

Wpłynęło 09.04.2019 r.
Zrecenzowano 21.05.2019 r.
Zaakceptowano 19.06.2019 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

ZRÓŻNICOWANIE WARUNKÓW HYDROMORFOLOGICZNYCH WYBRANYCH RZEK WIELKOPOLSKI Z UWZGLĘDNIENIEM TYPOLOGII ABIOTYCZNEJ I UŻYTKOWANIA DOLINY RZECZNEJ

Karol PIETRUCZUK^{ABDEF}, **Krzysztof DAJEWSKI**^{BCDF},
Anna GARBARCZYK^{BDEF}, **Danuta WYRZYKOWSKA**^{BDEF}

Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań hydromorfologicznych rzek Wielkopolski uzyskanych na podstawie hydromorfologicznego indeksu rzecznej (*HIR*). Łącznie przebadano 93 odcinki, należące do 47 cieków. Do obliczenia metryki *HIR* wykorzystane zostały wyniki z badań terenowych. Podczas analiz statystycznych porównano zarówno indeks, jak i jego składowe – wskaźnik przekształcenia hydromorfologii (*WPH*) i wskaźnik różnorodności hydromorfologicznej (*WRH*). Wyniki analizowano pod względem typologii abiotycznej rzek, jak i użytkowania doliny rzecznej (bufora). Badania wykazały zróżnicowanie warunków hydromorfologicznych cieków na obszarze województwa wielkopolskiego. Stwierdzono stan hydromorfologiczny badanych odcinków od bardzo dobrego do złego. Stan hydromorfologiczny największej liczby odcinków (43) był dobry, następnym 25 umiarkowany, 15 bardzo dobry, 7 słaby i 3 zły. Stwierdzono również istotne statystycznie zależności między strukturą użytkowania strefy przybrzeżnej badanych odcinków a wartością *HIR*. Najlepsze warunki hydromorfologiczne występowały na odcinkach położonych w terenach seminaturalnych, a najgorsze na obszarach zurbanizowanych.

Słowa kluczowe: antropopresja, hydromorfologia rzek nizinnych, hydromorfologiczny indeks rzeczny *HIR*, różnorodność hydromorfologiczna

Do cytowania For citation: Pietruczuk K., Dajewski K., Garbarczyk A., Wyrzykowska D. 2019. Zróżnicowanie warunków hydromorfologicznych wybranych rzek Wielkopolski z uwzględnieniem typologii abiotycznej i użytkowania doliny rzecznej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 19. Z. 2 (66) s. 79–95.

WSTĘP

Pionierskie badania ekomorfologiczne w Europie zapoczątkowano w Austrii i Niemczech w latach 80. XX wieku [ILNICKI i in. 2010]. Ówczesne metody miały szereg ograniczeń, gdyż bazowały na badaniu terenowym fizycznych cech siedlisk [FRYIRS i in. 2008; PLATTS i in. 1983; RAVEN i in. 1997], uznawanych jako kluczowy element powiązań między składem gatunkowym i rozmieszczeniem biocenozy, a jakością siedlisk rzecznych [FERNANDEZ i in. 2011]. Takie podejście uniemożliwiało w pełni kompleksową ocenę rzek, gdyż inwentaryzacja odcinka cieków o długości kilkuset metrów nie dawała podstaw do wyjaśnienia przyczyn zmian morfologicznych będących efektem procesów w całym ekosystemie rzeczonym [BELETTI i in. 2015; FRYIRS i in. 2008]. Wraz z implementacją tzw. ramowej dyrektywy wodnej (RDW) [Dyrektywa 2000/60/WE] przez kraje członkowskie metody hydromorfologiczne ewoluowały, bazując m.in. na metodach geomorfologicznych, wykorzystujących teledetekcję i analizy GIS, co umożliwia wstępne scharakteryzowanie całych dorzeczy w ujęciu czasowym i przestrzennym przed właściwymi badaniami terenowymi [BELETTI i in. 2015; RINALDI i in. 2012]. Przytoczona Dyrektywa wpłynęła na rozwinięcie pojęcia „hydromorfologia”, które stało się pojęciem interdyscyplinarnym na granicy hydrologii, geomorfologii i ekologii [RINALDI i in. 2012]. Dyrektywa 2000/60 wymaga od krajów członkowskich wykonywania oceny stanu ekologicznego cieków. Ocena obejmuje między innymi elementy hydromorfologiczne, do których zalicza się reżim hydrologiczny, ciągłość rzeki, morfologię koryta i dolinę zalewową [ILNICKI i in. 2011].

W Polsce badania hydromorfologiczne były prowadzone od początku lat 90. z wykorzystaniem metody river habitat survey (RHS) [Environment Agency 2003]. W 2007 r. ukazała się dostosowana do polskich warunków metodyka RHS_PL, której opracowanie było poprzedzone przebadaniem w Polsce niemal 1000 odcinków cieków [SZOSZKIEWICZ i in. 2007]. Wykorzystując zgromadzoną bazę danych w 2017 roku konsorcjum złożone z wielu instytucji, pod kierownictwem Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, przygotowało dla Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ) nową metodykę o nazwie hydromorfologiczny indeks rzeczny (HIR) [SZOSZKIEWICZ i in. 2017]. Dotychczas żadna z metod hydromorfologicznych stosowanych w Polsce nie odpowiadała w pełni wymogom RDW, a także wymogom normy PN-EN 14614:2008 [ILNICKI i in. 2009; OSOWSKA 2012]. Natomiast *HIR* spełnia wymagania RDW oraz ww. normy.

Od 2017 r. *HIR* jest powszechnie stosowaną metodyką w Polsce do oceny warunków hydromorfologicznych cieków. *HIR* może być stosowany we wszystkich, czyli 25, typach abiotycznych cieków w Polsce, które wyodrębniono na podstawie parametrów i cech, o których mówi RDW, takich jak wysokość i wielkość zlewni czy charakterystyka geologiczna podłoża [CZOCH, KULESZA 2006]. Dla każdego typu abiotycznego określono warunki referencyjne stanowiące punkt odniesienia, wobec którego oceniany jest obecny stan ekosystemu rzecznoego wg *HIR*. Jako wa-

runki referencyjne należy rozumieć najlepsze warunki środowiskowe z minimalnym dopuszczalnym stopniem antropopresji [NIJOBER i in. 2004].

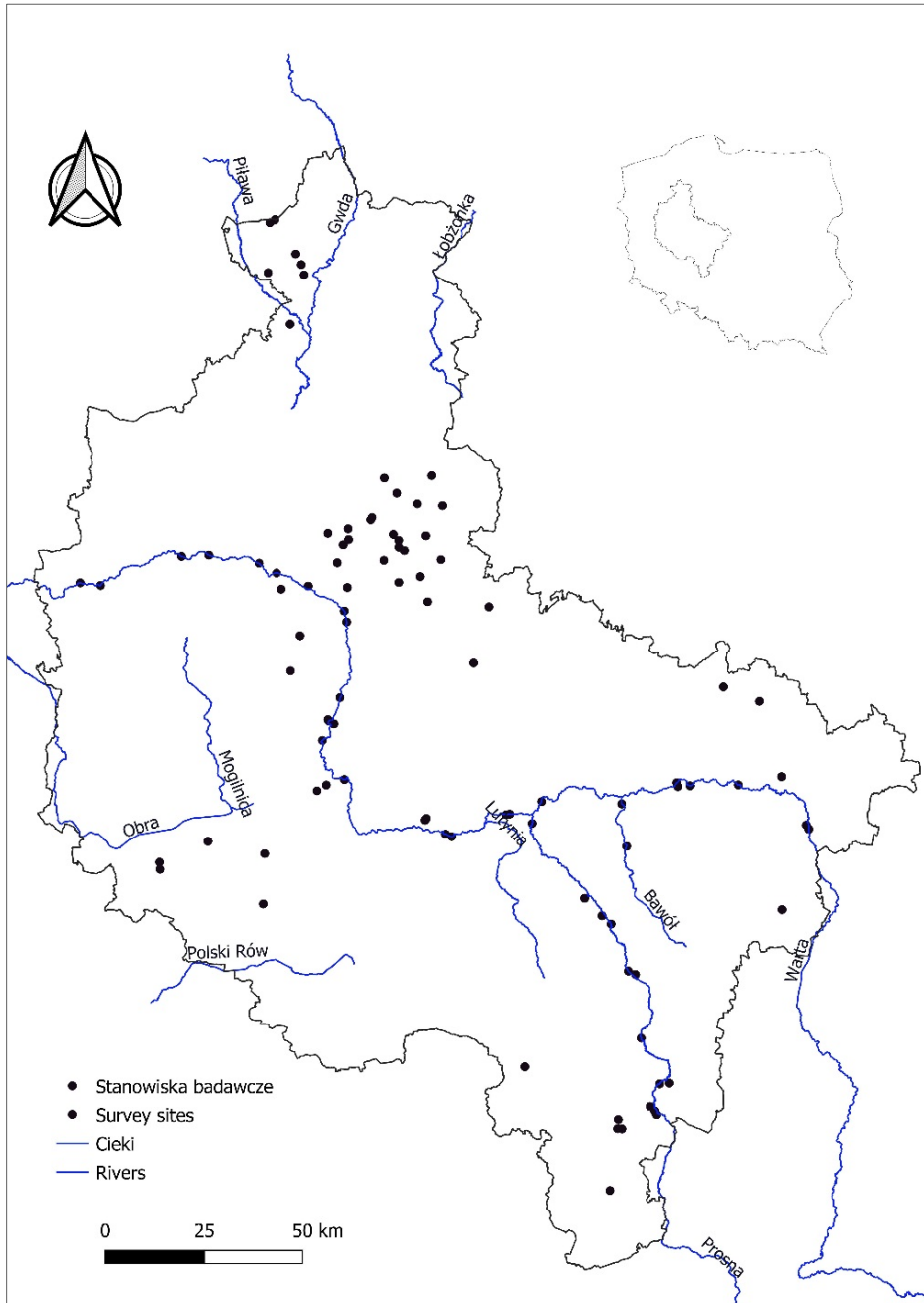
Celem pracy było zaprezentowanie oceny stanu hydromorfologicznego wybranych cieków Wielkopolski w aspekcie typologii abiotycznej, z uwzględnieniem sposobu użytkowania strefy przybrzeżnej.

MATERIAŁ I METODA BADAŃ

W 2017 r. przebadano 93 odcinki, należące do 47 cieków nizinnych położonych w Wielkopolsce. W niniejszej pracy wykorzystano wyniki wyłącznie z badań terenowych i na ich podstawie dokonano odpowiedniej klasyfikacji cieków wg *HIR*. Badania prowadzono na ciekach o zróżnicowanej typologii abiotycznej, która została wyznaczona przez zespół Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej [BŁACHUTA i in. 2010]. Były to rzeki nizinne piaszczysto-gliniaste (typ 19), np. Proсна, nizinne żwirowe (typ 20), np. Płytnica, organiczne (typ 24), np. Wełna, oraz wielka rzeka nizinna (typ 21) – Warta. Ponadto część badanych cieków w typologii klasyfikowano do potoków od organicznych (typ 23), jak Samica Kierska, lessowych lub gliniastych (typ 16), np. Zaganka, piaszczystych (typ 17), np. Młynówka czy Noteć, a także żwirowych (typ 18), np. Samborka. W badaniach stwierdzono również typ 25 – ciek łączący jeziora, do którego należy m.in. Mała Wełna. Stanowiska badawcze były rozmieszczone na obszarze całej Wielkopolski, od krańców północnych po południowe i od wschodnich po zachodnie. Dzięki tak dużemu zróżnicowaniu położenia stanowisk badawczych uzyskano duży gradient zmienności ekologicznej oraz hydromorfologicznej analizowanych danych (rys. 1).

Badane stanowiska były zróżnicowane również pod względem użytkowania strefy przybrzeżnej. W metodyce *HIR* uwzględnia się trzy formy użytkowania: seminaturalną, rolniczą lub zurbanizowaną. Najwięcej stanowisk było położonych na obszarze rolniczym (62), następnie seminaturalnym (28), a najmniej na zurbanizowanym (3).

W metodyce tej przewiduje się podział cieków na duże o średniej szerokości koryta >30 m oraz małe i średnie o szerokości średniej ≤ 30 m. Podział ten ma odzwierciedlenie w odmiennym podejściu do wykonywania badań. Różnice te dotyczą między innymi długości odcinka badawczego, a także szerokości bufora, które dla dużych rzek wynoszą odpowiednio 1000 m, a dla małych i średnich 500 m. Badania terenowe umożliwiają scharakteryzowanie koryta cieku oraz częściowo doliny. Na jednym odcinku badawczym wykonuje się ocenę 10 profili kontrolnych, które są równomiernie rozłożone, co 100 m (cieki >30 m) lub co 50 m (cieki ≤ 30 m). Formularz badań terenowych podzielony jest na odpowiednie sekcje, co ułatwia scharakteryzowanie elementów w poszczególnych profilach kontrolnych, jak i w całym odcinku badawczym. W każdym profilu kontrolnym określa się elementy fizyczne koryta, zarówno w odniesieniu do obu skarp, jak i dna. W formularzu



Rys. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych na obszarze Wielkopolski;
źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Location of the assessed river sites in the area of Wielkopolska Voivodeship;
source: own elaboration

w sekcji tej znajdują się informacje o typach nurtu, materiale podłoża, modyfikacjach i naturalnych elementach morfologicznych. Wymienione elementy określa się w profilu kontrolnym szerokości 1 m dla małych i średnich cieków oraz 10 m dla dużych rzek. Roślinność w korycie, strukturę roślinności i użytkowanie terenu na obu brzegach ocenia się w profilu kontrolnym o szerokości 10 m w przypadku wszystkich cieków. Po ocenie poszczególnych profili kontrolnych ocenia się cały odcinek, gdzie uwzględniane są, oprócz powyższych elementów, między innymi przekroje brzegów, wymiary koryta, budowle hydrotechniczne i wiele innych elementów, których dokładny opis zawarty jest w metodyce *HIR* [SZOSZKIEWICZ i in. 2017].

Na podstawie zebranych danych w terenie ocenianym elementom przyznawana jest odpowiednia punktacja. Następnie oblicza się dwa wskaźniki, będące składową multimetriksu *HIR*. Wspomnianymi wskaźnikami są wskaźnik różnorodności hydromorfologicznej (*WRH*) oraz wskaźnik przekształcenia hydromorfologii (*WPH*). *WRH* uwzględnia 13 składowych, które określają różnorodność elementów morfologicznych cieków oraz jego doliny. *WPH* obrazuje stopień przekształceń antropogenicznych hydromorfologii cieków oraz jego doliny, w skład którego wchodzi 5 elementów: przekształcony przekrój poprzeczny koryta, budowle hydrotechniczne, przekształcenia w profilach kontrolnych, utrudnienie łączności rzeki z doliną i pozostałe presje antropogeniczne. Oba wskaźniki (*WRH* i *WPH*) są elementami składowymi hydromorfologicznego indeksu rzeczny, co przedstawia poniższy wzór [SZOSZKIEWICZ i in. 2017]:

$$HIR = \frac{WRH_t - WPH_t}{100} + 0,85 \quad (1)$$

1,8

gdzie:

HIR = hydromorfologiczny indeks rzeczny,

WRH_t = wskaźnik różnorodności hydromorfologicznej na podstawie oceny terenowej,

WPH_t = wskaźnik przekształcenia hydromorfologicznego na podstawie oceny terenowej.

Po obliczeniu multimetriksu *HIR* można określić klasę stanu hydromorfologicznego badanego odcinka cieków wg tabeli 1.

Wyniki w pracy zaprezentowano, posługując się statystykami agregującymi – średnią arytmetyczną i odchyleniem standardowym. Przynależność do danej klasy stanu hydromorfologicznego wyróżniano kolorem jak w tabeli 1. Ewentualny związek między użytkowaniem strefy buforowej a wartościami *HIR*, *WRH* i *WPH* zweryfikowano testem Scheffe'a, sprawdzając uprzednio zgodność dystrybuanty zmiennej z rozkładem normalnym i pozostałymi założeniami testu. Obliczenia wykonano w programie SAS Enterprise Guide 7.1.

Tabela 1. Wartości graniczne multimetriksu hydromorfologicznego indeksu rzecznoego (*HIR*) dla pięciu klas stanu hydromorfologicznego rzek

Table 1. Hydromorphological index for rivers (*HIR*) limit values for five hydromorphological quality classes of rivers

Typ rzeki River type	Szerokość koryta Channel width	Typy abiotyczne Abiotic type	Wartości graniczne multimetriksu <i>HIR</i> właściwe dla klasy Limit values of <i>HIR</i> mutimatrix for class				
			I	II	III	IV	V
H2	≤30 m	16–20, 22, 25	≥0,761	0,760–0,639	0,638–0,500	0,499–0,375	<0,375
H3	≤30 m	23, 24, 26	≥0,725	0,724–0,592	0,591–0,459	0,458–0,326	<0,326
H4	>30 m	21	≥0,728	0,727–0,629	0,628–0,530	0,529–0,431	<0,431
H5	–	0	≥0,513	0,512–0,420	0,419–0,342	0,341–0,253	<0,253

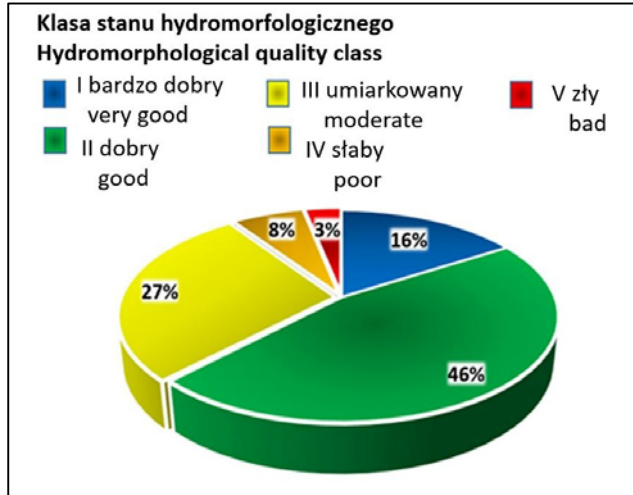
Źródło: SZOSZKIEWICZ i in. [2017], zmodyfikowana. Source: SZOSZKIEWICZ *et al.* [2017], modified.

WYNIKI BADAŃ

Przeprowadzone badania terenowe wykazały zróżnicowanie stanu hydromorfologicznego cieków w Wielkopolsce. Badane odcinki zaklasyfikowano do pięciu klas stanu hydromorfologicznego (rys. 2). Dominującym okazał się stan dobry – 46% (klasa II), następnie duży udział miały odcinki cieków w stanie umiarkowanym 27% (klasa III). Stan bardzo dobry (klasa I) stwierdzono w odniesieniu do 16% odcinków, natomiast stan słaby (IV klasa) reprezentowało 8% stanowisk badawczych. Odnotowano również zły stan hydromorfologiczny (V klasa) w przypadku 3% odcinków. Stan hydromorfologiczny poniżej dobrego dotyczył 38% badanych odcinków.

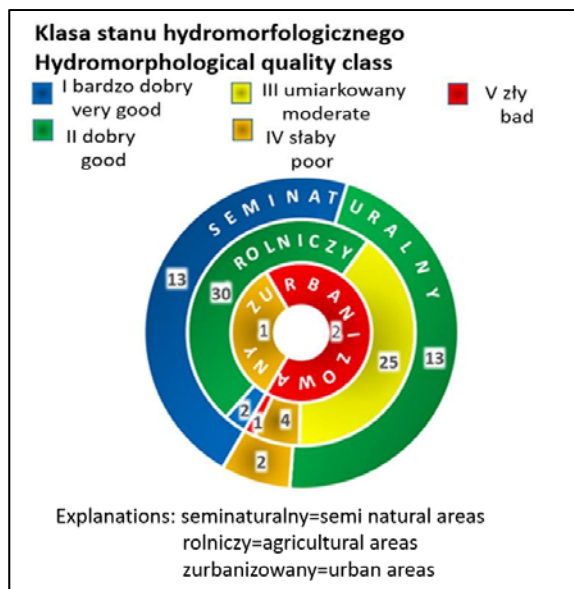
Na wykresie pierścieniowym przedstawiono zróżnicowanie klas hydromorfologicznych w poszczególnych buforach (rys. 3). W buforze seminaturalnym (zewnątrzny pierścień) stan 13 odcinków był bardzo dobry, natomiast 13 dobry. Dwa odcinki w tej strukturze użytkowania zakwalifikowano do IV klasy i były to Kanał Przemęcki – Błotnica, należący do typu 17 i Kanał Wonieść – Drzeczkowo, należący do typu 25. W przypadku bufora rolniczego, reprezentowanego łącznie przez 62 odcinki, uzyskano pełen gradient klas. Badane odcinki charakteryzowały się w zdecydowanej większości stanem dobrym (30) lub umiarkowanym (25). Pojedyncze odcinki zaklasyfikowano do pozostałych klas hydromorfologicznych. W buforze zurbanizowanym analizowane odcinki należały do dwóch najniższych klas.

Na rysunku 4. zilustrowano stan hydromorfologiczny z podziałem na klasy zbadanych stanowisk z uwzględnieniem typologii abiotycznej. Przedstawiono procentowy udział każdej z klas w danym typie abiotycznym oraz średnie wartości indeksu *HIR*, które były stosunkowo wyrównane, z wyjątkiem typów 18 i 20 (mała liczba stanowisk), gdzie średnim stanem hydromorfologicznym był stan bardzo



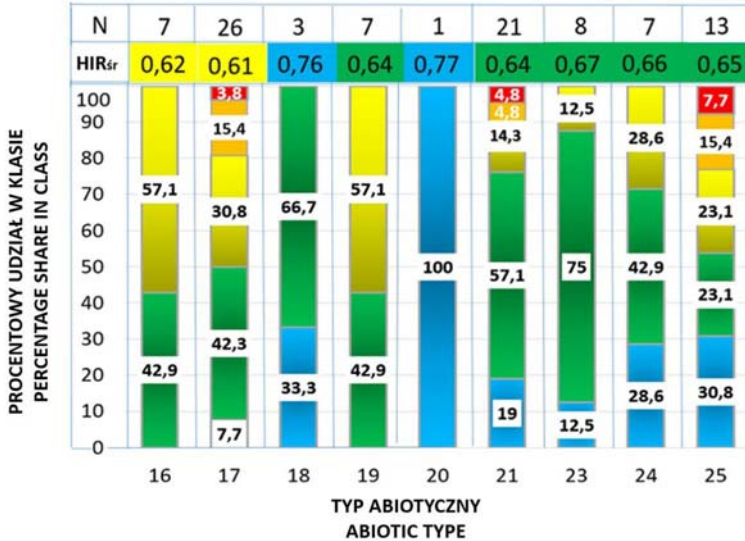
Rys. 2. Stan hydromorfologiczny badanych odcinków cieków w Wielkopolsce w 2017 r. określony z wykorzystaniem metodyki *HIR* ; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Hydromorphological quality of the assessed river sites in Wielkopolska Voivodeship in 2017 in accordance to *HIR* methodology; source: own study



Rys. 3. Liczba badanych odcinków cieków w Wielkopolsce w 2017 r., znajdujących się w danym buforze użytkowania z podziałem na klasy stanu hydromorfologicznego; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Number of surveyed sites representing different types of land use in the buffer of 100 meters from the watercourse bank (semi natural, agricultural and urban areas) and their hydromorphological classification; source: own study



Rys. 4. Stan hydromorfologiczny cieków z podziałem na typy abiotyczne; N = liczba odcinków, HIR_{sr} = średnia wartość HIR w typach; typy abiotyczne: 16 = potok nizinny lessowy lub gliniasty, 17 = potok nizinny piaszczysty, 18 = potok nizinny żwirowy, 19 = rzeka nizinna piaszczysto-gliniasta, 20 = rzeka nizinna żwirowa, 21 = wielka rzeka nizinna, 23 = potok organiczny, 24 = rzeka organiczna, 25 = ciek łączący jeziora; źródło: wyniki własne

Fig. 4. Hydromorphological quality status of the surveyed watercourses divided into abiotic types; N = number of surveyed sites (river sections), HIR_{sr} = HIR value in abiotic types; abiotic types: 16 = loess or clay lowland stream, 17 = sandy lowland stream, 18 = gravel lowland stream, 19 = sandy-clay lowland river, 20 = gravel lowland river, 21 = great lowland river, 23 = peat valley stream, 24 = peat valley river, 25 = watercourse connecting lakes; source: own study

dobry. W pozostałych typach po uśrednieniu wartości HIR i odniesieniu ich do warunków referencyjnych uzyskano stan umiarkowany (typ 16 i 17) lub dobry (typ 19, 21, 23, 24, 25). Najliczniej reprezentowane były typy 17 (26 odcinków) i 21 (21 odcinków). Typ 21 (wielka rzeka nizinna) dotyczył wyłącznie rzeki Warty. Jedynie trzy typy: 17, 21 i 25 były reprezentowane przez wszystkie pięć klas hydromorfologicznych.

Wskaźnik WRH zawiera 13 składowych. Ich wartości w danym typie abiotycznym przedstawiono w tabeli 2. Największą różnorodność hydromorfologiczną stwierdzono w typach 18 ($WRH = 52$) i 20 ($WRH = 53,5$). Najmniejsze wartości indeksu odnotowano w typie 16 ($WRH = 28,5$). Do parametrów najwyższej punktowanych, a tym samym mających największy wpływ na końcową wartość metryki WRH należały różnorodność roślinności w korycie ($X = 7,62$) oraz różnorodność elementów towarzyszących zadrzewieniom, np. powalone konary drzew, obecność grubego i drobnego rumoszu drzewnego ($X = 5,99$). Obie składowe nie tylko miały znaczący wpływ na wartość indeksu, ale najbardziej różnicowały koryto analizo-

Tabela 2. Różnorodność hydromorfologiczna badanych stanowisk i jej składowe**Tabela 2.** Hydromorphological diversity of surveyed sites and its components

Składowe wskaźnika różnorodności hydromorfologicznej (<i>WRH</i>) Attributes included in the hydromorphological diversity score (<i>WRH</i>)	Typ abiotyczny Abiotic type									<i>X</i>	<i>SD</i>
	16	17	18	19	20	21	23	24	25		
Koryta rzeczne River channel											
Profil podłużny River line	0,57	0,73	0,33	0,29	2,00	–	1,00	1,14	1,00	0,88	0,59
Przekrój poprzeczny River bed slope	1,36	1,31	1,67	1,71	1,00	1,95	1,88	1,64	1,46	2,98	0,30
Nurt Water flow	4,00	4,65	6,33	4,29	3,00	4,24	4,88	3,71	4,62	4,65	0,92
Materiał koryta River bottom material	5,14	4,42	5,67	3,86	6,00	2,62	5,25	5,14	5,92	4,89	1,09
Morfologia dna Morphological features of river channel bottom	0,29	0,42	1,33	0,00	1,00	0,19	0,25	0,57	0,62	0,52	0,42
Morfologia skarp Morphological elements of banks	1,00	1,73	3,67	2,14	3,00	4,38	2,38	1,43	1,46	2,35	1,13
Roślinność koryta Vegetation in the river channel	7,93	6,50	8,67	4,57	10,50	5,93	7,75	8,57	8,15	7,62	1,74
Roślinność skarp Structure of bank vegetation	1,79	3,04	3,00	4,21	4,50	3,38	2,56	2,21	2,58	3,03	0,89
Elementy towarzyszące zadrzewieniom Elements accompanying trees	2,86	5,58	7,00	6,71	11,00	5,81	6,00	4,00	4,92	5,99	2,28
Strefa przybrzeżna i doliny rzecznej River valley adjacent to the banktop and river valley zone											
Roślinność przybrzeżna Bank-top vegetation	0,71	1,83	3,17	2,29	4,00	3,38	1,69	1,29	2,54	2,32	1,06
Szerokość nieużytkowanej strefy przybrzeżnej Not-managed bank-top zone	2,14	2,12	3,33	1,93	4,00	3,67	2,06	2,93	2,96	2,79	0,77
Naturalność, heterogeniczność użytkowania doliny Natural land use of the valley	0,79	1,90	7,83	2,00	3,50	4,07	2,63	3,57	5,04	3,48	2,07
Łączność rzeki z doliną Connection between the river and the valley	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,04	0,13
<i>WRH</i> – suma sum	28,5	34,2	52,0	34,0	53,5	40,0	38,3	36,2	41,3		

Objaśnienia: *X* = średnia arytmetyczna, *SD* = odchylenie standardowe składowej *WRH*, typy abiotyczne jak na rys. 4.

Explanations: *X* = arithmetic mean, *SD* = standard deviation of *WRH* component, abiotic types as in Fig. 4.

Źródło: wyniki własne.

Source: own study.

wanych cieków ($SD > 1,74$). Czynnikiem o najmniejszej zmienności było zróżnicowanie przekroju poprzecznego koryta ($SD = 0,30$), rozumiane jako stopień nachylenia i degradacji antropogenicznej skarpy, która mogła być naturalna lub zmieniona przez profilowania i umocnienia o różnym charakterze. Stosunkowo małe wartości odchylenia standardowego odnotowano w przypadku naturalnych elementów morfologicznych dna ($SD = 0,42$), gdzie ocenie podlegała m.in. obecność odsypów śródkorytowych, wysp i naturalnych spiętrzeń. Również przekrój podłużny koryt w poszczególnych typach cechował się niewielką zmiennością ($SD = 0,59$). Punktowano tu obecność wybranych jednostek hydromorfologicznych, takich jak m.in. rynny, plosa czy bystrza. W typie 21 (Warta), zgodnie z metodyką badawczą, nie prowadzono obserwacji tego elementu z uwagi na trudność obserwacji wspomnianych struktur. W przypadku oceny strefy riparianowej i doliny rzecznej najniższą punktacją oraz zmienność uzyskano dla sekcji „łączność ciek z doliną” ($X = 0,04$, $SD = 0,13$). Starorzecza odnotowywano wyłącznie w typie 21. Parametrem najbardziej różnicującym strefę przybrzeżną i doliny rzecznej była jej naturalność i sposób użytkowania ($X = 3,48$, $SD = 2,07$).

Wskaźnik przekształcenia hydromorfologicznego (WPH) obliczany jest na podstawie 5 składowych. W tabeli 3. zaprezentowano średnie wartości poszczególnych składowych i wartości indeksu WPH w poszczególnych typach abiotycznych. Wskaźnik WPH największe wartości przyjmował w typach 21, 25 i 17, a najwyższą i zmienną presją były przekształcenia w profilach kontrolnych ($X = 2,23$, $SD = 2,14$). Dotyczyły one profilowań, a także umocnień skarpy i dna cieków. W przypadku typu 21 przyjmowały one często formę ostróg brzegowych, wykonanych z narzutów kamiennych. Presjami o najmniejszym oddziaływaniu na warunki hydromorfologiczne były utrudnienia łączności rzeki z doliną i pozostałe presje antropogeniczne.

Za pomocą kontrastów Scheffe’a stwierdzono istotność statystyczną różnic wartości indeksu HIR między odcinkami zlokalizowanymi w buforach o użytkowaniu rolniczym, seminaturalnym i zurbanizowanym (tab. 4). Tylko pary porównań średnich metryksów w buforach o użytkowaniu rolniczym i zurbanizowanym z metryksem w buforze seminaturalnym różniły się istotnie pod względem różnorodności hydromorfologicznej. Oznacza to, że w odcinkach w buforach rolniczych i zurbanizowanych stwierdzono podobną heterogeniczność siedlisk i mniejsze zróżnicowanie hydromorfologiczne niż w odcinkach znajdujących się w buforach seminaturalnych. W przypadku oceny stopnia przekształcenia antropogenicznego czynnikiem istotnie różnicującym uzyskane wyniki był bufor zurbanizowany. Badane odcinki na obszarach zurbanizowanych cechowały się większą degradacją morfologiczną i pod tym względem różniły się istotnie statystycznie od tych zlokalizowanych w buforach rolniczym i seminaturalnym. Bufor rolniczy nie różnił się istotnie statystycznie od użytkowania seminaturalnego pod względem przekształceń hydromorfologicznych, a więc na jego mniejsze wartości indeksu HIR niż w buforze seminaturalnym wpływała mniejsza różnorodność hydromorfologiczna.

Tabela 3. Antropopresja i jej składowe na badanych odcinkach cieków

Table 3. Anthropopression and its component on surveyed sites

Składowe wskaźnik przekształcenia hydromorfologicznego (WPH) Attributes included in the hydromorphological modification score (WPH)	Typ abiotyczny Abiotic type										X	SD
	16	17	18	19	20	21	23	24	25			
	Przekształcenie przekroju poprzecznego koryta Transformed transverse section of the river channel	0,57	1,19	0,00	0,43	0,00	3,58	0,25	0,29	1,38		
Budowle hydrotechniczne Hydroengineering structures	0,29	1,75	0,00	1,43	0,00	0,38	0,56	0,00	2,42	0,76	0,89	
Przekształcenia w profilach kontrolnych Transformations observed in spot-checks	1,29	5,65	0,00	0,93	0,00	4,81	1,56	1,43	4,42	2,23	2,14	
Utrudnienie łączności rzeki z doliną Disturbance of the connectivity with the river valley	0,57	0,27	0,00	0,57	0,00	1,33	0,25	0,71	0,00	0,41	0,44	
Pozostałe presje antropogeniczne Other types of human degradation	0,00	0,73	0,00	0,71	0,00	0,10	0,06	0,71	1,31	0,40	0,48	
WPH – suma sum	2,71	9,6	0,00	4,07	0,00	10,1	2,69	3,14	9,54			

Objaśnienia jak pod tabelą 2. Explanations as in Tab. 2.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 4. Analiza metryksów hydromorfologicznego indeksu rzeczno (HIR), wskaźnika różnorodności hydromorfologicznej (WRH) i wskaźnika przekształceń hydromorfologicznego (WPH) w buforach z wykorzystaniem procedury porównań wielokrotnych Scheffe'a

Table 4. Analysis of hydromorphological index for rivers (HIR) metric, hydromorphological diversity score (WRH) and hydromorphological modification score (WPH) in buffers using the Scheffe's multiple comparison procedure

Bufor Buffer	HIR	WRH	WPH
	różnica między średnimi w porównaniu wielokrotnym Scheffe'a the difference between Scheffe's multiple averages		
Seminaturalny – rolniczy Semi natural – agricultural areas	0,092***	14,876***	-1,666 n.i.
Seminaturalny – zurbanizowany Semi natural – urban areas	0,331***	24,220***	-35,298***
Rolniczy – zurbanizowany Agricultural – urban areas	0,239***	9,344 n.i.	-33,632***

Objaśnienia: *** różnice istotne na poziomie $p = 0,05$, n.i. = różnice nieistotne.

Explanations: *** significant differences at p level = 0.05, n.i. = differences non-essential.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Z raportu Europejskiej Agencji Środowiska [EEA 2018] wynika, że stan ekologiczny 40% wód powierzchniowych w UE jest co najmniej dobry, a jedną z głównych presji pogarszających stan wód są czynniki hydromorfologiczne. W dążeniu do przywrócenia równowagi ekologicznej konieczna jest identyfikacja czynników oraz skali odchylenia hydromorfologicznego rzeki od warunków referencyjnych [WYŻGA i in. 2008]. Mimo że wysoka jakość morfologiczna siedlisk niekoniecznie związana jest z dobrym stanem ekologicznym, to dynamika geomorfologiczna rzek i funkcjonowanie naturalnych procesów fizycznych sprzyjają tworzeniu i utrzymywaniu siedlisk w dobrej kondycji oraz zapewniają integralność ekologiczną rzek [BRIERLEY, FRYIRS 2005; FLORSHEIM i in. 2008; FRYIRS i in. 2008; KONDOLF i in. 2003; WOHL, MERRITT 2005].

W przypadku rzek Wielkopolski na uwagę zasługuje, że aż 38% badanych odcinków nie uzyskało dobrego stanu hydromorfologicznego, czyli co najmniej II klasy. Głównym powodem takiej klasyfikacji były przeprowadzone w przeszłości zmiany hydromorfologiczne, do których można zaliczyć m.in. budowle piętrzące, profilowanie i umacnianie brzegów za pomocą konstrukcji betonowych czy ostróg brzegowych. Wymienione czynniki występowały punktowo lub odcinkowo w odcinkach badawczych. W szczególności ich dużą liczbę odnotowywano w rzece Warcie (typ 21) oraz w typach 16 i 17, co potwierdziły duże wartości metryksu WPH. Tego typu konstrukcje mają negatywny wpływ na warunki ekologiczne cieków, zmniejszając ich walory hydromorfologiczne i produktywność biocenozy [ALLAN 1998; BYLAK i in. 2007; WIŚNIEWOLSKI 2002]. Uzyskane wyniki korespondu-

ją z obserwacjami PRZESMYCKIEGO i in. [2017], którzy wykonując badania 25 odcinków metodą *HIR* w województwie dolnośląskim, także wskazywali profilowania i umocnienia brzegów jako główny czynnik obniżający końcową klasyfikację. Wykazali oni również trudność obserwacji wspomnianych struktur ze względu na proces samorzutnej renaturyzacji, którą stwierdzono także podczas badań rzek Wielkopolski. Ponadto wykonane w przeszłości modyfikacje koryt rzecznych i ekspansja rolnictwa w dolinach wielkopolskich rzek doprowadziły do zmian struktur roślinności w korytach oraz strefach przybrzeżnych. Wiele odcinków było pozbawionych drzew i krzewów na brzegach oraz w strefie przybrzeżnej. Taka uproszczona struktura roślinności wiązała się z brakiem wielu cennych morfologicznie atrybutów, jak np. rumoszu, korzeni podwodnych, zwisających konarów czy zacienienia. Wszystkie te elementy mają nie tylko duży wpływ na różnorodność hydromorfologiczną (największy wpływ na wartość *WRH*), ale zwiększają także heterogeniczność siedlisk, tworząc kryjówki dla ryb i bezkręgowców oraz wpływają korzystnie na warunki ekologiczne ekosystemu rzecznoego [ALLOUCHE 2002; KAŁUŻA, RADECKI-PAWLIK 2014]. Wyłącznie w typach abiotycznych 18 i 20 odnotowano stan dobry lub bardzo dobry, co wynikało z największych wartości wskaźnika różnorodności hydromorfologicznej ($WRH > 50$) oraz braku oddziaływań o charakterze antropogenicznym ($WRH = 0$). Odcinki te charakteryzowały się dużą różnorodnością typów roślinności w korycie, a także uzyskały wysoką punktację za różnorodność elementów towarzyszących zadrzewieniom. Należy również zwrócić uwagę, że obydwa typy abiotyczne sporadycznie występują w Wielkopolsce (typ 18 – 3 odcinki, typ 20 – 1 odcinek), ponieważ wiążą się z podłożem żwirowym, co wynika z uwarunkowań geologicznych panujących w dolinach rzek. Gdyby odcinków badawczych w tych typach było więcej, to zapewne klasyfikacja uległaby zmianie.

Jak wykazały badania, wpływ na warunki hydromorfologiczne ma użytkowanie zlewni bezpośredniej cieków, co potwierdziła analiza wykonana testem Scheffe'a. Ostatecznie wykazano wpływ użytkowania zlewni cieków (bufora) na wartość indeksu *HIR*. Odcinki w buforze seminaturalnym różniły się istotnie statystycznie od rolniczych i zurbanizowanych, zarówno indeksem *HIR*, jak i metriksem *WRH*. Na obszarach seminaturalnych w większości przypadków w bezpośrednim sąsiedztwie rzek stwierdzono występowanie krzewów, drzew czy wysokich ziołorośli, które tworzyły zróżnicowaną strukturę roślinności na tym obszarze, co w konsekwencji powodowało polepszenie warunków morfologicznych rzek [KAIL i in. 2009]. Podobną obserwację w pracy dotyczącej hydromorfologii cieków odnotował FRANKOWSKI [2011], wspominając, że obecne zadrzewienia wpłynęły na zwiększoną liczbę typów przepływu oraz różnorodność elementów morfologicznych brzegu.

Odcinki zurbanizowane w stosunku do rolniczych charakteryzowały się zbliżoną różnorodnością hydromorfologiczną (brak istotnych różnic) oraz istotnie różnymi przekształceniami antropogenicznymi. Uzyskane rezultaty potwierdzają ob-

serwacje innych badaczy [KAIL i in 2009; LORENZ, FELD 2013; PRZESMYCKI i in. 2017], którzy podają także, że najwyższym statusem hydromorfologicznym charakteryzowały się odcinki położone wśród terenów seminaturalnych, zwłaszcza lasów, a najgorsze warunki hydromorfologiczne panowały na obszarze zabudowanym. Jest to szczególnie ważne, gdyż – jak wykazują badania JÄHNIG i in. [2010] oraz LORENZA i FELDA [2013] – sposób użytkowania terenów nadrzecznych i zlewni ma większy wpływ na jakość zespołu hydrobiontów i przywrócenie dobrego stanu ekologicznego cieków niż renaturyzacja krótkich fragmentów koryta rzek.

WNIOSKI

1. Wśród badanych odcinków cieków co najmniej dobrego stanu hydromorfologicznego nie uzyskało 38%, czego głównym powodem były przekształcenia hydromorfologiczne – profilowanie i umacnianie brzegów. Istotną przyczyną była także mała różnorodność hydromorfologiczna odcinków w buforach rolniczym i zurbanizowanym.

2. Na większą końcową wartość metriksu hydromorfologicznego indeksu rzecznej (*HIR*) miały wpływ wysoko punktowane parametry różnorodności hydromorfologicznej, do których można zaliczyć m. in. różnorodność roślinności w obszarze koryt cieków i różnorodność elementów towarzyszących zadrzewieniom, jak rumosz drzewny czy zwisające konary drzew. W przypadku strefy przybrzeżnej i doliny rzecznej także najistotniejszym czynnikiem była ich naturalność oraz sposób użytkowania.

3. Średnie wartości *HIR* dla poszczególnych typów abiotycznych były dość wyrównane i zostały w większości zaklasyfikowane do dobrego stanu hydromorfologicznego. W dwóch przypadkach średnie wartości *HIR* zostały zaliczone do umiarkowanego stanu hydromorfologicznego, a typy abiotyczne 18 i 20 pod tym względem sklasyfikowane zostały jako mające bardzo dobry stan hydromorfologiczny.

4. Badania wykazały silne powiązanie oceny hydromorfologicznej cieków ze sposobem użytkowania strefy przybrzeżnej. Teza ta została potwierdzona testem Scheffe'a, a także znajduje uzasadnienie w przytoczonej literaturze. Oznacza to, że w dążeniu do uzyskania i/lub utrzymania cieków w dobrym stanie hydromorfologicznym istotne jest ograniczenie ekspansji rolnictwa, a także urbanizacji dolin rzek.

5. Najlepsze warunki hydromorfologiczne cieków stwierdzono na obszarach seminaturalnych, natomiast znacząco mniejsze walory morfologiczne odnotowano na obszarach użytkowanych rolniczo. Najgorsze warunki hydromorfologiczne reprezentowały stanowiska zlokalizowane na obszarach zurbanizowanych.

BIBLIOGRAFIA

- ALLAN D.J. 1998. Ekologia wód płynących [Stream ecology. Structure and function of running waters]. Warszawa. Wydaw. Nauk. PWN. ISBN 8301125357 ss. 451.
- ALLOUCHE S. 2002. Nature on functions of cover for riverine fish. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture. Nr 365/366 s. 297–324.
- BELLETTI B., RINALDI M., BUIJSE A.D., GURNELL A.M., MOSSELMAN E. 2015. A review of assessment methods for river hydromorphology. Environmental Earth Sciences. No. 73 s. 2079–2100.
- BLACHUTA J., PICIŃSKA-FAŁTYNOWICZ J., CZOCH K., KULESZA K. 2010. Typologia wód płynących w Polsce [Abiotic typology of water courses in Poland]. Gospodarka Wodna. Nr 5 s. 181–191.
- BRIERLEY G.J., FRYIRS K.A. 2005. Geomorphology and river management: Applications of the river styles framework. Oxford. Blackwell Publishing. ISBN 978-1-405-11516-2 ss. 416.
- BYLAK A., DUDEK M., KUKUŁA K. 2007. Degradacja ichtiofauny małego podgórnego potoku spowodowana przez regulacje. W: Bezpieczeństwo walorów przyrodniczych i turystycznych doliny Sanu [Degradation of the ichthyofauna of a small foothill stream caused by transformations. In: Safety of natural and tourist values of the San Valley]. IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Błękitny San”. Materiały konferencyjne. Nozdrzec, 20–21 kwietnia 2007 s. 111–120.
- CZOCH K., KULESZA K. 2006. Warunki referencyjne specyficzne dla typów cieków w Polsce jako podstawa do prac nad oceną ekologicznego stanu wód płynących [Specific reference conditions for surfaces water body (rivers) types in Poland as a base of works on assessment of ecological status of rivers]. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 4(3) s. 25–36.
- Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23.11.2000 r., ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej [Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy]. Dz.U. UE L z dnia 22 grudnia 2000 r.
- EA 2003. River Habitat Survey in Britain and Ireland. Field Survey Guidance Manual: 2003 Version [online]. Environment Agency. ISBN 0-85538-375-5. [Dostęp 10.03.2019]. Dostępny w Internecie: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/311579/LIT_1758.pdf
- EEA 2018. European waters – Assessment of status and pressures 2018. European Environment Agency s. 23–35.
- FERNANDEZ D., BARQUIN J., RAVEN P.J. 2011. A review of river habitat characterisation methods: Indices vs. characterisation protocols. Limnetica. Vol. 30/2 s. 217–234.
- FLORSHEIM J.L., MOUNT J.F., CHIN A. 2008. Bank erosion as a desirable attribute of rivers. BioScience. Vol. 58. Iss. 6 s. 519–529.
- FRANKOWSKI R. 2011. Przydatność metody River Habitat Survey do waloryzacji hydromorfologicznej cieków na przykładzie rzeki Gowienica Miedwiańska i Kanału Młyńskiego [The usefulness of the River Habitat Survey Method for hydro-morphological evaluation of a stream – examples of the Gowienica Miedwiańska River and the Młyński Channel]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 11. Z. 2 (34) s. 53–63.
- FRYIRS K., ARTHINGTON A., GROVE J. 2008. Principles of river condition assessment. W: River futures: An integrative scientific approach to river repair. Red. G.J. Brierley, K.A. Fryirs. Washington, DC. Island Press s. 100–118.
- ILNICKI P., GOLDYN R., MURAT-BŁAŻEJEWSKA S., SOSZKA H., GÓRECKI K., GRZYBOWSKI M., KRZEMIŃSKA A., LEWANDOWSKI P., SKOCKI K., SOJKA M. 2009. Opracowanie metody monitoringu i klasyfikacji hydromorfologicznych elementów jakości jednolitych części wód rzecznych i jeziornych zgodnie z wymogami Ramowej Dyrektywy Wodnej [Development of methodologies for monitoring and classification of hydromorphological quality elements of uniform river and

- lake water bodies in accordance with the requirements of the Water Framework Directive]. Etap II zadania 2–3. Maszynopis. GEPOOL Poznań dla GIOŚ Warszawa ss. 338.
- ILNICKI P., GÓRECKI K., GRZYBOWSKI M., KRZEMIŃSKA A., LEWANDOWSKI P., SOJKA M. 2010. Podstawowe uwarunkowania metodyczne oceny stanu ekologicznego cieków wodnych na podstawie elementów hydromorfologicznych [Methodical conditions of the ecological status assessment of rivers on the basis of their hydromorphological elements]. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Nr 9/10 s. 41–52.
- ILNICKI P., GÓRECKI K., GRZYBOWSKI M., KRZEMIŃSKA A., LEWANDOWSKI P., SOJKA M. 2011. Badania hydromorfologii cieków nizinnych za pomocą metody MHR. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 11. Z. 1 (33) s. 97–112.
- JÄHNIG S.C., BRABEC K., BUFFAGNI A., ERBA S., LORENZ A.W., OFENBÖCK T., VERDONSCHOT P.F.M., HERING D. 2010. A comparative analysis of restoration measures and their effects on hydromorphology and benthic invertebrates in 26 central and southern European rivers. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 47. Iss. 3 s. 671–680.
- KAIL J., JÄHNIG S.C., HERING D. 2009. Relation between floodplain land use and river hydromorphology on different spatial scales – A case study from two lower-mountain catchments in Germany. *Fundamental and Applied Limnology*. Vol. 174. Iss. 1 s. 63–73.
- KALUŻA T., RADECKI-PAWLIK A. 2014. The influence of fine and coarse plant debris on the hydrodynamics of riverbeds. *Acta Scientiarum Polonorum*. No. 13 s. 67–80.
- KONDOLF G.M., PIÉGAY H.Y., SEAR D. 2003. Integrating geomorphological tools in ecological and management studies. W: *Tools in fluvial geomorphology*. Red. G.M. Kondolf, H. Piégay. Chichester. J.Wiley and Sons s. 633–660.
- LORENZ W.A., FELD K.Ch. 2013. Upstream river morphology and riparian land use overrule local restoration effects on ecological status assessment. *Hydrobiologia*. Vol. 704. Iss. 1 s. 489–501.
- NUBOER R.C., VERDONSCHOT P.F.M., JOHNSON R.K., SOMMERHÄUSER M., BUFFAGNI A., 2004. Establishing reference conditions for European streams. W: *Integrated assessment of running waters in Europe*. Red. D. Hering, P.F.M. Verdonshot, O. Moog, L. Sandin. Vol. 516. Iss. 1–3 s. 91–105.
- OSOWSKA J. 2012. Metody waloryzacji hydromorfologicznej rzek [Methods of hydromorphological valorization of rivers]. *Górnictwo i Geologia*. T. 7. Z. 2 s. 165–176.
- PLATTS W.S., MEGAHAN W.F., MINSHALL G.W. 1983. Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions. General Technical Report INT-138. Ogden. USDA, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station ss. 70.
- PN-EN 14614:2008 Jakość wody – Wytyczne do oceny hydromorfologicznych cech rzek [Guidelines for determining the degree of modification of river hydromorphology].
- PRZESMYCKI M., JUSIK Sz., ACHTENBERG K. 2017. Pilotażowe wdrożenie Hydromorfologicznego Indeksu Rzecznego (HIR) do oceny wód płynących w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska (PMŚ) [Pilot implementation of the Hydromorphological Index for Rivers (HIR) for assessing watercourses as part of the State Environmental Monitoring (PMS)]. *Przegląd Przyrodniczy*. T. 28. Z. 4 s. 201–223.
- RAVEN P.J., FOX P.J.A., EVERARD M., HOLMES N.T.H., DAWSON F.D. 1997. River Habitat Survey: A new system for classifying rivers according to their habitat quality. W: *Freshwater quality: Defining the indefinable?* Red. P.J. Boon, D.L. Howell. Edinburgh. The Stationery Office s. 215–234.
- RINALDI M., SURIAN N., COMITI F., BUSSETTINI M. 2012. Guidebook for the evaluation of stream morphological conditions by the Morphological Quality Index (MQI). Version 1.1. Rome. ISPRA. ISBN 978-88-448-0487 ss. 90.
- SZOSZKIEWICZ K., JUSIK S., ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M., GEBLER D., ACHTENBERG K., RADECKI-PAWLIK A., OKRUSZKO T., GIELCZEWSKI M., PIETRUCZUK K., PRZESMYCKI M., NAWROCKI P. 2017.

- Podręcznik oceny wód płynących w oparciu o hydromorfologiczny indeks rzeczny [Manual for evaluation of flowing waters based on the hydromorphological river index]. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa. IOŚ. ISBN 978-83-61227-89-2 ss. 189.
- SZOSZKIEWICZ K., ZGOŁA T., JUSIK S., HRYC-JUSIK B., RAVEN P., DAWSON F.H. 2007. Hydromorfologiczna ocena wód płynących (River Habitat Survey) [Hydromorphological evaluation of flowing waters (River Habitat Survey)]. Poznań–Warrington. Bogucki Wydawnictwo Naukowe. ISBN 978-83-60247-87-7 ss. 134.
- WIŚNIEWSKI W. 2002. Czynniki sprzyjające i szkodliwe dla rozwoju i utrzymania populacji ryb w wodach płynących [Favorable and harmful factors for the development and maintenance of fish populations in flowing waters]. Supplementa ad Acta Hydrobiologica. No. 3 s. 1–28.
- WOHL E., MERRITT D. 2005. Prediction of mountain stream morphology. Water Resources Research. Vol. 41. W08419. DOI 10.1029/2004WR003779.
- WYŻGA B., AMIROWICZ A., RADECKI-PAWLIK A., ZAWIEJSKA J. 2008. Zróżnicowanie hydromorfologiczne rzeki górskiej a bogactwo gatunkowe i liczebność ichtiofauny [Reflection of the variability of hydromorphological conditions in a mountain river in the abundance and diversity of fish fauna]. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. Nr 2 s. 273–275.

Karol PIETRUCZUK, Krzysztof DAJEWSKI, Anna GARBARCZYK, Danuta WYRZYKOWSKA

**DIFFERENTIATION OF HYDROMORPHOLOGICAL CONDITIONS
OF SELECTED WIELKOPOLSKA RIVERS
TAKING INTO ACCOUNT THE ABIOTIC TYPOLOGY
AND USE OF THE RIVER VALLEY**

Key words: anthropopression, hydromorphological diversity, Hydromorphological Index for Rivers (HIR), lowland river hydromorphology

S u m m a r y

The article presents the results of hydromorphological studies of the Wielkopolska rivers obtained on the basis of the Hydromorphological Index for Rivers (HIR). In total research 93 sections, belonging to 47 watercourses were examined. Hydromorphological index of the river survey was based on the results from field studies. During the statistical analyzes, both the index and its components of WPH and WRH were compared. The results were analyzed in terms of the abiotic typology of rivers as well as the use of the river valley (buffer). The research showed differentiation of hydromorphological conditions in the area of the Wielkopolska voivodship. The hydromorphological state was found from very good to bad. The most sections (43), had a good hydromorphological status, followed by a moderate level of 25, a very good 15, a poor 7 and 3 bad. There were also found dependencies between uses structure the riparian zone and the HIR index. The best hydromorphological conditions were found in watercourses located in semi natural areas and the worst in urbanized areas.

Adres do korespondencji: dr inż. Karol Pietruczuk, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie, ul. Wawelska 52/54, 00-922 Warszawa; e-mail: k.pietruczuk@poznan.wios.gov.pl