

Pierwsze wyniki badań subalpejskiej roślinności Karkonoszy z wykorzystaniem sieci stałych powierzchni badawczych (SSPB)

ANDRZEJ DUNAJSKI, TOMASZ H. SZYMURA i MAGDALENA SZYMURA

DUNAJSKI, A., SZYMURA, T. H. AND SZYMURA, M. 2016. Recent high mountain vegetation structure in the Karkonosze Mts – results from the system of permanent plots. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 23(1): 57–72. Kraków. e-ISSN 2449-8890, ISSN 1640-629X.

ABSTRACT: The study was conducted in the network of 182 permanent sampling plots (SSPB) situated in high mountain vegetation zones (alpine and subalpine, above 1230 m a.s.l.) in the Karkonosze National Park (KPN). The area of non-forest, high mountain ecosystems, covers about 1600 ha (ca. 30% of KPN). On the SSPB plots we have identified about 13% of vascular plant and 20% of bryophytes occurring in Karkonosze. Thirteen phytosociological units have been identified on the SSPB. The fraction of synanthropic species was low. Single plant community has been recognized in case of 81% of the plots. The ordination of the plots reflects the vegetation units which were distinguished in the previous phytosociological studies. Bioindication with the Ellenberg's indicator values suggests the importance of the main environmental factors (climate, soil reaction) influencing species and communities ordination. The vascular plant species richness found in this study differ from those reported in previous researches, however magnitude of this differences varied among plant communities. Vascular plant species richness of *Calamagrostion* was lower than the one observed in the phytosociological survey performed in 1960s. The *Nardion* species richness was on similar level, while *Pinetum mugo* association was higher than vascular plant species richness observed in 1960s. Explanation of the differences between particular communities, regarding vascular plant species richness, requires further studies.

KEY WORDS: high mountain vegetation, Karkonosze Mountains, monitoring, permanent sampling plots

A. Dunajski (autor korespondencyjny), Katedra Ekologii Biogeochemii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Wrocławski, pl. M. Borna 9, 50-204, Wrocław, Polska; e-mail: andrzej.dunajski@uwr.edu.pl

T. H. Szymura, Katedra Ekologii Biogeochemii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Wrocławski, pl. M. Borna 9, 50-204, Wrocław, Polska; e-mail: tomasz.szymura@uwr.edu.pl

M. Szymura, Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław, Polska; e-mail: magdalena.szymura@up.wroc.pl

WSTĘP

Flora i roślinność Karkonoszy jest od wielu lat przedmiotem badań. Pierwotnie zainteresowanie roślinami dotyczyło gatunków użytkowych, następnie flory, a w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat również roślinności (DUNAJSKI i in. 2011; ŻOŁNIERZ & WOJTUŃ 2013). Pierwsze prace dotyczące roślinności polskiej części Karkonoszy były prowadzone przed drugą wojną światową i zaowocowały powstaniem pierwszej mapy roślinności

(HUECK 1939). Roślinność Karkonoskiego Parku Narodowego została szczegółowo rozpoznana, opisana i sklasyfikowana na przełomie lat 50. i 60. ubiegłego stulecia (MATUSZKIEWICZ & MATUSZKIEWICZ 1969, 1974). Badania te zaowocowały powstaniem mapy roślinności rzeczywistej (MATUSZKIEWICZ & MATUSZKIEWICZ 1974). Mapa ta stanowi bardzo ważny materiał referencyjny, będąc jedyną tak kompleksową dokumentacją stanu roślinności sprzed półwiecza.

W drugiej połowie XX w. nastąpił znaczący wzrost oddziaływania emisji przemysłowych na ekosystemy Karkonoszy. W piętrach reglowych doszło do wielkopowierzchniowego zamierania drzewostanów oraz daleko idących zmian w runie lasów (FABISZEWSKI i in. 1993). Przemiany roślinności dotyczyły także zbiorowisk wysokogórskich. Jednym ze skutków tych procesów był spadek różnorodności zbiorowisk roślinnych (WOJTUŃ i in. 1997). Wiadomo także, że współcześnie liczba roślin synantropijnych w Karkonoszach wzrasta, jednakże na poparcie tej tezy dysponujemy jedynie fragmentarycznymi analizami, dotyczącymi poszczególnych obszarów (np. Droga Jubileuszowa na Śnieżkę) czy gatunków, np. *Cardamine chelidonia*, *Rumex alpinus* (DAJDOK & SZCZEŚNIAK 2013). Kompleksowe badania poświęcone roślinom synantropijnym w Karkonoszach przypadają na lata 70. XX w. (ROSTAŃSKI 1977), od tego czasu nie przeprowadzono całościowych analiz, dotyczących procesu synantropizacji flory i roślinności.

W celu skuteczniejszej rejestracji przemian roślinności wysokogórskiej w Karkonoskim Parku Narodowym (KPN) uruchomiono dwa projekty monitoringu. Pierwszy, zorganizowany w oparciu o sieć stałych powierzchni badawczych (SSPB), objął głównie zbiorowiska wielkopowierzchniowe, tj. zarośla kosodrzewiny, zbiorowiska krzewinkowe z borówką czernicą, murawy subalpejskie i traworośla, które tworzą duże, jednorodne płyty. Zbiorowiska roślinne małopowierzchniowe zostały objęte drugim projektem, w którym wyznaczono typy zbiorowisk roślinnych, a następnie wskazano ich płyty, w obrębie których założono powierzchnie badawcze (MALICKI & PIELECH 2012). Oba projekty rozpoczęto w latach 2013 i 2014.

W niniejszym artykule zaprezentowano wyniki pierwszego projektu. Celem przeprowadzonych badań była analiza struktury roślinności wysokogórskiej, która została wykonana w sieci stałych powierzchni badawczych (SSPB), z zastosowaniem wielowymiarowych analiz ordynacyjnych badanych powierzchni. Przeanalizowano także wpływ czynników siedliskowych na obserwowaną zmienność roślinności. Uzyskane wyniki odniesiono do wcześniejszych badań prowadzonymi klasycznymi metodami fitosocjologicznymi i przeprowadzono dyskusję dotyczącą dynamiki różnorodności florystycznej wybranych zbiorowisk. Dokonano również oceny reprezentatywności wyników uzyskanych z zastosowaniem SSPB dla roślinności Karkonoszy.

MATERIAŁ I METODY

Metody badań terenowych w stałej sieci powierzchni badawczych

W niniejszej publikacji przedstawiono wyniki analiz roślinności wysokogórskiej z wykorzystaniem materiału fitosocjologicznego z sieci stałych powierzchni badawczych (SSPB), zlokalizowanych w węzłach siatki 200 × 300 m. Odległość pomiędzy powierzchniami w osi N-S wynosiła 200 m, a w osi E-W – 300 m.

Położenie poszczególnych powierzchni nanoszone było na ortofotomapę. Powierzchnię badawczą stanowił kwadrat o boku 5 m. Powierzchnie były lokalizowane w terenie, z możliwie wysoką dokładnością, z wykorzystaniem nawigacji satelitarnej (zintegrowany odbiornik systemów GPS i Glonass). Lokalizacja powierzchni w terenie nie była modyfikowana, nawet jeżeli w jej obrębie znajdowało się więcej niż jedno zbiorowisko roślinne. Północno-zachodni narożnik każdej powierzchni został trwale oznaczony w terenie, za pomocą drewnianego palika oraz metalowego pręta wbitych w ziemię. Powierzchnie, w obrębie których znalazły się elementy struktury antropogenicznej, tj. szlaki turystyczne, schroniska itp. oraz powierzchnie przypadające w miejscach trudnodostępnych – na pokrywach gruzowych czy na ścianach skalnych kotłów polodowcowych, nie były zakładane. W związku z tym, na 200 wstępnie projektowanych, założono i udokumentowano 182 powierzchnie.

Na każdej powierzchni wykonano spis wszystkich gatunków roślin naczyniowych, mszaków i porostów. Oceniano ilościowy udział każdego gatunku na powierzchni za pomocą skali Londo, która zawiera 10 podstawowych kategorii (1: 5–10%; 2: 11–20%; 3: 21–30%; 4: 31–40%; 5: 41–50%; 6: 51–60%; 7: 61–70%; 8: 71–80%; 9: 81–90%; 10: 91–100%), a najniższy przedział pokrycia (<5%) dzieli się na trzy dodatkowe przedziały (*1: <1%; *2: 1–3%; *4: 4–5%). Na każdej powierzchni odnotowywano informacje o strukturze roślinności i warunkach siedliskowych za pomocą przygotowanego formularza. Notowano procentowe pokrycie powierzchni przez krzewy, roślinność zielną, mchy, skały i nekromasę. Trudne do identyfikacji rośliny zbierano i oznaczano w laboratorium. Zebrane mszaki zostały oznaczone przez specjalistów. W terenie na każdej powierzchni, możliwie dokładnie zidentyfikowano zbiorowiska roślinne, w oparciu o klasyfikację roślinności wysokogórskiej Karkonoszy (MATUSZKIEWICZ & MATUSZKIEWICZ 1974).

Na każdej powierzchni wykonano dokumentację fotograficzną w postaci zdjęcia skośnego oraz dodatkowych zdjęć dokumentujących ważniejsze szczegóły powierzchni badawczej oraz roślinności.

Dla założonych powierzchni obliczono podstawowe wartości charakteryzujące topografię terenu, wykorzystując cyfrowy model terenu, wykonany w oparciu o cięcia poziomicowe z mapy topograficznej w skali 1:10 000, udostępniony przez pracownię GIS KPN. W oparciu o cyfrowy model terenu, w pakiecie GRASS obliczono: potencjalne promieniowanie słoneczne (Irr) oraz topograficzny indeks wilgotności (WTI). Irr zostało obliczone dla dwóch terminów: wiosennego (Irr 21_03), przyjmując trajektorię Ziemi dla 21 marca oraz letniego (Irr 21_07 – trajektoria dla 21 lipca) z użyciem programu *r.sun* (ŠÚRI & HOFIERKA 2004). WTI obliczono programem *r.topidx* (MOORE i in. 1991).

Metody analityczne i statystyczne

Reprezentatywność uzyskanych wyników analizowano poprzez porównanie składu gatunkowego stwierdzonego w prezentowanych badaniach z istniejącymi listami florystycznymi i danymi fitosocjologicznymi (MATUSZKIEWICZ & MATUSZKIEWICZ 1969, 1974; FABISZEWSKI 1985; KWIATKOWSKI & ŻOŁNIERZ 2013).

Ponadto wyodrębniono gatunki rzadkie, ginące i chronione oraz dokonano ich analizy ilościowej. Użyte dane porównano z istniejącymi listami gatunków (PLAN OCHRONY KPN 2002; FUDALI 2006; ŠTURSA i in. 2009). Podobnej analizie poddano gatunki synantropijne. Dla każdego poletka obliczono współczynnik różnorodności Shannona-Wienera, z zastosowaniem logarytmu naturalnego (OKSANEN i in. 2012).

Listę zbiorowisk roślinnych zidentyfikowanych w terenie ujednolicono, generalizując je do możliwie najniższego, wspólnego poziomu syntaksonomicznego. Dla poszczególnych powierzchni obliczono średnie arytmetyczne wartości liczb wskaźnikowych Ellenberga dla roślin naczyniowych (ELLENBERG 1992), wykorzystując informacje o obecności lub braku gatunku. Obliczono wskaźniki dla odczynu gleby (R), trofizmu podłoża (N), warunków świetlnych (L), stopnia kontynentalizmu (C) i warunków termicznych (T).

Zróznicowanie składu gatunkowego roślinności na powierzchniach badawczych analizowano metodą porządkowania (ordynacyjną). Zastosowano niemetryczne skalowanie wielowymiarowe (ang. *non-metric multidimensional scaling* – NMDS), gdzie miarą podobieństwa florystycznego powierzchni była macierz odległości Bray'a-Curtis'a. NMDS jest uważana za najbardziej optymalną metodę ordynacji niebezpośrednich. Mechanizmem tej ordynacji jest minimalizacja wartości „stress”, tzn. słabości dopasowania pomiędzy odległościami powierzchni w przestrzeni porządkowej a wejściową macierzą podobieństwa. Wartość ta jest

także stosowana jako miara optymalności ordynacji osiąga wartości od 0 do 1, gdzie 0 to dopasowanie perfekcyjne (KENT 2011). Przed wykonaniem ordynacji wartości pokrycia poszczególnych gatunków zostały spierwiastkowane pierwiastkiem kwadratowym i następnie poddane podwójnej standaryzacji typu „Wisconsin”. Transformacja standaryzuje wartości pokrycia dla każdego gatunku, a następnie dla każdego stanowiska badawczego. Umożliwia to analizę podobieństwa florystycznego poletek badawczych różniących się znacznie pokryciem roślinności, jak również neutralizuje różnice pokrycia poszczególnych gatunków (wpływ dominanta jest taki sam jak gatunku występującego z niewielkim pokryciem). Przeprowadzono wielokrotne ordynacje, aż do ustalenia optymalnej liczby osi i uzyskania stabilnych wyników (KENT 2011).

Związek pomiędzy uzyskaną ordynacją powierzchni a wynikami bioindykacji oraz wartościami pokrycia poszczególnych gatunków testowano przy użyciu ogólnego modelu liniowego (ang. *General Linear Models* – GLM). Wartości zmiennych siedliskowych w przestrzeni ordynacyjnej dopasowano używając metody najmniejszych kwadratów ważonych odległościami (SOKAL & ROHLF 1995). Ordynacja NMDS została przeprowadzona z wykorzystaniem pakietu ‘vegan’ w środowisku R (OKSANEN i in. 2012), modele GLM i wykresy zostały utworzone w programie Statistica 10.0 (STATSOFT, INC 2011).

WYNIKI I DYSKUSJA

Struktura florystyczna współczesnej roślinności wysokogórskiej Karkonoskiego Parku Narodowego w świetle wyników z SSPB

Na badanych powierzchniach stwierdzono występowanie 126 gatunków roślin naczyniowych, w tym 6 w randze podgatunku (*Carex bigelowii* subsp. *rigida*, *Cerastium fontanum* subsp. *triviale*, *Empetrum nigrum* subsp. *hermaphroditum*, *Plantago major* subsp. *intermedia*, *Senecio nemorensis* subsp. *nemorensis* oraz *S. nemorensis* subsp. *fuchsii*) i jeden w randze odmiany (*Sorbus aucuparia* var. *glabrata*). Stanowi to około 13% flory Karkonoszy, którą szacuje się na 900–1000 gatunków (FABISZEWSKI 1985; KWIATKOWSKI & ŻOŁNIERZ 2013). Odnotowano występowanie 86 gatunków mszaków, co stanowi prawie 20% brioflory Karkonoszy, której liczebność szacuje się współcześnie na ok. 470 taksonów (KOŁA & WILCZYŃSKA 1985; FUDALI & WOJTUŃ 2013). Należy jednak zaznaczyć, że podawana powyżej liczba gatunków dotyczy całych Karkonoszy z uwzględnieniem wszystkich pięter roślinnych, podczas gdy omawiany monitoring obejmował tylko roślinność nieleśną w piętrze subalpejskim. Jak do tej pory nie powstały szczegółowe zestawienia flory poszczególnych pięter roślinnych, do których można by odnieść listy gatunków wykazanych w sieci stałych powierzchniach badawczych. W związku z tym, bardziej szczegółowa ocena reprezentatywności flory w sieci stałych powierzchni badawczych ekosystemów nieleśnych, będzie możliwa dopiero po opracowaniu florystycznym poszczególnych pięter roślinnych.

Z grupy gatunków objętych ochroną prawną, na badanych powierzchniach występuje 14 gatunków roślin naczyniowych, co stanowi około 20% stwierdzonych do tej pory na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego (PLAN OCHRONY KPN 2002). Odnotowano ponadto 13 gatunków chronionych mszaków z rodzaju *Sphagnum* oraz 8 gatunków mchów brunatnych, co stanowi prawie 30% chronionych mchów brunatnych na terenie KPN. Stwierdzono również obecność 14 gatunków rzadkich i zagrożonych, co stanowi mały odsetek gatunków tej grupy, które występują w Karkonoszach (PLAN OCHRONY KPN 2002; ŠTURSA i in. 2009; KWIATKOWSKI & ŻOŁNIERZ 2013).

Gatunki roślin o największej frekwencji występowania

Lista 20 najczęstszych gatunków wraz z medianami wartości pokrycia, obliczonymi tylko dla powierzchni gdzie dany gatunek stwierdzono, przedstawiona jest w tabeli 1. Uporządkowanie gatunków w przestrzeni ordynacyjnej przedstawia rycina 1b.

Wśród 20 najczęściej występujących gatunków jest jeden drzewiasty (*Picea abies*), jeden krzewiasty (*Pinus mugo*), dwie krzewinki (*Vaccinium myrtillus* i *V. vitis-idaea*), pięć gatunków traw (*Deschampsia flexuosa*, *Calamagrostis villosa*, *Nardus stricta*, *Deschampsia caespitosa*, *Anthoxanthum alpinum*), cztery gatunki zielne (*Homogyne alpina*, *Trientalis europaea*, *Galium saxatile* i *Polygonum bistorta*), jedna paproć (*Athyrium distentifolium*), trzy mchy (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Polytrichastrum formosum*), dwa wątrobowce (*Barbilophozia lycopodioides* i *Cephalozia bicuspidata*) oraz porosty z rodzaju *Cladonia*.

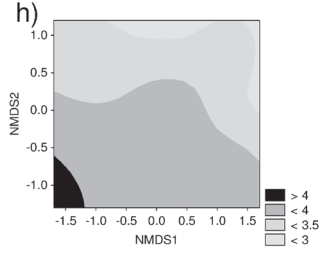
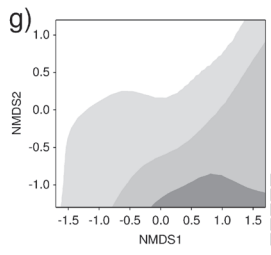
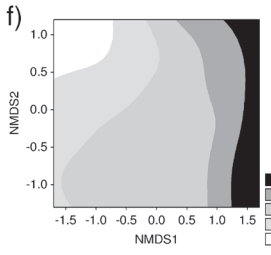
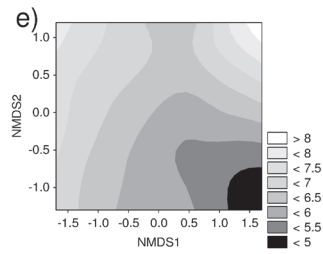
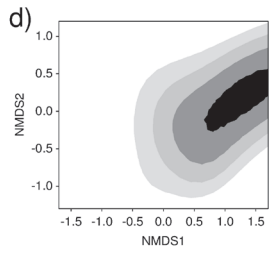
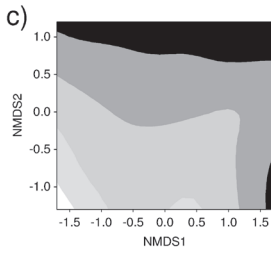
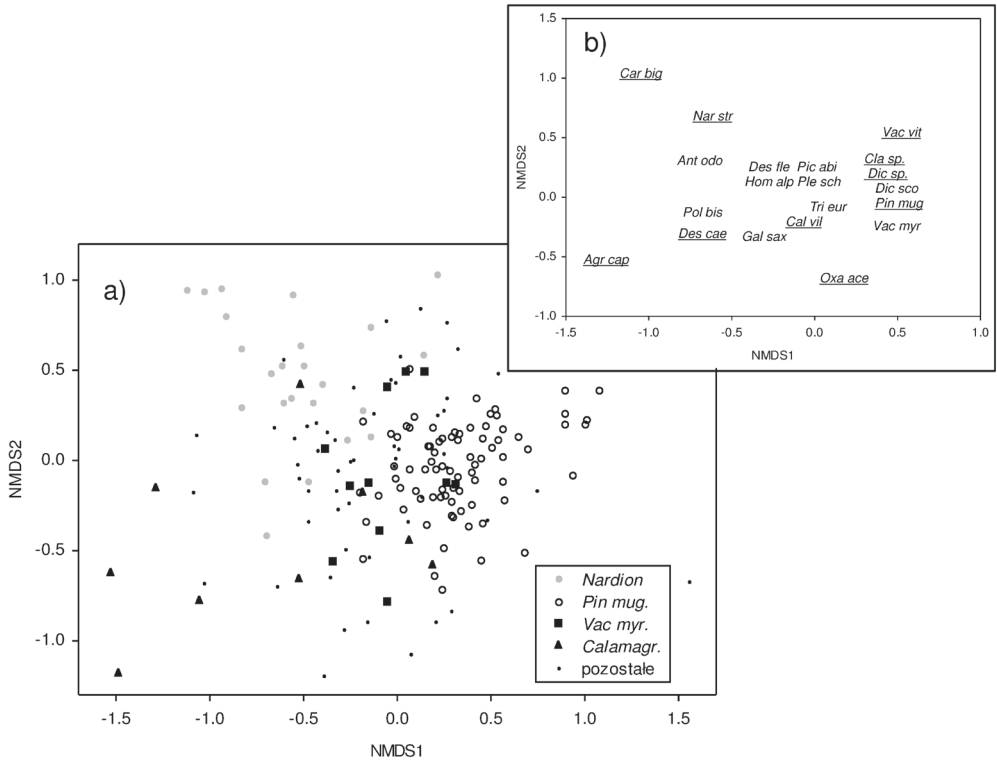
Znaczna frekwencja *Pinus mugo* i gatunków runa jej towarzyszących (*Homogyne alpina*, *Trientalis europaea*, *Dicranum scoparium*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichastrum formosum*) jest spowodowana dużą liczbą powierzchni z udziałem zbiorowiska *Pinetum mugo*, które w piętrze subalpejskim jest zbiorowiskiem przewodnim. Trzy z pospolitych gatunków traw są beneficjentami presji pasterskiej (*Nardus stricta*, *Deschampsia caespitosa*, *Anthoxanthum alpinum*) (WOLSKI & SZYMURA 2015). Duży sukces *Vaccinium myrtillus* i *Deschampsia flexuosa*, zarówno pod względem proporcji występowania, jak i udziału w zbiorowisku, wynika z dwóch powodów: gatunki te tworzą własne zbiorowiska, w których są dominantami, a jednocześnie są bardzo pospolitymi gatunkami towarzyszącymi w innych zbiorowiskach.

Interesujący jest duży udział płatów zbiorowiska z *Vaccinium myrtillus*, które na mapie roślinności z lat 60. nie zostało wyodrębnione. Być może zdecydowało o tym jego ówczesne, niewielkie znaczenie lub jakieś inne przyczyny.

Tabela 1. Lista 20 najczęstszych gatunków z wyrażoną procentową częstością wystąpień na powierzchniach badawczych (N = 182) oraz medianą ich pokrycia dla wartości niezerowych (med. non-zero)

Table 1. The list of 20 the most frequent species. The frequency of species within the sampling plots (N = 182) and median of its cover (only non-zero plots)

Gatunek (Species)	Częstość (Frequency)	med. non-zero	Gatunek (Species)	Częstość (Frequency)	med. non-zero
<i>Vaccinium myrtillus</i>	91,8	20,0	<i>Galium saxatile</i>	39,0	1,0
<i>Deschampsia flexuosa</i>	8,0	20,0	<i>Deschampsia caespitosa</i>	32,4	20,0
<i>Homogyne alpina</i>	73,1	2,0	<i>Cladonia species</i>	30,8	1,0
<i>Pinus mugo</i>	71,4	60,0	<i>Picea abies</i>	29,7	10,0
<i>Calamagrostis villosa</i>	66,5	10,0	<i>Polygonum bistorta</i>	29,1	1,0
<i>Trientalis europaea</i>	63,7	1,0	<i>Anthoxanthum alpinum</i>	27,5	2,0
<i>Nardus stricta</i>	45,6	20,0	<i>Barbilophozia lycopodioides</i>	26,9	1,0
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	43,4	10,0	<i>Cephalozia bicuspidata</i>	25,8	1,0
<i>Pleurozium schreberi</i>	42,9	2,0	<i>Athyrium distentifolium</i>	25,3	2,0
<i>Dicranum scoparium</i>	39,6	2,0	<i>Polytrichastrum formosum</i>	23,6	1,0



Ciekawy wynik stanowi także wysoki udział *Athyrium distentifolium*, która występuje na 20% powierzchni. Ten gatunek paproci znajduje się od kilku lat w regresie w zbiorowiskach borów górnoeregłowych oraz w subalpejskich ziołoroślach paprociowych (Dunajski niepubl.). Jak wskazują uzyskane wyniki, zjawisko takie nie zostało zaobserwowane w zbiorowisku *Pinetum mugo*, w którym odnotowano *A. distentifolium* z wysoką frekwencją.

Występowanie gatunków synantropijnych

Na badanych powierzchniach stwierdzono występowanie 30 gatunków roślin synantropijnych (Tab. 2), z czego 90% stanowiły gatunki rodzime (apofity), których występowanie związane jest prawdopodobnie z wieloletnią gospodarką pasterską. Odnotowano również trzy antropofity: *Rumex alpinus* i *Digitalis purpurea*, związane z osadnictwem alpejskim i do niedawna zaliczane do grupy apofitów, a obecnie klasyfikowane jako zadomowione antropofity (TOKARSKA-GUZIŁ i in. 2012; DAJDOK & SZCZEŚNIAK 2013) oraz *Mimulus guttatus*. Z kolei *Digitalis purpurea* i *M. guttatus* są gatunkami inwazyjnymi na analizowanym obszarze (TOKARSKA-GUZIŁ i in. 2012). W Karkonoskim Parku Narodowym liczba gatunków obcych szacowana jest na 150, z czego tylko 10% występuję w piętrach subalpejskim i alpejskim (DAJDOK & SZCZEŚNIAK 2013). Wiele pojawów antropofitów ma charakter efemeryczny (DAJDOK & SZCZEŚNIAK 2013). Gatunki obce, odnotowane na powierzchniach badawczych, stanowią 20% szacowanych w analizowanych piętrach roślinnych. Na zaniżenie liczby gatunków synantropijnych mogło wpłynąć wykluczenie powierzchni badawczych, które przypadły na szlakach turystycznych oraz przy schroniskach.



Ryc. 1. Wyniki skalowania wielowymiarowego (**1a–b**) oraz rozkład zmiennych siedliskowych w przestrzeni ordynacyjnej (**1c–e**), dla uproszczenia pokazano tylko oś 1 i 2 (NMDS 1 i NMDS 2).

Panel górny: (**1a**) – uporządkowanie powierzchni badawczych reprezentujących różne typy roślinności: murawy subalpejskie (*Nardion*), zbiorowisko kosodrzewiny (*Pin mug.*), zbiorowisko krzewinkowe z dominacją borówki czernicy (*Vac myr.*), traworośla ze związku *Calamagrostion* (*Calamagr.*) i pozostałe typy roślinności (pozostałe);

(**1b**) – uporządkowanie gatunków. Przedstawiono 10 gatunków, których rozmieszczenie było najlepiej tłumaczone przez ordynację ($R^2 > 0.2$): *Nardus stricta*, *Pinus mugo*, *Deschampsia caespitosa*, *Carex bigelowii*, *Cladonia species*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Dicranum* sp., *Agrostis capillaris*, *Oxalis acetosella*, *Calamagrostis villosa* (skrótowy nazw gatunków podkreślone) i 10 gatunków najczęściej stwierdzanych na powierzchniach ($N > 50$): *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*, *Homogyne alpina*, *Trientalis europaea*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Galium saxatile*, *Picea abies*, *Polygonum bistorta* (skrótowy nazw gatunków niepodkreślone).

Panel dolny: wartości wskaźnika odczynu gleby (**1c**), zwarcia warstwy krzewiastej (**1d**), wskaźnika światła (**1e**), wskaźnika kontynentalizmu (**1f**), nachylenia zbocza (**1g**) i wskaźnika termicznego (**1h**)

Fig. 1. Results of multidimensional scaling (**1a–b**) and distribution of environmental variables in ordination space (**1c–e**), for simplification only axes 1 and 2 are shown (NMDS 1 and NMDS 2).

Upper panel: (**1a**) – ordination of plots representing different vegetation types: subalpine grasslands (*Nardion*), mountain pine community (*Pin mug.*), scrub community dominated by *Vaccinium myrtillus* (*Vac myr.*), grasslands belonging to *Calamagrostion* order (*Calamagr.*) and other types of vegetation;

(**1b**) – ordination of species. 10 species, whose distribution was best explained by ordination ($R^2 > 0.2$): *Nardus stricta*, *Pinus mugo*, *Deschampsia caespitosa*, *Carex bigelowii*, *Cladonia species*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Dicranum* sp., *Agrostis capillaris*, *Oxalis acetosella*, *Calamagrostis villosa* (names abbreviations underlined) and 10 most frequent species ($N > 50$): *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*, *Homogyne alpina*, *Trientalis europaea*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Galium saxatile*, *Picea abies*, *Polygonum bistorta* (names abbreviations not underlined)

Lower panel: values of soil reaction index (**1c**), scrub layer cover (**1d**), light index (**1e**), continentality index (**1f**), slope inclination (**1g**), and temperature index (**1h**)

Tabela 2. Lista gatunków synantropijnych stwierdzonych na powierzchniach SSPB
Table 2. The list of synanthropic species identified on the SSPB plots

Apopity (Apophytes)		Antropofity (Antropophytes)	
1	<i>Achillea millefolium</i>	1	<i>Mimulus guttatus</i>
2	<i>Agrostis capillaris</i>	2	<i>Digitalis purpurea</i>
3	<i>Alopecurus pratensis</i>	3	<i>Rumex alpinus</i>
4	<i>Anthoxanthum odoratum</i>		
5	<i>Cerastium fontanum</i> subsp. <i>triviale</i>		
6	<i>Deschampsia caespitosa</i>		
7	<i>Epilobium angustifolium</i>		
8	<i>Epilobium montanum</i>		
9	<i>Festuca rubra</i>		
10	<i>Holcus mollis</i>		
11	<i>Hypericum maculatum</i>		
12	<i>Juncus articulatus</i>		
13	<i>Leontodon autumnalis</i>		
14	<i>Luzula campestris</i>		
15	<i>Pimpinella saxifraga</i>		
16	<i>Plantago major</i> subsp. <i>intermedia</i>		
17	<i>Plantago media</i>		
18	<i>Potentilla erecta</i>		
19	<i>Potentilla reptans</i>		
20	<i>Ranunculus repens</i>		
21	<i>Rubus idaeus</i>		
22	<i>Rubus</i> sp.		
23	<i>Rumex acetosa</i>		
24	<i>Rumex alpinus</i>		
25	<i>Silene vulgaris</i>		
26	<i>Trifolium repens</i>		
27	<i>Urtica dioica</i>		

Skład gatunkowy i różnorodność florystyczna zbiorowisk roślinnych

Aktualna liczba gatunków, w porównaniu do wyników wcześniejszych badań, wskazuje na odmienne tendencje dynamiczne w różnych zbiorowiskach.

Murawy subalpejskie – Nardion

Zarówno średnia powierzchnia zdjęcia, jak i całkowita powierzchnia zdjęć muraw subalpejskich w SSPB są ponad czterokrotnie mniejsze w porównaniu ze zbiorem danych z lat 60. (Tab. 3). Mimo to, całkowita liczba gatunków naczyniowych jest zbliżona, a liczba gatunków mszaków jest wyższa od występujących w materiale fitosocjologicznym z lat 60. Średnia liczba gatunków w zdjęciu jest zbliżona w obu zbiorach danych, a wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera H' jest zdecydowanie wyższy w materiale z lat 60.

Zatem, jeżeli uwzględniamy samą liczbę gatunków, to w materiale z SSPB różnorodność jest wyższa (zwłaszcza mszaków), natomiast jeżeli weźmiemy pod uwagę udział ilościowy poszczególnych gatunków, czego wyrazem jest indeks H' , to różnorodność jest niższa w porównaniu z materiałem z lat 60.

W latach 90., w murawach subalpejskich zaobserwowano zmniejszanie się różnorodności gatunkowej (WOJTUŃ & ŻOŁNIERZ 2002). Obecnie jest ona na podobnym poziomie jak w latach 60., co może wskazywać na regenerację tego zbiorowiska na skutek redukcji emisji przemysłowych. Potwierdzenie tego spostrzeżenia wymaga jednak przeprowadzenia badań z subiektywnym wyborem powierzchni, zgodnie z kryteriami fitosocjologicznymi, tak, aby były w pełni porównywalne z wynikami badań historycznych.

*Traworośla – związek **Calamagrostion***

Stwierdzona obecnie w zbiorowiskach traworoślowych liczba gatunków roślin naczyniowych jest o 21 gatunków mniejsza w porównaniu do danych przedstawionych w tabeli fitosocjologicznej z lat 60. Stwierdzone obecnie gatunki roślin naczyniowych stanowią 72% gatunków występujących w przeszłości. Mszaków jest o jeden gatunek więcej niż w materiale historycznym. Średnio, na pojedynczej powierzchni jest o 3 gatunki mniej, a różnorodność wyrażona indeksem H' jest niższa o prawie 30% (Tab. 3). Proces zmniejszania liczby gatunków roślin naczyniowych traworośli zaobserwowany został w latach 90. (WOJTUŃ & ŻOŁNIERZ 2002) i utrzymuje się obecnie.

*Zbiorowisko kosodrzewiny – **Pinetum mugo sudeticum***

Całkowita liczba gatunków jest wyższa w materiale z SSPB niż w danych historycznych, mimo że całkowita powierzchnia badawcza jest trzykrotnie mniejsza, a przeciętna wielkość zdjęcia jest ośmiokrotnie mniejsza niż w danych historycznych (Tab. 3). Większa liczba gatunków dotyczy zarówno gatunków warstwy mszystej, jak i roślin warstwy runa. Średnia liczba gatunków w zdjęciu jest natomiast niższa w materiale z SSPB niż w danych historycznych. Z powodu braku materiału porównawczego z lat 90. dla tego zbiorowiska, nie można jednoznacznie rozstrzygnąć czy wyższa różnorodność w materiale z SSPB jest efektem procesów biocenotycznych, czy konsekwencją zastosowania innej metody wyboru powierzchni badawczych niż w badaniach historycznych. Metody fitosocjologiczne, będące podstawą poprzednich badań, oparte są na subiektywnym wyborze powierzchni badawczych, tak by reprezentowały one pewne z góry założone typy. Polega to na wyborze płatów do badań, co może spowodować zmniejszenie puli gatunków, które ujawniają się w materiale badawczym, w stosunku do realnie występujących w zbiorowisku roślinnym. Jednoznaczne rozstrzygnięcie przyczyn zaobserwowanych tendencji zmian różnorodności gatunkowej tej fitocenozy wymaga dalszych badań.

Wypas w wysokogórskich partiach Karkonoszy nie jest realizowany od przeszło stu lat (ŻOŁNIERZ & WOJTUŃ 2013), a emisje przemysłowe w ciągu ostatnich kilkunastu lat zostały znacznie ograniczone (RAJ 2013). Istotnymi czynnikami oddziałującym obecnie na roślinność są turystyka piesza i narciarstwo alpejskie. Te dwa rodzaje oddziaływania są ograniczone do nartostrad i szlaków turystycznych (RAJ 2013). Tego typu siedliska w sieci SSPB nie występują. Roślinność badanych obszarów górskich kształtowana była w znacznej

Tabela 3. Różnorodność gatunkowa zbiorowisk
Table 3. Species diversity in plant communities

	MATUSZKIEWICZ & MATUSZKIEWICZ (1974)	SSPB
Data badań (Date of investigations)	1954–1967	2013
<i>Nardion</i>		
Powierzchnia całkowita (Total area)	3510	750
Średnia powierzchnia zdjęcia (Average area of plot)	113	25
Liczba gatunków (Species number)		
Warstwa mszysta (Moss layer)	31	32
Warstwa runa (Vascular plants layer)	48	47
Łącznie (Total number)	79	79
Średnia liczba gatunków na powierzchni (Average number of species in plot)	15,9±3,0	14,13±4,87
Wskaźnik Shannona-Wienera H* (Shannon-Winer index H*)	2,41±0,24	2,09±0,51
<i>Calamagrostion</i>		
Powierzchnia całkowita (Total area)	4430	250
Średnia powierzchnia zdjęcia (Average area of plot)	127	25
Liczba gatunków (Species number)		
Warstwa mszysta (Mosses layer)	28	29
Warstwa runa (Vascular plants layer)	79	57
Łącznie (Total number)	107	86
Średnia liczba gatunków na powierzchni (Average number of species in plot)	21,8±6,4	18,8±5,96
Wskaźnik Shannona-Wienera H* (Shannon-Winer index H*)	2,75±0,34	2,0±0,28
<i>Zb. z Vaccinium myrtillus</i>		
Powierzchnia całkowita (Total area)	bd	250
Średnia powierzchnia zdjęcia (Average area of plot)	bd	25
Liczba gatunków (Species number)	bd	
Warstwa mszysta (Mosses layer)	bd	33
Warstwa runa (Vascular plants layer)	bd	37
Łącznie (Total number)	bd	70
Średnia liczba gatunków na powierzchni (Average number of species in plot)	bd	19,5±8,20
Wskaźnik Shannona-Wienera H* (Shannon-Winer index H*)	bd	1,86±0,28
<i>Pinetum mugo sudeticum</i>		
Powierzchnia całkowita (Total area)	6550	2000
Średnia powierzchnia zdjęcia (Average area of plot)	192	25
Liczba gatunków (Species number)		
Warstwa mszysta (Mosses layer)	54	80
Warstwa runa (Vascular plants layer)	49	60
Łącznie (Total number)	103	140
Średnia liczba gatunków na powierzchni (Average number of species in plot)	23,8±5,4	14,2±3,93
Wskaźnik Shannona-Wienera H* (Shannon-Winer index H*)	bd	±0,35

Objaśnienia (Explanations): bd – brak danych (lack of data), H* – wartość indeksu podano za WOJTUŃ & ŻOŁNIERZ (2002) (value of index according to WOJTUŃ & ŻOŁNIERZ 2002).

mierze przez oddziaływania pasterskie i przemysłowe, które współcześnie nie występują. Zachodzą w niej procesy wywoływane głównie przez czynniki wewnętrzne, tj. interakcje międzygatunkowe oraz interakcje pomiędzy roślinnością a biotopem. Często procesy te zachodzą równolegle, co utrudnia jednoznaczne ustalenie mechanizmów przemian i wyróżnienie czynników, które je wywołują. Do najskuteczniejszych pod tym względem metod należy badanie dynamiki roślinności na stałych powierzchniach badawczych. Cykliczne rejestrowanie struktury roślinności na tych samych powierzchniach może dać odpowiedź na pytanie – jak zbiorowiska zmieniają się w czasie. Wyniki uzyskane przy zastosowaniu metody SSPB są niezależne od przestrzennej zmienności czynników środowiskowych i lokalnego zróżnicowania roślinności, co pozwala na dokładniejsze wnioskowanie dotyczące natury obserwowanych przemian w porównaniu z innymi metodami (np. metoda suplementacji czasu przez przestrzeń).

Ordynacja roślinności

Pierwsza analiza NMDS wykazała obecność dwóch powierzchni badawczych, wyraźnie odstających pod względem składu gatunkowego roślinności. Były to powierzchnie reprezentujące gołoborza z kilkoma tylko gatunkami mszaków o niewielkim pokryciu i bez udziału roślin naczyniowych. Zostały one wyłączone z dalszych analiz. Stabilne wyniki porządkowania uzyskano po 88 powtórzeniach, obliczając wartości dla trzech osi ordynacyjnych. Wartość „stress” wynosiła 0,179. Uporządkowanie uwidocznilo przede wszystkim zróżnicowanie składu gatunkowego pomiędzy płatami muraw bliźniczkowych (*Nardion*), zaroślami kosodrzewiny (*Pinetum mugo*), traworoślami (*Calamagrostion*) i płatami zbiorowisk z *Vaccinium myrtillus*. Powierzchnie reprezentujące pozostałe typy roślinności nie tworzyły wyraźnych skupień (Ryc. 1a).

Większość oszacowanych lub pomierzonych zmiennych siedliskowych była istotnie powiązana z modelem ordynacyjnym (Tab. 4), sugerując wpływ warunków siedliskowych na rozmieszczenie gatunków. Ponieważ zmienne siedliskowe były również istotnie skorelowane ze sobą, np. wskaźnik odczynu, troficzny i wysokość nad poziomem morza, a także wykazano ujemną korelację pomiędzy pokryciem warstwy zielnej i pokryciem warstwy krzewiastej (dokładne wyniki korelacji nie pokazane), na rycinach 1c–h przedstawiono wybrane zmienne, które były najsilniej powiązane z modelem ordynacyjnym i jednocześnie słabo skorelowane ze sobą nawzajem. Wykresy pokazują, że traworośla związane są z siedliskami cieplejszymi, z mniej zakwaszoną glebą i z mniejszą wartością wskaźnika kontynentalizmu.

Obliczona wartość „stress” ordynacji sugeruje, że uporządkowanie dobrze odzwierciedla strukturę roślinności (KENT 2011). Powiązanie modelu ordynacyjnego z wynikami bioindykacji na podstawie liczb wskaźnikowych Ellenberga należy interpretować z dużą ostrożnością (DIEKMAN 2003; ZELENÝ & SCHAFFERS 2012). Miarodajność indykacji była niższa na powierzchniach z niewielką liczbą gatunków, gdzie wyliczone wartości opierały się na stosunkowo niewielkiej liczbie taksonów. Ponadto wiadomo, że wskaźniki Ellenberga dla poszczególnych czynników są z sobą skorelowane (DIEKMAN 2003; SZYMURA i in. 2014). Stąd nie jest jasne, czy tendencja do występowania traworośli wynika z ich przywiązania

Tabela 4. Skorygowane wartości R^2 regresji wielokrotnej i ich istotność statystyczna (F i p) pomiędzy wartościami parametrów siedliskowych a wynikami NMDS

Table 4. Corrected values of R^2 of multiple regression and their statistical significance (F and p) between environmental factors parameters and their NMDS

	R^2	F	p
L	0,440	47,824	0,000
T	0,304	27,090	0,000
C	0,386	38,581	0,000
M	0,012	1,743	0,160
R	0,459	51,604	0,000
N	0,406	41,863	0,000
krzewy (scrubs)	0,459	51,546	0,000
zielne (herbs)	0,460	51,918	0,000
mchy (mosses)	0,170	13,199	0,000
skały (rocks)	0,193	15,295	0,000
nekromasa (necromass)	0,001	1,052	0,371
wysokość (altitude)	0,345	32,387	0,000
gleba (soil)	0,056	4,513	0,004
nachylenie (inclination)	0,319	28,903	0,000
Irr 21_03	0,130	9,887	0,000
Irr 21_07	0,195	15,499	0,000
WTI	0,094	7,213	0,000

Objaśnienia (Explanations): L – czynnik świetlny (light), T – termiczny (temperature), C – kontynentalizmu (continentalism), M – wilgotności (moisture), R – odczynu gleby (soil reaction), N – trofizmu podłoża (nutrients), Irr 21_03 – potencjalne promieniowanie wiosenne (potential spring irradiation), Irr 21_07 – potencjalne promieniowanie letnie (potential summer irradiation), WTI – topograficzny indeks wilgotności (Topographic Wetness Index).

do mniej kwaśnego podłoża, powierzchni cieplejszych i o mniejszym wskaźniku kontynentalizmu, czy też może to być wynik korelacji tych wskaźników. Dlatego wartościowym uzupełnieniem danych bioindykacyjnych byłyby pomiary podstawowych gradientów siedliskowych, co pomogłoby w wyjaśnieniu obecnego stanu roślinności i interpretacji jej zmian.

Reprezentatywność sieci stałych powierzchni badawczych dla roślinności wysokogórskiej

Ogółem na powierzchniach badawczych stwierdzono występowanie 13 jednostek fitocentycznych różnej rangi (Tab. 5). Większość powierzchni (148) reprezentuje jednorodne zbiorowiska roślinne, możliwe do zaklasyfikowania do określonych jednostek fitosocjologicznych (Tab. 5). Na pozostałych 36 powierzchniach występowały kompleksy roślinności składające się z więcej niż jednego zbiorowiska. Liczebność powierzchni reprezentujących poszczególne typy zbiorowisk roślinnych była proporcjonalna do powierzchni zajmowanych przez poszczególne zbiorowiska w piętrze subalpejskim (DUNAJSKI & POTOCKA 2004). Największą powierzchnię zajmują dwa zbiorowiska: *Pinetum mugo* – ponad 50% piętra subalpejskiego oraz murawy subalpejskie ze związku *Nardion*, pokrywające ok. 12% tego piętra (WOJTUŃ & ŻOŁNIERZ 2002; DUNAJSKI & POTOCKA 2004). Mniejszą powierzchnię

Tabela 5. Jednostki fitocenotyczne udokumentowane na stałych powierzchniach badawczych SSPB
Table 5. Phytosociological units recognized in the SSPB

Nr (No)	Jednostka fitocenotyczna (Phytosociological unit)	Liczba powierzchni [N] (Number of plots) [N]	Udział procentowy [%] (Percentage) [%]
1	<i>Adenostylion alliariae</i>	4	2,2
2	<i>Calamagrostion</i>	9	4,9
3	<i>Calamagrostio-Piceetum</i>	1	0,5
4	<i>Epipetrea</i>	2	1,1
5	<i>Nardion</i>	30	16,5
6	<i>Oxycocco-Sphagnetea</i>	2	1,1
7	<i>Pinetum mugo</i>	80	44,0
8	<i>Scheuchzerio-Caricetea nigrae</i>	2	1,1
9	<i>Thlaspietea rotundifolii</i>	2	1,1
10	zb. z <i>Calluna vulgaris</i>	2	1,1
11	zb. z <i>Deschampsia caespitosa</i>	1	0,5
12	zb. z <i>Deschampsia flexuosa</i>	2	1,1
13	zb. z <i>Vaccinium myrtillus</i>	11	6,0
14	powierzchnie z dwoma lub większą liczbą zbiorowisk (plots with two or more plant communities)	34	18,7

zajmują: borówczyśka czernicowe (ok. 5%), zbiorowiska porostów naskalnych (ok. 6%), torfowiska (ok. 5%), traworośla (ok. 2%) i ziołorośla (ok. 1%) (WOJTUŃ & ŻOŁNIERZ 2002; DUNAJSKI & POTOCKA 2004). W sieci stałych powierzchni badawczych (SSPB) reprezentowane są przede wszystkim zbiorowiska zajmujące duże powierzchnie: zbiorowisko kosodrzewiny *Pinetum mugo* (44% analizowanych powierzchni) i zbiorowiska ze związku *Nardion* (16,5% powierzchni) oraz zbiorowiska z borówką czernicą (6% powierzchni) i traworośla ze związku *Calamagrostion* (5% powierzchni).

Tabela 6. Kompleksy zbiorowisk roślinnych udokumentowane na stałych powierzchniach badawczych SSPB
Table 6. Complexes of phytosociological plants communities recognized on the permanent plots

Nr (No)	Kompleksy zbiorowisk roślinnych (Complexes of phytosociological plants communities)	Liczba powierzchni (Number of plots)
1	<i>Calamagrostio-Piceetum</i> & <i>Pinetum mugo</i>	1
2	<i>Pinetum mugo</i> & <i>Nardion</i>	11
3	<i>Pinetum mugo</i> & zb. z <i>Vaccinium myrtillus</i>	5
4	<i>Pinetum mugo</i> & <i>Oxycocco-Sphagnetea</i>	4
5	<i>Pinetum mugo</i> & <i>Calamagrostion</i>	2
6	<i>Thlaspietea rotundifolii</i> & <i>Pinetum mugo</i>	2
7	<i>Nardion</i> & zb. z <i>Deschampsia flexuosa</i>	1
8	<i>Nardion</i> & zb. z <i>Deschampsia caespitosa</i>	1
9	<i>Nardion</i> & <i>Oxycocco-Sphagnetea</i>	1
10	zb. z <i>Calluna vulgaris</i> & <i>Nardion</i>	1
11	<i>Cardamino-Montion</i> & <i>Calamagrostion</i>	1
12	zb. z <i>Deschampsia caespitosa</i> & <i>Adenostylion alliariae</i>	1
13	zb. z <i>Deschampsia caespitosa</i> & zb. z <i>Vaccinium myrtillus</i>	1
14	zb. z <i>Deschampsia flexuosa</i> & <i>Calamagrostion</i>	1

Na powierzchniach obejmujących więcej niż jedno zbiorowisko roślinne najczęściej występują kompleksy fitocenoz z udziałem zarośli kosodrzewiny oraz z udziałem muraw subalpejskich ze związku *Nardion*. Pozostałe kompleksy zbiorowisk są reprezentowane na nielicznych powierzchniach (Tab. 6).

WNIOSKI

(1) Uporządkowanie zdjęć fitosocjologicznych z SSPB metodą ordynacji NMDS odzwierciedla ich przynależność syntaksonomiczną. Na jednym krańcu ordynacji znalazły się zbiorowiska z dominacją traw (*Calamagrostion*, *Nardion*), a na drugim – zbiorowisko krzewiaste *Pinetum mugo sudeticum*. Pomiędzy nimi ulokowane zostały powierzchnie reprezentujące zbiorowisko krzewinkowe z *Vaccinium myrtillus*, co wskazuje na ich pośredni charakter.

(2) Niektóre fitocenozy wykazują wyższą różnorodność gatunkową w porównaniu z danymi historycznymi, z okresu silnej presji przemysłowej. Wymaga to potwierdzenia w badaniach wykonanych metodami analogicznymi do danych historycznych. Dane z systematycznie rozmieszczonych powierzchni w sieci SSPB, przy odpowiedniej liczebności, odzwierciedlają „rzeczywistą” roślinność, podczas gdy zdjęcia wykonane w płatach wybranych na podstawie metod fitosocjologicznych, reprezentują określone przez badaczy typy zbiorowisk. Należy tę metodyczną różnicę uwzględnić, wyciągając wnioski dotyczące przemian roślinności na podstawie porównywania składów gatunkowych zbiorowisk uzyskanych tymi dwoma metodami. Jednoznaczne wnioski o przemianach fitocenotycznych na podstawie badań w SSPB będzie można wyciągać dopiero po dokonaniu kolejnej serii badań również w sieci SSPB.

(3) Analiza czynników ekologicznych potwierdza wcześniej opisywane preferencje siedliskowe zbiorowisk. Parametry fizykochemiczne siedlisk, oszacowane na podstawie liczb wskaźnikowych, powinny być potwierdzone badaniami fizykochemicznymi gleby.

(4) Dane pochodzące z powierzchni, na których występują dwa lub większa liczba zbiorowisk, zawierają informacje o ich łącznym składzie gatunkowym. Ponadto obejmują one strefę brzegową płatów zbiorowisk, która może posiadać cechy specyficzne, różne od wnętrza płatów. Wskutek tego, nie mają one zastosowania przy badaniu zmienności lub przemian zachodzących w obrębie pojedynczych zbiorowisk. Umożliwiają natomiast śledzenie procesów zachodzących w strefie kontaktowej zbiorowisk. Udział gatunków synantropijnych w miejscach nieulegających bezpośredniej presji człowieka jest niewielki, co potwierdza wcześniejsze doniesienia. Sieć stałych powierzchni badawczych (SSPB) obejmuje głównie zbiorowiska wielkopowierzchniowe. Zbiorowiska małopowierzchniowe nie są reprezentowane lub występują na pojedynczych powierzchniach i powinny zostać objęte dodatkową, zagęszczoną siatką powierzchni monitoringowych.

Podziękowania. Badania były finansowane przez Karkonoski Park Narodowy ze środków pochodzących z Funduszu Leśnego. Dziękujemy Dyrekcji Karkonoskiego Parku Narodowego za udostępnienie danych fitosocjologicznych z projektu pt: „Założenie powierzchni badawczych oraz prace badawcze ekosystemów nieleśnych w Karkonoskim Parku Narodowym” oraz za możliwości wykorzystania danych przestrzennych GIS. Piotrowi Górskiemu dziękujemy za oznaczenie wątrobowców, a Stanisławowi Rosadzińskiemu za oznaczenie mchów. Za pomoc w badaniach terenowych dziękujemy Markowi Malickiemu,

Pawłowi Pechowi, Grzegorzowi Swacha i Sebastianowi Świerszczowi. Za pomoc w organizacji prac terenowych dziękujemy Pani Lidii Przewoźnik z Karkonoskiego Parku Narodowego.

LITERATURA

- DAJDOK Z. & SZCZEŚNIAK E. 2013. Rośliny synantropijne. – W: R. KNAPIK & A. RAJ (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego, s. 311–318. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.
- DIEKMANN M. 2003. Species indicator values as an important tool in applied plantecology – a review. – *Basic and Applied Ecology* **4**(6): 493–506.
- DUNAJSKI A. & POTOCKA J. 2004. Podstawy metodyczne monitoringu roślinności nieleśnej Karkonoskiego Parku Narodowego. – *Opera Corcontica* **41**: 204–212.
- DUNAJSKI A., POTOCKA J. & SZCZEŚNIAK E. 2011. Zarys historii badań botanicznych w Karkonoszach ze szczególnym uwzględnieniem Karkonoskiego Parku Narodowego. – W: R. KNAPIK, L. PRZEWOŹNIK & A. RAJ (red.), 50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym, s. 183–215. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.
- ELLENBERG H., WEBER H. E., DÜLL R., WERNER W. & PAULISSEN D. 1992. Zeigerwerte der Pflanzen in Mitteleuropa. – *Scripta Geobotanica* **18**: 1–258.
- FABISZEWSKI J. 1985. Szata roślinna. – W: A. JAHN (red.), Karkonosze polskie, s. 191–235. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław.
- FABISZEWSKI J., WOJTUŃ B., ŻOŁNIERZ L., MATUŁA J. & SOBIERAJSKI Z. 1993. Zmiany ilościowe roślin runa sudeckiego boru górnoeglowego w drzewostanach o różnym stopniu degradacji. – W: Karkonoskie Badania Ekologiczne. I konferencja, Wojnowice 3–4 grudnia 1992: 77–85.
- FUDALI E. 2006. Gatunki wysokogórskie we florze mchów polskiej części Karkonoszy i ich zagrożenie. – *Przyroda Sudetów* **9**: 7–16.
- FUDALI E. & WOJTUŃ B. 2013. Mchy i wątrobowce. Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. – W: R. KNAPIK & A. RAJ (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego, s. 199–206. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.
- HUECK K. 1939. Botanische wanderungen im Riesengebirge. – *Pflanzensoziologie* **3**: 1–116.
- KENT M. 2011. *Vegetation description and data analysis: a practical approach*. John Wiley & Sons.
- KOŁA W. & WILCZYŃSKA W. 1985. Mszaki. – W: A. JAHN (red.), Karkonosze polskie, s. 257–272. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław.
- KWIATKOWSKI P. & ŻOŁNIERZ L. 2013. Rośliny kwiatowe. – W: R. KNAPIK & A. RAJ (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego, s. 217–240. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.
- MALICKI M. & PIELECH R. 2012. *Badania ekosystemów w nieleśnych Karkonoskiego Parku Narodowego*. Mskr., Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.
- MATUSZKIEWICZ W. & MATUSZKIEWICZ A. 1969. *Mapa zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego*. Mskr., Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.
- MATUSZKIEWICZ W. & MATUSZKIEWICZ A. 1974. *Mapa zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego*. – *Ochrona Przyrody* **40**: 45–109.
- MOORE I. D., GRAYSON R. B. & LADSON A. R. 1991. Digital terrain modeling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. – *Hydrological Processes* **5**: 3–30.
- OKSANEN J., GUILLAUME BLANCHET F., KINDT R., LEGENDRE P., MINCHIN P. R., O'HARA R. B., SIMPSON G. L., SOLYMO S. P., STEVENS M. H. H. & WAGNER H. 2012. *Vegan Community Ecology Package*. R package version 2.0–3. Available at: <http://cran.r-project.org>, <http://vegan.rforge.r-project.org/> (10 May 2012).

- PLAN OCHRONY KARKONOSKIEGO PARKU NARODOWEGO. 2002. ZAŁĄCZNIK 1 04. Gatunki roślin objęte ochroną prawną występujące na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu. Mskr., Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.
- RAJ A. 2013. Ochrona przyrody. – W: R. KNAPIK & A. RAJ (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego, s. 443–484. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.
- ROSTAŃSKI K. 1977. Flora i roślinność synantropijna w Karkonoskim Parku Narodowym. – Prace Karkonoskiego Towarzystwa Naukowego w Jeleniej Górze **9**: 1–29.
- SOKAL R. R. & ROHLF F. J. 1995. Biometry (3rd ed.). W. H. Freeman and company, New York.
- SZYMURA T. H., SZYMURA M. & MACIOŁ A. 2014. Bio-indication with Ellenberg's indicator values: a comparison with measured parameters in Central European oak forests. – *Ecological Indicators* **46**: 495–503.
- STATSOFT, INC. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.
- ŠTURSA J., KWIATKOWSKI P., HARČARIK J., ZAHRADNÍKOVÁ J. & KRAHULEC F. 2009. Černý a červený seznam cévnatých rostlin Krkonoš. – *Opera Corcontica* **46**: 67–104.
- ŠŮRI M. & HOFIERKA J. 2004. A new GIS-based solar radiation model and its application to photovoltaic assessments. – *Transactions in GIS* **8**(2): 175–190.
- TOKARSKA-GUZIŁ B., DAJDOK Z., ZAJĄC A., ZAJĄC M., URBISZ A., DANIELEWICZ W. & HOŁDYŃSKI C. 2012. Rośliny obce w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem roślin inwazyjnych. s. 107. Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- WOJTUŃ B. & ŻOŁNIERZ L. 2002. Plan ochrony ekosystemów nieleśnych. Opisanie ogólne. Mapa roślinności rzeczywistej. – W: Plan ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego. BULiGL Oddział w Brzegu. Mskr., Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.
- WOJTUŃ B., ŻOŁNIERZ L. & MATUŁA J. 1997. Procesy ekologiczne decydujące o przemianach wysokogórskich zbiorowisk roślinnych Karkonoszy. – *Annales Silesiae* **27**: 97–121.
- WOLSKI K. & SZYMURA M. 2015. Łąki. – W: A. ŻEŁĄZNIWICZ (red.), Przyroda Dolnego Śląska, s. 309–318. Polska Akademia Nauk, Wrocław.
- ZELENÝ D. & SCHAFFERS A. P. 2012. Too good to be true: pitfalls of using mean Ellenberg indicator values in vegetation analyses. – *Journal of Vegetation Science* **23**(3): 419–431.
- ŻOŁNIERZ L. & WOJTUŃ B. 2013. Roślinność subalpejska i alpejska. – W: R. KNAPIK & A. RAJ (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego, s. 241–278. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

SUMMARY

Permanent plots system includes mainly large-area communities, whereas the small-area is not represented or occurred in single plots. The ordination of plots according to plant species composition confirmed previously adopted phytosociological classification. On one side were placed grasslands (*Calamagrostion, Nardion*), and on the second – scrubs (*Pinetum mugo sudeticum*; Fig. 1). In the middle the plots represented assemblages with *Vaccinium myrtillus* were placed, what could be evidence of their transitional character. The plots, where two or more communities occurred, included complex data concerned on the plant composition. These plots included also margins of the communities, that could have specific characteristics. Therefore these plots could not be used in analyses of dynamic changes in particular plant communities, but using these plots we could observe the dynamic of communities spatial relations in their contact zones. The proportion of synanthropic species in studied plots was low, what is caused mainly limitation of SSPB to areas, where the direct tourist pressure was absent. It confirms the previous observation about spreading of these species mainly along the tourist roads and next to shelters.

Przyjęto do druku: 05.04.2016 r.