

ZRÓŻNICOWANIE MAKROFITÓW W RÓŻNYCH TYPACH NIZINNYCH RZEK REFERENCYJNYCH W POLSCE

**Krzysztof SZOSZKIEWICZ, Szymon JUSIK,
Agnieszka E. ŁAWNICZAK, Tomasz ZGOŁA, Marta SZWABIŃSKA**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska

Słowa kluczowe: makrofity, Ramowa Dyrektywa Wodna, rzeki, warunki referencyjne

Streszczenie

Badania przeprowadzono na terenie Polski niżowej, z uwzględnieniem odcinków referencyjnych wszystkich typów rzek nizinnych, które zostały wydzielone w naszym kraju na potrzeby Ramowej Dyrektywy Wodnej. Badania terenowe zostały wykonane w okresie od czerwca do września w latach 2003–2007. Badania wykonywano wg makrofitowej metody oceny rzek, na podstawie których obliczono makrofitowy indeks rzeczny *MIR*, całkowite pokrywanie przez rośliny, udział różnych grup ekologicznych oraz podstawowe wskaźniki różnorodności (liczba gatunków, wskaźnik Shannona-Wienera, równomierności, Simpsona i dominacji). Oprócz badań biologicznych, na każdym stanowisku przeprowadzono ocenę hydromorfologiczną rzek metodą River Habitat Survey (RHS). Na wszystkich badanych stanowiskach wykonano także analizy fizykochemicznych cech wody z wykorzystaniem standardowych metod. Analizy te umożliwiły wyodrębnienie czterech makrofitowych typów rzek. Są to: rzeki organiczne, małe rzeki krzemianowe z piaszczystym materiałem dna, małe rzeki krzemianowe z podłożem kamienistym oraz duże rzeki krzemianowe. Porównując obliczone wskaźniki makrofitowe, wykazano, że wskaźniki stanu ekologicznego *MIR* oraz wskaźniki dominacji miały podobne wartości w różnych typach rzek, natomiast indeksy różnorodności biologicznej oraz całkowite pokrywanie przez makrofity różniły się istotnie między typami. Największą różnorodność gatunkową zaobserwowano w rzekach organicznych, natomiast najmniejszą – w małych rzekach krzemianowych o piaszczystym materiale dna.

WSTĘP

Wdrażana obecnie w całej Unii Europejskiej Ramowa Dyrektywa Wodna [2000/60/EC] wprowadza nowe zasady gospodarowania zasobami wodnymi, kładąc szczególny nacisk na ekologiczne podejście do oceny i klasyfikacji wód powierzchniowych z zastosowaniem kryteriów biologicznych. Wśród organizmów wykorzystywanych do oceny stanu ekologicznego zostały uwzględnione makrofity, których skład gatunkowy w poszczególnych typach wód cechuje się dużą specyfiką. Jest to wynik różnych preferencji poszczególnych gatunków w szerokim wachlarzu środowisk, spotykanych w wodach powierzchniowych, które różnią się m.in. głębokością, natężeniem przepływu, składem chemicznym lub materiałem dennym.

Klasyfikacja wód powierzchniowych wg wymagań RDW polega na porównaniu istniejących wskaźników biologicznych z tzw. referencyjnymi, które występują w warunkach niezaburzonych antropogenicznie i zbliżonych do naturalnych. Określenie referencyjnych elementów biologicznych dla poszczególnych typów rzek jest więc fundamentalne dla właściwej oceny oraz klasyfikacji rzek i jezior.

Celem pracy jest charakterystyka makrofitów, występujących w warunkach referencyjnych różnych typów rzek nizinnych Polski.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono na terenie Polski niżowej (poniżej 200 m n.p.m.), z uwzględnieniem wszystkich typów rzek nizinnych, które zostały wydzielone w naszym kraju na potrzeby Ramowej Dyrektywy Wodnej [BŁACHUTA i in., 2005]. Badania terenowe prowadzono od czerwca do września w latach 2003–2007 na 642 stanowiskach, położonych w 367 rzekach. Były to oryginalne badania autorów, wykonane w ramach wielu różnorodnych krajowych i międzynarodowych projektów badawczych, z zastosowaniem jednolitej metodyki – makrofitowej metody oceny rzek [SZOSZKIEWICZ i in., 2009]. Ocenę botaniczną wykonywano na odcinkach 100-metrowych. Obejmowała ona spis flory oraz udział w pokrywaniu dla każdego taksonu wg 9-stopniowej skali (tab. 1).

Oprócz badań biologicznych, na każdym stanowisku przeprowadzono ocenę hydromorfologiczną rzek metodą River Habitat Survey – RHS [SZOSZKIEWICZ i in., 2008]. Posługując się nią, obliczono dwa indeksy: *HQA* – indeks naturalności siedliska (ang. „Habitat Quality Assessment”) oraz *HMS* – indeks przekształcenia antropogenicznego siedliska (ang. „Habitat Modification Score”). Wartości wskaźników umożliwiły określenie stanu warunków hydromorfologicznych badanych rzek [WALKER i in., 2002]. Na wszystkich stanowiskach wykonano także analizy fizykochemicznych cech wody z wykorzystaniem standardowych metod (tab. 2).

Tabela 1. Zastosowane w badaniach współczynniki pokrywania makrofitów**Table 1.** Coefficients of macrophyte coverage applied in the study

Współczynnik pokrywania Coefficient of coverage	Udział w pokrywaniu, % Percentage share in coverage
1	<0,1
2	0,1–1
3	1–2,5
4	2,5–5
5	5–10
6	10–25
7	25–50
8	50–75
9	75–100

Tabela 2. Parametry fizykochemiczne analizowane w próbkach wody**Table 2.** Physical and chemical parameters measured in water samples

Parametr Parameter	Metoda analizy Method of analysis
pH	pomiar pH-metrem mikrokomputerowym measured with a microcomputer pH-meter
Przewodność elektrolityczna Conductivity	pomiar konduktometrem mikrokomputerowym measured with a microcomputer conductivity meter
Zasadowość Alkalinity	miareczkowanie kwasem siarkowym do pH = 4,5 w obecności oranżu metylowego titration with sulphuric acid to the end point of pH = 4.5 in the presence of methyl orange
Fosforany Phosphate	kolorymetrycznie metodą z kwasem askorbinowym colorimetrically with molybdenum blue method
Fosfor ogólny Total phosphorus	kolorymetrycznie metodą z kwasem askorbinowym po mineralizacji mikrofalowej colorimetrically with molybdenum blue method after microwave mineralization
N-NO ₃	kolorymetrycznie metodą redukcji kadmem colorimetrically after reduction with cadmium
N-NH ₄	kolorymetrycznie metodą Nesslera colorimetrically with the Nessler's method
BZT ₅ BOD ₅	metoda Winklera Winkler's method

Stanowiska referencyjne wyodrębniono z bazy danych na podstawie hydromorfologicznych cech koryta rzecznego, fizykochemicznych cech wody oraz rodzaju użytkowania zlewni i terenów przybrzeżnych. Rozpoznane na stanowiskach referencyjnych makrofity poddano ordynacji z wykorzystaniem algorytmu Twinspan. Wydzielone w wyniku tych obliczeń skupienia były podstawą wydzielenia makrofitowych typów rzek.

Na podstawie wyników badań roślin wodnych obliczono: makrofitowy indeks rzeczny *MIR*, całkowite pokrywanie podłoża przez rośliny, udział różnych grup ekologicznych oraz podstawowe wskaźniki różnorodności (liczba gatunków, wskaźnik Shannona-Wienera, równomierności, Simpsona i dominacji). Wartości poszczególnych indeksów zostały przekształcone, aby możliwy był ich rozkład normalny, niezbędny do wykonania analizy wariancji. W następnym etapie – wykorzystując obliczone indeksy makrofitowe – przeprowadzono charakterystykę wydzielonych typów rzek.

Spośród 642 przebadanych odcinków rzek wybrano 40 najbardziej naturalnych, przyjmując za podstawę wyboru cztery kryteria: rodzaj użytkowania zlewni, hydromorfologiczne cechy cieku, jakość wody i ocenę biologiczną.

Użytkowanie zlewni oceniano od źródła cieku do przekroju badawczego, wykorzystując bazę CORINE z zastosowaniem narzędzi GIS. Podstawą do wstępnego wyodrębnienia stanowiska potencjalnie referencyjnego była dominacja obszarów seminaturalnych: lasów, terenów podmokłych i ekstensywnie użytkowanych łąk (pokrywających ponad 60% powierzchni zlewni) oraz niewielki udział gruntów ornych (<25%) i terenów zurbanizowanych (<1%).

Warunki hydromorfologiczne oceniano na podstawie wartości indeksów *HQA* i *HMS*. Rzeki referencyjne charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem geomorfologicznym koryta cieku (indeks *HQA* ≥ 48) oraz brakiem wpływu działalności człowieka na ekosystem rzeczny (*HMS* = 0).

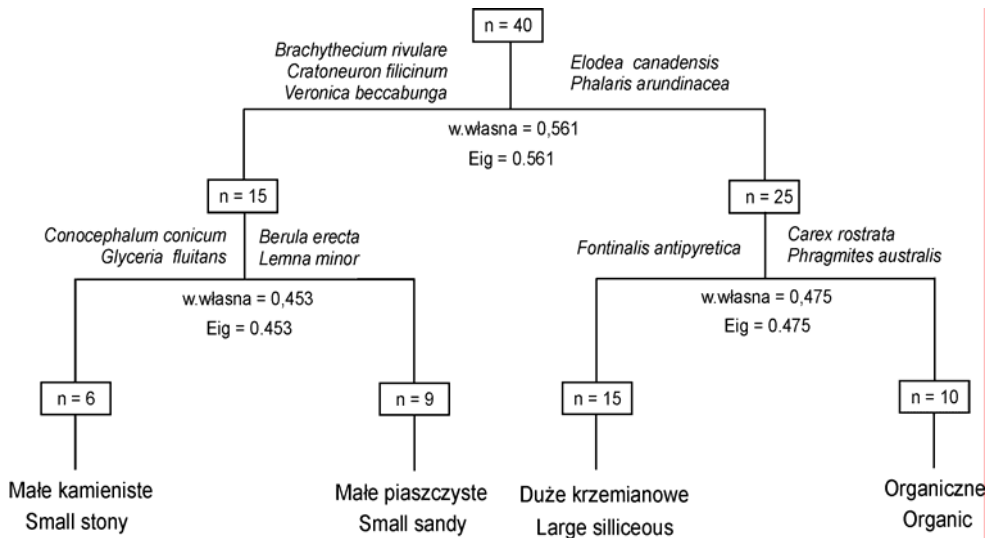
Jakość wody – kryterium kwalifikacyjne stanowiło małe stężenie substancji biogennych: fosforanów $<0,3 \text{ mg PO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$, fosforu ogólnego $<0,3 \text{ mg P} \cdot \text{dm}^{-3}$, azotanów $<1,0 \text{ mg N-NO}_3^- \cdot \text{dm}^{-3}$, azotu amonowego $<0,4 \text{ mg N-NH}_4^+ \cdot \text{dm}^{-3}$, małą przewodność elektrolityczną $<0,6 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ oraz brak antropogenicznego zakwaszenia lub zasolenia wód.

Ocena biologiczna uwzględniała indeks makrofitowy *MIR*, bazujący na obecności gatunków roślin naczyniowych, paprotników, mszaków i glonów strukturalnych. Wartości *MIR* były większe od 43.

WYNIKI BADAŃ

IDENTYFIKACJA MAKROFITOWYCH TYPÓW RZEK

Roślinność na wyselekcjonowanych stanowiskach referencyjnych poddano ordynacji z wykorzystaniem algorytmu Twinspan, na podstawie której wyodrębniono cztery makrofitowe typy rzek (rys. 1). Pierwszy podział (wartość własna = 0,56) wyodrębnił 15 stanowisk małych rzek krzemianowych na podstawie występowania takich gatunków mchów, jak: krótkosz strumieniowy (*Brachythecium rivulare* Schimp. in Bruch) i zebrowiec paprociowaty (*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce) oraz jednego gatunku rośliny dwuliściennej – przetacznika bobowniczka



Rys. 1. Klasyfikacja makrofitowych typów rzek, wyodrębnionych na podstawie algorytmu Twinspan; n – liczba stanowisk

Fig. 1. Dendrogram representing the Twinspan classification of macrophyte river types; n – number of sites

(*Veronica beccabunga* L.). Kolejny podział grupujący wyodrębnił dwa skupienia rzek. Pierwszy z nich obejmował cieki o piaszczystym materiale dna, a drugi – rzeki kamieniste z dużym udziałem żwiru oraz otoczków. W wyniku tej analizy wyodrębniono dwa typy rzek: małe krzemianowe z piaszczystym materiałem dna (skrót: małe piaszczyste) oraz małe krzemianowe z kamienistym materiałem dna (skrót: małe kamieniste).

Dalszy podział hierarchiczny pozostałej grupy stanowisk był bardziej zróżnicowany. Drugi podział grupujący wyodrębnił skupienie złożone z 10 rzek, charakteryzujących się obecnością turzycy dzióbkowatej (*Carex rostrata* Stokes) i trzciny pospolitej (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Grupa ta, w odniesieniu do kryteriów biotycznych, obejmowała rzeki organiczne [BŁACHUTA i in., 2005]. W skupieniu tym znalazły się rzeki różnej wielkości, od małych do dużych. Stanowiły one podstawę do identyfikacji trzeciego typu makrofitowego – rzek organicznych (skrót: organiczne).

Ostatni typ rzek, obejmujący liczne odcinki cieków, wydzielony został w drugim podziale grupującym, obok rzek organicznych. Grupa ta obejmowała rzeki krzemianowe z piaszczystym i kamienistym materiałem dna. Skupienie to obejmuje tylko rzeki średnie i duże (zlewnia większa niż 100 km²; skrót: krzemianowe duże).

CHARAKTERYSTYKA WYDZIELONYCH TYPÓW RZEK

Na podstawie badań botanicznych obliczono następujące wskaźniki makrofitowe: *MIR*, różnorodności biologicznej oraz obecności różnych form ekologicznych roślin wodnych. Większość analizowanych parametrów nie spełniała założeń normalności rozkładu. W celu normalizacji danych poddano je transformacjom logarytmicznym oraz pierwiastkowym, uzyskując zadowalające rezultaty (tab. 3).

Tabela 3. Rodzaje transformacji zastosowane w celu uzyskania rozkładów danych zbliżonych do normalnych

Table 3. Types of transformation used to obtain data distribution close to the normal

Wskaźnik makrofitowy Macrophyte metrics	Skrót Abbreviation	Zastosowana transformacja Used transformation
Indeks <i>MIR</i> <i>MIR</i> index	<i>MIR</i>	$\ln x$
Liczba gatunków Number of species	<i>N</i>	–
Wskaźnik Shannona-Wienera Shannon-Wiener index	<i>H'</i>	$\ln (x + 1)$
Wskaźnik równomierności Evenness index	<i>J</i>	$\ln (x + 1)$
Wskaźnik Simpsona Simpson's index	<i>D</i>	$\ln (x + 1)$
Wskaźnik dominacji Domination index	<i>C</i>	$\ln (x + 1)$
Udział glonów Share of algae	Algae	\sqrt{x}
Udział mszaków Share of bryophytes	Bryoph	$\ln (x + 1)$
Udział elodeidów Share of elodeids	Elod	$\ln (x + 1)$
Udział nimfeidów Share of nympheids	Nymph	$\ln (x + 1)$
Udział pleustofitów Share of pleustophytes	Pleus	$\ln (x + 1)$
Udział helofitów Share of helophytes	Helo	$\ln (x + 1)$
Pokrywanie całkowite Total coverage	Cover	$\ln x$

Zaobserwowano znaczne zróżnicowanie wartości analizowanych wskaźników w czterech wydzielonych typach rzek (tab. 4). Różnorodność gatunkowa, wyrażona liczbą gatunków, wskaźnikiem Shannona-Wienera oraz wskaźnikiem równomierności, była największa w rzekach organicznych. Najmniejszą różnorodność zaobserwowano w małych rzekach piaszczystych. Wynika ona raczej z nierównomiernego udziału poszczególnych gatunków makrofitów w pokrywaniu podłoża niż z ich liczby, która była podobna, jak w rzekach organicznych. Ponadto, wskaźniki równomierności i Shannona-Wienera w małych rzekach piaszczystych charakteryzowały się bardzo małymi wartościami. Zaobserwowano nakładanie się wartości obliczonych dla małych rzek kamienistych oraz dużych krzemianowych. Odnosi się to zarówno do wartości średnich, jak i odchylenia standardowego. Także udział ekologicznych form makrofitów w czterech wydzielonych typach rzek był bardzo zróżnicowany (tab. 4). Duży udział we wszystkich analizowanych typach rzek miały helofity. Ponadto w małych potokach piaszczystych współdominowały mszaki

Tabela 4. Zróżnicowanie wartości wskaźników makrofitowych w badanych typach rzek**Table 4.** Differentiation of values of macrophyte metrics in studied river types

Wskaźnik makrofitowy Macrophyte metrics	Typy rzek Type of the river			
	małe piaszczyste small sandy	małe kamieniste small gravel	duże krzemianowe large siliceous	organiczne organic
<i>MIR</i>	50,93 ± 4,00	48,51 ± 5,38	48,05 ± 3,65	47,10 ± 3,17
<i>N</i>	16,88 ± 5,44	18,50 ± 7,18	17,33 ± 5,98	24,09 ± 5,82
<i>H'</i>	0,38 ± 0,25	0,74 ± 0,28	0,87 ± 0,70	1,47 ± 0,53
<i>J</i>	0,10 ± 0,06	0,18 ± 0,05	0,21 ± 0,15	0,31 ± 0,11
<i>D</i>	0,99 ± 0,01	0,99 ± 0,01	0,96 ± 0,07	0,87 ± 0,18
<i>C</i>	0,24 ± 0,13	0,28 ± 0,17	0,32 ± 0,12	0,30 ± 0,20
Algae	0,54 ± 0,78	22,85 ± 27,36	2,41 ± 7,61	0,17 ± 0,55
Bryoph	40,63 ± 28,23	16,73 ± 8,45	16,96 ± 23,83	0,00 ± 0,00
Elod	1,88 ± 1,47	1,29 ± 1,76	56,43 ± 25,74	18,20 ± 21,29
Nymph	0,26 ± 0,74	0,00 ± 0,00	0,90 ± 1,68	23,36 ± 30,68
Pleus	1,63 ± 3,58	0,30 ± 0,17	1,43 ± 2,14	13,18 ± 19,23
Helo	55,07 ± 27,49	62,18 ± 29,81	21,87 ± 15,88	45,09 ± 24,73
Cover	6,79 ± 7,72	13,35 ± 5,58	24,38 ± 26,25	48,78 ± 34,82

Objaśnienia: pełne nazwy wskaźników zamieszczono w tabeli 3.

Explanations: full names of metrics are given in Tab. 3.

wodne, a w małych kamienisto-żwirowych – mszaki i glony makroskopowe. W dużych rzekach krzemianowych zanotowano największy udział elodeidów. W rzekach organicznych, poza helofitami, największe znaczenie miały natomiast nymfeidy, pleustofity i elodeidy.

Na podstawie analizy wariancji stwierdzono, że – z wyjątkiem indeksu *MIR* i wskaźnika dominacji *C* – wartości obliczonych parametrów makrofitowych były zróżnicowane w badanych typach rzek (tab. 5). Analiza wariancji potwierdziła również istotność różnic między ekologicznymi formami makrofitów w badanych typach rzek (tab. 5).

Wyniki porównań *post-hoc* (testu Tukeya) średnich wartości wskaźników makrofitowych między badanymi typami rzek zostały przedstawione w tabeli 6. Istotne różnice wartości średnich zanotowano przede wszystkim pomiędzy rzekami organicznymi a małymi potokami piaszczystymi i dużymi rzekami krzemianowymi (tab. 6).

Tabela 5. Istotność różnic wartości średnich wskaźników makrofitowych**Table 5.** The significance of differences between mean values of macrophyte metrics

Wskaźnik makrofitowy Macrophyte metrics	Statystyka <i>F</i> <i>F</i> distribution	Poziom istotności <i>p</i> Probability <i>p</i>	Istotność Significance
<i>MIR</i>	1,61	$p = 0,204$	n.i.
<i>N</i>	3,32	$p = 0,030$	*
<i>H'</i>	7,85	$p < 0,001$	***
<i>J</i>	7,90	$p < 0,001$	***
<i>D</i>	2,92	$p = 0,047$	*
<i>C</i>	0,91	$p = 0,446$	n.i.
Algae	6,14	$p < 0,001$	***
Bryoph	4,58	$p < 0,001$	***
Elod	10,44	$p < 0,001$	***
Nymph	7,20	$p < 0,001$	***
Pleus	7,43	$p < 0,001$	***
Helo	7,03	$p < 0,001$	***
Cover	7,52	$p < 0,001$	***

Objaśnienia: pełne nazwy wskaźników zamieszczono w tabeli 3., poziomy istotności: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Explanations: full names of metrics are given in Table 3, level of significance: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$.

Tabela 6. Istotność różnic wartości średnich wskaźników makrofitowych między badanymi typami rzek z zastosowaniem testu Tukeya**Table 6.** The significance of differences in the mean values of macrophyte metrics between studied river types (Tukey test)

Wskaźnik makrofitowy Macrophyte metrics	Typy rzek River types	mp	mk	dk	or
1	2	3	4	5	6
<i>N</i>	mp	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	mk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	dk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	or	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
<i>H'</i>	mp	n.i.	n.i.	n.i.	***
	mk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	dk	n.i.	n.i.	n.i.	*
	or	***	n.i.	*	n.i.
<i>J</i>	mp	n.i.	n.i.	n.i.	***
	mk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	dk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	or	***	n.i.	n.i.	n.i.
<i>D</i>	mp	n.i.	n.i.	n.i.	*
	mk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

cd. tab. 6

1	2	3	4	5	6
<i>D</i>	dk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	or	*	n.i.	n.i.	n.i.
	mp	n.i.	**	n.i.	n.i.
	mk	**	n.i.	*	**
Algae	dk	n.i.	*	n.i.	n.i.
	or	n.i.	**	n.i.	n.i.
	mp	n.i.	n.i.	n.i.	*
	mk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Bryoph	dk	n.i.	n.i.	n.i.	*
	or	*	n.i.	*	n.i.
	mp	n.i.	n.i.	**	n.i.
	mk	n.i.	n.i.	**	n.i.
Elod	dk	**	**	n.i.	n.i.
	or	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	mp	n.i.	n.i.	n.i.	**
	mk	n.i.	n.i.	n.i.	*
Nymph	dk	n.i.	n.i.	n.i.	**
	or	**	*	**	n.i.
	mp	n.i.	n.i.	n.i.	**
	mk	n.i.	n.i.	n.i.	*
Pleus	dk	n.i.	n.i.	n.i.	**
	or	**	*	**	n.i.
	mp	n.i.	n.i.	n.i.	*
	mk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Helo	dk	n.i.	n.i.	n.i.	*
	or	*	n.i.	*	n.i.
	mp	n.i.	n.i.	n.i.	***
	mk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Cover	dk	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	or	***	n.i.	n.i.	n.i.

Objaśnienia: typy rzek: mp – małe piaszczyste, mk – małe kamieniste, dk – duże kamieniste, or – organiczne; pełne nazwy wskaźników zamieszczono w tabeli 3.; poziomy istotności: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Explanations: river types: mp – small sandy, mk – small stony, dk – large siliceous, or – organic; full names of metrics are given in Table 3; level of significance: * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$.

DYSKUSJA WYNIKÓW BADAŃ

Badania wykazały znaczne różnice w występowaniu makrofitów w zidentyfikowanych typach rzek. W wyniku analizy Twinspan dokonano klasyfikacji niezależnej od istniejącej typologii abiotycznej [BŁACHUTA i in., 2005]. Wydzielono

cztery odmienne grupy zbiorowisk makrofitów, które wpasowują się w kryteria stosowane w abiotycznej klasyfikacji rzek, chociaż zróżnicowanie między ciekami kamienistymi i piaszczystymi zostało wykazane tylko w odniesieniu do małych strumieni. Większe rzeki krzemianowe zostały wyodrębnione jako jedna grupa. Ponadto nie dostrzeżono różnic między małymi i średnimi rzekami organicznymi. Zróżnicowanie botaniczne wyróżnionych typów rzek zostało potwierdzone podczas dalszych analiz, w których porównywano wartości poszczególnych indeksów botanicznych.

Makrofitowe typy rzek, które zostały wyodrębnione w wyniku przeprowadzonych badań, wykazują analogie do typologicznych podziałów, stosowanych w innych krajach Europy. Można zauważyć pewne podobieństwa do typologii rzek Wielkiej Brytanii. HOLMES [1989] zidentyfikował cztery grupy (A–D), bazując na klasyfikacji ponad 1500 brytyjskich strumieni i rzek, chociaż analizował on łącznie stanowiska podlegające presji człowieka i referencyjne. Polskie duże rzeki krzemianowe są porównywalne z brytyjskim RCT 1 w grupie A. Głównymi podobieństwami są: mała wysokość n.p.m., niewielki spadek podłużny koryta rzeczno-ego i kompozycja gatunków, reprezentowana przez znaczący udział helofitów. Małe strumienie kamienisto-żwirowe, wyróżnione w polskiej typologii, są porównywalne z typem RCT 7 z grupy C, zidentyfikowanym przez HOLMESA [1989]. Typ RCT 4 nie jest porównywalny z żadnymi typami zaprezentowanymi w tym artykule, ponieważ obejmuje ciek silnie zmienione w wyniku działalności antropogenicznej. Ten typ rzek nie został uwzględniony w polskiej analizie typologii, ponieważ dotyczy ona wyłącznie referencyjnych odcinków rzek. HOLMES [1989] wyróżnił nizinne rzeki gliniaste jako jeden z typów cieków (RCT 2). Ten typ w Polsce jest obserwowany bardzo rzadko – w ramach prowadzonych badań znaleziono kilka takich stanowisk wyłącznie w południowo-zachodniej Polsce, ale z powodu braku stanowisk referencyjnych ten typ rzek nie został uwzględniony w analizach.

Można dostrzec również podobieństwa między proponowaną typologią a klasyfikacją makrofitową rzek w północnych Niemczech. MEILINGER, SCHNEIDER i MELZER [2006] wyróżnili trzy typy rzek nizinnych: duże, średnie oraz strumienie o dużej prędkości przepływu. Pierwszy typ jest bardzo podobny do polskich dużych rzek krzemianowych, natomiast trzeci – do małych cieków kamienisto-żwirowych.

Wyniki analiz międzynarodowej bazy danych, pochodzącej z wielu krajów europejskich [BAATRUP-PEDERSEN i in., 2006], były ogólniejsze. W badaniach tych zidentyfikowano tylko jeden typ nizinnych rzek referencyjnych (grupa C6 – średnie rzeki nizinne). Typy rozpoznane w naszych analizach mogą być więc traktowane jako jej podtypy. Baza danych rzek nizinnych, analizowana przez BAATRUP-PEDERSEN i in. [2006], była znacznie mniej zróżnicowana. Wszystkie cieki nizinne charakteryzowały się podobnymi parametrami abiotycznymi, m.in. piaszczystym substratem dna.

WNIOSKI

1. Polskie rzeki nizinne należą do czterech typów makrofitowych: rzeki organiczne, małe rzeki krzemianowe z piaszczystym materiałem dna, małe rzeki krzemianowe o podłożu kamienisto-żwirowym oraz duże rzeki krzemianowe.
2. Wyodrębnione typy rzek są odmienne pod względem: różnorodności biologicznej, udziału form ekologicznych roślin wodnych oraz stopnia pokrywania przez nie powierzchni.

LITERATURA

- BAATTRUP-PEDERSEN A., SZOSZKIEWICZ K., NUBOER R., O'HARE M., FERREIRA T., 2006. Macrophyte communities in unimpacted European streams: variability in assemblage patterns, abundance and diversity. *Hydrobiologia* 566 s. 179–196.
- BŁACHUTA J., CZOCH K., KULESZA K., PICINSKA-FALTYNOWICZ J., 2005. Typologia rzek i strumieni Polski. Wdrażanie Ramowej Dyrektywy Wodnej: oceny stanu ekologicznego wód w Polsce. Materiały konferencyjne. Łódź, 07–09.12.2005 r. Łódź: UŁ s. 5–7.
- HOLMES N.T.H., 1989. British rivers – a working classification. *British Wildlife* 1 (1) s. 20–36.
- HOLMES N.T.H., NEWMAN J.R., CHADD S., ROUEN K.J., SAINT L., DAWSON F.H., 1999. Mean trophic rank: A users manual R&D Technical Report E38. Environment Agency ss. 123.
- MEILINGER P., SCHNEIDER S., MELZER A., 2005. The reference index method for the macrophyte-based assessment of rivers – a contribution to the implementation of the European Water Framework Directive in Germany. *International Review of Hydrobiology* 90 (3) s. 322–342.
- SZOSZKIEWICZ K., ZBIERSKA J., JUSIK S., ZGOŁA T., 2010. Metodyka badań terenowych makrofitów na potrzeby rutynowego monitoringu rzek. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe ss. 80.
- SZOSZKIEWICZ K., ZGOŁA T., JUSIK SZ., HRYC-JUSIK B., DAWSON F.H., RAVEN P., 2008. Hydromorfologiczna ocena wód płynących. Podręcznik do badań terenowych według metody River Habitat Survey. Poznań–Warrington: Bogucki Wydawnictwo Naukowe ss. 133.
- WALKER J., DIAMOND M., NAURA M., 2002. The development of physical quality objectives for rivers in England and Wales. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 12 s. 381–390.

*Krzysztof SZOSZKIEWICZ, Szymon JUSIK, Agnieszka E. ŁAWNICZAK,
Tomasz ZGOŁA, Marta SZWABIŃSKA*

DIFFERENTIATION OF MACROPHYTES IN THE REFERENCE CONDITIONS OF DIFFERENT RIVER TYPES IN POLAND

Key words: macrophytes, reference conditions, rivers, Water Framework Directive

S u m m a r y

Presented analyses were aimed to describe macrophyte development in pristine lowland rivers and to show their variation among various stream types. The study was based on a country-wide survey of Poland with a dataset of 642 sites situated on 367 water courses. Surveyed rivers covered the whole lowland area of Poland and every potential reference site has been checked. During the survey all existing lowland river types were investigated in accordance to WFD requirements. The reference

sites were selected from the whole database. Reference conditions were defined using four criteria: catchment land use, hydromorphological features, water quality and biological assessment. Based on chosen criteria, the database of reference lowland rivers included 40 sites. To classify plant data, two-way indicator species analysis Twinspan was used, which resulted in distinguishing 4 evident end-clusters which differed in plant composition. These were: organic rivers and 3 types of siliceous rivers (small with sandy substrate, small with stony substrate and large rivers). For each of the revealed river types several macrophyte metrics were calculated. The numerical index *MIR* (Macrophyte Index for Rivers) did not significantly differ between river types while four diversity metrics: species richness, Shannon index, evenness and Simpson index differed significantly between river types. Moreover, the share of different structural forms of macrophytes was also diversified between river types.

Recenzenci:

prof. dr hab. Stanisław Kłosowski

prof. dr hab. Józef Szmeja

Praca wpłynęła do Redakcji 11.09.2009 r.