

## WERYFIKACJA ZAŁOŻEŃ RETROSPEKTYWNYCH BADAŃ PRZEMIAN WYSOKOGÓRSKICH ZBIOROWISK ROŚLINNYCH KARKONOSZY NA PRZYKŁADZIE BORÓWCZYSK BAŻYNOWYCH *EMPETRO-VACCINIETUM* BR.-BL. 1926

Ludwik Żołnierz<sup>1</sup>✉, Bronisław Wojtuń<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Botaniki i Ekologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
pl. Grunwaldzki 24A, 50-363 Wrocław

<sup>2</sup>Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowisk, Uniwersytet Wrocławski  
ul. Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław

### ABSTRAKT

W zasobach Karkonoskiego Parku Narodowego znajduje się dokumentacja badań fitocenozy karkonoskich prowadzonych na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku. W latach dziewięćdziesiątych autorzy niniejszej pracy prowadzili analogiczne badania dotyczące boru górnoreglowego oraz zbiorowisk pięter subalpejskiego i alpejskiego. Obecnie zostały one wznowione w celu objęcia analizą retrospektywną przemian roślinności w okresie ostatnich 60 lat. W płatach borówczysk bażynowych udało się dokładnie zlokalizować położenie 40% historycznych powierzchni badawczych. Analiza porównawcza danych dotyczących parametrów różnorodności gatunkowej, prowadzona z wykorzystaniem wszystkich powierzchni badanych w latach 1959–1960 oraz w 2015 roku, dała niemal identyczne wyniki, jak uzyskane ze zbioru danych zebranych tylko z powierzchni dokładnie zlokalizowanych. W porównaniu z danymi historycznymi stwierdzono istotne zmniejszenie liczby gatunków na powierzchniach i wartości współczynnika Shannona-Wienera, natomiast nie zmienił się wskaźnik równomierności.

**Słowa kluczowe:** przemiany roślinności, zbiorowiska wysokogórskie, badania retrospektywne

### WSTĘP

Obszar Karkonoszy, zwłaszcza w partiach najwyższych, odznacza się dużą różnorodnością zbiorowisk roślinnych. Od długiego czasu są one poddane silnej presji różnorodnych oddziaływań antropogenicznych. Presja szczególnie przybrała na sile w ciągu kilku ostatnich dekad, a jej apogeum była katastrofa ekologiczna, która objęła lasy karkonoskie w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Wielkopowierzchniowe zamieranie lasów było najbardziej widocznym symptomem zaburzenia równowagi

procesów ekologicznych w wysokogórskich ekosystemach Karkonoszy. Bardziej subtelne zmiany – przejawiające się ubożeniem flory, zmniejszeniem różnorodności biologicznej na różnych jej poziomach, zaburzeniami struktury biocenozy – dotknęły również ekosystemy nieleśne pięter subalpejskiego i alpejskiego Karkonoszy (Wojtuń i in., 1995; 1997; 1998).

Obszar polskiej części Karkonoszy ma stosunkowo dokładną dokumentację badań fitosocjologicznych zbiorowisk roślinnych, która jest plonem wieloletnich

✉ ludwik.zolnierz@upwr.edu.pl

badania zespołu prof. Władysława Matuszkiewicza prowadzonych w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych dwudziestego stulecia (Matuszkiewicz i Matuszkiewicz, 1969; 1974). Zgromadzona w zasobach Karkonoskiego Parku Narodowego (KPN) baza zdjęć fitosocjologicznych jest niezwykle cennym materiałem porównawczym, pozwalającym na prowadzenie retrospektywnych badań przemian zbiorowisk roślinnych.

Autorzy niniejszej pracy prowadzili tego rodzaju badania w odniesieniu do wysokogórskich fitocenoz karkonoskich w latach dziewięćdziesiątych. Ich wyniki dowiodły zachodzenia przemian roślinności wysokogórskich leśnych i nieleśnych zbiorowisk Karkonoszy. W ogólnym zarysie przejawiały się one zmniejszeniem całkowitego bogactwa gatunkowego i redukcją liczby gatunków roślin zarodnikowych, a także zmianami proporcji między gatunkami reprezentującymi różne formy życiowe roślin (Wojtuń i in., 1995; 1997; 1998; Żołnierz i in., 2001). Badane zbiorowiska wykazywały zróżnicowany zakres wymienionych przemian.

W ostatnich latach autorzy postanowili wznowić badania<sup>1</sup> przemian karkonoskich zbiorowisk roślinnych, przedłużając o kolejne dwudziestolecie skalę analiz retrospektywnych. Badaniem objęto zbiorowiska subalpejskie i alpejskie: murawy bliźniczkowe, borówczyska bażynowe, traworośla trzcinnika owłosionego i wrzosowiska subalpejskie. W kolejnych latach planowane są dalsze badania alpejskich muraw halnych oraz na powierzchniach w górnoreglowym borze świerkowym o zróżnicowanym stopniu degeneracji w czasie kłęski w latach osiemdziesiątych.

Wysokogórskie borówczyska bażynowe *Empetro-Vaccinietum* Br.-Bl. 1926 są zbiorowiskiem krzewinkowym, którego gatunkami charakterystycznymi są bażyna obupłciowa *Empetrum hermaphroditum* i borówka halna *Vaccinium gaultherioides*. Towarzyszą im wrzos *Calluna vulgaris* oraz borówki – czarna *Vaccinium myrtillus* i brusznica *V. vitis-idaea*. Zespół występuje w Polsce w Tatrach, na Babiej Górze i w Karkonoszach w miejscach silnie eksponowanych na wiatr, o płytkiej i zimą szybko zanikającej pokrywie śnieżnej (Matuszkiewicz, 2008).

<sup>1</sup> Prace w części finansowane przez Fundusz Leśny w ramach projektu: „Badania retrospektywne przemian najcenniejszych subalpejskich i alpejskich zbiorowisk roślinnych Karkonoszy. Etap I i II”.

Cały program badań ma na celu określenie natury, kierunków i zakresu przemian fitocenoz wysokogórskich w skali ostatniego sześćdziesięciolecia. Celem niniejszej pracy jest porównanie wstępnych wyników badań prowadzonych dwiema metodami w obrębie płatów borówczysk bażynowych *Empetro-Vaccinietum* Br.-Bl. 1926. W pierwszej analizowano ogół wyników zebranych na wszystkich wyznaczonych powierzchniach badawczych. W drugiej ograniczono się do powierzchni, które można było przypisać jednoznacznie do powierzchni historycznych precyzyjnie zlokalizowanych na podstawie opisu danych topograficznych.

## METODY

W badaniach porównywano dane uzyskane z 32 zdjęć fitosocjologicznych (kwadraty 4×4 m) wykonanych w 2015 roku ze zbiorem 20 zdjęć historycznych z lat 1959–1960 (Matuszkiewicz i Matuszkiewicz, 1969; 1974). Przy lokalizacji płatów wybranych do badań zbiorowisk roślinnych posłużono się ortofotomapą obszaru KPN oraz mapami roślinności obecnej (Matuszkiewicz i Matuszkiewicz, 1974; Wojtuń i Żołnierz, 2002). W zlokalizowanych płatach zbiorowisk wykonano zdjęcia fitosocjologiczne z użyciem skali procentowej w szacowaniu liczebności gatunków. W toku dalszych analiz skala procentowa została transformowana do użytej w materiałach historycznych skali Braun-Blanqueta.

Borówczyska bażynowe *Empetro-Vaccinietum* w większości występują jako izolowane niewielkie płaty na silnie nachylonych stokach. Pozwoliło to precyzyjnie zlokalizować osiem, tj. 40% powierzchni wykorzystanych w badaniach historycznych na podstawie danych topograficznych – wysokości hipsometrycznej, wystawy i nachylenia stoku. Na powierzchniach tych wykonano 14 zdjęć fitosocjologicznych. Pozostałe 18 zdjęć umiejscowiono w sposób losowy w obrębie płatów zbiorowiska. Badania przeprowadzono w tej samej fazie fenologicznej, jak badania historyczne – w okresie 19–21 sierpnia.

Wskaźniki różnorodności gatunkowej badanych powierzchni obliczano za pomocą pakietu MVSP (Kovach Computing Services 2004). W analizach struktury biotycznej badanych zbiorowisk roślinnych stosowano wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera ( $H'$ ):

$$H' = -\sum (p_i \ln p_i)$$

gdzie:

$S$  – liczba gatunków w próbie,  
 $p_i$  – udział gatunku  $i$  w próbie.

Do analizy proporcji ilościowych pomiędzy składnikami fitocenoz użyto wskaźnika równomierności Shannona-Wienera ( $J'$ ):

$$J' = H' / \ln S$$

gdzie:

$H'$  – wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera,  
 $S$  – liczba gatunków w próbie.

W analizie statystycznej wyników wykorzystano pakiet Statistica v. 12 (StatSoft 2015). Normalność rozkładów zmiennych analizowano testem Shapiro-Wilka. Istotność różnic porównywano testem t Studenta lub testem U Manna-Whitneya.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Płaty *Empetro-Vaccinietum* w Karkonoszach zajmują miejsca bardzo eksponowane na wiatr, o płytkiej i zimą szybko zanikającej pokrywie śnieżnej (Matuszkiewicz, 2008). Występowanie zespołu jest ograniczone do rejonu kotłów polodowcowych we wschodniej

części pasma. Niewielkie i izolowane płaty borówczysk bażynowych występują w lukach pomiędzy zaroślami kosodrzewiny i na górnych powierzchniach żeber skalnych. W czasie wstępnego rozpoznania terenu nie stwierdzono obecności gatunków charakterystycznych w płatach zespołu występujących w strefie granicy lasu na polanie Złotówka i na morenie czołowej w Kotle Małego Stawu, dlatego pominięto je we właściwych badaniach. Płaty te są zaznaczone na mapie roślinności opracowanej obecnie na podstawie danych historycznych zebranych przez Władysława i Anielę Matuszkiewiczów (1974). Współcześnie opisane płaty borówczysk *de facto* nie odróżniają się od sąsiednich płatów zbiorowiska *Vaccinium myrtillus*, które jako *Festuco supinae-Vaccinietum myrtilli* Šmarda 1950 (Chytrý et al., 2010) są znane z czeskiej strony Karkonoszy. Kwestią otwartą pozostaje czy są to zdegradowane bardzo pod wpływem presji antropogenicznej borówczyska bażynowe, czy fitocenozy zbiorowiska *Vaccinium myrtillus*, które już wcześniej wykazywały odrębność wynikającą z innej sytuacji topograficznej. Problem wymaga jednak osobnych badań.

Zgodnie z opisanym we Wstępie podejściem prowadzenia badań dwiema metodami, w tabelach 1 i 2 podano wyniki dotyczące parametrów różnorodności gatunkowej, odpowiednio wszystkich powierzchni

**Tabela 1.** Porównanie wyników uzyskanych ze wszystkich powierzchni badawczych  
**Table 1.** Comparison of the results of the historical and current survey obtained from all plots

	Historyczne Historical 1959–1960	Współczesne Present 2015	$p$
Liczba gatunków na powierzchni ( $S$ ) Number of species ( $S$ )	16,75 ±0,80	10,88 ±0,49	<0,0001
Współczynnik różnorodności Shannona-Wienera ( $H'$ ) Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ )	2,14 ±0,05	1,77 ±0,05	<0,0001
Współczynnik równomierności Shannona-Wienera ( $J'$ ) Shannon-Wiener evenness index ( $J'$ )	0,76 ±0,01	0,75 ±0,01	0,619

Podano średnie i wartości błędu standardowego (±SE). Istotność różnic porównywano testem t Studenta. Mean values (±SE) were shown. The significance of the differences was tested using Student t test.

**Tabela 2.** Porównanie wyników uzyskanych tylko z powierzchni badawczych dokładnie zlokalizowanych

**Table 2.** Comparison of the results of the historical and current survey restricted to the precisely located plots

	Historyczne Historical 1959–1960	Współczesne Present 2015	<i>p</i>
Liczba gatunków na powierzchni ( <i>S</i> ) Number of species ( <i>S</i> )	15,13 ±0,91	9,21 ±0,50	0,0007
Współczynnik różnorodności Shannona-Wienera ( <i>H'</i> ) Shannon-Wiener diversity index ( <i>H'</i> )	2,08 ±0,08	1,61 ±0,06	0,0002
Współczynnik równomierności Shannona-Wienera ( <i>J'</i> ) Shannon-Wiener evenness index ( <i>J'</i> )	0,77 ±0,05	0,73 ±0,02	0,2056

Podano średnie i wartości błędu standardowego (±SE). Istotność różnic porównywano testem t Studenta, a w wypadku liczby gatunków na powierzchni – testem U Manna-Whitneya.

Mean values (±SE) were shown. The significance of the differences was tested using Student t test and U Mann-Whitney test in the case of number of species.

badawczych oraz powierzchni badawczych powiązanych z dokładnie zlokalizowanymi powierzchniami z badań historycznych. Wyniki te są bardzo podobne w obu wypadkach. W porównaniu z danymi historycznymi jest widoczne wyraźne zmniejszenie liczby gatunków i wartości współczynnika różnorodności Shannona-Wienera, natomiast bez zmian pozostaje współczynnik równomierności. W wynikach uzyskanych ze wszystkich powierzchni badawczych, w porównaniu z danymi historycznymi, jest widoczne, że liczba gatunków obniżyła się o 35,0%, natomiast wskaźnik różnorodności o 17,3%. Wartości charakteryzujące powierzchnie dokładnie zlokalizowane okazały się nieco wyższe i wyniosły odpowiednio: 39,1% i 22,6%. Widoczna jest zatem ta sama tendencja z niewielkim przesunięciem wartości uzyskanych w porównywanych metodach. Oczywiście można założyć, że w zbiorowiskach z powierzchniami historycznymi dającymi się lokalizować precyzyjnie, we współczesnych badaniach retrospektywnych można się ograniczyć do tych właśnie miejsc. Niebudząca wątpliwości lokalizacja powierzchni historycznych jest niemożliwa w wypadku większości zbiorowisk subalpejskich, a zwłaszcza tych pokrywających spłaszczenia wierzchowinowe Karkonoszy, ze względu na małą

zmienność wysokości hipsometrycznej i nachylenia stoku wraz z trudnymi do określenia ekspozycjami. W takich sytuacjach jedynym możliwym rozwiązaniem pozostaje zwielokrotnienie liczby powierzchni badawczych w stosunku do danych historycznych i ich losowa lokalizacja w obrębie badanych zbiorowisk. Nasze wyniki uzyskane w badaniach płatów borówczysk bażynowych przekonują o zasadności takiego podejścia metodycznego.

Porównanie, na podstawie pełnego zestawu danych, średniego pokrycia i częstości występowania głównych gatunków zespołu wskazuje, że niekorzystne zmiany dotyczą jego gatunków charakterystycznych. Odnotowano wyraźne zmniejszenie zarówno pokrycia, jak i częstości bażyny obupłciowej *Empetrum hermaphroditum* oraz mniejsze zmniejszenie częstości borówki halnej *Vaccinium gaultherioides* (tab. 3). Wyniki potwierdzają obserwacje z pierwszej połowy lat dziewięćdziesiątych XX wieku (Wojtuń i in., 1995; 1997; 1998). Można zatem przyjąć, że współcześnie najpoważniejszym zagrożeniem karkonoskich borówczysk bażynowych jest zanik ich gatunków charakterystycznych, co dotyczy szczególnie *Empetrum hermaphroditum*. Wspomniane zjawisko prowadzi do zacierania się odrębności tego zespołu w stosunku do występujących

**Tabela 3.** Porównanie średnich wartości pokrycia (skala Braun-Blanqueta) i częstości występowania głównych gatunków zbiorowiska

**Table 3.** Comparison of the mean cover values (Braun-Blanquet scale) and frequency of the main species of the community

Gatunki Species	Średnie pokrycie Mean cover		Częstość Frequency	
	historyczne historical 1959–1960	współczesne present 2015	historyczne historical 1959–1960	współczesne present 2015
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	0,94	0,44	1,00	0,38
<i>Vaccinium gaultherioides</i>	1,47	1,69	0,95	0,66
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2,35	2,56	1,00	1,00
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1,37	1,39	1,00	1,00
<i>Calluna vulgaris</i>	2,21	3,34	1,00	1,00
<i>Deschampsia flexuosa</i>	0,62	0,48	1,00	0,81

w sąsiedztwie płatów zbiorowiska borówki czarnej *Vaccinium myrtillus*.

Jak wspomniano wcześniej, karkonoskie borówczyska bażynowe są zbiorowiskiem, w którym okazało się możliwe zlokalizowanie na podstawie opisów parametrów topograficznych części historycznych powierzchni badawczych. Podobna sytuacja dotyczy części historycznych powierzchni wyznaczonych w traworoślach trzcinnika owłosionego i w alpejskich murawach halnych z udziałem kostrzewy niskiej *Festuca airoides*. Płaty tych zespołów występują na wyraźnie nachylonych stokach o zróżnicowanych wystawach. W wypadku rozległych płatów muraw bliźniczkowych i wrzosowisk subalpejskich pokrywających zrównania wierzchowinowe nie jest możliwa dokładna lokalizacja zdjęć historycznych (Wojtuń i Żołnierz, 2015). Przyjęto dla nich metodę polegającą na zwielokrotnieniu liczby powierzchni badawczych w stosunku do danych historycznych i ich losowym rozmieszczeniu w obrębie płatów. Przedstawione wyniki badań borówczysk bażynowych pozwalają oczekiwać, że obie metody dadzą miarodajny obraz przekształceń wysokogórskich zbiorowisk roślinnych Karkonoszy.

## PIŚMIENNICTWO

- Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M., Grulich, V., Lustyk, P. (Eds.). 2010. Katalog biotopu České republiky. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.
- Kovach Computing Services (2004). MVSP v3.131.
- Matuszkiewicz, W. (2008). Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa: Wyd. Nauk. PWN.
- Matuszkiewicz, W., Matuszkiewicz, A. (1969). Mapa zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego. Maszynopis, depon. KPN, Jelenia Góra.
- Matuszkiewicz, W., Matuszkiewicz, A. (1974): Mapa zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego. Ochr. Przyr., 40, 45–109.
- StatSoft Inc. (2015). Statistica (data analysis software system), version 12.
- Wojtuń, B., Fabiszewski, J., Matuła, J., Sobierajski, Z., Żołnierz, L. (1995). Współczesne przemiany wysokogórskich fitocenoz Karkonoszy. W: Z. Fischer (red.), Problemy ekologiczne wysokogórskiej części Karkonoszy (s. 213–246). Dziekanów Leśny: Ofic. Wyd. Inst. Ekol. PAN.
- Wojtuń, B., Żołnierz, L., Matuła, J. (1997). Procesy ekologiczne decydujące o przemianach wysokogórskich zbiorowisk roślinnych Karkonoszy. Ann. Silesiae, 27, 97–121.

- Wojtuń, B., Makarewicz, W., Matuła, J., Żołnierz, L., Kosatka, K. (1998). Współczesne przekształcenia florystyczne borówczysk bażynowych w Karkonoszach. W: „Geoekologiczne problemy Karkonoszy” – materiały z sesji naukowej w Przesiecu 15–18 października 1997 r. (s. 271–276). Poznań: Wyd. Akarus.
- Wojtuń, B., Żołnierz, L. (2002). Plan ochrony ekosystemów nieleśnych – inwentaryzacja zbiorowisk. W: Plan ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego. Maszynopis, Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej oddział w Brzegu [depon. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra].
- Wojtuń, B., Żołnierz, L. (2015). Badania retrospektywne przemian najcenniejszych subalpejskich i alpejskich zbiorowisk roślinnych Karkonoszy. Etap 2. Maszynopis [depon. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra].
- Żołnierz, L., Wojtuń, B., Matuła, J. (2001). Przemiany roślinności w zamierających borach świerkowych Karkonoszy i rozwój zbiorowisk roślinnych na powierzchniach wylesionych. Opera Corcont., 37, 420–426.

### **VERIFICATION OF ASSUMPTIONS OF RETROSPECTIVE STUDIES ON ALPINE TRANSFORMATION OF PLANT COMMUNITIES IN THE KARKONOSZE MTS. BASED ON THE EXAMPLE OF *EMPETRO-VACCINIETUM* BR.-BL. 1926 COMMUNITY**

#### **ABSTRACT**

The administration of the Karkonosze National Park possesses the documentation of the the Karkonosze Mts. plant communities' survey which was conducted at the turn of 1950s and 1960s. The authors conducted similar studies in the 90s within the higher mountain forest belt as well as in some plant communities of the sub- and alpine belt of the Karkonosze Mts. Currently, these studies have been resumed in order to cover retrospective analysis of vegetation changes in the following 20 years. In this paper we present some preliminary results of the survey carried out in the *Empetro-Vaccinietum* community. About 40% of historical plots were precisely located in the patches of that community. Comparative analysis of the data on the parameters of the species diversity based on all plots surveyed in 1959–1960 and in 2015 gave almost identical results as those obtained from the set of data restricted only to the plots precisely located. In comparison with historical data, current vegetation showed a significant decrease in the number of species per plot and the values of Shannon-Wiener index, but the evenness index has not changed.

**Keywords:** vegetation transformation, high mountain communities, retrospective survey