w kierunku dna, przy czym w kierunku równoległym do nurtu przyjmowała najmniejsze wartości, natomiast w kierunku pionowym największe.

Na stanowisku znajdującym się na bystrzu (rys. 5), gdzie napelnienie wynosiło 0,23 m, wartości prędkości w kierunku x układały się wzdłuż linii prostej, szybko wzrastając od $v_x = 0,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na głębokości 0,01 m nad dnem do $v_x = 0,82 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ na głębokości 0,15 m. Wartości prędkości v_y układały się wzdłuż krzywej, która osiągała największe wartości w granicach głębokości $z/h = 0,1-0,4$, tj. około $0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. W kierunku pionowym prędkość przepływu wahała się od $v_z = 0,001 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do $v_z = 0,003 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Rozkład intensywności turbulencji na bystrzu przejawiał regularność jedynie w kierunku zgodnym z nurtem; w kierunku dna rósł od $\varepsilon_x = 0,17$ do $\varepsilon_x = 1,65$. Zmienność i większa wartość intensywności turbulencji w pozostałych kierunkach mogła być spowodowana zwiększeniem szorstkości dna.



Rys. 5. Profil prędkości (a) i rozkład intensywności turbulencji (b) na stanowisku drugim
 Fig. 5. Velocity profile (a) and turbulence intensity distribution (b) on second location

Natomiast w pionie za bystrzem (rys. 6) z napełnieniem 0,42 m wartości prędkości w kierunku nurtu tworzyły krzywą rosnącą; na głębokości $z/h = 0,59$ osiągała ona wartość $v_x = 1,26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Wartości prędkości w kierunku poprzecznym były największe w przedziale głębokości $z/h = 0,2-0,4$, osiągając maksimum $v_y = 0,47 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Prędkość w kierunku pionowym największe wartości przyjmowała przy dnie, do głębokości 0,10 m – rzędu $v_z = 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Intensywność turbulencji w kierunku nurtu reprezentowała rozkład i wartości jak poprzednich pionach. W kierunku poprzecznym do nurtu wykazywała regularność i jej wartości nie przekraczały $\varepsilon_y = 2$, w porównaniu do drugiego pionu pulsacje prędkości mogły zostać wygaszone przez dopływ potoku. W kierunku pionowym intensywność turbulencji malała w kierunku dna od $\varepsilon_z = 5,5$ do od $\varepsilon_z = 1,12$. Pulsacje prędkości w pionie nie były zróżnicowane, jednak w odniesieniu do prędkości średniej w danym punkcie, która przy dnie miała większe wartości niż wyżej, rozkład układał się wzdłuż prostej, przyjmując mniejsze wartości przy dnie.



Rys. 6. Profil prędkości (a) i rozkład intensywności turbulencji (b) na stanowisku trzecim
Fig. 6. Velocity profile (a) and turbulence intensity distribution (b) on second location

Wyniki oceny MEM (tab. 3) wskazują, że dwóm pierwszym stanowiskom należy przypisać przepływ normalny ($MH = 9$), natomiast stanowisku trzeciemu przepływ szybki ($MH = 18$). Pomimo że drugi pion znajdował się na bystrzu, przepływ szybki według MEM zlokalizowano poniżej bystrza.

Tabela 3. Zestawienie parametrów do określenie parametru MH na trzech stanowiskach
Table 3. List of parameters to determinate of MH parameter for three locations

Nr pionu Profile number	v_{sr} $m \cdot s^{-1}$	K_v	h m	K_h	τ $N \cdot m^{-2}$	K_τ	MH
1	0,55	4	0,34	5	4,97	1	9
2	0,64	4	0,23	5	16,67	1	9
3	1,07	5	0,42	4	45,06	2	18

PODSUMOWANIE

Na badanym odcinku występowały zmiany spadku i zmiany morfologii koryta, rumowisko było różnoziarniste i umiarkowanie wysortowane. Frakcję przeważającą stanowił materiał żwirowy i kamienny, co sprzyjało bytowaniu ryb.

Prędkości przepływu wody w kierunku nurtu miały wartości największe, w kierunku pionowym zaś najmniejsze. Rozkład logarytmiczny do badanej wysokości występował tylko w przypadku prędkości w kierunku równoległym do nurtu. Intensywność turbulencji powyżej bystrza miała taki sam rozkład we wszystkich trzech kierunkach, przy czym najmniejszą jej wartość odnotowano w kierunku nurtu. Na bystrzu składowe y i z intensywności turbulencji wykazywały dużą zmienność w pionie, natomiast składowa x miała przebieg jak przed bystrzem. Poniżej bystrza składowe intensywności turbulencji x i y charakteryzował regularny rozkład analogicznie do wcześniejszych stanowisk, natomiast wartości składowej z malały w kierunku dna wzdłuż prostej. Mogło to być skutkiem wzrostu przepływu wody pochodzącego od dopływu.

Reasumując, można stwierdzić, że duża zmienność pulsacji świadczy o mieszaniu się warstw wody, co sprzyja natlenianiu tego miejsca. Warunki takie można uznać za dogodne do występowania ryb.

Metoda oceny siedlisk MEM pokazuje, że przed bystrzem i na bystrzu siedlisko definiujemy w kategoriach przepływu normalnego, pomimo że warunki hydrodynamiczne są tu różne. Jest to wynikiem małego zróżnicowania zakresów naprężeń stycznych, które występują jako kryterium w klasyfikacji. Być może bardziej wnikliwe rozpoznanie zmian intensywności turbulencji w określonych warunkach hydrodynamicznych mogłoby być pomocne w dokładniejszym klasyfikowaniu siedlisk. Poniżej bystrza natomiast wystąpił przepływ szybki. Wynika to z faktu, że przed trzecim stanowiskiem znajduje się dopływ potoku i zwiększa się przepływ.

PIŚMIENNICTWO

- Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyżga B., Zaleski J., 2005. Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich. Ministerstwo Środowiska, Departament Zasobów Wodnych Warszawa.
- Bryliński E., 1991. Opis wód śródlądowych. Ryby słodkowodne Polski. Wyd. 2. Red. M. Brylińska. PWN Warszawa, 94–98
- Cardinale B., Palmer M., Swan C., Brooks S., Poff N., 2002. The influence of substrate heterogeneity on biofilm metabolism in a stream ecosystem. *Ecological Society of America, Ecology* 83, 412–422 [[http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[0412:TIOSHO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[0412:TIOSHO]2.0.CO;2)].
- Dąbkowski L., Skibiński J., Żbikowski A., 1982. Hydrauliczne podstawy projektów wodnomelioracyjnych. PWRiL Warszawa.
- Jowett I.G., 1993. A method for objectively identifying pool, run and riffle habitats from physical measurements. *New Zeal. J. Marine Freshwat. Res.* 27, 241–248.
- Goring D., Nikora V., 2002. Despiking Acoustic Doppler Velocimeter data. *J. Hydraul. Engin.* 128, 117–126
- Gradziński R., Kostecka A., Radomski A., 1976. Sedymentologia. Wydawnictwa Geologiczne Warszawa.
- Harvey G., Clifford N., 2009. Microscale hydrodynamics and coherent flow structures in rivers: Implications for the characterization of physical habitat. *River Res. Applic.* 25, 160–180.
- Hauer C., Tritthart M., Habersack H., 2008. Computer-aided mesohabitat evaluation. I: Background, model concept, calibration and validation based on hydrodynamic numerical modeling. *Int. Conf. on Fluvial Hydraulics – River Flow. T. 3.* Red. M. Altinakar, M.A. Kokpinar, Y. Darama, B. Yegen, N. Harmancioglu KUBABA Congress Department and Travel Services. Ankara, 1967–1974.
- Hawkins C., Kershner J., Bisson P., Bryant, M., Decker L., Gregory S., McCullough D., Overton C., Reeves G., Steedman R., Young M., 1993. A hierarchical approach to classifying stream habitat features. *Fisheries* 18, 3–12.
- Kemp J.L., Harper D.M., Crosa G.A., 2000. The habitat-scale ecohydraulics of rivers. *Ecol. Engin.* 16, 17–29.
- Książek L., Bartnik W., 2009. Wykorzystanie warunków hydraulicznych do oceny typów siedlisk w korycie rzecznym. *Nauka Przyr. Techn.* 3(3), 1–8.
- Parasiewicz P., 2007. The MesoHABSIM Model revisited. *River Res. Applic.* 23, 893–903
- Radecki-Pawlik A., 2006. Podstawy hydrogeomorfologii cieków górskich. BEL Studio Warszawa.
- Smith D.L., Brannon E.L., 2007. Influence of cover on mean column hydraulic characteristics in small pool riffle morphology streams. *River Res. Applic.* 23, 125–139.
- Ślizowski R., Radecki-Pawlik A., Huta K., 2008. Analiza wybranych parametrów hydrodynamicznych na bystrzu o zwiększonej szorstkości na Potoku Sanoczek. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiejs.* 2, 47–58

EVALUATION OF LOCAL HYDRODYNAMIC CONDITIONS FAVOURABLE FOR LIVING OF FISH IN THE SKAWA RIVER SECTOR

Abstract. This paper shows a profile of hydrodynamic conditions present in a Skawa river portion, where fish populations have been found. The river portion surveyed is characterized by a changing gradient and varying morphology, and by a locally diversified velocity and intensity of flow turbulence. The longitudinal and transversal sections of the river bed were geodetically surveyed; the granulometric composition of the fluvial deposits was studied. Using an Acoustic Doppler Velocimeter (ADV), the river flow velocity was measured at

three sites: above the riffle, in the riffle, and below it. The measurement results were used to compute shear stresses in the river bed, velocity distributions, and intensity distributions of turbulence. Based on the study, three types of habitats were identified. Using a method known as MEM (Mesohabitat Evaluation Model), the river flow within the zone of the site above and in the riffle was classified as a normal flow, whereas the flow below the riffle was classified as a fast river flow. The fact that the two habitats were classified as zones with normal flow proves that the assumed criterion, i.e. a wide range of shear stress values showing two orders of magnitude does not adequately incorporate changes in hydrodynamic conditions revealed through the survey conducted.

Key words: hydrodynamic conditions, turbulence intensity, river habitats

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.11.2011