

Występowanie, struktura i ekologia zbiorowisk pleustonowych (klasa Lemnetaea minoris) w województwie małopolskim (Polska)

JERZY WOŁEK i ANNA KOŚCIOŁEK

WOŁEK, J. AND KOŚCIOŁEK, A. 2012. Occurrence, structure and ecology of pleustonic plant assemblages (class Lemnetaea minoris) in voivodship of Małopolska (Poland). *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 19(1): 99–115. Kraków. PL ISSN 1640-629X.

ABSTRACT: The purpose of this paper was to present a study on the pleustonic plant assemblages occurring in the Voivodeship of Małopolska, Southern Poland, and to investigate the influence of some abiotic factors on pleustonic species and on their multi-species combinations. The study was conducted in 2004. 108 pleustonic assemblages were examined in 48 different types of water bodies. 5 species (*Lemna minor*, *L. trisulca*, *Spirodela polyrrhiza*, *Wolffia arrhiza*, *Salvinia natans*) and 9 different 1-, 2-, 3- and 4-species combinations, were found to occur. The studied species and their *k*-species combinations do not differ when it comes to their water pH preference (they usually occur in waters with a pH of 7.5–8.0) and insolation. Multi-species combinations occur more often as non-autonomous or synusial assemblages within aquatic and helophytic vegetation rather than as autonomous ones. With the exception of *S. natans*, all pleustonic species produce the same biomass (calculated per unit of volume) in each of the considered *k*-species combinations.

KEY WORDS: *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*, *Salvinia*, pleustonic assemblages, occurrence, structure, ecology, S Poland

J. Wołek, Zakład Ekologii, Badań Łowieckich i Ekoturystyki, Instytut Biologii Uniwersytetu Pedagogicznego im. KEN, ul. Podbrzezie 3, 31-054 Kraków, Polska; e-mail: jerzy.wolek@gmail.com
A. Kościółek, Zakład Ekologii, Badań Łowieckich i Ekoturystyki, Instytut Biologii Uniwersytetu Pedagogicznego im. KEN, ul. Podbrzezie 3, 31-054 Kraków, Polska; e-mail: kosciolekanna@wp.pl

WSTĘP

Zbiorowiska pleustonowe, to zbiorowiska roślin wodnych wolnoptywających, unoszących się pod lub na powierzchni wód stojących i wolno płynących. Na terenie Polski budowane są one, przede wszystkim, przez gatunki z rodzaju *Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia* (*Lemnaceae*) ale także przez gatunki z rodzaju *Salvinia* (*Salviniaceae*), *Riccia* i *Ricciocarpos* (*Ricciaceae*) (Tab. 1). Zbiorowiska pleustonowe mogą występować samodzielnie lub w płatach innych zbiorowisk roślin wodnych i szuwarowych (WOŁEK 1974a, 1997, 2006).

MATUSZKIEWICZ (2002) zalicza zbiorowiska pleustonowe do zbiorowisk o niskim stopniu organizacji, specyficznych dla siedlisk skrajnych. Opierając się na opracowaniu SCHWABE-BRAUNA i TÜXENA (1981), wyróżnia on sześć zespołów pleustonowych, łączonych w rząd *Lemnetalia minoris* R.Tx. 1955 w ramach klasy *Lemnetaea minoris* R. Tx. 1955.

Tabela 1. Gatunki roślin pleustonowych występujące na terenie Polski
Table 1. Pleustonic plant species occurring in Poland

Gatunek – Species
<i>Lemna gibba</i> L.
<i>Lemna minor</i> L.
<i>Lemna trisulca</i> L.
<i>Lemna turionifera</i> Landolt
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.
<i>Wolffia arrhiza</i> (L.) Wimm.
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.
<i>Riccia fluitans</i> L.
<i>Ricciocarpos natans</i> (L.) Corda

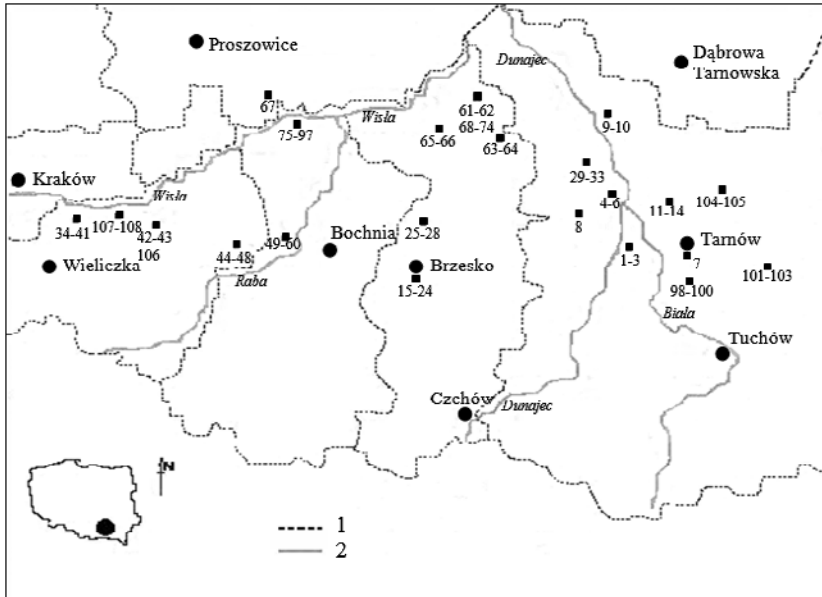
Ponieważ zbiorowiska pleustonowe posiadają bardzo prymitywny charakter, dlatego niektórzy badacze wątpią, czy posiadają one w ogóle jakiś stopień organizacji, który usprawiedliwiłoby ujmowanie ich w randze zespołu w sensie Braun-Blanqueta (BRAUN-BLANQUET 1932). Wyniki wieloletnich badań (WOŁEK 1983, 1997; WOŁEK & WALANUS 2000) wskazują, że nie ma ku temu podstaw, ponieważ rośliny pleustonowe występują w przyrodzie we wszystkich możliwych kombinacjach. W tym względzie, uzyskane rezultaty zgodne są z poglądem GLEASONA (1926), według którego zbiorowiska roślinne są jedynie przypadkowymi zbiorami gatunków, przystosowanych do określonych warunków siedliskowych. Dominującą rolę w formowaniu się zbiorowisk roślinnych odgrywają, więc, czynniki abiotyczne, a pewne gatunki występują razem tylko dlatego, że ich wymagania względem siedliska są mniej więcej takie same. Z wymienionych tu względów, idąc za propozycją WOŁKA (1997), w niniejszej pracy zamiast terminu *zbiorowisko pleustonowe* używane jest określenie *skupienie pleustonowe* lub, zamiennie, *kombinacja gatunkowa*.

Istnieje wiele prac fitosocjologicznych zawierających informację na temat skupień pleustonowych, jednak prezentowane wyniki dotyczą prób nielosowych, mają, zwykle, charakter opisowy, a poza tym są fragmentaryczne i przypadkowe, co bardzo utrudnia ich statystyczną analizę. We wnioskowaniu statystycznym ważne są, przede wszystkim, odpowiednio zebrane dane ilościowe i/lub jakościowe, ponieważ tylko takie dane pozwalają weryfikować hipotezy badawcze dotyczące struktury i preferencji siedliskowych tych skupień oraz tworzących je gatunków. Dlatego głównym celem badań zreferowanych w tej pracy, było zbadanie wpływu wybranych czynników abiotycznych na występowanie gatunków pleustonowych i tworzonych przez nie skupień.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badania były rośliny pleustonowe występujące na terenie Polski. Badania terenowe prowadzono od 3. lipca do 15. października 2004 r., na obszarze wybranych powiatów województwa małopolskiego. Na rycinie 1 zaznaczono stanowiska, na których badane były skupienia pleustonowe, a w tabeli 2 podano opis i lokalizację tych stanowisk.

W trakcie badań terenowych rejestrowano obecność gatunków roślin pleustonowych oraz tworzonych przez nie skupień – kombinacji gatunkowych. Podczas oznaczania roślin korzystano z klucza „Rośliny



Ryc. 1. Położenie terenu badań (województwo małopolskie, Polska) i lokalizacja badanych stanowisk (●). Obok stanowiska podano numer badanego skupienia pleustonowego. Opis stanowisk zamieszczono w tabeli 2. Objasnienia: 1 – granice między powiatami; 2 – rzeki

Fig. 1. Location of the study area (Voivodship of Małopolska, Poland) and distribution of the investigated locality (●). The number of the investigated pleustonic assemblage is labeled next to the locality. Characteristics of the localities are given in Table 2. Explanations: 1 – boundaries between districts; 2 – rivers

polskie” (SZAFER i in. 1953) oraz pracy WOLFFA i LANDOLTA (1994). Nomenklaturę gatunków roślin naczyniowych przyjęto za MIRKIEM i in. (2002).

By uzyskać losową próbę danych, obserwacje wykonywano we wszystkich napotykanym w terenie zbiornikach, takich jak: starorzecza, stawy, zbiorniki astatyczne (małe, płytkie, bezodpływowe zagłębienia terenu, cechujące się dużymi zmianami poziomu wody), doły potorfowe i rowy z wodą stojącą i bardzo wolno płynącą, określane dalej jako „rowy”. W trakcie badań brano pod uwagę skupienia pleustonowe występujące zarówno w postaci skupień samodzielnych (skupienia autonomiczne), jak i skupień występujących w płatach zbiorowisk roślin wodnych i szuwarowych w postaci skupień nieautonomicznych czyli synuzji (por. WOŁEK 1997, 2006).

W dużych i bardzo dużych zbiornikach, posiadających urozmaiconą linię brzegową (stawy, starorzecza) rośliny pleustonowe mogą tworzyć odrębne, nie połączone z sobą skupienia, występujące w różnych miejscach tych zbiorników. W takich przypadkach badano kilka skupień pleustonowych w obrębie danego zbiornika.

W trakcie badań terenowych odnotowywano następujące czynniki, o których sądzono, że mogą mieć wpływ na występowanie gatunków pleustonowych i ich skupień, a mianowicie: odczyn wody, typ zbiornika, typ skupienia (autonomiczne/synuzjalne), nasłonecznienie (pełne słońce, półcień, cień).

Materiał roślinny do badań laboratoryjnych pobierano czerpakiem o pojemności 300 ml. Pobrany materiał, wraz z próbką wody, umieszczano w woreczkach foliowych. W laboratorium, tego samego dnia: (1) za pomocą pH-metru kolorymetrycznego, mierzono pH wody z dokładnością do 0,5 jednostki; (2) analizowano skład jakościowy każdej próbki roślin, notując zaobserwowaną kombinację gatunków pleustonowych; (3) z przywiezionego z terenu materiału roślinnego pobierano próbkę roślin o objętości 5 ml, odsączano nadmiar wody za pomocą bibuły filtracyjnej, rozdzielano rośliny na poszczególne gatunki, a następnie mierzono ich świeżą biomasa z dokładnością do 0,1 g.

Tabela 2. Opis zbadanych stanowisk, przedstawionych na rycinie 1
Table 2. Characteristics of the investigated localities, presented in Figure 1

Lp. No	Powiat District	Stanowisko – Locality	Data Date	Nr skupienia pleustonowego No of pleustonic assemblage
1	tarnowski	Kępa Bogumiłowicka, staw i rów obok domu nr 26.	03.07.2004	1–3
2	tarnowski	Komorów, staw i zbiornik astatyczny.	03.07.2004	4–6
3	tarnowski	Tarnów, ul. Pułaskiego, staw naprzeciw stadionu „Błękitnych”.	03.07.2004	7
4	tarnowski	Wierzchosławice, rów w centrum gminy koło mostku.	03.07.2004	8
5	tarnowski	Żabno, staw obok boiska sportowego.	04.07.2004	9–10
6	tarnowski	Tarnów-Krzyż, staw przy ul. Konwaliowej 3.	11.07.2004	11–12
7	tarnowski	Tarnów-Krzyż, staw przy ul. Kalinowej 7.	11.07.2004	13–14
8	brzeski	Brzesko, 4 zbiorniki astatyczne około 0,5 km od stacji kolejowej, w kierunku Tarnowa, po lewej stronie torów	24.07.2004	15–18
9	brzeski	Brzesko, położony w lesie staw „Wolny”, około 0,5 km od stacji kolejowej w kierunku Tarnowa.	24.07.2004	19
10	brzeski	Brzesko, ślepo zakończony rów połączony ze stawem „Wolny”	24.07.2004	20–21
11	brzeski	Brzesko, ul. Groblicza 24, ślepo zakończony rów.	24.07.2004	22
12	brzeski	Brzesko, staw przy targowisku „Mały Rynek”	24.07.2004	23–24
13	brzeski	Mokrzycka, staw przy zakładzie ogrodniczym.	25.07.2004	25–28
14	tarnowski	Radłów, staw obok starej cegielni.	25.07.2004	29–33
15	wielicki	Kokotów, dół potorfowy około 200 m od stacji kolejowej, w kierunku Tarnowa, po prawej stronie torów.	06.08.2004	34–39
16	wielicki	Kokotów, 2 zbiorniki astatyczne 50 m od stacji, w kierunku Krakowa, po prawej stronie torów.	06.08.2004	40–41
17	wielicki	Podłęże, ul. Wąska, zbiornik astatyczny na łące obok domu nr 36A.	06.08.2004	42
18	wielicki	Podłęże, zbiornik astatyczny w lesie około 100 m od stacji kolejowej, w kierunku Krakowa, po lewej stronie torów.	06.08.2004	43
19	wielicki	Staniątka, ul. Kręta 29A, 2 stawy.	12.08.2004	44–48
20	bocheński	Stanisławice, starorzecze Raby, obok żwirowni.	12.08.2004	49–60
21	brzeski	Jadowniki Mokre, staw i rów przy skrzyżowaniu Wietrzychowice-Pojawie.	19.08.2004	61–62
22	brzeski	Dołęga, staw obok domu nr 146.	19.08.2004	63–64
23	brzeski	Szczurowa, staw przy skrzyżowaniu Tarnów-Niepolomice-Koszyce.	19.08.2004	65–66
24	proszowicki	Szpitary, staw Ochotniczej Straży Pożarnej.	22.08.2004	67
25	brzeski	Jadowniki Mokre, kilka metrów od krzyżówki Wietrzychowice-Pojawie, rów wzdłuż drogi.	22.08.2004	68–70
26	brzeski	Jadowniki Mokre, staw za Szkołą Podstawową.	22.08.2004	71–74
27	bocheński	Grobla, starorzecze przy drodze wojewódzkiej nr 964 w okolicy cmentarza.	27.08.2004	75–97
28	tarnowski	Nowodworze, staw i rów obok Domu Pomocy Społecznej.	10.10.2004	98–100
29	tarnowski	Skrzyszów, staw obok domu nr 292.	10.10.2004	101

Tabela 2. Kontynuacja – **Table 2.** Continued

Lp. No	Powiat District	Stanowisko – Locality	Data Date	Nr skupienia pleustonowego No of pleustonic assemblage
30	tarnowski	Skrzyszów, staw obok domu nr 9.	10.10.2004	102–103
31	tarnowski	Brzozówka, staw obok domu nr 46.	10.10.2004	104–105
32	wielicki	Podłęże, staw około 400 m od stacji kolejowej, w kierunku Tarnowa, po prawej stronie torów.	15.10.2004	106
33	wielicki	Węgrzyce Wielkie, staw około 300 m od stacji kolejowej, w kierunku Krakowa, po lewej stronie torów.	15.10.2004	107–108

W statystycznej analizie danych wykorzystywano test chi-kwadrat jako test niezależności. W celu porównania dwóch prób ze względu na średnią wartość badanej cechy stosowano test *t* dla dwóch prób niezależnych. W celu porównania > 2 prób niezależnych stosowano analizę wariancji (ANOVA) w klasyfikacji pojedynczej. W tym przypadku, po odrzuceniu hipotezy zerowej, stosowano test wielokrotnych porównań Tukeya dla prób równolicznych (STANISZ 2006). Odpowiednie hipotezy (por. rozdział REZULTATY) były falsyfikowane na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Wszystkie obliczenia wykonano za pomocą programu STATISTICA wersja 9 (StatSoft, Inc. 2010).

REZULTATY

W czasie prowadzonych badań zbadano 108 skupień roślin pleustonowych w 48 zbiornikach i ciekach (Tab. 3) i stwierdzono występowanie tylko 5 gatunków roślin pleustonowych z dziewięciu spotykanych na terenie Polski (por. Tab. 1). Są to, głównie, rośliny rzęso-

Tabela 3. Liczba zbadanych zbiorników i cieków określonego typu, oraz liczba zbadanych skupień pleustonowych
Table 3. Number of types of water bodies and number of investigated pleustonic assemblages

Typ zbiornika Water body type	Liczba zbadanych zbiorników No of water bodies	Liczba zbadanych skupień No of pleustonic assemblages
stawy – ponds	24	45
rowy – ditches	11	22
zbiorniki astatyczne astatic water bodies	9	9
starorzecza – river old beds	3	26
doły potorfowe – peat diggings	1	6
Razem – Total	48	108

wate. Jak wynika z zestawienia w tabeli 4, na badanym obszarze, najczęściej spotykanym gatunkiem jest *Lemna minor*. Następne w kolejności, pod względem częstości występowania, są: *Spirodela polyrrhiza*, *Lemna trisulca* i *Salvinia natans*. Najrzadziej występującym gatunkiem okazała się *Wolffia arrhiza*. *Lemna minor* jest spotykana 1,5 razy częściej niż *Spirodela polyrrhiza*, 3,0 razy częściej niż *Lemna trisulca*, 7,4 razy częściej niż *Salvinia natans* i aż 33,3 razy częściej niż *Wolffia arrhiza*.

Ogółem, na badanym terenie stwierdzono 9 różnych kombinacji gatunków pleustonowych na 31 możliwych, jakie mogą powstać, gdy rozważanych jest 5 gatunków pleustonowych.

Tabela 4. Częstość występowania gatunków pleustonowych na badanym obszarze, oszacowana na podstawie 108 zbędnych skupień pleustonowych. Objasnienia: Lm – *Lemna minor*; Ltr – *Lemna trisulca*; Sp – *Spirodela polyrrhiza*; W – *Wolffia arrhiza*; Sal – *Salvinia natans*

Table 4. The frequency of occurrence of the pleustonic plant species in the investigated area estimated upon the 108 investigated pleustonic assemblages. Explanations: Lm – *Lemna minor*; Ltr – *Lemna trisulca*; Sp – *Spirodela polyrrhiza*; W – *Wolffia arrhiza*; Sal – *Salvinia natans*

Gatunek Species	Frekwencja Frequency	Frakcja Fraction
Lm	103	0,466
Sp	67	0,303
Ltr	34	0,154
Sal	14	0,063
W	3	0,014
Razem – Total	221	1,000

Zaobserwowane gatunki występowały w kombinacjach 1-, 2-, 3- oraz 4-gatunkowych (Tab. 5), z których najczęściej spotykaną okazała się kombinacja jednogatunkowa *Lemna minor*. Kolejną była kombinacja *L. minor*–*S. polyrrhiza*, *L. minor*–*S. polyrrhiza*–*L. trisulca* oraz *L. minor*–*S. polyrrhiza*–*L. trisulca*–*S. natans*. Zrąb tych i pozostałych kombinacji wielogatunkowych tworzą gatunki najczęściej spotykane na badanym obszarze (por. Tab. 4).

Tabela 5. Liczba i częstość występowania *k*-gatunkowych kombinacji zaobserwowanych na badanym terenie. Objasnienia: patrz tabela 4

Table 5. The number and the frequency of occurrence of *k*-species combinations in the investigated area. For key to the symbols used, see Table 4

<i>k</i> -gatunkowa kombinacja <i>k</i> -species combination	Frekwencja Frequency	Frakcja Fraction
1-gatunkowe 1-species	35 3	0,324 0,028
2-gatunkowe 2-species	32 6	0,296 0,056
3-gatunkowe 3-species	15 4 2	0,139 0,037 0,019
4-gatunkowe 4-species	8 3	0,074 0,028
Razem – Total	108	1,000

Występowanie gatunków pleustonowych i ich kombinacji w różnych typach zbiorników

W tabeli 6 przedstawiono występowanie gatunków pleustonowych w różnych zbiornikach. Jak widać, zaobserwowane w terenie rośliny pleustonowe najczęściej występowały w stawach i starorzeczach, rzadziej w dołach potorfowych i zbiornikach astatycznych. W tych ostatnich spotykano jedynie *Lemna minor*. W tym kontekście, rowy zajmują miejsce pośrednie między stawami i starorzeczami z jednej strony a dołami potorfowymi i zbiornikami

Tabela 6. Częstość występowania (%) gatunków pleustonowych w różnych zbiornikach. Objasnienia: patrz tabela 4
Table 6. The percentage frequencies of occurrence of pleustonic plant species in different water bodies. For key to the symbols used, see Table 4

Gatunek Species	Typ zbiornika – Water body type					Razem Total
	stawy ponds	starorzecza old river beds	rowy ditches	doły potorfowe peat diggings	zbiorniki astatyczne astatic water bodies	
Lm	40,78	24,27	20,39	5,83	8,74	103
Sp	35,82	38,81	16,42	8,96	0,00	67
Ltr	38,24	38,24	5,88	17,65	0,00	34
Sal	0,00	71,43	28,57	0,00	0,00	14
W	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Razem (bez Sal i W) Total (without Sal and W)	40,51	32,82	17,44	9,23	–	195

astatycznymi z drugiej. Dla wyróżnionych w tabeli 6 podklas zweryfikowano hipotezę, że rozważane gatunki w takim samym stopniu preferują dany typ zbiornika. Wynik testu ($\chi^2 = 10,335$; $df = 6$; $p = 0,1112$) nie pozwala odrzucić tej hipotezy: badane gatunki równie często występują, odpowiednio – w stawach (41% obserwacji), w starorzeczach (33%), w rowach (17%) i w dołach potorfowych (9%). Pod tym względem, *Salvinia natans* wykazuje odmienny typ prawidłowości (Tab. 6) – przede wszystkim występuje w starorzeczach (71% obserwacji), rzadziej w rowach (29% obserwacji).

Występowanie różnych kombinacji gatunków pleustonowych w różnych zbiornikach przedstawiono w tabeli 7. Na podstawie tych danych można wnioskować, że w zbiornikach astatycznych występowała tylko kombinacja 1-gatunkowa z *Lemna minor*. W stawach

Tabela 7. Częstość występowania (liczba obserwacji) zaobserwowanych w terenie k -gatunkowych kombinacji w różnych zbiornikach w 108 przebadanych skupieniach pleustonowych. Objasnienia: patrz tabela 4

Table 7. The frequency of occurrence of k -species combinations observed in the area in different water bodies in 108 investigated pleustonic assemblages. For key to the symbols used, see Table 4

k -gatunkowa kombinacja k -species combination	Typ zbiornika – Water body type					Razem Total
	stawy ponds	starorzecza old river beds	rowy ditches	doły potorfowe peat diggings	zbiorniki astatyczne astatic water bodies	
Lm	15	0	11	0	9	35
Sp	3	0	0	0	0	3
Lm-Sp	14	12	6	0	0	32
Lm-Ltr	6	0	0	0	0	6
Lm-Sp-Ltr	4	4	1	6	0	15
Ltr-Sp-Sal	0	1	1	0	0	2
Lm-Sp-Sal	0	1	3	0	0	4
Lm-Sp-Ltr-Sal	0	8	0	0	0	8
Lm-Sp-Ltr-W	3	0	0	0	0	3

obserwowano przede wszystkim kombinacje 1- i 2-gatunkowe, złożone z gatunków najczęściej spotykanych na badanym obszarze (por. Tab. 6). W starorzeczach nie odnotowano żadnych kombinacji 1-gatunkowych, występowały natomiast złożone z większej liczby gatunków. W rowach obserwowano kombinacje 1-, 2- i 3-gatunkowe. Ze względu na brak lub niewielką liczbę obserwacji w poszczególnych podklasach tabeli 7, dane te nie były przedmiotem statystycznego wnioskowania.

Występowanie gatunków pleustonowych i ich kombinacji w skupieniach autonomicznych i synuzjalnych

Częstość występowania gatunków pleustonowych w skupieniach autonomicznych i synuzjalnych przedstawiono w tabeli 8. Dla wyróżnionych tutaj podklas zweryfikowano hipotezę, że gatunki *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza* i *Salvinia natans* nie różnią się „przywiązaniem” do skupień autonomicznych lub synuzjalnych. Wynik testu ($\chi^2 = 1,783$; $df = 2$; $p = 0,4101$) nie pozwala odrzucić tej hipotezy: rozważane gatunki równie często występują w skupieniach synuzjalnych (69% obserwacji) i tak samo rzadko w skupieniach autonomicznych (31% obserwacji). W tym względzie, *Lemna trisulca* wykazuje odmienny typ prawidłowości – w porównaniu z rozważanymi gatunkami znacznie częściej spotykana jest w skupieniach synuzjalnych (88% obserwacji), rzadziej – w skupieniach autonomicznych (12% obserwacji; Tab. 8).

Tabela 8. Częstość występowania (%) gatunków pleustonowych w skupieniach autonomicznych i synuzjalnych. Objasnienia: patrz tabela 4

Table 8. The percentage frequencies of occurrence of pleustonic plant species in autonomous and non-autonomous or synusial assemblages. For key to the symbols used, see Table 4

Gatunek Species	Skupienie – Assemblage		Razem Total
	autonomiczne autonomous	synuzjalne synusial	
Lm	34,95	65,05	103
Sp	25,37	74,63	67
Ltr	11,76	88,24	34
Sal	28,57	71,43	14
W	0,00	100,00	3
Razem (bez Ltr i W)	30,98	69,02	184
Total (without Ltr and W)	30,98	69,02	184

Odmienne przedstawiają się te relacje, gdy rozważamy występowanie kombinacji k -gatunkowych w postaci skupień autonomicznych i synuzjalnych (Tab. 9). Wynik testu wskazuje, że między typem skupienia a występowaniem k -gatunkowych kombinacji występuje istotna zależność ($\chi^2 = 15,749$; $df = 3$; $p = 0,0013$). Z analizy tabeli 9 wynika, że 1-gatunkowe kombinacje *Lemna minor* i *Spirodela polyrrhiza* częściej występują w postaci skupień autonomicznych, podczas gdy kombinacje złożone z większej liczby gatunków częściej występują w postaci skupień synuzjalnych. W tym przypadku łatwo stwierdzić prostą prawidłowość polegającą na tym, że im więcej gatunków liczy kombinacja, tym częściej występuje ona w postaci skupienia synuzjalnego (Tab. 9).

Tabela 9. Częstość występowania (%) k -gatunkowych kombinacji w postaci skupienia autonomicznego lub synuzjalnego**Table 9.** The percentage frequencies of occurrence of k -species combinations in the form of autonomous or synusial assemblage

k -gatunkowa kombinacja k -species combination	Skupienie – Assemblage		Razem Total
	autonomiczne autonomous	synuzjalne synusial	
1-gatunkowa 1-species	57,89	42,11	38
2-gatunkowa 2-species	31,58	68,42	38
3-gatunkowa 3-species	23,81	76,19	21
4-gatunkowa 4-species	0,00	100,00	11
Razem – Total	36,11	63,89	108

Występowanie gatunków pleustonowych i ich kombinacji w zależności od nasłonecznienia

Dla wyróżnionych w tabeli 10 podklas zweryfikowano hipotezę o braku związku między nasłonecznieniem a występowaniem gatunków pleustonowych. Rezultat testu ($\chi^2 = 1,515$; $df = 6$; $p = 0,9585$) nie pozwala odrzucić tej hipotezy. Wynika z tego, że badane gatunki nie różnią się między sobą jeśli chodzi o preferencje względem nasłonecznienia: rozważane gatunki równie często występują w pełnym słońcu (47% obserwacji), w półcieniu (38% obserwacji) i w miejscach ocienionych (16% obserwacji).

Podobnie przedstawia się sytuacja, gdy rozważamy występowanie kombinacji k -gatunkowych w zależności od nasłonecznienia (Tab. 11). Wynik testu statystycznego wskazuje na brak związku między nasłonecznieniem a występowaniem k -gatunkowych kombinacji skupisk pleustonowych ($\chi^2 = 3,764$; $df = 6$; $p = 0,706$). Obserwowane w terenie

Tabela 10. Częstość występowania (%) gatunków pleustonowych w zależności od nasłonecznienia. Objasnienia: patrz tabela 4**Table 10.** The percentage frequencies of occurrence of pleustonic plant species with respect to insolation. For key to the symbols used, see Table 4

Gatunek Species	Nasłonecznienie – Insolation			Razem Total
	pełne słońce sunny localities	półcień localities receiving little sunlight	cień localities receiving no sunlight	
Lm	46,60	35,92	17,48	103
Sp	44,78	40,30	14,93	67
Ltr	47,06	38,24	14,71	34
Sal	57,14	35,71	7,14	14
W	66,67	33,33	0,00	3
Razem (bez W) Total (without W)	46,79	37,61	15,60	218

Tabela 11. Częstość występowania (%) *k*-gatunkowych kombinacji w zależności od nasłonecznienia
Table 11. The percentage frequencies of occurrence of *k*-species combinations with respect to insolation

<i>k</i> -gatunkowa kombinacja <i>k</i> -species combination	Nasłonecznienie – Insolation			Razem Total
	pełne słońce sunny localities	półcień localities receiving little sunlight	cień localities receiving no sunlight	
1-gatunkowa 1-species	50,00	28,95	21,05	38
2-gatunkowa 2-species	52,63	34,21	13,16	38
3-gatunkowa 3-species	33,33	47,62	19,05	21
4-gatunkowa 4-species	54,55	36,36	9,09	11
Razem – Total	48,15	35,19	16,67	108

k-gatunkowe skupienia pleustonowe mają takie same wymagania świetlne: równie często występują w pełnym słońcu (48% obserwacji), w półcieniu (35% obserwacji) i w cieniu (17% obserwacji). Proporcje te są praktycznie takie same, jak wówczas gdy rozważamy związek między nasłonecznieniem i występowaniem poszczególnych gatunków pleustonowych (por. Tab. 10).

Występowanie gatunków pleustonowych i ich kombinacji w zależności od pH wody

W tabeli 12 przedstawiono ekstremalne wartości pH, przy których obserwowano występowanie roślin pleustonowych w badanym terenie oraz częstość występowania tych roślin w zależności od pH wody. Z zestawienia tego wynika, że wszystkie zaobserwowane gatunki najczęściej występowały w wodach o pH 7,5 i 8,0. Rzadziej spotykane były w wodach o wartościach pH niższych lub wyższych niż podane wyżej. Największą tolerancję względem odczynu wody wykazuje *Lemma minor*, najmniejszą *Wolffia arrhiza* i *Salvinia natans*.

Dla wyróżnionych w tabeli 13 podklas zweryfikowano hipotezę o braku związku między pH wody a występowaniem gatunków pleustonowych. Wynik testu ($\chi^2 = 0,685$; $df = 3$;

Tabela 12. Częstość występowania gatunków pleustonowych w zależności od pH wody. Objasnienia: patrz tabela 4
Table 12. The percentage frequencies of occurrence of pleustonic plant species with respect to the water pH. For key to the symbols used, see Table 4

Gatunek Species	pH _{min} – pH _{max}	pH wody – water pH					Razem Total
		6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	
Lm	6,5–8,5	1	9	32	54	7	103
Sp	7,0–8,5	0	1	27	36	4	67
Ltr	7,0–8,0	0	1	15	19	0	34
Sal	7,5–8,0	0	0	5	9	0	14
W	7,0–7,5	0	1	2	0	0	3

Tabela 13. Częstość występowania (%) gatunków pleustonowych w zależności od zakresu pH wody. Objasnienia: patrz tabela 4

Table 13. The percentage frequencies of occurrence of pleustonic plant species with respect to the range of water pH. For key to the symbols used, see Table 4

Gatunek Species	pH ≤ 7,5	pH ≥ 8,0	Razem Total
Lm	40,78	59,22	103
Sp	40,30	59,70	67
Ltr	47,06	52,94	34
Sal	35,71	64,29	14
W	100,00	0	3
Razem (bez W) Total (without W)	41,28	58,72	218

$p = 0,8768$) nie pozwala odrzucić tej hipotezy: rozważane gatunki równie często występują w wodach o $\text{pH} \geq 8,0$ (59% obserwacji) i w wodach o $\text{pH} \leq 7,5$ (41% obserwacji).

Gdy tę samą hipotezę testujemy w odniesieniu do k -gatunkowych kombinacji (dane zestawiono w Tab. 14), to okazuje się, że również w tym przypadku nie można jej odrzucić ($\chi^2 = 2,607$; $df = 3$; $p = 0,4562$): rozważane k -gatunkowe kombinacje tak samo często występują w wodach o $\text{pH} \geq 8,0$ (60% obserwacji) i w wodach o $\text{pH} \leq 7,5$ (40% obserwacji). Ta prawidłowość jest odzwierciedleniem stwierdzonej wcześniej preferencji gatunków pleustonowych względem odczynu wody.

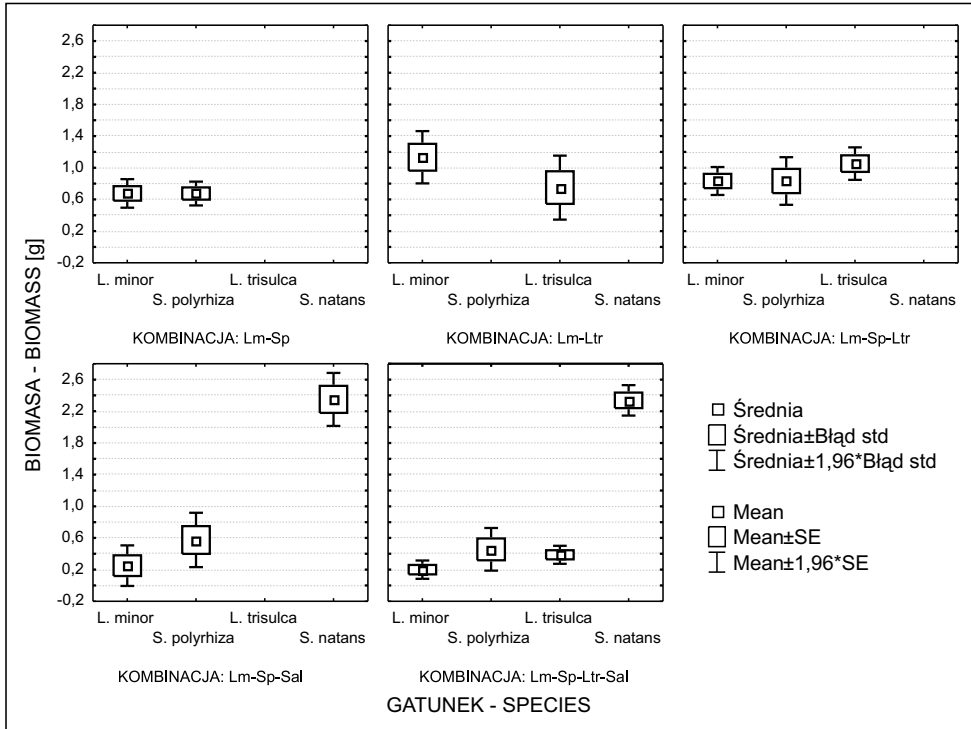
Tabela 14. Częstość występowania (%) kombinacji k -gatunkowych w zależności od zakresu pH wody

Table 14. The percentage frequencies of occurrence of k -species combinations with respect to the range of water pH

k -gatunkowa kombinacja k -species combination	pH ≤ 7,5	pH ≥ 8,0	Razem Total
1-gatunkowa 1-species	39,47	60,53	38
2-gatunkowa 2-species	31,58	68,42	38
3-gatunkowa 3-species	47,62	52,38	21
4-gatunkowa 4-species	54,55	45,45	11
Razem – Total	39,81	60,19	108

Biomasa gatunków pleustonowych w różnych k -gatunkowych kombinacjach

Na rycinie 2 przedstawiono wykresy pudełkowe, ilustrujące udział (w kategoriach biomasy) różnych gatunków pleustonowych w wybranych kombinacjach gatunkowych. Analiza wykresów sugeruje, że we wszystkich rozważanych k -gatunkowych skupieniach pleustonowych udział *Lemna minor*, *L. trisulca* i *Spirodela polyrrhiza* – wyrażony w kategoriach biomasy – jest taki sam. Jedynie *Salvinia natans*, w kombinacjach, w których występuje, wytwarza kilkakrotnie większą biomasę niż każdy z, rozważanych wcześniej, gatunków



Ryc. 2. Udział różnych gatunków pleustonowych w kombinacjach wielogatunkowych, wyrażony w kategoriach biomasy. Liczba zbadanych skupień pleustonowych: kombinacja Lm-Sp (32), Lm-Ltr (6), Lm-Sp-Ltr (15), Lm-Sp-Sal (4), Lm-Sp-Ltr-Sal (8)

Fig. 2. The share of different pleustonic plant species in different multi-species combinations, expressed in biomass categories. Number of pleustonic assemblages investigated: combination Lm-Sp (32), Lm-Ltr (6), Lm-Sp-Ltr (15), Lm-Sp-Sal (4), Lm-Sp-Ltr-Sal (8)

pleustonowych. Wyniki odpowiednich testów, przeprowadzonych dla każdej z wziętych pod uwagę k -gatunkowych kombinacji, nie pozwalają odrzucić tych hipotez (kombinacja Lm-Sp: $t = 0,013$; $df = 62$; $p = 0,9863$; kombinacja Lm-Ltr: $t = 1,439$; $df = 10$; $p = 0,1807$; kombinacja Lm-Sp-Ltr: $F(2,42) = 1,136$; $p = 0,3306$; kombinacja Lm-Sp-Sal: $F(2,9) = 49,862$; $p = 0,0000$; kombinacja Lm-Sp-Ltr-Sal: $F(3, 28) = 113,301$; $p = 0,0000$).

DYSKUSJA

Wyniki przeprowadzonych analiz dały podstawę do ustalenia pewnych prawidłowości co do występowania i ekologii roślin pleustonowych, oraz występowania, struktury i ekologii tworzonych przez nie skupień. Należy jednak pamiętać, że z powodu niewielkiej, w sumie, liczby obserwacji prawidłowości te trzeba traktować z rezerwą i powinny być zweryfikowane przy użyciu większej liczby obserwacji.

W czasie prowadzonych badań, stwierdzono tylko 5 spośród 9 wytypowanych wcześniej gatunków roślin pleustonowych. Najczęściej spotykanym w terenie gatunkiem była

Lemna minor, następnie w kolejności: *Spirodela polyrrhiza*, *Lemna trisulca*, *Salvinia natans* i *Wolffia arrhiza*. Zgadza się to, mniej więcej, z tym, co wcześniej, dla obszaru Polski, ustalił WOŁEK (1997) oraz z danymi ZAJĄCA i ZAJĄCA (2001). Różnica dotyczy jedynie oszacowania częstości występowania dwóch gatunków. Według WOŁKA (1997), gatunkiem częstszym jest *Lemna trisulca*. Z obecnych danych wynika, że na badanym obszarze gatunkiem częstszym jest *Spirodela polyrrhiza*. Rozbieżność ta może być spowodowana różnymi przyczynami. Między innymi może ona wynikać z tego, że zbadano jedynie 108 skupień pleustonowych. Dla porównania, WOŁEK (1997) przeanalizował prawie 2000 zdjęć fitosocjologicznych. Wydaje się, że jest to najbardziej prawdopodobna przyczyna stwierdzonej rozbieżności.

Jeśli chodzi o częstość występowania, podobne relacje zaobserwowano analizując *k*-gatunkowe kombinacje. Gatunki wchodzące w skład wszystkich kombinacji, to przede wszystkim: *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza*, *Lemna trisulca*. Rośliny te tworzą zrąb wszystkich obserwowanych w terenie skupień pleustonowych. Interesujące jest przy tym, że nie stwierdzono występowania 1-gatunkowych skupień *L. trisulca*. Na badanym obszarze, *Salvinia natans* i, szczególnie, *Wolffia arrhiza* wchodzi tylko w skład skupień kilkugatunkowych. Łatwo zauważyć, że gatunek częstszy (np. *L. minor*) częściej wchodzi w skład różnych kombinacji gatunkowych, niż gatunek nie tak częsty, np. *L. trisulca*, nie wspominając już o *Salvinia natans*, czy *W. arrhiza*. Jest to zgodne z regułami rachunku prawdopodobieństwa, przy założeniu, że kombinacje gatunków tworzą się w sposób losowy. Prawidłowość tę już wcześniej zaobserwowano i statystycznie przeanalizowano (WOŁEK 1983, 1997; WOŁEK & WALANUS 2000). Uzyskane rezultaty wykazywały, że skupienia pleustonowe są przypadkowym zbiorem gatunków, co najwyżej determinowanym przez abiotyczne warunki środowiska. Zbyt mała liczba obserwacji nie pozwoliła autorom na przeprowadzenie podobnych analiz, lecz wspomniane wyżej zjawisko sugeruje, pośrednio, że w omawianym przypadku również mamy do czynienia z losowym formowaniem się zbiorowisk pleustonowych na badanym terenie.

Spośród różnych typów zbiorników, stawy i starorzecza są tymi zbiornikami, w których rośliny pleustonowe znajdują najlepsze warunki rozwoju. Świadczyć może o tym fakt, że w zbiornikach tych często rozwijają się kilkugatunkowe skupienia roślin pleustonowych. Gorsze warunki rozwoju roślin pleustonowych występują w rowach, a zwłaszcza w zbiornikach astatycznych, co zgadza się z obserwacjami innych autorów (np. WOŁEK 1997; KŁOSOWSKI & KŁOSOWSKI 2001). Wyjątkowe ubóstwo zbiorowisk pleustonowych w dołach potorfowych da się wyjaśnić tym, że na badanym obszarze znaleziono tylko jeden zbiornik tego typu. Z doniesień innych autorów wynika, że doły potorfowe są dogodnym siedliskiem dla rozwoju skupień pleustonowych (por. m.in. WOŁEK 1997).

Zaobserwowane w terenie gatunki roślin pleustonowych występowały prawie we wszystkich badanych zbiornikach wodnych, co zgadza się z obserwacjami WOŁKA (1997). KŁOSOWSKI i KŁOSOWSKI (2001) podają, że na terenie Polski *Salvinia natans* najczęściej występuje w starorzeczach. Z danych WOŁKA (1997) wynika jednak, że spotkać ją można we wszystkich dużych zbiornikach, takich jak: starorzecza, doły potorfowe, stawy rybne i jeziora. Na terenie objętym badaniem, w zbiornikach astatycznych obserwowano jedynie *Lemna minor*, co może świadczyć o jej wyjątkowych możliwościach przystosowywania się

do zmieniających się warunków środowiska. Wydaje się, że spośród badanych, roślina ta jest najbardziej skutecznym gatunkiem pionierskim.

Ogólnie rzecz biorąc, nie ma istotnego związku między typem zbiornika wodnego a występowaniem danego gatunku, czy k -gatunkowych kombinacji. Żaden z zaobserwowanych zbiorników wodnych nie jest w szczególnie sposób preferowany przez dany gatunek lub daną kombinację. Fakt ten dodatkowo wskazuje, że występowanie skupisk roślin pleustonowych na badanym terenie jest sprawą przypadku. Wynik ten zgadza się z rezultatami badań WOŁKA (1983, 1997).

Nie stwierdzono również istotnego związku między typem skupienia pleustonowego (autonomiczne – synuzjalne) a występowaniem danego gatunku. Jednak odmienne rezultaty otrzymano, gdy rozważano występowanie k -gatunkowych kombinacji w postaci skupienia autonomicznego lub synuzjalnego. Częstsze występowanie 1-gatunkowych kombinacji w postaci skupień autonomicznych może wynikać z faktu, że w korzystnych warunkach (małe, zaciszne zbiorniki) skupienia te mogą się bardzo szybko rozwijać. Ponieważ najczęściej spotykaną w przyrodzie rośliną pleustonową jest *Lemna minor*, więc też najczęściej spotyka się jednogatunkowe skupienia tej rośliny. Obserwowane w terenie autonomiczne skupienia *L. minor* rozwijały się najczęściej w małych stawach i płytkich zbiornikach astatycznych i bardzo często pokrywały grubą warstwą całą powierzchnię zajmowanego zbiornika wodnego.

Z drugiej strony, skupienia złożone z dużej liczby gatunków wymagają nie tylko odpowiednich warunków ale i więcej czasu. Im więcej gatunków liczy skupienie roślin pleustonowych, tym więcej czasu potrzeba, by mogło się ono rozwinąć. Jak wynika z zebranych obserwacji, w przypadku dużych zbiorników (stawy, starorzeczka, doły potorfowe), takie warunki zbiorowisko pleustonowe znajduje przede wszystkim wśród roślinności wodnej i przybrzeżnej, dlatego też częściej występuje ono w postaci skupienia synuzjalnego.

Oprócz typu zbiornika wodnego oraz typu skupienia (autonomiczne – synuzjalne), w niniejszej pracy uwzględniono też nasłonecznienie i odczyn wody. Wyniki analiz statystycznych wskazują, że nie ma związku między nasłonecznieniem i badanymi gatunkami pleustonowymi i ich kombinacjami. Rozważane gatunki pleustonowe, jak i ich kombinacje, nie różnią się preferencją względem nasłonecznienia i równie często występują w pełnym słońcu, rzadziej – ale równie często – występują w półcieniu a najrzadziej w cieniu. Fakt ten podkreślano już wcześniej (por. WOŁEK 1974a), jednak nie ujmowano go w sposób ilościowy tak, jak to zrobiono w niniejszej pracy.

Podobne prawidłowości zaobserwowano badając związek między występowaniem badanych gatunków pleustonowych i ich k -gatunkowych kombinacji a odczynem wody. Jak wiadomo, w różnych częściach zbiornika, odczyn wody może się znacznie wahać w ciągu dnia, dlatego nie jest możliwe wykonanie dokładnych i jednoznacznych pomiarów pH. Pomiarów te nie mają większego znaczenia dla analiz ekologicznych, gdyż wskazują jedynie stan chwilowy (LANDOLT & ZARZYCKI 1994). Możemy jednak określić pewne wartości pH wody, optymalne dla omawianej grupy roślin.

Jak podaje WOŁEK (1997), krajowe rośliny pleustonowe, i ich kombinacje, można znaleźć w wodach o pH od 5,5 do 9, jednak najczęściej występują w wodach o pH 6–8. Obecne wyniki sugerują, że na badanym terenie skupienia badanych roślin pleustonowych

występują w wodach o pH 6,5–8,5, przy czym zwykle preferują wody o pH 7,5 i 8,0, co pokrywa się z danymi podawanymi przez WOŁKA (1997).

Mała liczba obserwacji nie pozwala na dokonanie porównań w obrębie poszczególnych typów wód. Ogólnie można powiedzieć, że potwierdza się obserwacja, iż wszystkie rośliny pleustonowe preferują wody zasadowe i pod względem tych preferencji nie różnią się między sobą istotnie. Taki sam wynik uzyskano dla *k*-gatunkowych skupień roślin pleustonowych. Wyróżniając wody o pH $\leq 7,5$ i $\geq 8,0$ można stwierdzić, że na badanym obszarze, tak rośliny pleustonowe, jak i tworzone przez nie skupienia częściej występują w wodach o pH $\geq 8,0$.

Analizując udział poszczególnych gatunków pleustonowych w 5 różnych kombinacjach gatunkowych, wyrażony w kategoriach biomasy, stwierdzono, że niezależnie od rozważanej kombinacji gatunkowej, wszystkie gatunki pleustonowe – z wyjątkiem *Salvinia natans* – produkują taką samą biomasę we wszystkich rozważanych kombinacjach gatunkowych, w skład których wchodzi. W porównaniu z nimi, w skupieniach wielogatunkowych, *S. natans* wytwarza kilkakrotnie większą biomasę niż każdy z pozostałych gatunków pleustonowych (Ryc. 2). Tę przewagę *S. natans* nad innymi gatunkami roślin pleustonowymi CLATWORTHY i HARPER (1962) przypisują, przede wszystkim budowie morfologicznej salwinii. *S. natans* jest dużą rośliną pleustonową i – jak autorzy ci wykazali w wielu doświadczeniach – roślina ta zawsze zwyciężała w konkurencji o przestrzeń z innymi roślinami pleustonowymi. Przedstawione tu rezultaty odbiegają od wyników WOŁKA (1974b, 1979), który – w wielu eksperymentach – stwierdził istotny wpływ konkurencji międzygatunkowej, m.in. na biomasę wytwarzaną przez rozważane gatunki w kulturach dwugatunkowych. Należy jednak pamiętać, że autor ten przeprowadzał eksperymenty dwutygodniowe, w warunkach ściśle kontrolowanych, w warunkach sterylnych, co mogło mieć istotny wpływ na wynik badanej interakcji. Z drugiej strony, należy pamiętać, że w przypadku niektórych kombinacji gatunkowych, liczba zbadanych skupień pleustonowych była bardzo mała, co musiało mieć wpływ na wynik wykonanych analiz statystyczny.

Podziękowania. Autorzy dziękują pani Kseni Łyczko za weryfikację i udoskonalenie angielskiego tekstu.

LITERATURA

- BRAUN-BLANQUET J. 1932. Plant sociology. The study of plant communities. McGraw-Hill, New York – London.
- CLATWORTHY J. N. & HARPER J. L. 1962. The comparative biology of closely related species living in the same area. V. Inter- and intraspecific interference within cultures of *Lemna* ssp. and *Salvinia natans*. – Journal of Experimental Botany **13**: 307–324.
- GLEASON H. A. 1926. The individualistic concept of the plant association. – Bull. Torrey Bot. Club **53**: 7–26.
- KŁOSOWSKI S. & KŁOSOWSKI G. 2001. Rośliny wodne i bagienne. (Seria: Flora Polski). MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- LANDOLT E. & ZARZYCKI K. 1994. Ecological field investigations of duckweed (*Lemnaceae*) in Argentina. – Berichte Geobotanisches Institute der ETH, Stiftung Rübel, Zürich **60**: 62–109.

- MATUSZKIEWICZ W. 2002. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. (Seria: Vademecum Geobotanicum). Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- MIREK Z., PIĘKOŚ-MIRKOWA H., ZAJĄC A. & ZAJĄC M. 2002. Vascular plants and pteridophytes of Poland – a checklist. – W: Z. MIREK (red.), Biodiversity of Poland **1**, s. 442. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- SCHWABE-BRAUN A. & TÜXEN R. 1981. *Lemnetea minoris*. – W: R. TÜXEN (red.), Prodrömus der europäischen Pflanzengesellschaften. Lief. 4. J. Cramer, Vaduz.
- STANISZ A. 2006. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. **1**. StatSoft, Kraków
- StatSoft, Inc. (2010). STATISTICA (data analysis software system), version 9.1. www.statsoft.com.
- SZAFER W., KULCZYŃSKI S. & PAWŁOWSKI B. 1953. Rośliny polskie. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- WOLFF P. & LANDOLT E. 1994. Spread of *Lemna turionifera* (*Lemnaceae*), the red duckweed, in Poland. – Frögm. Florist. Geobot. **39**(2): 439–451.
- WOLEK J. 1974a. Kritische Übersicht der Pleustongesellschaften Polens (Klasse *Lemnetea*). – Frögm. Florist. Geobot. **20**(3): 365–379.
- WOLEK J. 1974b. A preliminary investigation on interactions (competition, allelopathy) between some species of *Lemna*, *Spirodela* and *Wolffia*. – Berichte Geobotanisches Institute der ETH, Stiftung Rübél, Zürich **42**: 140–162.
- WOLEK J. 1979. Experimental investigations on competition and allelopathy between *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. and *Wolffia arrhiza* (L.) Wimm. – Frögm. Florist. Geobot. **25**(2): 281–350.
- WOLEK J. 1983. Determinants of community structure for the pleustonic plants (the *Lemnetea* class). – Ekologia polska **31**(1): 173–200.
- WOLEK J. 1997. Species co-occurrence patterns in pleustonic plant communities (class *Lemnetea*): are there assembly rules governing pleustonic community assembly? – Frögm. Florist. Geobot. Suppl. **5**: 3–100.
- WOLEK J. 2006. XVIII. Metody badań pleustofitów i ich zbiorowisk. – W: J. SZMEJA (red.), Przewodnik do badań roślinności wodnej, s. 315–366. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- WOLEK J. & WALANUS A. 2000 (2001). Co-occurrence of lemnids in Argentina: a null model analysis. – Frögm. Florist. Geobot. **45**(1–2): 179–192.
- ZAJĄC M. & ZAJĄC A. 2001. Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. xii + 714. Nakładem Pracowni Chronologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.

SUMMARY

The purpose of his study was to obtain information on the occurrence of pleustonic plant assemblages in the voivodeship of Małopolska, Southern Poland, as well as the influence of selected abiotic factors on the pleustonic plant species and their multi-species combinations. The study was conducted in 2004, in selected districts of the voivodeship of Małopolska. The localities in which the pleustonic assemblages were investigated are marked in Figure 3. The description and the location of these stands (localities) is shown in Table 2.

In total, 108 pleustonic assemblages in 48 different water bodies were studied (Table 3). Five species were found to occur in the investigated area. The species that appeared the most is *Lemna minor*. Next in order of appearance are: *Spirodela polyrrhiza*, *L. trisulca*, *Salvinia natans* and *Wolffia arrhiza* (Table 4). Nine different combinations of the pleustonic species were observed, out of 31 possible when taking in

to account 5 pleustonic species. The observed species appeared in 1-,2-,3- and 4- species combinations, where the most often seen was the 1-species combination *Lemna minor*. Next, in order of appearance were: *L. minor-S. polyrrhiza*, *L. minor-S. polyrrhiza-L. trisulca* and *L. minor-S. polyrrhiza-L. trisulca-S. natans* (Table 5).

The percentage frequencies of occurrence of pleustonic plant species in different water bodies are shown in Table 6. *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza* and *L. trisulca* prefer the given type of water body to the same extent ($\chi^2 = 10.335$; $df = 6$; $p = 0.1112$), i.e. equally as often these species occur in ponds (41%), old river beds (33%), ditches (17%) and peat diggings (9%). In this respect, *Salvinia natans* shows a dissimilar type of regularity (Table 6).

The frequency of occurrences of k -species combinations of pleustonic plants in different types of water body are shown in Table 7. Due to lack of or not enough of observations in many subclasses of the table, this data was not the subject of statistical inference.

The percentage frequencies of occurrence of pleustonic plant species found in autonomous and non-autonomous or synusial assemblages are shown in Table 8. *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza* and *Salvinia natans* to a similar degree prefer the same form of assemblage, autonomous or synusial ($\chi^2 = 1.783$; $df = 2$; $p = 0.4101$), i.e. individual species equally often occur in synusial assemblages (69% observed), and equally rarely can be found in autonomous assemblages (31%). In this respect, *Lemna trisulca* shows a dissimilar type of regularity.

The percentage frequencies of occurrence of k -species combinations in the form of autonomous and synusial assemblage are shown in Table 9. The results of the test show that there is a significant dependence between the type of assemblage and the occurrence of k -species combinations ($\chi^2 = 15.749$; $df = 3$; $p = 0.0013$): 1-species combinations of *Lemna minor* and *Spirodela polyrrhiza* occur more often in autonomous assemblages, while combinations composed of a greater number of species more often occur in synusial assemblages within aquatic and helophytic vegetation than in form of autonomous ones. Data shown in Table 9 suggest that, the more species a combination enumerates, the more often it appears in the form of synusial assemblage.

The percentage frequencies of occurrence of pleustonic plant species with respect to insolation are given in Table 10. With the exception of *Wolffia arrhiza*, all species do not differ in terms of preference to sunlight ($\chi^2 = 1.515$; $df = 6$; $p = 0.9585$): all species are equally as often found in full sunlight (47% observations), and, respectively, in localities receiving little sunlight (38%) and in localities receiving no sunlight (16%). When considering the percentage frequencies of occurrence of k -species combinations with respect to insolation, the situation is quite similar (Table 11). The observed k -species pleustonic assemblages have the same light requirements ($\chi^2 = 3.764$; $df = 6$; $p = 0.706$): they occur equally as often in full sunlight (48% observations), in localities receiving little sunlight (35%) and in localities receiving no sunlight (17%).

Extreme values of the water pH at which the pleustonic species were found and the percentage frequencies of occurrence of pleustonic plant species with respect to the water pH are given in Table 12. With the exception of *Wolffia arrhiza*, the considered species do not differ in requirements with respect to water pH ($\chi^2 = 0.685$; $df = 3$; $p = 0.8768$): they appear equally as often in waters with $\text{pH} \geq 8,0$ (59% observed) and, respectively, in waters with $\text{pH} \leq 7,5$ (41%) (Table 13). The considered k -species combinations also do not differ in requirements with respect to water pH ($\chi^2 = 2.607$; $df = 3$; $p = 0.4562$): they equally as often appear in waters with $\text{pH} \geq 8,0$ (60% observed) and, respectively, in waters with $\text{pH} \leq 7,5$ (40%) (Table 14).

As can be seen from Figure 2, the share of *Lemna minor*, *L. trisulca* and *Spirodela polyrrhiza* in different multi-species combinations, considered in terms of biomass, is the same. Only the biomass of *Salvinia natans* produced in these combinations is several times higher in comparison with other pleustonic species (combination Lm-Sp: $t = 0.013$; $df = 62$; $p = 0.9863$; combination Lm-Ltr: $t = 1.439$; $df = 10$; $p = 0.1807$; combination Lm-Sp-Ltr: $F(2,42) = 1.136$; $p = 0.3306$; combination Lm-Sp-Sal: $F(2,9) = 49.862$; $p = 0.0000$; combination Lm-Sp-Ltr-Sal: $F(3, 28) = 113.301$; $p = 0.0000$).

Przyjęto do druku: 05.02.2012 r.