

Zbiorowiska z dominującym udziałem traw występujące na nieużytkach powstałych w wyniku przerobu rud cynkowo-ołowiowych

K. RYŚ, K. RADECKA, A. KOMPALA-BĄBA

Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Śląski w Katowicach

The plant communities dominated by grasses recorded on wastelands connected with processing of lead and zinc ores

Abstract. Studies aimed to show the diversity of vegetation of flotation settlements with dominance of grasses, as well as to show habitat preferences of species. The floristic composition of those communities is mostly based on a dominance of one species such as *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis capillaris*, *Molinia caerulea*, *Festuca arundinacea*, *F. rubra*, *Calamagrostis epigejos*, *Deschampsia caespitosa*, *Solidago gigantea*, *Melilotus alba*. From 3 to 13 grass species occurred in recorded plant communities. Their share in coverage of vegetation reached from 11% to 90%. The more species diverse were communities dominated by such grasses: *Festuca arundinacea* (H = 2,03), *Deschampsia caespitosa* (H = 2,07), *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra* (H = 2,01) and the low diverse with higher share of *Phragmites australis* (H = 0,83).

Keywords: vegetation, grasses, phytosociological method, wastelands, heavy metals.

1. Wstęp

Nieużytki powstające po wydobyciu, czy wzbogacaniu rud cynku i ołowiu odznaczają się bardzo niekorzystnymi warunkami, takimi jak: przewaga frakcji drobnoziarnistej w podłożu, brak wody, mała zawartość składników biogenych, niekorzystny odczyn, zasolenie, podwyższona koncentracja metali ciężkich, które poważnie ograniczają zarówno ich rekultywację, czy spontaniczną kolonizację przez różne gatunki roślin jak i zwierząt (MACIAK, 2008; JĘDRZEJCZYK-KORYCIŃSKA i ROSTAŃSKI, 2015). Kształtujące się na tym terenie zbiorowiska są często ubogie gatunkowo, a wśród ich komponentów pojawiają się niejednokrotnie odmiany gatunków, przystosowane do podwyższonej koncentracji metali ciężkich w podłożu (MATUSZKIEWICZ, 2001; WIERZBICKA, 2002; WIERZBICKA i ROSTAŃSKI, 2002). Roślinność terenów poprzemysłowych odznacza się niejednokrotnie dużym zróżnicowaniem, odzwierciedlającym panujące wa-

runki siedliskowe. W jej skład wchodzi bowiem gatunki reprezentujące różne grupy ekologiczne (GRODZIŃSKA i WSP., 2000; KOMPALA-BĄBA i WSP. 2004; JĘDRZEJCZYK-KORYCIŃSKA i ROSTAŃSKI, 2015). W toku sukcesji na nieużytkach związanych z wydobyciem i przerobem rud cynku i ołowiu, rozwijają się murawy galmanowe, kserotermiczne, zbiorowiska ruderalne z klasy *Artemisietea vulgaris*, czy zbiorowiska łąkowe z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*, a także zbiorowiska zaroślowe i leśne (KOMPALA i WSP., 2004; KOMPALA-BĄBA i WSP., 2005; HOLEKSA i WSP., 2015). W składzie florystycznym zbiorowisk powstających spontanicznie na terenach przemysłowych, czy wykreowanych w drodze rekultywacji istotną rolę odgrywają trawy i ich odmiany (TOKARSKA-GUZIK i WSP., 1991; ROSTAŃSKI i WOŹNIAK, 2001, 2007; KOMPALA-BĄBA i WSP., 2005; KOMPALA-BĄBA i BĄBA, 2011, 2013). Posiadają one szereg cech biologicznych i fizjologicznych, które zwiększają ich sukces kolonizacyjny, takie jak: szeroka amplituda ekologiczna, zdolność do wegetatywnego rozmnażania, wytwarzanie silnego systemu korzeniowego, przystosowanie do podwyższonej koncentracji metali ciężkich, polimorfizm nasion (JAŃCZYK-WĘGLARSKA, 1996; FREY 2000; ROSTAŃSKI i WOŹNIAK, 2007; SIWEK, 2008; BĄBA i WSP., 2016).

Celem pracy jest przedstawienie zróżnicowania roślinności osadników poflotacyjnych z dominującym udziałem traw, jak również wskazanie preferencji siedliskowych budujących je gatunków w aspekcie rekultywacji terenów przemysłowych.

2. Materiał i metody

Badania terenowe prowadzono na osadnikach poflotacyjnych, położonych na pograniczu Bytomia, Chorzowa i Piekar Śląskich, na obszarze mezoregionu Wyżyna Katowicka (KONDRACKI, 2002). Powstały one w latach 1900–1990 w wyniku intensywnej eksploatacji i przerobu rud cynku i ołowiu na drodze flotacji przez Zakład Górniczo-Hutniczy „Orzeł Biały” (GIRCZYS i SOBIK-SZOLTYSEK, 2002). Osadniki mają kształt płaski lub stołowy (wysokość do 15 m), zbocza strome, często nieregularne oraz płaską wierzchowinę. Zbudowane są z drobno zmielonej skały płonnej (dolomit), o odczynie obojętnym lub zasadowym a materiał odpadowy zawiera duże ilości cynku i ołowiu. Po zakończeniu zwałowania odpadów osadniki rekultywowano głównie w kierunku leśnym (LEDWOŃ i WSP., 1999).

W okresie wegetacyjnym 2014 założono na ich powierzchni 35 poletek badawczych w kształcie kwadratu o boku 5 m. Na każdym poletku spisano skład gatunkowy oraz wyceniono pokrycie poszczególnych gatunków roślin naczyniowych i mszaków według metody BRAUN-BLANQUETA (1964). Do dalszych analiz wykorzystano również 21 publikowanych zdjęć fitosocjologicznych wykonanych na osadnikach flotacyjnych (KOMPALA i WSP., 2004). W celu określenia ogólnego wzor-

ca zróżnicowania roślinności osadnika poflotacyjnego wykonano nietendycyjną analizę zgodności (Detrended Correspondence Analysis, DCA) w programie CANOCO 4.5 (TER BRAAK i ŠMILAUER, 1998). Przed wykonaniem analiz ilościowo-jakościową skalę BRAUN-BLANQUETA (1964) przetransformowano na skalę procentową, przyjmując za r -1; +- 2; 1-3; 2-13; 3-38; 4-68; 5-88 (TICHÝ i HOLT, 2006).

Materiał zdjęciowy sklasyfikowano następnie w programie STATISTICA 10.0, wykorzystując metodę grupowania Warda i odległość miejską Manhattan (STATSOFT INC., 2011). Na podstawie wyników klasyfikacji wykonano tabelę synoptyczną w programie JUICE 7.0.64 (TICHÝ, 2002), w której zamieszczono grupy gatunków diagnostycznych dla poszczególnych klastrow. Gatunki te wyznaczono używając miary wierności (fidelity), która określa przywiązane gatunku do danej jednostki roślinności. Spośród różnych stosowanych współczynników wykorzystano współczynnik *phi* (phi coefficient of association), który jest niezależny od liczby zdjęć w zbiorze danych. Przyjmuje on wartości od -1 do +1 (uzyskane wartości w tabeli synoptycznej pomnożono razy 100) (TICHÝ i CHYTRÝ, 2006). Za gatunki diagnostyczne przyjęto te, dla których wartość *phi* przekroczyła 15. Nazwy poszczególnych zbiorowisk roślinnych utworzono w oparciu o gatunek(i) najbardziej przywiązany do danego klastra. W celu przedstawienia preferencji siedliskowych gatunków tworzących zbiorowiska roślinne zastosowano ekologiczne liczby wskaźnikowe Ellenberga: L – wilgotność, T – temperatura, F – wilgotność, R – odczyn gleby, N – produktywność (ELLENBERG i WSP., 1992). Średnie wartości liczb Ellenberga, nałożono pasywnie na diagram DCA. Ponadto obliczono dla poszczególnych zdjęć bogactwo gatunkowe, wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera (H), wskaźnik równocенności (evenness) (TICHÝ i HOLT, 2006), a także liczbę i pokrycie gatunków reprezentujących określone grupy siedliskowe (OBERDORFER i WSP., 1990; MATUSZKIEWICZ, 2001), czy formy życiowe (ZARZYCKI i WSP., 2002). Poszczególne grupy zbiorowisk porównywano stosując nieparametryczny test Kruskalla-Wallisa (STATSOFT INC., 2011). Nazewnictwo gatunków roślin naczyniowych przyjęto za MIRKIEM i WSP. (2002).

3. Wyniki

3.1. Charakterystyka zbiorowisk roślinnych występujących na osadnikach poflotacyjnych

Analiza DCA pozwoliła na określenie zmienności stwierdzonych zbiorowisk roślinnych oraz na ujawnienie głównych gradientów środowiska. Długość gradientu środowiskowego wyznaczonego przez I oś DCA (nietendycyjna analiza zgodno-

ści; ryc. 2) wynosiła 3,47 SD, zaś wzdłuż II osi DCA 3,98 SD. Wartości własne I i II osi DCA wynosiły odpowiednio: 0,505 i 0,410. Analizując rozmieszczenie gatunków na diagramie można pośrednio wnioskować, że I oś DCA wyznacza gradient związany z wilgotnością podłoża, produktywnością oraz nasłonecznieniem. Po lewej stronie diagramu DCA występują gatunki związane z siedliskami suchszymi, otwartymi, silnie nasłonecznionymi. Należą do nich m.in. gatunki ruderalne związku *Ono-*



Rycina 1. Diagram nietyndencyjnej analizy zgodności (DCA) roślinności występującej na osadnikach poflotacyjnych w Bytomiu z pasywnie nałożonymi wartościami liczb Ellenberga. Skróty nazw gatunków: cztery pierwsze litery - nazwa rodzajowa; trzy kolejne – nazwa gatunkowa; pogrubioną czcionką zaznaczono gatunki dominujące. Objaśnienia: L – wskaźnik świetlny, T – wskaźnik temperatury, F – wskaźnik wilgotności, R – wskaźnik odczynu, N – wskaźnik żyzności

Figure 1. Detrended Correspondence Analysis (DCA) of vegetation occurring on flotation settlings in Bytom with passively projected Ellenberg's indicator values (L – light, T – temperature, F – moisture, R – soil reaction, N – nitrogen). Species abbreviations (first 4 letters – genus names, 3 further – species name), diagnostic species were marked in bold

pordion acanthii (*Melilotus alba*, *M. officinalis*, *Echium vulgare*, *Medicago lupulina*, *Tanacetum vulgare*), murawowe i ciepłolubne (*Erigeron acris*, *Poa angustifolia*, *Poa compressa*, *Euphrasia stricta*), czy gatunki łąkowe (*Leontodon autumnalis*, *Trifolium pratense*). Współtworzą one płaty, które zostały sklasyfikowane jako zbiorowisko z *Melilotus alba* oraz *Festuca arundinacea*. Z kolei po prawej stronie występują gatunki związane z siedliskiem wilgotniejszym, zacienionym, żyzniejszym takie jak: *Phragmites australis*, *Lycopus europaeus*, *Solidago gigantea* oraz gatunki łąk wilgotnych i muraw zalewowych *Lysimachia vulgaris*, *Epilobium hirsutum*, *Angelica sylvestris* i okrajków nitrofilnych *Eupatorium cannabinum*. Gatunki te współwystępują w fitocenozach, które zaklasyfikowano jako zbiorowisko *Phragmites australis* oraz zbiorowisko *Solidago gigantea*. Druga oś DCA wyznacza gradient związany z kwasowością gleby jak i zasobnością podłoża w azot. Z II osią DCA związane są gatunki traw, tworzące odrębne zbiorowiska, takie jak: *Molinia caerulea* (dolna część diagramu), *Agrostis capillaris*, *Deschampsia caespitosa*, *Calamagrostis epigejos* (środkowa część wykresu) oraz *Festuca ovina*, *Arrhenatherum elatius* (górną część diagramu). Towarzyszą im gatunki siedlisk suchszych (*Hieracium pilosella*, *Euphrasia stricta*, *Erigeron acris*, *Trifolium arvense*), gatunki siedlisk łąkowych (*Achillea millefolium*, *Ranunculus acris*, *Poa pratensis*, *Leontodon autumnalis* oraz niektóre gatunki ruderalne (*Reseda lutea*).

Klasyfikacja zebranego materiału (zdjęć fitosocjologicznych) pozwoliła na wyróżnienie 10 grup zbiorowisk (klastrów) (tab. 1), zawierających od 3 do 11 zdjęć

Tabela 1. Skrócona tabela synoptyczna zbiorowisk roślinnych na osadnikach flotacyjnych
Table 1. Shortened synoptic table of plant communities occurring on flotation settlings

Klaster – Cluster	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zbiorowisko – Community	Mc	Fa	Ma	Dc	Ac	Ae	Ce	Sg	Fo	Pha
Liczba zdjęć – Number of relevés	3	5	4	8	11	5	5	5	5	5
Średnia sumaryczna wartość pokrycia warstwy zielonej Mean total value of herb layer cover	96	108	125	103	84	134	85	110	89	107
Średnie pokrycie traw – Mean cover of grasses	64,7	74,2	25	54,9	25,2	72,4	60,2	11	50,4	90,8
Liczba traw – Number grasses	3	13	8	8	5	8	5	7	5	4
Średnia wartość wskaźnika Shannona-Wienera Mean value of Shannon-Wiener index	1,26	2,03	1,78	2,07	1,99	2,01	1,88	1,96	1,92	0,83
Równocенność – Evenness	0,55	0,69	0,61	0,72	0,79	0,67	0,66	0,7	0,68	0,37
<i>Molinia caerulea</i>	87,7									
<i>Betula pendula</i>	41,9						1,5			

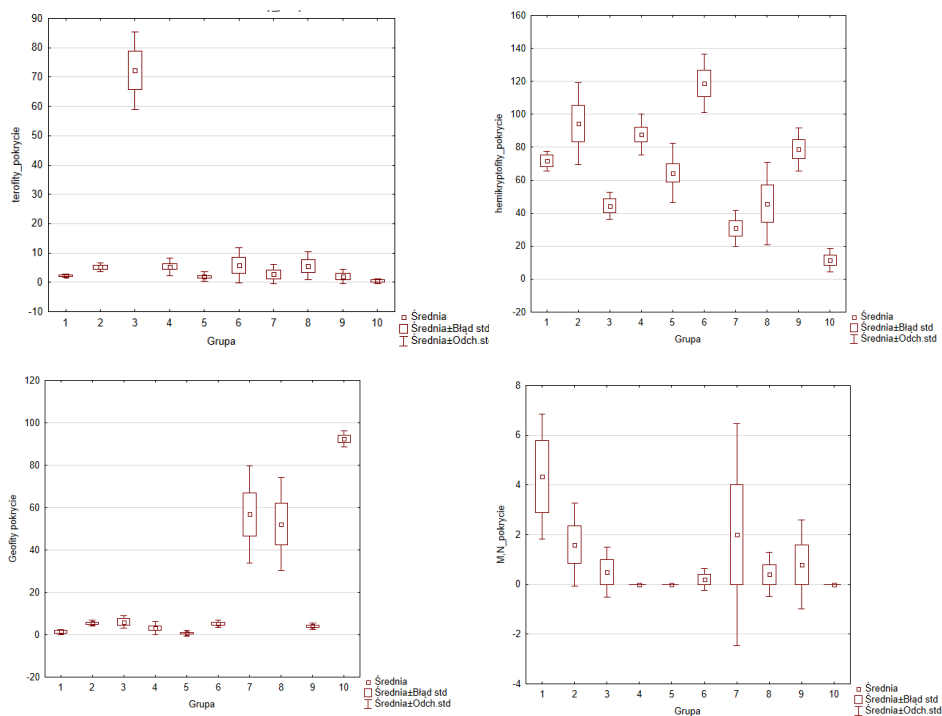
Klaster – Cluster	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Centaurium erythraea</i>	27			9,7				0,7		
<i>Populus tremula</i>	15,3						8			
<i>Festuca arundinacea</i>		70,2	10,1							
<i>Elymus repens</i>		17,7								
<i>Robinia pseudoacacia</i>		17,5						7,2		
<i>Melilotus alba</i>			79,8							
<i>Tanacetum vulgare</i>			20,5			6,2				
<i>Tussilago farfara</i>			17,2					4,6		4,6
<i>Deschampsia caespitosa</i>				49,5	4,2			2,6		
<i>Leontodon autumnalis</i>	4,7			28,6	4,1					
<i>Bryum caespiticium</i>				19,8						
<i>Odontites serotina</i>	2			15,7	2,1		3,7	3,7		
<i>Agrostis capillaris</i>				12,6	30,1			1,7		
<i>Dicranella varia</i>					25,5					
<i>Leontodon hispidus</i>				10,9	15,6		2,3		3,3	
<i>Arrhenatherum elatius</i>						56,7				
<i>Echium vulgare</i>						22,6				
<i>Hieracium piloselloides</i>				4,1	4,4	22,3	0,9	0,9	2,7	
<i>Holcus lanatus</i>				2,1		21,8	4			
<i>Hieracium sabaudum</i>				3,1		17,3		1,5	1,5	1,5
<i>Medicago lupulina</i>		9,1	3,9			15,9				
<i>Poa pratensis</i>		5				15,6		5		
<i>Calamagrostis epigejos</i>		2,3					59,7			
<i>Solidago gigantea</i>								62,7		
<i>Cardaminopsis halleri</i>					2,5			22,6		
<i>Festuca ovina</i>			8,4				2,3		59,1	
<i>Ranunculus acris</i>			3,3			1,7			29,3	
<i>Phragmites australis</i>										95,3
<i>Lycopus europaeus</i>										28,8
<i>Eupatorium cannabinum</i>							9,2			23
<i>Epilobium hirsutum</i>										22,6
<i>Lysimachia vulgaris</i>						6,3				20,2
<i>Angelica sylvestris</i>				5,2						18,4
<i>Ceratodon purpureus</i>	16,5				16,3			5,5		
<i>Festuca rubra</i>		19,8	0,4			49,4				
<i>Melilotus officinalis</i>		15	17,6							

Objaśnienia (Explanations): 1. Mc – zbiorowisko (community) *Molinia caerulea*, 2. Fa – zb. *Festuca arundinacea*, 3. Ma – zb. *Melilotus alba*, 4. Dc – zb. *Deschampsia caespitosa*, 5. Ac – zb. *Agrostis capillaris*, 6. Ae – zb. *Arrhenatherum elatius*-*Festuca rubra*, 7. Ce – zb. *Calamagrostis epigejos*, 8. Sg – zb. *Solidago gigantea*, 9. Fo – zb. *Festuca ovina*, 10. Pha – zb. *Phragmites australis*.

Dla poszczególnych gatunków podano wierność – For each species a fidelity was given.

fitosocjologicznych i od 20 do 62 gatunków roślin. Pokrycie traw wynosiło od 11 do 90,8% w poszczególnych fitocenozach. Do najbardziej różnorodnych gatunkowo należały zbiorowiska z wysokim pokryciem takich gatunków traw jak: *Festuca arundinacea*, *Deschampsia caespitosa*, *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra*, natomiast najmniejszą różnorodnością oraz równomiernością odznaczało się zbiorowisko, w którym rolę dominanta pełniła trzcina pospolita (*Phragmites australis*) (tab. 1).

W spektrum form życiowych (biorąc pod uwagę zarówno frekwencję jak i pokrycie gatunków) w większości z wyróżnionych zbiorowisk roślinnych dominują hemikryptofity (ryc. 2). Terofity wyraźny udział w pokryciu miały jedy-



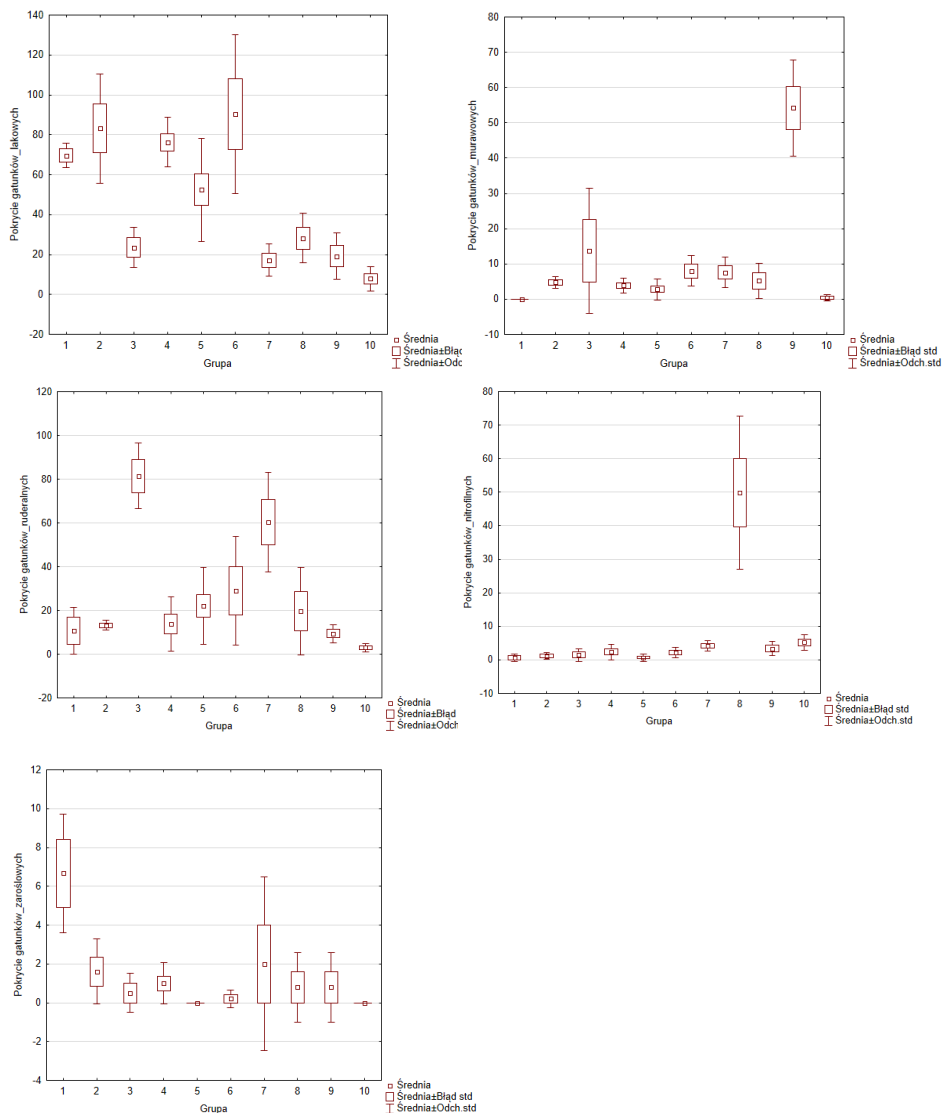
Objaśnienia (Explanations): 1 – zbiorowisko (community) *Molinia caerulea*, 2 – zbiorowisko *Festuca arundinacea*, 3 – zbiorowisko *Melilotus alba*, 4 – zbiorowisko *Deschampsia caespitosa*, 5 – zbiorowisko *Agrostis capillaris*, 6 – zbiorowisko *Arrhenatherum elatius-Festuca rubra*, 7 – zbiorowisko *Calamagrostis epigejos*, 8 – zbiorowisko *Solidago gigantea*, 9 – zbiorowisko *Festuca ovina*, 10 – zbiorowisko *Phragmites australis*;
M – megafanerofity, N – nanofanerofity

Rycina 2. Porównanie wyróżnionych zbiorowisk roślinnych pod kątem udziału form życiowych

Figure 2. The comparison of plant communities in reference to spectrum of life forms

nie w przypadku zbiorowiska *Melilotus alba*, natomiast geofity w fitocenozach z dominacją *Calamagrostis epigejos*, *Phragmites australis* i *Solidago gigantea*.

W zbiorowiskach odnotowano również obecność juvenilnych gatunków krzewów i drzew, jednak ich udział nie był duży.



Rycina 3. Porównanie wyróżnionych zbiorowisk roślinnych pod kątem udziału gatunków reprezentujących różne grupy siedliskowe (objaśnienia grup zbiorowisk jak na ryc. 2)
Figure 3. The comparison of the plant communities in terms of share of species representing different ecological groups (explanations of community groups see Fig. 2)

Gatunki łąkowe mają wysoki udział ilościowy i jakościowy w zbiorowiskach z dominacją takich gatunków traw: *Festuca arundinacea*, *Molinia caerulea*, *Deschampsia caespitosa*, *Agrostis capillaris*, *Arrhenatherum elatius-Festuca rubra* w porównaniu z gatunkami ruderalnymi czy murawowymi (ryc. 3).

Gatunki ruderalne wyższy udział w pokryciu mają w zbiorowiskach z nostrykiem białym (*Melilotus alba*) oraz trzcinnikiem piaskowym (*Calamagrostis epigejos*) w porównaniu z innymi fitocenoząmi.

Gatunki siedlisk nitrofilnych generalnie miały niewielki udział w pokryciu roślinności za wyjątkiem zbiorowiska *Solidago gigantea*.

W składzie florystycznych zbiorowiska (Fo) wyraźny udział w pokryciu mają gatunki muraw kserotermicznych i okrajków termofilnych, takie jak: (*Eriogon acris*, *Hieracium pilosella*), natomiast niższy gatunki siedlisk ruderalnych (*Hieracium piloselloides*, *Picris hieracioides*, *Solidago canadensis*) i gatunki łąkowe (*Achillea millefolium*, *Plantago lanceolata*).

3.2. Analiza fitoindykacyjna zbiorowisk roślinnych osadników poflotacyjnych

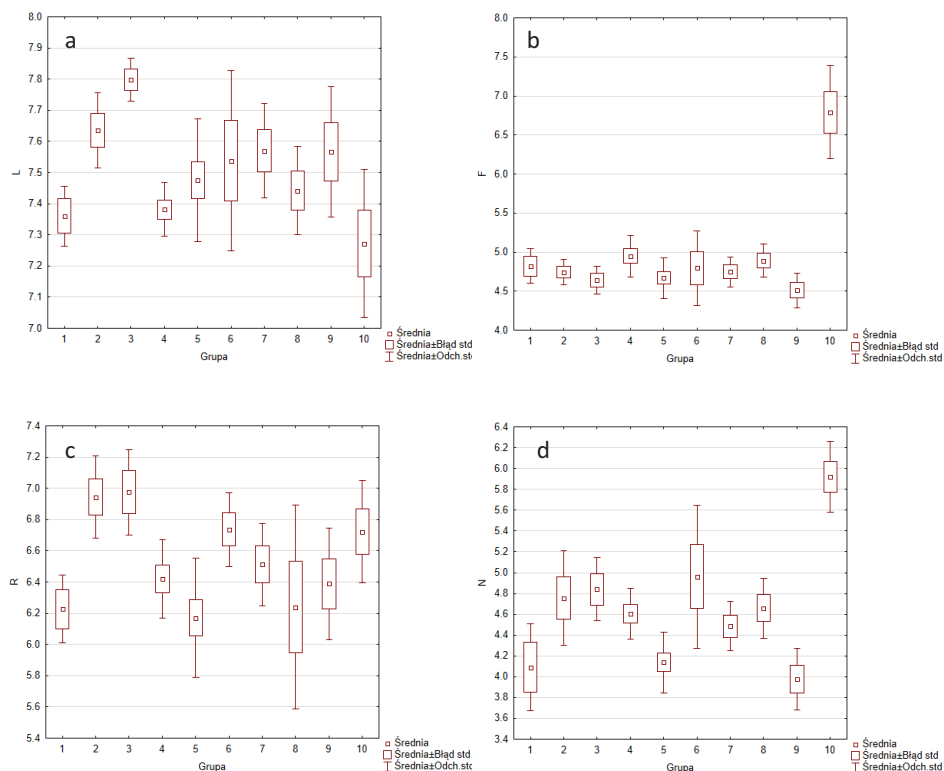
Wyniki analizy danych roślinnych z wykorzystaniem wskaźników ekologicznych: światło L, wilgotność F, kwasowość R, zasobność podłoża w azot N prezentują ryciny 4 a, b, c, d.

Istotne statystycznie różnice wystąpiły pomiędzy zbiorowiskiem *Phragmites australis*, a:

- zbiorowiskiem *Melilotus alba* pod względem wartości wskaźnika świetlnego L, w którego składzie florystycznym przeważają gatunki preferujące pełne światło. Natomiast kompozycję florystyczną zbiorowiska z trzciną pospolitą tworzą gatunki preferujące miejsca silniej zacienione.
- zbiorowiskami *Melilotus alba*, *Agrostis capillaris*, *Festuca ovina* pod względem wartości wskaźnika wilgotności F. W składzie florystycznym wymienionych zbiorowisk wyższy udział mają gatunki przywiązane do podłoża świeżych. Gatunki preferujące podłoża mokre wyższy udział miały w przypadku zbiorowiska *Phragmites australis*.
- zbiorowiskami z dominacją *Molinia caerulea*, *Agrostis capillaris*, *Festuca ovina* pod względem wartości wskaźnika żyzności N, gdzie kompozycję florystyczną płatów tworzą gatunki preferujące podłoża ubogie w azot. Z kolei w płatach zbiorowiska *Phragmites australis* przeważają gatunki przywiązane do podłoża zasobnych w azot.

W składzie florystycznym zbiorowisk *Festuca arundinacea* oraz *Melilotus alba* wyższy udział mają gatunki preferujące podłoża słabo kwaśne do zasa-

dowych. Istotnie statystycznie różnice wystąpiły natomiast pomiędzy zbiorowiskiem *Melilotus alba* a zbiorowiskami *Agrostis capillaris*, *Festuca ovina*, pod względem wartości wskaźnika kwasowości R. W składzie florystycznym zbiorowiska z mietlicą pospolitą i kostrzewą owczą przeważały gatunki preferujące podłoża umiarkowanie kwaśne.



Rycina 4. Porównanie wyróżnionych zbiorowisk roślinnych pod kątem preferencji siedliskowych tworzących je gatunków względem światła (L) wilgotności (F), kwasowości (R), zawartości azotu (N). Objaśnienia wartości wskaźników **a.** L – umiarkowane światło (6–7), pełne światło (8–9); **b.** F – podłoża świeże (4–5) do podłoży mokrych (8–9); **c.** R – podłoża umiarkowanie kwaśne (4–5) do słabo kwaśnych i zasadowych (6–7), **d.** N – podłoża od ubogich (2–3) do zasobnych (6–7); grupy zbiorowisk jak na ryc. 2

Figure 4. The comparison of plant communities occurring on flotation settlings in terms of indicator values of species: light (L), moisture (F), soil reaction (R), nitrogen (N). Explanations: a. L – half-shade to moderate light (6–7), light to full light (8–9); b. F: dry soils to fresh soils (4–5) moist to wet soils (8–9); c. R – acidic to moderately acidic soils (4–5) moderately acidic, moderately alkaline soils (6–7), d. N – extremely poor soils to poor soils (2–3) moderately rich to rich soils (6–7); community groups see Fig. 2

4. Dyskusja

Dane na temat biologii i preferencji siedliskowych gatunków zasiedlających zwały i tworzących spontanicznie zbiorowiska roślinne mogą być wykorzystane przy projektowaniu zabiegów rekultywacji na różnych nieużytkach poprzemysłowych.

Ze względu na specyfikę terenów poprzemysłowych skład florystyczny powstających tam zbiorowisk odbiega niejednokrotnie od opisywanych z terenów naturalnych czy półnaturalnych (TOKARSKA-GUZIŁ i WSP., 1991; KOMPALA-BABA i WSP. 2005). Często dominuje w nich jeden gatunek, który nadaje im charakterystyczną fizjonomię i ma wpływ na różnorodność gatunkową tych zbiorowisk. Na badanym terenie rolę dominantów w zbiorowiskach pełniły głównie różne gatunki traw, takie jak *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis capillaris*, *Molinia caerulea*, *Festuca arundinacea*, *F. rubra*, *Calamagrostis epigejos*, *Deschampsia caespitosa*, *Phragmites australis*, a także nawłóć późna (*Solidago gigantea*), czy nostrzyk biały (*Melilotus alba*). Były one także gatunkami diagnostycznymi opisanych zbiorowisk. Najwyższą wartość wierności gatunku do danego klastra (fidelity) odnotowano w przypadku: *Phragmites australis* (95,3), *Molinia caerulea* (87,7), *Festuca arundinacea* (70,2), *Melilotus alba* (79,8), *Solidago gigantea* (62,7), *Calamagrostis epigejos* (59,7) oraz *Festuca ovina* (59,1). Niektóre z gatunków występowały często w analizowanych poletkach badawczych. *Agrostis capillaris*, *Deschampsia caespitosa*, wystąpiły w ponad 30 poletkach na 56 analizowanych, a *Calamagrostis epigejos* w ponad 20 poletkach badawczych.

Badania prowadzone nad skutecznością wykorzystania różnych gatunków traw i ich odmian w rekultywacji terenów poprzemysłowych wykazały, że *Festuca ovina* w porównaniu z *Festuca arundinacea*, *F. heterophylla*, czy *F. rubra* ma duże zdolności do odnawiania się i przetrwania na tych siedliskach przez szereg lat. Trawa ta tworzy niską ruń, a powolny jej wzrost umożliwia wkraczanie gatunków światłolubnych z otoczenia (KOSTUCH i TWARDY, 2006; PATRZAŁEK, 2007). Na powierzchni osadnika, gatunek ten utrzymywał się dopóki darni nie została rozjeżdżona przez kłady, czy też nie zniszczona w wyniku rozbierania powierzchni osadnika. Dzięki właściwościom allelopatycznym, *Festuca ovina* może skutecznie ograniczać pojawianie się innych, często bardziej ekspansywnych gatunków traw, jak *Calamagrostis epigejos* (PATRZAŁEK, 2007). Ten ostatni gatunek w odpowiednich warunkach może pokrywać dużą powierzchnię terenu zdegradowanego. Roślina wytwarza dużą ilość trudno rozkładalnej biomasy, bogatej w celulozę, przez co hamuje sukcesję zbiorowiska. Innym gatunkiem, które występuje na wierzchowinie i zboczach osadnika i może utrzymywać się na nich przez samosiew jest *Agrostis capillaris*. Zbiorowi-

sko z mietlicą pospolitą współtworzyły gatunki krótkotrwałych, jak i trwałych zbiorowisk ruderalnych, a także *Silene vulgaris*, *Cardaminopsis arenosa* czy *Leontodon hispidus* (KOMPALA-BĄBA i WSP., 2004; PATRZALEK, 2007).

W poszczególnych zbiorowiskach roślinnych wystąpiło od 3 do 13 gatunków traw, których udział w pokryciu roślinności sięgał od 25% do 90% (tab. 1). Szereg z gatunków traw jak: *Agrostis capillaris*, *Arrhenatherum elatius*, *Calamagrostis epigejos*, *Festuca ovina* występowało również często we florze zbiorowisk innych nieużytków przemysłowych (zwały pogórnice i hutnicze powstałe w wyniku przerobu rud cynku, ołowiu, żelaza, kamieniołomy). Pełniły one tam niejedenkrotnie rolę dominantów, nadając zbiorowiskom charakterystyczną trawiastą fizjonomię np. *Calamagrostis epigejos* w płatach zbiorowiska *Calamagrostis epigejos-Betula pendula*, czy *Festuca ovina-Silene vulgaris* (KOMPALA-BĄBA i WSP., 2005; KOMPALA-BĄBA i BĄBA, 2011, 2013; MŁYNKOWIAK i WSP., 2014)

Ze względu na obecność na terenach przemysłowych mozaiki siedlisk zasiedlają je gatunki reprezentujące różne grupy ekologiczne (ryc. 4), jak również mające różne preferencje siedliskowe (ryc. 5). Fakt ten potwierdzają zarówno wyniki analizy numerycznej, klasyfikacji zbiorowisk, jak również przeprowadzone analizy składu florystycznego zbiorowisk. Pośrednia, nietendancyjna analiza zgodności (DCA) ujawniła obecność gradientu wzdłuż I osi DCA związanego wilgotnością podłoża, produktywnością oraz nasłonecznieniem oraz wzdłuż II osi DCA związanego z kwasowością i zasobnością podłoża w azot.

Wytworzenie trwałej pokrywy roślinnej przez gatunki, które dzięki dobrze rozwiniętym (np. śmiełek darniowy, kostrzewa trzcinowata, trzcinnik piaskowy) i często głębokim systemom korzeniowym (trzcinnik piaskowy wytwarzając może korzenie sięgające do 2 m w głąb) pozwala związać bardzo drobne podłoże osadnika, zabezpieczając je przed erozją wodną czy wietrzną (BRANDES, 1986; KOSTUCH i TWARDY, 2006). Takie gatunki traw jak kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea*), rajgras wyniosły (*Arrhenatherum elatius*), trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos*) oraz nawłoc późna (*Solidago gigantea*) mogą uczestniczyć zarówno w rekultywacji i stabilizacji terenów skażonych, bioakumulacji metali ciężkich, jak również ich biomasa może być wykorzystana w celach energetycznych (ŻUREK, 2009; PATRZALEK i WSP., 2011). Ponadto trawy mogą odgrywać również istotną funkcję w krajobrazie tworząc barwne aspekty w różnych porach roku (np. trzęślica modra w okresie jesiennym), tym samym zwiększając wartość estetyczną tych terenów (BĄBA i WSP., 2016).

Przeprowadzenie rekultywacji terenów zanieczyszczonych metalami ciężkimi, w oparciu o szczegółowe badania florystyczne i siedliskowe, pozwoli na skuteczne przywrócenie im wartości przyrodniczych i umożliwi im pełnienie różnych

usług ekosystemowych. Jest to problem niezwykle istotny, zwłaszcza w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym, gdzie wciąż występują nieużytki poprzemysłowe, które nie zostały poddane rekultywacji, czy też w niewystarczającym stopniu mają wykształconą pokrywę roślinną i obecnie obserwuje się na nich procesy degradacji, które mogą mieć szkodliwe czy wręcz niebezpieczne skutki dla zdrowia mieszkających w pobliżu ludzi.

5. Wnioski

- W składzie florystycznym zbiorowisk roślinnych wykształcających się na nieużytkach powstałych w wyniku przerobu rud cynku i ołowiu rolę gatunków diagnostycznych jak i dominantów pełniły głównie różne gatunki traw, takie jak *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis capillaris*, *Molinia caerulea*, *Festuca arundinacea*, *F. rubra*, *Calamagrostis epigejos*, *Deschampsia caespitosa*, *Phragmites australis*, a także nawłóć późna (*Solidago gigantea*), czy nostrzyk biały (*Melilotus alba*).
- Do częstych składników zbiorowisk należały *Agrostis capillaris*, *Deschampsia caespitosa* oraz *Calamagrostis epigejos*.
- Pokrycie traw w poszczególnych zbiorowiskach wynosiło od 11 do 90,8%.
- Do najbardziej różnorodnych gatunkowo należały zbiorowiska z wysokim pokryciem takich gatunków traw jak: *Festuca arundinacea*, *Deschampsia caespitosa*, *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra*, natomiast najmniejszą różnorodnością oraz równomiernością odznaczało się wielkopowierzchniowe zbiorowisko z dominacją trzciny pospolitej (*Phragmites australis*).
- Zbiorowiska wykazują zróżnicowanie związane z gradientem wilgotności podłoża, produktywności oraz nasłonecznienia.
- Na podstawie danych uzyskanych na temat biologii gatunków, prowadzonych badań fitosocjologicznych i ekologicznych spośród gatunków traw występujących na osadnikach w pracach hodowlanych można wykorzystać rodzime gatunki traw tj. *Festuca ovina*, *Agrostis capillaris*, *Deschampsia caespitosa*, które pokrywają zarówno wierzchowinę, jak i zbocza osadników i odgrywają istotną rolę w stabilizacji drobnopopielistego podłoża. Z kolei takie ekspansywne trawy jak *Phragmites australis*, czy *Calamagrostis epigejos* z jednej strony pełnią istotną rolę, ponieważ są powszechne i mogą porastać znaczną powierzchnię osadnika, z drugiej natomiast mają negatywny wpływ na różnorodność biologiczną płatów roślinnych.

Literatura

- BABA W., BŁOŃSKA A., KOMPALA-BĄBA A., MALKOWSKI Ł., ZIEMER B., SIERKA E., NOWAK T., WOŹNIAK G., BESENYEI L., 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) root colonization dynamics of *Molinia caerulea* (L.) Moench. in grasslands and post-industrial sites. *Ecological Engineering*, 95, 817–827.
- BRANDES D., 1986. Ruderale Halbtrockenrasen des Verbandes *Convolvulo-Agropyrion* Görs 1966 im östlichen Niedersachsen. *Braunschweiger Naturkundlicher Schriften*, 2 (3), 547–564.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964. *Pflanzensoziologie*, 3rd ed, Soringerverlag, Wien.
- ELLENBERG H., WEBER H.E., DULL R., WIRTH V., WERNER W., PAULISSEN D., 1992. *Zeigewerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica*, 18, 1–258.
- FREY L., 2000. Trawy niezwykłe (wybrane zagadnienia z historii, taksonomii i biologii *Poaceae*). *Łąkarstwo w Polsce*, 3, 9–20.
- GIRCZYS J., SOBIK-SZOŁTYSEK J., 2002. Odpady przemysłu cynkowo-olowiowego. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.
- GRODZIŃSKA K., KORZENIAK U., SZAREK-ŁUKASZEWSKA G., GODZIK B., 2000. Colonization of zinc mine spoils in southern Poland – preliminary studies on vegetation, seed rain and seed bank. *Fragmenta Floristica Geobotanica Polonica*, 45(1–2), 123–145.
- HOLEKSA J., BŁOŃSKA A., KOMPALA-BĄBA A., WOŹNIAK G., KUREK P., SZAREK-ŁUKASZEWSKA G., GRODZIŃSKA K., ŻYWIEC M., 2015. The vegetation of the Olkusz ore bearing region. (red. B. Godzik), *Natural and historical values of the Olkusz Ore-bearing region*, 105–129. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences.
- JAŃCZYK-WĘGLARSKA J., 1996. Strategie rozwoju osobniczego *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth na tle warunków ekologicznych poznańskiego przełomu Warty. *Wydawnictwo Naukowe UAM. Seria Biologia*, 56. Poznań, 105 s.
- JĘDRZEJCZYK-KORYCIŃSKA M., ROSTAŃSKI A., 2015. Tereny o wysokiej zawartości metali ciężkich na Górnym Śląsku. W: *Ekotoksykologia. Rośliny, gleba, metale* (red. M. Wierzbička), Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 175–189.
- KOMPALA A., BŁOŃSKA A., WOŹNIAK G., 2004. Vegetation of the „Żabie Doły” area (Bytom) covering the wastelands of lead and zinc-lead industry. *Archives of Environmental Protection*, 30(3), 59–77.
- KOMPALA-BĄBA A., BŁOŃSKA A., BĄBA W., CZYBA M., 2005. Grasses in plant communities which develop on waste sites of zinc-lead industry (Upper Silesia, S Poland). W: *Biology of grasses* (red. L. Frey), W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 269–282.
- KOMPALA-BĄBA A., BĄBA W., 2011. Udział traw w zbiorowiskach roślinnych wykształcających się na obszarze wybranych kamieniołomów Wyżyny Śląskiej. *Fragmenta Floristica Geobotanica Polonica*, 18(2), 359–374.
- KOMPALA-BĄBA A., BĄBA W., 2013. Udział traw (*Poaceae*) w zbiorowiskach roślinnych wykształcających się na nieużytkach hutnictwa żelaza występujących na obszarze Wyżyny Śląskiej. *Fragmenta Floristica Geobotanica Polonica*, 20(2), 267–284.
- KONDRACKI J., 2002. *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- KOSTUCH R., TWARDY S., 2006. Roślinność zasiedlająca hutnicze wysypiska wielkopieczowe Nowej Huty. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rolnictwo*, 88(545), 147–156.

- LEDWOŃ K., IMIELSKI M., KOJ A., 1999. Prace rekultywacyjne prowadzone na terenie Żabich Dołów (2). *Aura*, 4, 19–20.
- MACIAK F., 2008. Ochrona i rekultywacja środowiska. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- MATUSZKIEWICZ W., 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. *Vademecum Geobotanicum 3*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- MIREK Z., PIĘKOŚ-MIRKOWA H., ZAJĄC A., ZAJĄC M., 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland. A Checklist. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- MŁYNKOWIAK E., MALINOWSKA K., KUTYNA I., 2014. Występowanie *Calamagrostis epigejos* L. (Roth) w zbiorowiskach roślinnych różnych biotopów. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica* 309 (29), 85–100.
- OBERDORFER E., MULLER T., KORNECK D., LIPPERT W., MARKGRAF-DANNENBERG I., PATZKE E., WEBER H. E., 1990. *Pflanzensoziologische ExcurSIONflora* 6, Auflage. Stuttgart, Ulmer.
- PATRZALEK A., 2007. Trawy dla celów specjalnych. *Księga Polskich Traw*. Instytut im. W. Szafera. PAN. Kraków.
- PATRZALEK A., KOZŁOWSKI S., SWĘDRZYŃSKI A., TRĄBA CZ., 2011. Trzcinnik piaskowy jako potencjalna roślina energetyczna. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 54 s.
- ROSTAŃSKI A., WOŹNIAK G., 2001. Grasses on industry wastelands and its role in the development of stabilised plant communities. W: *Studies on grasses in Poland* (red. Frey L.), Wydawnictwo Instytutu Botaniki im. W. Szafera, Polska Akademia Nauk, Kraków, 313–327.
- ROSTAŃSKI A., WOŹNIAK G., 2007. Trawy (*Poaceae*) występujące spontanicznie na terenie nieużytków przemysłowych. *Fragmenta Floristica Geobotanica Polonica*, Suppl., 9, 31–42.
- SIWEK M., 2008. Rośliny w skażonym metali ciężkimi środowisku przemysłowym Część II. Mechanizmy detoksykacji i strategie przystosowania roślin do wysokich stężeń metali ciężkich. *Wiadomości Botaniczne*, 52(3/4), 7–23.
- STATSOFT INC., 2011. STATISTICA (data analysis software system), version 10.0. www.statsoft.com.
- TER BRAAK C.J.F., ŠMILAUER P., 1998. *Canoco Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination* (version 4). Microcomputer Power (Ithaca, NY USA).
- TICHÝ L., 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13, 451–453.
- TICHÝ L., CHYTRÝ M., 2006. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science*, 17, 809–818.
- TICHÝ L., HOLT J., 2006. JUICE. A program for management, analysis and classification of ecological data. Vegetation Science Group, Masaryk University Brno, Czech Republic.
- TOKARSKA-GUZIŁ B., ROSTAŃSKI A., KLOTZ S., 1991. Roślinność hałdy pocynkowej w Katowicach-Wielowcu. *Acta Biologica Silesiana*, 19(36), 94–102.
- WIERZBICKA M., 2002. Przystosowania roślin do wzrostu na hałdach cynkowo-olowiowych okolic Olkusza. *Kosmos*, 51, 139–150.
- WIERZBICKA M., ROSTAŃSKI A., 2002. Microevolutionary changes in ecotypes of calamine waste vegetation near Olkusz, Poland: a review. *Acta Biologica Cracoviensia, Series Botanica*, 44, 7–19.

- ZARZYCKI K., TRZCIŃSKA-TACIK H., RÓŻAŃSKI W., SZELAĞ Z., WOLEK J., KORZENIAK U., 2002. Ecological indicator values of vascular plants of Poland. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- ŻUREK G., 2009. Rośliny alternatywne w fitoekstrakcji metali ciężkich z obszarów skażonych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 3, 83–89.

The plant communities dominated by grasses recorded on wastelands connected with processing of lead and zinc ores

K. RYŚ, K. RADECKA, A. KOMPALA-BĄBA

Department of Botany and Nature Protection, Faculty of Biology and Environmental Protection, University of Silesia

Summary

The aim of studies that were conducted on flotation settlings was to show the diversity of vegetation with dominance of grasses, as well as, to show habitat preferences of species that can be important in terms of the reclamation of post-industrial areas. The floristic composition and percentage coverage of species according to Braun-Blanquet scale was determined in 56 sample plots. The classification of dataset with the use of Ward's method enabled to distinguished 10 plant communities. Moreover, DCA analysis with passively projected Ellenberg's indicator values was performed in order to show the diversity of vegetation and to detect some environmental gradients. The floristic composition of those communities is mostly based on a dominance of one species that gives them a specific physiognomy such as *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis capillaris*, *Molinia caerulea*, *Festuca arundinacea*, *F. rubra*, *Calamagrostis epigejos*, *Deschampsia caespitosa*, *Solidago gigantea*, *Melilotus alba*. The higher values of fidelity to a given cluster (measured by phi coefficient) was recorded in case of such species as: *Phragmites australis* (95,3), *Molinia caerulea* (87,7), *Festuca arundinacea* (70,2), *Melilotus alba* (79,8), *Solidago gigantea* (62,7), *Calamagrostis epigejos* (59,7) and *Festuca ovina* (59,1). From 3 to 13 grass species occurred in recorded plant communities. Their share in coverage of vegetation reached from 25% to 90%. The more species diverse were communities dominated by such grasses: *Festuca arundinacea* (H = 2,03), *Deschampsia caespitosa* (H = 2,07), *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra* (H = 0,83) and the low diverse with higher share of *Phragmites australis* (H = 0,83).

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Dr hab. Agnieszka Kompala-Bąba

Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska

Uniwersytet Śląski w Katowicach

ul. Jagiellońska 28

40-032 Katowice

tel. (032) 2009-564

e-mail: agnieszka.kompala-baba@us.edu.pl