

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

---

PRACE GEOGRAFICZNE NR 174

BADANIA GEOEKOLOGICZNE  
W OTOCZENIU  
KASPROWEGO WIERCHU

WYDAWNICTWO  
*Continuo*

147. Kostrowicki A. S. (red.), *Studium geoekologiczne rejonu jezior wigierskich*, 1988, s. 134, 23 il.
148. Eberhardt P., *Regiony wyludniające się w Polsce*, 1989, s. 141, 10 map.
149. Szulc H., *Morfogenetyczne typy osiedli wiejskich na Pomorzu Zachodnim*, 1988, s. 138, 36 il., 3 mapy.
150. Leszczycki S., *Badania geograficzne nad osadnictwem w południowej Anatolii*, 1987, s. 113, 7 il., 45 fot.  
Kawecka-Endrukajtis B., Tuszyńska-Rękawek H., *Spis zawartości Prac Geograficznych 1 – 150 (1954 – 1987)*, s. 43.
151. Rykiel Z. (red.), *Struktury i procesy społeczno-demograficzne w regionie katowickim*, 1988, s. 148, 31 il.
152. Korcelli P., Gawryszewski A. (red.), *Współczesne przemiany regionalnych systemów osadniczych w Polsce*, 1989, s. 176, 35 il.
153. Bogacki M. (red.), *Współczesne przemiany rzeźby Polski południowo-wschodniej*, 1990, s. 145, 10 il.
154. Dziewoński K., *Koncepcje i metody badawcze z dziedziny osadnictwa*, 1990, s. 288.
155. Kotarba A. (red.), *System denudacyjny Polski*, 1991, s. 223, 83 il.
156. Kostrowicki A. S., *System „człowiek – środowisko” w świetle teorii ocen*, 1992, s. 115, 7 il.
157. Babiński Z., *Współczesne procesy korytowe dolnej Wisły*, 1992, s. 171, 62 il., 20 fot.
158. Matuszkiewicz J. M., *Krajobrazy roślinne i regiony geobotaniczne Polski*, 1992, s. 107, 24 il., 2 mapy.
159. Błażejczyk K., *Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego*, 1993, s. 123, 46 il.
160. Krawczyk B., *Typologia i ocena bioklimatu Polski na podstawie bilansu cieplnego ciała człowieka*, 1993, s. 96, 14 il.
161. Banach M., *Morfodynamika strefy brzegowej zbiornika Włocławek*, 1994, s. 176, 54 il., 35 fot.
162. Zgliński M., *Kształtowanie się strefy żywicielskiej aglomeracji warszawskiej*, 1994, s. 164, 50 il.
163. Szulc H., *Morfogeneza osiedli wiejskich w Polsce*, 1995, s. 112, 40 il., 1 mapa.
164. Głazik R., *Obieg wody w klimacie kontynentalnym na przykładzie północnej Mongolii*, 1995, s. 190, 65 il.
165. Dąbrowska-Zielińska K., *Szacowanie ewapotranspiracji, wilgotności gleb i masy zielonej łąk na podstawie zdjęć satelitarnych NOAA*, 1995, s. 82, 26 il.
166. Plit J., *Antropogeniczne i naturalne przeobrażenia krajobrazów roślinnych Mazowsza (od schyłku XVIII w. do 1990 r.)*, 1996, s. 135, 45 il.
167. Grzeszczak J., *Tendencje kontrurbanizacyjne w Europie Zachodniej*, 1996, s. 82, 5 il.
168. Bański J., *Przemiany rolniczego użytkowania ziemi w Polsce w latach 1975 – 1988*, 1997, s. 105, 45 il.
169. Gałązka A., *Sytuacja mieszkaniowa ludności aglomeracji warszawskiej w latach 1970 – 1988. Zróżnicowania przestrzenne i tendencje zmian*, 1998, s. 154, 26 il.
170. Rykiel Z., *Przemiany struktury społeczno-przestrzennej miasta polskiego a świadomość terytorialna jego mieszkańców*, 1999, s. 148, 15 il.
171. Taylor Z., *Przestrzenna dostępność miejsc zatrudnienia, kształcenia i usług a codzienna ruchliwość ludności wiejskiej*, 1999, s. 239, 71 il.
172. Bański J., *Obszary problemowe w rolnictwie Polski*, 1999, s. 128, 36 il.
173. Grzeszczak J., *Bieguny wzrostu a formy przestrzeni spolaryzowanej*, 1999, s. 91, 3 il.

**POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO**

**PRACE GEOGRAFICZNE NR 174**

**GEOGRAPHICAL STUDIES**

No. 174

**GEOECOLOGICAL RESEARCH  
IN THE KASPROWY WIERCH AREA**

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

---

PRACE GEOGRAFICZNE NR 174

# BADANIA GEOEKOLOGICZNE W OTOCZENIU KASPROWEGO WIERCHU

pod redakcją  
ADAMA KOTARBY i ANNY KOZŁOWSKIEJ

WYDAWNICTWO  
*Continuo*

WROCLAW 1999  
<http://rcin.org.pl>

KOMITET REDAKCYJNY

REDAKTOR: ROMAN SZCZĘSNY  
ZASTĘPCA REDAKTORA: JERZY GRZESZCZAK  
CZŁONKOWIE: ZYGMUNT BABIŃSKI, TERESA CZYŻ,  
ADAM KOTARBA, JAN ŁOBODA, JÓZEF SKOCZEK  
SEKRETARZ: EWA JANKOWSKA

Recenzent:  
JANUSZ BOGDAN FALIŃSKI

Tłumaczenie streszczeń: James Richards  
Redaktor Wydawnictwa: Jan Kuźma

© Copyright by Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN  
im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa 1999

PL ISSN 0373-6547  
ISSN 83-86682-43-4

WYDAWNICTWO  
*Continuo*

ul. Czackiego 46/1  
51-607 Wrocław  
tel. 0 601 77-47-33  
tel./fax (071) 34-390-18 w. 223

Łamanie wykonano w **I-BIS** Wrocław  
Wydrukowano we Wrocławskiej Drukarni Naukowej PAN im. S. Kulczyńskiego Spółka z o.o.

<http://rcin.org.pl>

## SPIS TREŚCI

Przedmowa – ADAM KOTARBA . . . . .	7
1. Badania geoekologiczne w otoczeniu Kasprowego Wierchu. Wprowadzenie – ANNA KOZŁOWSKA, ZOFIA RĄCZKOWSKA . . . . .	9
2. Rzeźba stoków w otoczeniu Kasprowego Wierchu – ZOFIA RĄCZKOWSKA . . . . .	17
3. Zróżnicowanie pokrywy glebowej pięter wysokogórskich w bezwęglanowych rejonach Tatr Polskich – MAREK DEGÓRSKI . . . . .	25
4. Problemy kartowania roślinności wysokogórskiej w skali szczegółowej (na przykładzie map roślinności Kotła Gąsienicowego i Goryczkowego Świńskiego) – ANNA KOZŁOWSKA . . . . .	37
5. Przystosowania a spektralna charakterystyka gatunków wysokogórskich: <i>Juncus trifidus</i> , <i>Luzula spadiccea</i> i <i>Calamagrostis villosa</i> . Oszacowanie możliwości zdalnej identyfikacji roślinności wysokogórskiej – ANNA JAKOMULSKA . . . . .	45
6. Struktura przestrzenna roślinności Kotłów Gąsienicowego i Goryczkowego Świńskiego – ANNA KOZŁOWSKA, ANNA JAKOMULSKA . . . . .	63
7. Pokrywa śnieżna a roślinność – ZOFIA RĄCZKOWSKA, ANNA KOZŁOWSKA . . . . .	81
8. Roślinność jako wskaźnik morfodynamiki stoku wysokogórskiego – ANNA KOZŁOWSKA, ZOFIA RĄCZKOWSKA, ANNA JAKOMULSKA . . . . .	91
9. Wpływ rzeźby i pokrycia terenu na warunki wietrzne w Tatrach Wysokich na przykładzie Hali Gąsienicowej – JAROSŁAW BARANOWSKI . . . . .	105
10. Środowisko wysokogórskie jako system wzajemnie powiązanych elementów – ANNA KOZŁOWSKA, ZOFIA RĄCZKOWSKA . . . . .	121





## PRZEDMOWA

Warunki ekologiczne powyżej górnej granicy lasu są bardzo zróżnicowane przestrzennie. Stwierdzenie to dotyczy każdego z wysokich gór, a więc i Tatr. W piętrze alpejskim nie ma jednolitego klimatu i szaty roślinnej. Na niewielkiej przestrzeni występują mozaiki różnorodnych warunków geomorfologicznych, mezo- i mikroklimatycznych oraz zbiorowisk roślinnych. Do najważniejszych elementów warunkujących geokoróżnorodność zalicza się zmienne usłonecznienie, termikę gruntu, długość zalegania śniegu i opady atmosferyczne. Każdy masyw górski ma w tym zakresie swój niepowtarzalny charakter. Dlatego nie można przenosić wiedzy o środowisku przyrodniczym piętra alpejskiego z Alp na Tatry. Ekosystemy piętra alpejskiego pozostają w równowadze dynamicznej, a rośliny najczęściej żyją na granicy swoich możliwości. Dlatego badania ekosystemów i geosystemów wysokogórskich są szczególnie ważne z punktu widzenia wiekowych i krótkoterminowych tendencji zmian środowiska naturalnego. Między innymi bardzo dzisiaj aktualne badania zmian globalnych związanych ze zmianami klimatu znajdują swoją bezpośrednią realizację w pomiarach szerokości przyrostów rocznych drzew na górnej granicy lasu. Natomiast udział antropopresji w kształtowaniu regionalnego zróżnicowania szaty roślinnej gór jest bardzo słabo poznany i trudny do określenia. Liczne przykłady z terenu Alp pokazują, że delikatna przyroda ożywiona i nieożywiona ponad górną granicą lasu w przypadku ingerencji ludzkiej ulega szybkiej i niejednokrotnie nieodwracalnej degradacji. Problem ten istnieje również w Tatrzańskim Parku Narodowym, a w szczególności na Kasprowym Wierchu. Autorzy niniejszego tomu podjęli trud pokazania, jak złożona, drobno-mozaikowa struktura środowiska biotycznego zależy i współdziała ze środowiskiem abiotycznym. W znacznym stopniu są to opracowania metodyczne, a równocześnie zawierające inwentaryzację obecnego stanu środowiska przyrodniczego otoczenia Kasprowego Wierchu – obszaru poddanego najsilniejszej antropopresji w obrębie Tatrzańskiego Parku Narodowego. Niewątpliwą zaletą tych badań jest podejście interdyscyplinarne polegające na ścisłej współpracy w terenie specjalistów z zakresu botaniki i geografii roślin, geomorfologii, gleboznawstwa i klimatologii. Przedstawione w niniejszym tomie szczegółowe rozpoznanie stanu środowiska tatrzańskiego, wnikające w istotę powiązań między rzeźbą, charakterem gleb i ogólnie pojętym klimatem a strukturą roślinności Kotłów Gąsienicowego i Goryczkowego Świńskiego, ma swoją wymierną wartość zarówno poznawczą, jak i aplikacyjną. Z takim przekonaniem oddajemy ten tom w ręce Czytelników.

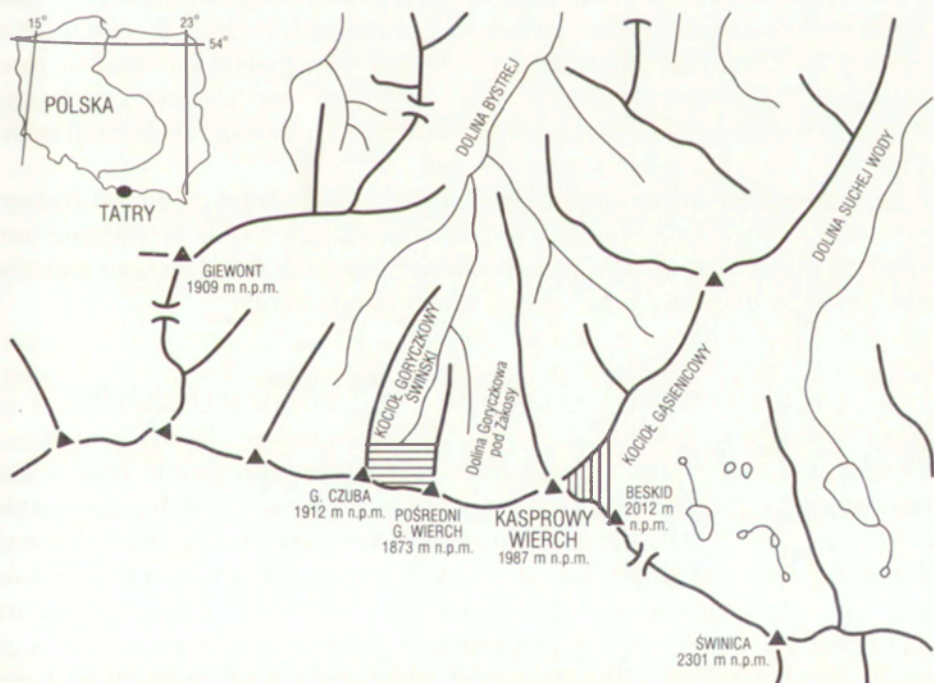


ANNA KOZŁOWSKA, ZOFIA RĄCZKOWSKA

## 1. BADANIA GEOEKOLOGICZNE W OTOCZENIU KASPROWEGO WIERCHU. WPROWADZENIE

### 1. 1. WSTĘP

Zgromadzone w niniejszym tomie prace połączone są dwoma elementami:  
– zajmują się wybranymi problemami środowiska przyrodniczego w obszarze wysokogórskim, przy czym główną rolę odgrywa roślinność i jej związki z komponentami abiotycznymi,  
– skoncentrowane są w rejonie Kasprowego Wierchu, szczególnie dotyczą Hali Gąsienicowej (zwłaszcza Kotła Gąsienicowego) oraz Kotła Goryczkowego Świńskiego (ryc. 1).



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań. Szrafem zaznaczono obszar objęty szczegółowym kartowaniem geobotanicznym i geomorfologicznym

Location of study area. Area with detailed geomorphological and geobotanical mapping marked by hatchure

W badaniach prowadzonych przez interdyscyplinarny zespół postawiono następujące cele:

- diagnozę aktualnego stanu środowiska geograficznego wybranych obiektów na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego reprezentujących środowisko naturalne i poddane różnym formom antropopresji,
- poszukiwanie wzajemnych zależności pomiędzy różnymi komponentami środowiska przyrodniczego w wysokich górach,
- znalezienie wskaźnikowych cech poszczególnych komponentów środowiska geograficznego wyróżnionych w wyniku analizy powiązań pomiędzy tymi elementami.

Materiały będące podstawą zawartych w tym tomie prac, w większości (oprócz prac A. Jakomulskiej i J. Baranowskiego), zebrane zostały w ramach grantu pt. *Przemiany środowiska przyrodniczego otoczenia Kasprowego Wierchu pod wpływem czynników naturalnych i użytkowania turystycznego*, finansowanego w latach 1993–1996 przez KBN. Ostateczne opracowanie materiałów grantowych, zwłaszcza przygotowanie numerycznej wersji map, odbyło się już po zakończeniu finansowania prac przez KBN. Praca A. Jakomulskiej została wykonana w latach 1996–1999 w nawiązaniu do wyników badań prowadzonych w ramach grantu, podobnie jak lokalizacja punktów pomiarowych w badaniach klimatycznych J. Baranowskiego.

W niniejszym tomie prezentowane są opracowania dotyczące rzeźby i roślinności badanych obszarów oraz związków roślinności z rzeźbą. W powiązaniu z rzeźbą i roślinnością analizowana była pokrywa glebowa i śnieżna oraz warunki wietrzne. Rozpatrywano także problemy metodyczne kartowania roślinności wysokogórskiej w skali szczegółowej i zastosowań teledetekcji opartej na fizjologicznych właściwościach roślin.

Ze względu na różnorodność problematyki i stosowanych metod badawczych każdy z rozdziałów posiada własne wprowadzenie oraz omówienie metodyki. W niniejszym wstępie prezentowane są jedynie te założenia i metody, które wpłynęły decydująco na kształt całości opracowania.

## 1.2. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA I METODY BADAWCZE

Punktem wyjścia prezentowanych tu badań jest pojmowanie środowiska przyrodniczego jako systemu, którego komponenty są ze sobą wzajemnie powiązane i wpływają na siebie. Przewodnią rolę w środowisku przyrodniczym odgrywa podłoże skalne wraz z rzeźbą powierzchni. Rola ta jest szczególnie silnie wyrażona w środowisku wysokogórskim. Dlatego też rzeźba powierzchni i modyfikujące ją procesy są przedmiotem opracowania rozpoczynającego niniejszy tom. Rzeźba warunkuje rozwój wielu podporządkowanych jej komponentów środowiska przyrodniczego. Spośród nich w niniejszym opracowaniu analizowane są gleby, pokrywa śnieżna, warunki wietrzne oraz roślinność, jako elementy odgrywające istotną rolę w środowisku wysokogórskim. Rów-

nocześnie autorzy niniejszego tomu mają świadomość braku omówienia stosunków wodnych i niepełnego omówienia warunków klimatycznych.

Wzajemne powiązania między komponentami środowiska powodują modyfikację jednych poprzez drugie, stąd też przedmiotem szczególnego zainteresowania w kolejnych pracach, prezentowanych w tym tomie, są wzajemne związki między roślinnością a pokrywą śnieżną oraz roślinnością i rzeźbą. Rozpatrywana jest także modyfikująca rola roślinności w stosunku do wiatrów.

Roślinność – komponent najbardziej zmienny i najbardziej uwarunkowany przez pozostałe komponenty, a także rzeźba – komponent najbardziej stały, przyjęte zostały jako ramy do kompleksowych badań środowiska przyrodniczego. Inne rozpatrywane elementy (gleba; pokrywa śnieżna, a zwłaszcza jej zaleganie oraz tempo zanikania; warunki wietrzne) zależą od rzeźby i są modyfikowane przez roślinność.

Ta szczególna rola roślinności, znajdująca wyraz w niniejszym tomie, obrazuje jej szczególne miejsce i funkcję w środowisku przyrodniczym. Roślinność jest uwarunkowana przez wszystkie geokomponenty (Richling, Solon 1996) i jej stan stanowi wypadkową działania wszystkich procesów zachodzących w środowisku, stąd też jej rola wskaźnikowa dla stanu środowiska abiotycznego (Kostrowicki, Wójcik 1972; Matuszkiewicz 1974; Rączkowska, Kozłowska 1994; Kozłowska, Rączkowska 1996).

Wskaźnikowa rola roślinności znalazła już od dawna szerokie zastosowanie w ocenie takich abiotycznych parametrów komponentów środowiska, które wpływają bezpośrednio na warunki życia roślin (np. kwasowość i wilgotność gleby, stosunki świetlne, długość zalegania pokrywy śnieżnej itp.). Wyrazem tego są np. listy gatunków wskaźnikowych (dla obszaru Polski – Zarzycki 1984). Badanie roślinności jest też doskonałym sposobem oceny różnych form antropopresji. Taka rola roślinności jest rozważana w niniejszym opracowaniu w powiązaniu z długością zalegania pokrywy śnieżnej i antropogenicznymi przekształceniami środowiska przyrodniczego otoczenia Kasprowego Wierchu.

Możliwość stosowania wskaźników roślinnych w stosunku do tych komponentów, które nie oddziałują bezpośrednio na roślinność, ale głównie za pośrednictwem innych, pozostaje wciąż problemem metodycznym. Dotyczy to przede wszystkim rzeźby terenu. Stąd też w niniejszym tomie szczególne miejsce zajmuje kontynuacja dotychczasowych prób sprecyzowania charakteru związków roślinności z rzeźbą (Kozłowska, Rączkowska 1996) i poszukiwania roślinnych wskaźników procesów geomorfologicznych (Rączkowska, Kozłowska 1994).

Ogólny schemat zależności między geokomponentami jest znany, a przedstawianie ich w podręcznikach geoeologii, jak np. przez A. Richlinga i J. Solona (1996), należy do przyjętych już zasad konstruowania takich podręczników. Związki pomiędzy poszczególnymi komponentami środowiska przyrodniczego przedstawiane na schemacie są proste, w rzeczywistości obraz ten przedstawia się w sposób znacznie bardziej skomplikowany. Zwłaszcza trudne jest przedstawienie tych związków przy pomocy liczb lub nawet tylko wartości

zwaloryzowanych. Oprócz posiadania stosunkowo dokładnych danych charakteryzujących poszczególne geokomponenty, wymaga to także odpowiedniego podejścia metodycznego, stąd też wiele miejsca zajęły w niniejszym opracowaniu takie prace, które rozwiązując szczegółowe problemy badawcze przyniosły szereg rezultatów o charakterze ogólnym.

W analizie aktualnego stanu badanych komponentów środowiska przyrodniczego otoczenia Kasprowego Wierchu stosowane były metody dwojakiego typu:

- odnoszące się do powierzchni metody kartograficzne,
- odnoszące się do punktów pomiarowych metody analityczne.

Podstawowym problemem, przed którym stanęli współpracujący ze sobą autorzy niniejszego tomu przy rozpoczynaniu badań, było takie ich ustawienie, aby możliwe było w przyszłości rozszerzanie ich o kolejne aspekty lub geokomponenty. Autorzy biorący udział w tym opracowaniu przyjęli model programu badawczego otwartego „w górę”. Każdy etap prac tworzy zamkniętą całość, a kolejne dołączające się badania bazują na koncepcjach i wynikach otrzymanych wcześniej. Aby wymóg ten mógł być spełniony, potrzeba jednak takiego zebrania materiałów wyjściowych, aby:

- obejmowały obszar stanowiący strukturalno-funkcjonalną całość,
- były przy tym dostatecznie szczegółowe i umożliwiały precyzyjną identyfikację badanego komponentu,
- nadawały się do generalizacji typologicznej i przestrzennej.

Przy tak ukierunkowanych badaniach ujawnił się specyficzny charakter środowiska wysokogórskiego. Były one prowadzone na niewielkim powierzchniowo oraz jednorodnym pod względem budowy geologicznej obszarze. Główną przyczyną zróżnicowania niemal każdego z komponentów środowiska przyrodniczego oraz zależności między nimi była piętrowość klimatyczno-roślinna. Powodowało to duże zróżnicowanie przestrzenne układów przyrodniczych oraz konieczność uwzględniania zmienności wysokościowej poszczególnych komponentów.

Aby można było przedstawić specyficzną cechę środowiska wysokogórskiego, jaką jest jego drobnomozaikowata struktura, potrzebne były bardzo szczegółowe mapy rzeźby i roślinności w skali 1:3000. Stanowiły one podstawę dalszych opracowań. Ta nie stosowana dotychczas w kartografii geobotanicznej obszarów wysokogórskich szczegółowa skala spowodowała z kolei konieczność poszukiwania nowych rozwiązań metodycznych w celu przeanalizowania przestrzennej struktury występującej tam roślinności. Podjęta została próba połączenia metod z zakresu fizjologii roślin z metodami teledetekcyjnymi, aby można je było stosować do celów identyfikacji i delimitacji zbiorowisk roślinnych.

### 1.3. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

Rozpoczęcie badań w ramach grantu, mającego do rozwiązania określone problemy, determinowało wybór obszaru badań. Szczegółowymi badaniami

objęto dwa obszary porównywalne pod względem czynników fizycznogeograficznych, a różniące się stopniem antropopresji. Były to:

– Kocioł Gąsienicowy (Kocioł Kasprowy na mapie topograficznej w *Atlasie TPN*, 1985) – jako miejsce o silnym wpływie turystyki letniej i zimowej (fot. 1 i 2),

– Kocioł Goryczkowy Świński – zamknięty dla turystyki (fot. 3).

Badaniami objęto najwyższe części kotłów leżące na wysokości od 1820 do 1970 m n.p.m. w Kotle Gąsienicowym i pomiędzy 1640–1890 m n.p.m. w Kotle Świńskim Goryczkowym. Obszar badań znajduje się w obrębie fałdu Giewontu, w wyspie krystalicznej Goryczkowej (*Mapa...* 1958, 1978). W podłożu występują granodioryty i granity, z nielicznymi żyłami skał metamorficznych, głównie łupków biotytowych i amfibolitów, a także gnejsów. W wyniku ich wietrzenia powstały grubookruchowe pokrywy na stokach, prawie zupełnie pozbawione domieszki drobnego materiału, z pustymi przestrzeniami pomiędzy głazami. Rzeźba terenu jest mało urozmaicona, stoki są słabo rozczłonkowane przez płytkie rynny spływów gruzowych. Większość z nich to dojrzałe stoki okryte pokrywą zwietrzelinową. Szczegółowa analiza rzeźby i jej współczesnej dynamiki jest przedmiotem rozważań w oddzielnym artykule w tym tomie (s. 17-24).

Badany obszar leży w obrębie pięter klimatyczno-roślinnych: subalpejskiego i alpejskiego. Granica między nimi przebiega na wysokości 1800 m n.p.m., wahając się w granicach  $\pm 200$  m w zależności od ekspozycji stoku. Roślinność zonalna piętra subalpejskiego – zarośla kosodrzewiny – została silnie przekształcona na skutek wielowiekowego wypasu owiec i upodobniła się fizjonomicznie do murawowej roślinności piętra alpejskiego.

Rejon Kasprowego Wierchu jest od dawna jednym z miejsc o najbardziej nasilonym ruchu turystycznym w wysokogórskiej części Tatrzańskiego Parku Narodowego. Ruch ten jest skoncentrowany latem na samym Kasprowym Wierchu, zimą zaś w Kotle Gąsienicowym i Goryczkowym pod Zakosy (SkaWiński 1993; Czochoński, Szydarowski 1996). Nie pozostaje to bez wpływu na przyrodę tej części parku narodowego. Wpływ ten jest zróżnicowany w zależności od udostępnienia turystycznego danego obszaru. Sama kopuła Kasprowego Wierchu, Beskid i Kocioł Gąsienicowy, a także Goryczkowy pod Zakosy są narażone na silną penetrację przez turystów (przechodzą nimi bardzo uczęszczane ścieżki turystyczne i narciarskie szlaki zjazdowe, funkcjonuje kolej linowa i wyciągi krzesełkowe oraz bar gastronomiczny). Położony dalej na zachód Kocioł Goryczkowy Świński zamknięty jest dla ruchu turystycznego. Jedyne ścieżka turystyczna prowadzi granią graniczną. To różny nasilenie antropopresji w obszarach porównywalnych pod względem budowy geologicznej, rodzaju pokryw stokowych, typu stoku, położenia w piętrze wysokościowym i występującej tam roślinności daje możliwość uchwycenia oddziaływań antropogenicznych na przyrodę w tym rejonie TPN.

# GEOECOLOGICAL RESEARCH IN THE KASPROWY WIERCH AREA. INTRODUCTION

## Summary

The studies brought together in this volume are linked in relation to two elements:

- they are concerned with selected aspects of the natural environment in a high-mountain area, albeit one in which a major role is played by the vegetation and its interactions with abiotic components,

- they are concentrated in the Kasprowy Wierch area, and are particularly concerned with Hala Gąsienicowa (especially Kocioł Gąsienicowy) and Kocioł Goryczkowy Świński.

The following were the aims of the research, which was conducted by an interdisciplinary team of researchers:

- to diagnose the current state of the geographical environment of selected objects in the Tatrzński National Park that are representative of the natural environment but subject to different forms of anthropopressure,

- to seek out the interrelationships between different components of the natural environment in high mountains,

- to find features indicative of different components of the geographical environment.

The high-mountain environment is conceptualised as a system whose components are mutually interlinked and interactive. Within it, a leading role is that played by the bedrock and relief. This is the subject of the study with which the volume commences. Relief conditions the development of the many components of the natural environment that are subordinated to it. To be found among them, as far as analyses in the present set of studies are concerned, are soils, snow cover, wind conditions and vegetation, all elements playing an important role in high mountains. At the same time, the authors of the present volume are aware that discussion of water relations is absent, while climatic conditions are not given full treatment.

The interlinkage between components of the environment leads one to modify another, with the result that successive studies lay stress on the links between vegetation and snow cover and vegetation and relief. The modifying role of vegetation in relation to winds is also looked at.

The framework for the comprehensive study of the natural environment was established by, on the one hand, the vegetation – the most variable component, and the one most conditioned by the others; and on the other by relief, which is the most constant component. The other elements taken into consideration (soil, snow cover – especially its duration and rate of retreat, and wind conditions) are dependent on relief and are modified by vegetation.

This particular role of vegetation, which finds expression in the present volume, depicts its special place in the natural environment. The indicative role of vegetation is treated in this study as it relates to the persistence of snow cover and the anthropogenic transformation of the natural environment in the Kasprowy Wierch area.

There remains a methodological problem regarding opportunities for plant-related indices to be used in regard to those components not impacting on the vegetation directly, but mainly via the intermediation of other components. This is above all true of relief. For this reason, the present volume affords special treatment to the continuation of attempts begun previously to define more precisely the nature of the vegetation-relief linkage and to search for vegetational indicators of geomorphological processes.

The overall schematic representation of the relationship between geocomponents is known, while their presentation in geoecology handbooks is one of the already-accepted principles underpinning the compilation of such handbooks. The links between the different components of the natural environment presented in the scheme are simple, while in reality the picture is much more complicated. Particularly difficult is the presentation of these links with the aid of numbers or even nothing more than assigned values. Besides the possession of relatively precise data characterising the different geocomponents, this also requires an appropriate methodological approach – a fact which explains the considerable amount of space devoted in this volume



to researchers whose efforts to resolve the complex problems have yielded a series of results of a general nature.

Two types of method were used in analysing the current state of the studied environmental components in the Kasprowy Wierch area:

- those relating to cartography,
- those relating to analysis at measurement points.

The basic problem facing the authors cooperating on this volume as they undertook their research was to arrange things in such a way that expansion to include further aspects or geocomponents might be possible in the future. The authors participating in the work adopted a model for a programme of research that was open "on top". Each stage of the work creates an entity in itself, while further stages augmenting the research are based on the concepts and results obtained previously. However, for this requirement to be met, there was also a need to gather input materials in such a way that:

- an area constituting a structural and functional whole was encompassed,
- there was a sufficiently detailed and precise identification of the studied component,
- typological and spatial generalisation was possible.

Revealing itself in research directed in this way was the specific nature of the high-mountain environment. The research concerned an area that was not too big and that was uniform from the point of view of geological structure. In this situation, the climatic and vegetational zonation with altitude was the main factor underpinning differences in almost every component of the environment, as well as the relationships between components. This gives rise to major spatial differentiation of natural systems, as well as to a need to take account of the altitudinal variability to the different components.

Very detailed 1:3000 relief and vegetational maps were needed if the specific feature of the high-mountain environment constituted by its small-scale mosaic-like structure was to be presented. These were thus the subject of further studies, and the highly-detailed scale – one hardly ever used previously in the geobotanical cartography of mountain areas – made it necessary to seek out new methodological solutions so that the spatial structure of high-mountain vegetation might be analysed. An attempt was made to link methods from plant physiology with those of teledetection, such that plant communities might be identified and delimited.

The research was done in a high-mountain area of the Tatra Mountains characterised by alpine-type relief, a granite bedrock and a location within the subalpine and alpine altitudinal zones of climate and vegetation. The in-depth research in turn encompassed two areas that were comparable in terms of physico-geographic factors, but differing as regards the level of anthropopressure. These were:

- Kocioł Gąsienicowy, as an area in which summer and winter tourism exert a strong influence,
- Kocioł Goryczkowy Świński, as an area closed to tourists.

It was the highest parts of these areas (respectively at between 1820 and 1970 m a.s.l. and between 1640 and 1890 m a.s.l.) that were studied.

## LITERATURA

- Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego* (red. K. Trafas), 1985, Tatrzański Park Narodowy i Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Zakopane – Kraków.
- Czochański J., Szydarowski W., 1996, *Turystyka piesza i jej wpływ na środowisko przyrodnicze Tatrzańskiego Parku Narodowego*, [w:] Z. Krzan (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek*, t. 3. *Wpływ człowieka*, s. 43–45, Kraków – Zakopane.
- Kostrowicki A.S., Wójcik Z., 1972, *Podstawy teoretyczne i metodyczne oceny warunków przyrodniczych przy pomocy wskaźników roślinnych*, [w:] *Metody oceny warunków przyrodniczych produkcji rolniczej*, Biul. KPZK PAN, 71, s. 3–63.

- Kozłowska A. B., Rączkowska Z., 1996, *The spatial relations of relief and vegetation*, *Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica*, 30, s. 117–128.
- Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10 000*, ark. *Czerwone Wierchy*, 1958, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Mapa geologiczna Tatr Polskich 1 : 10 000*, ark. *Kościelec*, 1978, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Matuszkiewicz W., 1974, *Teoretyczno-metodyczne podstawy badań roślinności jako elementu krajobrazu i użytkowania rekreacyjnego*, *Wiad. Ekol.*, 20, 1, s. 3–13.
- Rączkowska Z., Kozłowska A. B., 1994, *Geobotaniczne wskaźniki denudacji stoków wysokogórskich*, [w:] L. Starkel, P. Prokop (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Karpat*, Conference Papers, 20, s. 75–84, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Richling A., Solon J., 1996, *Ekologia krajobrazu*, PWN, Warszawa.
- Skawiński P., 1993, *Oddziaływanie człowieka na przyrodę kopuły Kasprowego Wierchu oraz Doliny Goryczkowej w Tatrach*, [w:] W. Cichocki (red.), *Ochrona Tatr w obliczu zagrożeń*, Wyd. Muzeum Tatrzańskiego, s. 197–226, Zakopane.
- Zarzycki K., 1984, *Ekologiczne liczby roślin wskaźnikowych Polski*, Instytut Botaniki PAN, Kraków.

Adresy autorów:

Anna Kozłowska – Zakład Geoekologii IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, e-mail: a.kozl@twarda.pan.pl

Zofia Rączkowska – Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn IGiPZ PAN, ul. św. Jana 22, 31-018 Kraków, e-mail: raczk@zg.pan.kraków.pl



Fot. 1. Kocioł Gąsienicowy – stoki Beskidu o ekspozycji północnej z widocznymi niszami erozyjnymi (Z. Rączkowska)

Kocioł Gąsienicowy area – north-facing slopes of the Beskid summit with erosional niches visible (Z. Rączkowska)



Fot. 2. Kocioł Gąsienicowy – stoki Kasprowego Wierchu o ekspozycji wschodniej i południowo-wschodniej z niszami i rynnami erozyjnymi oraz polami blokowisk skalnych (Z. Rączkowska)

Kocioł Gąsienicowy area – east and south-east facing slopes of Kasprowy Wierch summit with erosional niches and gullies and blockfields (Z. Rączkowska)



Fot. 3. Kocioł Goryczkowy Świński – widok ogólny (A. Kozłowska)  
Kocioł Goryczkowy Świński area – general view (A. Kozłowska)

ZOFIA RĄCZKOWSKA

## 2. RZEŻBA STOKÓW W OTOCZENIU KASPROWEGO WIERCHU

### 2.1. WPROWADZENIE

Rzeźba jest tym elementem środowiska, do którego, oprócz budowy geologicznej, dopasowują się pozostałe, dlatego też celem niniejszego opracowania jest przedstawienie morfostatycznej i morfodynamicznej charakterystyki stoków w otoczeniu Kasprowego Wierchu w obszarach wybranych do badań nad przemianami środowiska przyrodniczego Tatr Wysokich. Są to: Kocioł Gąsienicowy, leżący na wschodnim zboczu Kasprowego Wierchu, oraz Kocioł Świński Goryczkowy, leżący pomiędzy Pośrednim Goryczkowym Wierchem (1873 m n.p.m.) a Goryczkową Czubą (1912 m n.p.m.). Stoki występujące w tych kotłach są typowymi stokami dojrzałymi spotykanymi w Tatrach.

Obszary te zostały wybrane jako reprezentatywne do badania związków rzeźby i roślinności, a także wpływu człowieka na przemiany środowiska naturalnego Tatr.

Podstawą analizy rzeźby są mapy powierzchni morfodynamicznych załączone do niniejszego artykułu (mapa 1 i 2). Mapy powierzchni morfodynamicznych zostały wykonane na podstawie map geomorfologicznych, będących wynikiem kartowania terenowego w skali 1:1000 wykonanego dla obu kotłów w latach 1994 – 1996.

Przy wydzieleniu powierzchni morfodynamicznych jako podstawowe kryterium stosowano proces morfogenetyczny odgrywający główną rolę w modelowaniu danego fragmentu stoku. Rodzaj procesu określano jakościowo na podstawie mikrorzeźby powierzchni stoku, a także stopnia świeżości poszczególnych form i ich stosunku względem siebie. Pomarszczona powierzchnia stoku wskazywała na przykład, że jest on modelowany przez spęływanie. Z kolei jednoznacznie o modelowaniu stoku przez soliflukcję świadczyła obecność terasetek. Soliflukcja odgrywa także główną rolę w modelowaniu tych fragmentów stoków, które stosunkowo wcześniej pozbawione są pokrywy śnieżnej lub stoków poniżej płatów śnieżnych. Ocena jakościowa oparta była również na opisie podobnych procesów i form zawartych w dotychczasowej literaturze geomorfologicznej z obszaru Tatr (Jahn 1958, 1975, 1979; Kaszowski i in. 1988; Kotarba 1976; Kotarba i in. 1987; Midriak 1972).

Rzeźba obu analizowanych obszarów jest podobna i mało urozmaicona.

Dlatego wydaje się, że nie została wykorzystana dokładność podkładów fotogrametrycznych. Wskazuje na to obecność stosunkowo dużych powierzchni o tej samej sygnaturze. Lecz nanoszenie każdego nabrzmienia czy każdej terasetki nie wnosiłoby nic nowego i istotnego do treści mapy. Natomiast dokładna skala umożliwiła skartowanie wszelkich elementów liniowych i nawet najdrobniejszych aktywnych form, pozwoliła także przedstawić zróżnicowanie intensywności modelowania stoków na mapach geomorfologicznych.

Każdej powierzchni przypisano dodatkowo walor intensywności modelowania oceniany jakościowo w skali od I do IV, tzn. od stoków stosunkowo intensywnie przekształcanych do stoków stabilnych.

## 2.2. KOCIOŁ GAŚIENICOWY

Kocioł Gąsienicowy stanowi górną część Doliny Suchej, która jest lewostronną doliną boczną zawieszoną nad doliną Suchej Wody. Według M. Klimaszewskiego (1988) Dolina Sucha jest górną częścią niszy źródłowej, która nie była przeobrażona glacialnie, lecz w okresie plejstocenu była intensywnie przekształcana przez procesy peryglacialne, głównie wietrzenie fizyczne. Wynikiem tego jest obecność pól gruzowych (blokowisk) na stokach Kasprowego Wierchu i Uhrocia Kasprowego. Kocioł Gąsienicowy otwarty jest w kierunku wschodnim.

Badany obszar znajduje się w najwyższej części kotła, pomiędzy 1820 m n.p.m. (dno kotła) a 1970 m n.p.m. (trawers ścieżki turystycznej od kolejki w stronę Suchej Przełęczy) i położony jest w całości w piętrze alpejskim. Rzeźba Kotła Gąsienicowego jest jednorodna, monotonna. Zasadniczo występują tutaj stoki dojrzałe o wyrównanym profilu podłużnym i prawie stałym nachyleniu wynoszącym od 20 do 30°. Stoki okryte są pokrywą zwietrzelinową. W jej składzie granulometrycznym przeważają głązy skalne o średnicy kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów. Zawartość drobniejszych frakcji jest zróżnicowana, od takich fragmentów stoku, gdzie na powierzchni występują pokrywy blokowe (blokowiska), aż do takich fragmentów, gdzie głązy skalne są zatopione w drobnej zwietrzelinie. W składzie mechanicznym substratu glebowego przeważa gruz o średnicy 2–20 mm oraz żwir o średnicy 1–2 mm, które razem stanowią od 40 do 60%. Wśród części ziemistych piasek stanowi 70–80%, reszta to pył i części spławialne (M. Degórski, w tym tomie s. 25–36).

Stoki Kotła Gąsienicowego modelowane są przez różnego typu procesy, które działają z różną intensywnością. Ich przestrzenny obraz przedstawia mapa powierzchni morfodynamicznych (mapa 1). Widoczna jest różnica pomiędzy północnymi stokami Beskidu aż po Suchą Przełęcz oraz wschodnimi i południowo-wschodnimi stokami Kasprowego Wierchu i jego ramienia w stronę Uhrocia Kasprowego.

Stoki Beskidu są bardziej aktywne niż stoki Kasprowego Wierchu. Były one modelowane zarówno w przeszłości, jak i obecnie przez sływy gruzowo-

-błotne przemieszczające materiał niemal od grzbietu aż do dna kotła. Tam z materiału dostarczanego przez spływy uformowana została równina napływowa. O tego typu modelowaniu świadczy obecność licznych generacji wałów, rynien i języków spływów gruzowych. Jedyne niektóre z nich są formami świeżymi. Formy takie nie są porośnięte przez roślinność, a budujące je okruchy skalne pozbawione są plech porostów. Większość rynien i wałów spływów jest całkowicie lub częściowo utrwalona przez roślinność. Przewaga starych, reliktowych form świadczy, że te fragmenty stoku były także w przeszłości przekształcane przez podobny rodzaj procesów, a częstotliwość tych zdarzeń musiała być zdecydowanie większa. Jak dowodzą badania A. Kotarby (1992), między innymi na znajdującym się w pobliżu stoku Skrajnej Turni nad Zielonym Stawem, w okresie małej epoki lodowej w Tatrach wystąpiła silna aluwacja stoków. Prawdopodobnie zatem powstanie tych form, także na stokach Beskidu, można wiązać z okresem małej epoki lodowej. Występowanie spływów gruzowych jest również uwarunkowane przez litologię. W tym miejscu bowiem, w podłożu, występują strefy mniej odpornych na wietrzenie amfibolitów i łupków krystalicznych (*Mapa...1978*). W wyniku ich wietrzenia powstaje także drobniejsza frakcja, co ułatwia uruchomienie oraz transport materiału. Większy udział frakcji drobniejszych w składzie pokryw zwietrzelinowych może także być wynikiem bardziej intensywnego wietrzenia na stoku o ekspozycji północnej.

Najczęściej bezpośrednio nad rynnami spływów gruzowych znajdują się nisze erozyjne, rozwijające się w wyniku działania procesów kriogenicznych i niwacji zimą oraz procesów spłukiwania i erozji liniowej latem. Są to formy aktywne. Na mapie powierzchni morfodynamicznych (mapa 1) najbardziej intensywnie przekształcane części tych form objęte są znakami legendy 1 i 2. Wielkość nisz erozyjnych jest różna, mają od kilku do kilkunastu metrów średnicy, a wysokość krawędzi najczęściej nie przekracza 0,5 metra. Asymetryczna rynna erozyjna schodząca spod Suchej Przełęczki jest najgłębsza (do 2 metrów). Nawiązuje swym przebiegiem do wychodni mało odpornych mylonitów i brekcji.

Współczesne procesy erozji są na tyle mało intensywne, że dochodzi do utrwalania nisz erozyjnych, a także rynien i wałów spływów gruzowych przez roślinność. W zależności od stopnia utrwalenia form aktywnych przez roślinność zaznaczono to na mapie znakami legendy numer 3 i 4. Tendencję do stabilizacji stoków obserwuje się zwłaszcza w ostatnim okresie po wyprowadzeniu pasterstwa z Tatr, także w innych ich częściach, szczególnie w Tatrach Zachodnich, np. w masywie Czerwonych Wierchów (Jahn 1979; Skawiński 1993). Ponowna sukcesja roślinności zarejestrowana została także przez zespół dr. W. Borowca z AGH w Krakowie przez porównanie zdjęć fotogrametrycznych Kotła Gąsienicowego z roku 1975 i 1993, w obrębie stoku z pokrywą blokową na Kasprowym Wierchu, a potwierdzona przez autorkę w czasie kartowania.

Oprócz procesów związanych z wodą spływającą po stoku, czyli spłukiwa-

nia i erozji liniowej, ważną rolę w modelowaniu tych stoków odgrywają powolne ruchy masowe, głównie spływanie i soliflukcja, która przeważa na stokach chłodnych o ekspozycji północnej i wschodniej. W najwyższych partiach stoków, o nachyleniu do 15–20° i modelowanych przez soliflukcję, wykształciły się tufury, w innych z kolei, o nachyleniu nawet do 25°, występują terasetki soliflukcyjne, z wyraźnym czołem o wysokości kilku do kilkudziesięciu centymetrów i płaską powierzchnią o szerokości rzędu 30–50 cm. Na powierzchni terasetek pokrywa roślinna jest słabo zwarta, widoczne są okruchy skalne (o średnicy około 10 cm) zatopione w drobnym gruzie. Modelowaniu tych fragmentów stoków przez procesy soliflukcji sprzyja także większy udział drobnej frakcji w składzie mechanicznym pokrywy zwietrzelinowej. W dolnej części zbocza Beskidu stoki są stabilne.

Zbocza Kasprowego Wierchu, a szczególnie jego ramienia odchodzącego w stronę Uhrocia Kasprowego, mające ekspozycję południową i południowo-wschodnią, są modelowane przez procesy spływania. Powierzchnia stoku jest pomarszczona, pełna mikrozagłębień i mikronabrzmień. W dolnych fragmentach stoku, gdzie w podłożu są jedynie duże gazy, warstwa darni z wczesną między korzenie inicjalną glebą, złożoną z drobnej gliniasto-gruzowej zwietrzeliny, pełnie po nich. Można przypuszczać, że jest to najbardziej zaawansowany etap utrwalania pokryw blokowych, które występują w bezpośrednim sąsiedztwie stoków o tym typie modelowania. Na zboczach Kasprowego Wierchu brak śladów erozyjnej działalności wody spływającej po stoku. Jedyna forma erozyjna to niewielka nisza erozyjna (około 10–15 m średnicy) utworzona niemal na grani odchodzącej w stronę Uhrocia Kasprowego, ale rozwijająca się głównie wskutek erozji wiatrowej.

Należy podkreślić różnicę we współczesnej morfodynamice stoków w Kotle Gąsienicowym. Stoki chłodne, o ekspozycji północnej i północno-wschodniej, o surowszym mikroklimacie, są modelowane bardziej intensywnie niż stoki ciepłe, o ekspozycjach południowych.

### 2.3. KOCIOŁ GORYCZKOWY ŚWIŃSKI

Dolina Goryczkowa Świńska jest górnym, nieodmłodzonym i zawieszonym odcinkiem Doliny Goryczkowej, przeobrażonym w plejstocenie w kocioł lodowcowy (Klimaszewski 1988). Badaniami objęto najwyższą część kotła położoną pomiędzy Czubą Goryczkową (1912 m n.p.m.) i Pośrednim Goryczkowym (1873 m n.p.m.), a dnem doliny leżącym na wysokości około 1640 m n.p.m., czyli w piętrze subalpejskim i alpejskim. Kocioł jest szeroki i otwarty na północ.

Zbocza o nachyleniach 20–30° są dojrzałe i gładkie i prawie w całości okryte pokrywą zwietrzelinową i zwartą pokrywą roślinną. Na wysokości około 1800–1820 m n.p.m. znajduje się pas pojedynczych ścianek skalnych, o wysokości 1–3 metrów i kilku metrach szerokości, będących prawdopodobnie



pozostałością glacialnego przekształcania kotła. Stoki i ściany skalne występują także w szczytowych partiach Goryczkowej Czuby. Są one modelowane przez procesy wietrzenia i korazji, ujęte w legendzie mapy (mapa 2) jako wydzielenie nr 13. U ich podnóży znajduje się stożek usypiskowy, a na styku stożka usypiskowego i ścian skalnych, w miejscu, w którym najdłużej leży płat śniegu, rozwija się nisza niwalna. U podnóży eksponowanego na północ stoku, na linii Goryczkowej Przełęczy Świńskiej znajduje się łob gruzowy, łukowato wygięty w dół stoku, pokryty zwartą pokrywą roślinną i kosówką, o wysokości kilku metrów. Jego czoło jest częściowo rozcięte przez rynny spływów gruzowych. Jest to prawdopodobnie reliktowy wał niwalny, chociaż jego położenie i kształt odpowiada formom opisywanym przez L. Kaszowskiego i in. (1988) w innych dolinach Tatr Zachodnich jako lodowce gruzowe podstokowe.

Zbocza kotła, szczególnie te od strony Pośredniego Goryczkowego Wierchu, porozcinane są niemal do grzbietu płytkimi (0,5–1,5 m) rynnami spływów gruzowych. U wylotu rynien znajdują się różnej generacji języki, często zachodzące jeden na drugi, formujące dwa widoczne na mapie (mapa 2) łoby wkraczające na równinę napływową wypełniającą dno kotła. Większość rynien jest współcześnie nieczynna. Zarówno rynny jak i wały i języki spływów gruzowych są obecnie nieaktywne, utrwalone przez roślinność. Ich genezę M. Klimaszewski (1988) wiąże z okresem plejstocenu, jednak w nawiązaniu do wyników badań A. Kotarby (1992) należy ich zasadniczy rozwój wiązać z okresem małej epoki lodowej, nawet uwzględniając fakt, że niektóre z nich są w górnej części docięte fragmentami do podłoża. Jedynie dwie rynny rozcinające zbocza Pośredniego Goryczkowego Wierchu mają świeże rozcięcia erozyjne w dnie, a w rynnach na stoku Czuby Goryczkowej znajdują się niewielkie świeże nisze erozyjne (mapa 2 – znak legendy numer 1 i 2). W okresie dużych i gwałtownych opadów, jakie wystąpiły latem 1997 roku, formy te zostały odnowione. Nie obserwowano jednak zasadniczych zmian kształtu, ani powstania nowych form. Jedynie pasy znaczonego lakierem materiału zwietrzelinowego w dnie tych form zostały w całości zniszczone, a materiał zwietrzelinowy został przemieszczony w dół stoku przez splukiwanie i erozję liniową. W latach przeciętnych, bez opadów ekstremalnych, przemieszczane są pojedyncze okruszki skalne, a pasy znaczonego materiału pozostają prawie niezmienione. Należy równocześnie zaznaczyć, że rynny spływów powstały w wyniku procesów ekstremalnych, a obecnie są przekształcane przez procesy sekularne, głównie splukiwanie i erozję liniową, oraz procesy kriogeniczne i niwację.

Podobnie jak w Kotle Gąsienicowym, w środkowej części stoku występuje fragmentarycznie pas blokowisk nie porośniętych roślinnością. Bez pomiarów fotogrametrycznych trudno ustalić wielkość sukcesji roślinności na blokowiskach w okresie po zaprzestaniu wypasu owiec, tak jak to było możliwe w Kotle Gąsienicowym. O tendencji do stabilizacji stoków może świadczyć jednak na przykład pojawianie się nowych krzewów kosodrzewiny i powiększenie zasięgu starych kęp zaznaczonych na podkładzie fotogrametrycznym, wykonanym w latach osiemdziesiątych.

Współczesne modelowanie obszaru jest stosunkowo mało intensywne, choć zróżnicowane. Przeważają powolne ruchy masowe. W najwyższych częściach zboczy na wysokości powyżej 1800 m n.p.m., gdzie nachylenie stoku jest mniejsze (15–20°) stoki są przekształcane przez procesy soliflukcyjne. Na stosunkowo dużą aktywność procesu w tej części stoku wskazują liczne mikroloby czy mikroterasetki z zafałdowaną roślinnością mszystą. Taki sposób modelowania stoków szczególnie dobrze widoczny jest w rejonie Goryczkowej Świńskiej Przełęczy. Natomiast na stokach o większym nachyleniu (około 25°), również w wyniku działania soliflukcji, uformowały się terasetki, z wyraźnym czołem o wysokości kilkudziesięciu centymetrów. Na ich współczesną aktywność wskazuje brak zwartej pokrywy roślinnej na powierzchni terasetki.

Liczne fragmenty stoków modelowane są przez procesy kriogeniczne. Najczęściej przekształcają one wypukłe fragmenty zboczy lub form rzeźby. Na powierzchni stoku porośniętego przez słabo zwartą pokrywą roślinną widoczne są liczne większe okruchy skalne, o średnicy kilkunastu – kilkudziesięciu centymetrów, które prawdopodobnie zostały wyniesione na powierzchnie przez ruchy mrozowe. Nie obserwowano jednak żadnych oznak sortowania materiału zwietrzelinowego, np. poligonów. Nie występują też powyżej ściany skalne, z których mogłyby być dostarczane okruchy skalne.

Największe powierzchnie zajmują stoki modelowane przez proces spęływania. Wskazuje na to ich pomarszczona powierzchnia. Także w tym Kotle fragmenty stoku, gdzie pokrywy zwietrzelinowe pozbawione są domieszki drobniejszej frakcji, modelowane są przez spęływanie warstwy gleby i korzeni luźnej roślinności trawiastej i krzewinkowej po powierzchni dużych głazów. Powierzchnia stoku w takich miejscach pełna jest nieregularnych mikronabrmień i mikrozagłębień.

Na niektórych fragmentach stoku nie stwierdzono żadnych śladów współczesnego przekształcania. Powierzchnia stoku była gładka, ubita, twarda. Stoki te uznano za stabilne. Chociaż niektóre z nich, np. stok Czuby Goryczkowej, w okresie zalegania pokrywy śnieżnej poddawane są działalności lawin. W morfologii stoków nie stwierdzono jednak żadnych śladów ich działalności.

Zasadniczo rzeźba Kotła Goryczkowego Świńskiego jest bardziej stabilna niż Kotła Gąsienicowego. Większość rynien spływów gruzowych i nisz erozyjnych jest ustabilizowana przez roślinność. Świeże formy erozyjne (powierzchnie stoku ujęte znakiem legendy 1 i 2) zajmują w Kotle Goryczkowym Świńskim powierzchnię 2051,4 m<sup>2</sup>, podczas gdy w Kotle Gąsienicowym 6699,5 m<sup>2</sup>, zatem ich powierzchnia w Kotle Gąsienicowym jest niemal trzykrotnie większa. Należy dodać, że w obu kotłach formy te leżą na stoku o ekspozycji północnej, chociaż w Kotle Gąsienicowym położone są o 50–100 m wyżej. Tak istotne różnice w wielkości powierzchni aktywnych form erozyjnych, oprócz czynników naturalnych (piętrowość), prawdopodobnie spowodowane są wpływem czynników antropogenicznych. Stoki, na których formy te są położone, przecina letni szlak turystyczny z Kasprowego Wierchu na Halę Gąsienicową oraz trasa narciarska. Dlatego prawdopodobnie tendencja do stabilizacji stoków po usunięciu pasterstwa z Tatr jest wolniejsza w Kotle Gąsienicowym.

## 2.4. PODSUMOWANIE

Zarówno Kocioł Gąsienicowy jak Kocioł Goryczkowy Świński mają dojrzałą rzeźbę. Podobna jest również współczesna morfodynamika ich rzeźby. W górnej części zboczy dominują procesy soliflukcji, na pozostałych przeważa spływanie w różnych odmianach. Oba te procesy uznano w czterostopniowej skali za procesy intensywnie modelujące stoki (II).

Największą rolę rzeźbotwórczą, zarówno w przeszłości jak i współcześnie, odgrywają procesy związane z wodą spływającą po stoku (I). Obecnie są to głównie procesy spłukiwania i erozji liniowej, dzięki którym rozwijają się nisze i rynny erozyjne. W przeszłości były to spływy gruzowe.

Widoczny jest wpływ ekspozycji stoków na przebieg i tempo modelowania stoków, szczególnie w Kotle Gąsienicowym, a także wpływ litologii.

Na podstawie dużego udziału powierzchni erozyjnych w różnym stopniu utrwalonych przez roślinność można wnosić o tendencji do stabilizacji stoków. Jest ona szczególnie dobrze widoczna w Kotle Goryczkowym Świńskim.

## THE RELIEF OF SLOPES AROUND KASPROWY WIERCH

### Summary

The study sought to characterise the relief of Kocioł Gąsienicowy (in the Sucha Woda Valley) and Kocioł Goryczkowy Świński (in the Bystra Valley). The basis for the analysis of relief was provided by maps of morphodynamic areas drawn up on the basis of 1:1000 geomorphological maps 1 and 2. Each type of area was also assigned a value for the intensity of modelling – as assessed qualitatively on a scale of between I and IV characterising relatively intensively-transformed slopes at one end of the scale and stable slopes at the other.

Both Kocioł Gąsienicowy and Kocioł Goryczkowy Świński have mature relief and are quite stable. Only on the small fragments of slopes occupied by erosional niches and fresh accumulation in the form of alluvial cones are their indications of the contemporary activeness of processes (I). The upper parts of slopes are dominated by periglacial processes, mainly solifluction, while soil and debris creep prevails on the remaining parts. In relation to the four-point scale, both of these processes have been recognised as ones modelling slopes intensively (II).

The basic relief of Kocioł Goryczkowy Świński is more stable than that of Kocioł Gąsienicowy, with a smaller area being occupied by fresh erosional forms. The majority of rills with debris flows and erosional niches have been stabilised by vegetation.

## LITERATURA

- Jahn A., 1975, *Problems of the periglacial zone*, Polish Scientific Publishers, Warszawa, 202 s.  
– 1958, *Mikrorelief peryglacjalny Tatr i Babiej Góry*, Biul. Peryglacjalny, 6, s. 57–80.  
– 1979, *On Holocene and present-day morphogenetic processes in the Tatra Mountains*, Studia Geomorph. Carpatho-Balc., 13, s. 111–129.
- Kaszowski L., Krzemień K., Libelt P., 1988, *Postglacjalne modelowanie cyrków lodowcowych w Tatrach Zachodnich*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 71.
- Klimaszewski M., 1988, *Rzeźba Tatr*, PWN, Warszawa, 668 s.

- Kotarba A., 1976, *Współczesne modelowanie węglanowych stoków wysokogórskich na przykładzie Czerwonych Wierchów w Tatrach Zachodnich*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 120.
- 1993, *Natural environment and landforms dynamics of the Tatra Mountains*, Mountain Research and Development, 12, 2, s. 105–129.
- Kotarba A., Kaszowski L., Krzemień K., 1987, *High-mountain denudational system of the Polish Tatra Mountains*, Geographical Studies IGSO PAS, Special Issue, 3, 106 s.
- Mapa geologiczna Tatr polskich 1 : 10 000, ark. Kościelec*, 1978, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Midriak R., 1972, *Deštrukcia pôdy vo vysokohorskej oblasti Belanských Tatier*, Lesnicke Študie, s. 11–12, Zvolen,
- Skawiński P., 1993, *Oddziaływanie człowieka na przyrodę kopuły Kasprowego Wierchu i Doliny Goryczkowej w Tatrach*, [w:] W. Cichocki (red.), *Ochrona Tatr w obliczu zagrożeń*, Wyd. Muzeum Tatrzańskiego, s. 197–226, Zakopane.

Adres autora:

Zofia Rączkowska – Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn IGiPZ PAN,  
ul. św. Jana 22, 31-018 Kraków, e-mail raczk@zg.pan.kraków.pl

MAREK DEGÓRSKI

### 3. ZRÓŻNICOWANIE POKRYWY GLEBOWEJ PIĘTER WYSOKOGÓRSKICH W BEZWĘGLANOWYCH REJONACH TATR POLSKICH

#### 3.1. WSTĘP

Skała macierzysta będąca wyjściowym substratem dla procesów pedogenicznych oraz bioklimatyczny element środowiska geograficznego powszechnie uważane są za podstawowe czynniki wpływające na formowanie się pokrywy glebowych (Bednarek, Prusinkiewicz 1997; Głazowska 1981). Szczególnie wyraźne zależności pomiędzy substratem glebowym, pokryciem roślinnym, warunkami klimatycznymi a kierunkiem oraz typem procesów glebowych obserwuje się w inicjalnych i słabo wykształconych glebach górskich piętra alpejskiego lub subalpejskiego, w których to minimalna zmiana warunków morfolitologicznych powoduje zróżnicowanie charakterystyk glebowych (Gerrard 1995). W Polsce najlepszym poligonem badawczym do tego typu obserwacji są Tatry. Pokrywa glebowa Tatr jest stosunkowo dobrze rozpoznana, a główne kierunki badań zostały zaprezentowane przez S. Skibę (1992, 1996). Znacznie mniej jest opracowań dotyczących relacji pomiędzy glebą a innymi komponentami środowiska geograficznego w piętrze alpejskim (Komornicki, Skiba 1979, 1985; Oleksynowa, Skiba 1976, 1977; Skiba 1985).

Celem badań, których wyniki przedstawiono w niniejszej publikacji, była diagnoza wybranych właściwości pokrywy glebowej w alpejskim piętrze Tatr Wysokich, z jednoczesnym nawiązaniem do struktury przestrzennej roślinności (A. Kozłowska, w tym tomie s. 37–43) oraz współczesnych procesów morfogenetycznych (Z. Rączkowska, w tym tomie s. 17–24).

Badania prowadzono na dwóch obszarach położonych w obrębie krystalicznej wyspy Goryczkowej zbudowanej głównie z granitoidów, w porównywalnych warunkach morfolitogenicznych i bioklimatycznych, które różnią się jedynie stopniem antropopresji. Pierwszy obszar badawczy to Kocioł Gąsienicowy, charakteryzujący się dużą penetracją turystyczną, drugi to Kocioł Goryczkowy Świński, zamknięty dla ruchu turystycznego.

## 3.2. METODY

Badania terenowe prowadzono w latach 1993–1996 na stałych powierzchniach wyznaczonych w Kotle Gąsienicowym oraz Goryczkowym Świńskim. W pierwszym z wymienionych kotłów wytypowano 22 powierzchnie, które rozmieszczone były głównie na północnych stokach Beskidu, wschodnich stokach Kasprowego Wierchu i południowo-wschodnich stokach Uhrocia Kasprowego oraz najwyższej części Doliny Suchej. Obszar badań rozciągał się pomiędzy 1820 a 1970 m n.p.m. i położony był prawie w całości w piętrze alpejskim. W Kotle Goryczkowym Świńskim wytypowano 21 powierzchni, które rozmieszczone były pomiędzy Czubą Goryczkową (1912 m n.p.m.) i Pośrednim Goryczkowym (1873 m n.p.m.) a dnem doliny, leżącym na wysokości 1650 m n.p.m., czyli w piętrze alpejskim i subalpejskim (ryc. 1). W obrębie każdej powierzchni dokonano diagnozy fitosocjologicznej płatu roślinności (A. Kozłowska, w tym tomie mapa 3 i 4), a następnie identyfikacji taksonomicznej gleby na podstawie morfologii profilu. Pobrano również próbki materiału glebowego w celu wykonania podstawowych analiz fizycznych i chemicznych właściwości pokryw glebowych. Laboratoryjnie oznaczono następujące charakterystyki glebowe:

- skład mechaniczny metodą sit oraz aerometryczną Bouyousa w modyfikacji Casagrande'a i Prószyńskiego (podział materiału na frakcje i określenie grup mechanicznych opracowano na podstawie ogólnie przyjętych ustaleń Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego z roku 1973),
- odczyn gleby ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) – potencjometrycznie,
- wilgotność chwilową gleby (W) – metodą suszarkowo-wagową,
- azot ogólny (N) – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla,
- węgiel organiczny (C) – zmodyfikowaną metodą Tiurina,
- kationy wymienne ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) – metodą adsorpcji atomowej (stosując jako roztwór wypierający 1 normalny octan amonu),
- kwasowość hydrolityczną – metodą Kappena.

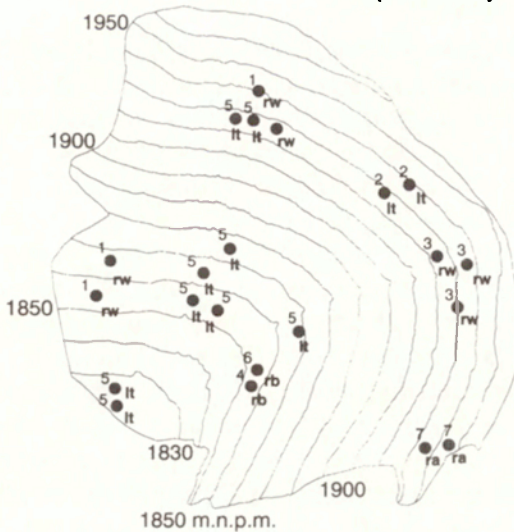
Na podstawie otrzymanych wyników obliczono:

- sumę zasadowych kationów wymiennych (S) – jako sumę  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,
- pojemność kompleksu sorpcyjnego (T) – jako  $H_h + S$ ,
- stopień wysycenia gleb kationami o charakterze zasadowym (V) – jako  $S:T \times 100\%$ .

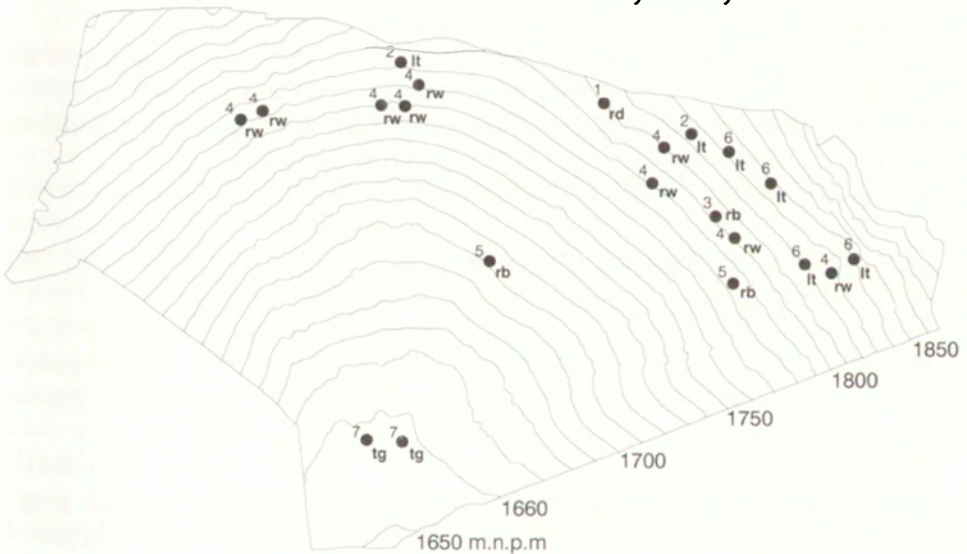
Uzyskane podstawowe charakterystyki uzupełniono badaniami terenowymi wykonywanymi dwa razy w roku, późną wiosną (początek czerwca) i latem (koniec sierpnia). Obejmowały one analizy polowe następujących charakterystyk glebowych:

- odczynu ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) - potencjometrycznie pH-metrem Hach 01,
- przewodnictwa elektrycznego – potencjometrycznie konduktometrem Hach,
- wilgotności – metodą suszarkowo-wagową, gdzie pierwszych naważań dokonywano natychmiast po pobraniu materiału glebowego.

## Gąsienicowy



## Goryczkowy Świński



Ryc. 1. Rozmieszczenie powierzchni badawczych z zaznaczeniem typów gleb w Kotle Gąsienicowym i Goryczkowym Świńskim

rb – rankery bielcowe, rw – rankery właściwe, lt – litosole, rd – rankery darniowe, tg – tangel-rankery, ra – rankery o antropogenicznie zaburzonym cyklu rozwoju, 1–7 wydzielone grupy glebowe, patrz tabele 1 i 2

Spatial variability of research plots in the Gąsienicowy and Goryczkowy Świński Cirques with determined soil typology

rb – podzolic ranker, rw – typical ranker, lt – cryogenic soils, rd – humus ranker, tg – tangel-ranker, ra – ranker with human impact, 1–7 distinguished soil groups, see Tables 1 and 2

Wszystkie oznaczenia wykonywano w pięciokrotnym powtórzeniu, a podane wyniki są wartością średnią z pomiarów.

Na podstawie otrzymanych wyników empirycznych dla 22 i 21 obiektów w poszczególnych kotłach dokonano ich grupowania według kryteriów morfogenetycznych, gdzie każda grupa posiadała statystycznie istotnie różne charakterystyki glebowe oraz ocenę syntaksonomiczną (A. Kozłowska, w tym tomie mapa 3 i 4). Obliczono średnie wartości i odchylenia standardowe poszczególnych charakterystyk glebowych dla wydzielonych grup morfogenetycznych gleb w obrębie poszczególnych kotłów. Następnie sprawdzono istotność podobieństwa pomiędzy dwoma kotłami, w przypadku tych samych grup wydzieleni. Brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy badanymi charakterystykami glebowymi w dwu kotłach pozwolił na ich uśrednienie w obrębie tego samego typu morfogenetycznego gleby. Uzyskano w ten sposób 6 obiektów badań, którymi były grupy taksonomiczne, zróżnicowane pod względem morfogenetycznym, fizycznym i chemicznym. Dla każdego obiektu obliczono wartości średnie i odchylenia standardowe na podstawie wszystkich punktów charakteryzujących dany takson. Na podstawie 16 cech glebowych obliczono wzajemne podobieństwo wydzielonych grup, wykorzystując miarę odległości Euklidesa i metodę grupowania Warda. Do analiz statystycznych wykorzystano pakiet programów OUATRO-PRO i TYTAN 87.

W niniejszej pracy charakterystyka badanych gleb zaprezentowana jest na podstawie pięciu cech, najbardziej różnicujących badane profile, a będących wypadkową kilku cech, jak na przykład stopień nasycenia gleb kationami o charakterze zasadowym (pięciu), czy stosunek C:N (dwu).

### 3.3. WYNIKI

#### 3.3.1. WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE GLEB

Bezwęglanowa skała macierzysta, acidofilna roślinność oraz bardzo humidowy i chłodny klimat należą do czynników determinujących przebieg procesów pedologicznych, a tym samym właściwości badanych gleb.

W przekrojach profilowych gleb najwyżej położonych trudno było dokonać jednoznacznej stratyfikacji morfogenetycznej. Lite podłoże skalne przykryte jest materią organiczną, słabo połączoną ze zwietrzeliną powstałą głównie w wyniku procesów dezintegracji blokowej i granularnej o zabarwieniu czarnobrunatnym. Zgodnie z *Systematyką Gleb Polski* (1989), gleby te można zaliczyć do mineralnych bezwęglanowych słabo wykształconych, czyli będących w początkowej fazie rozwoju. Podstawowym typem są gleby inicjalne skaliste (htosole) stanowiące głównie podtyp erozyjny.

Wietrzenie fizyczne dominuje również wśród procesów egzogenicznych, jakie zachodzą w niższych partiach zboczy badanych kotłów. Zwiększa się jednak miąższość zwietrzeliny, a w dolnych partiach stoku również i materii organicznej. Tworzą one złogi typu murszowego. W przekroju profilowym

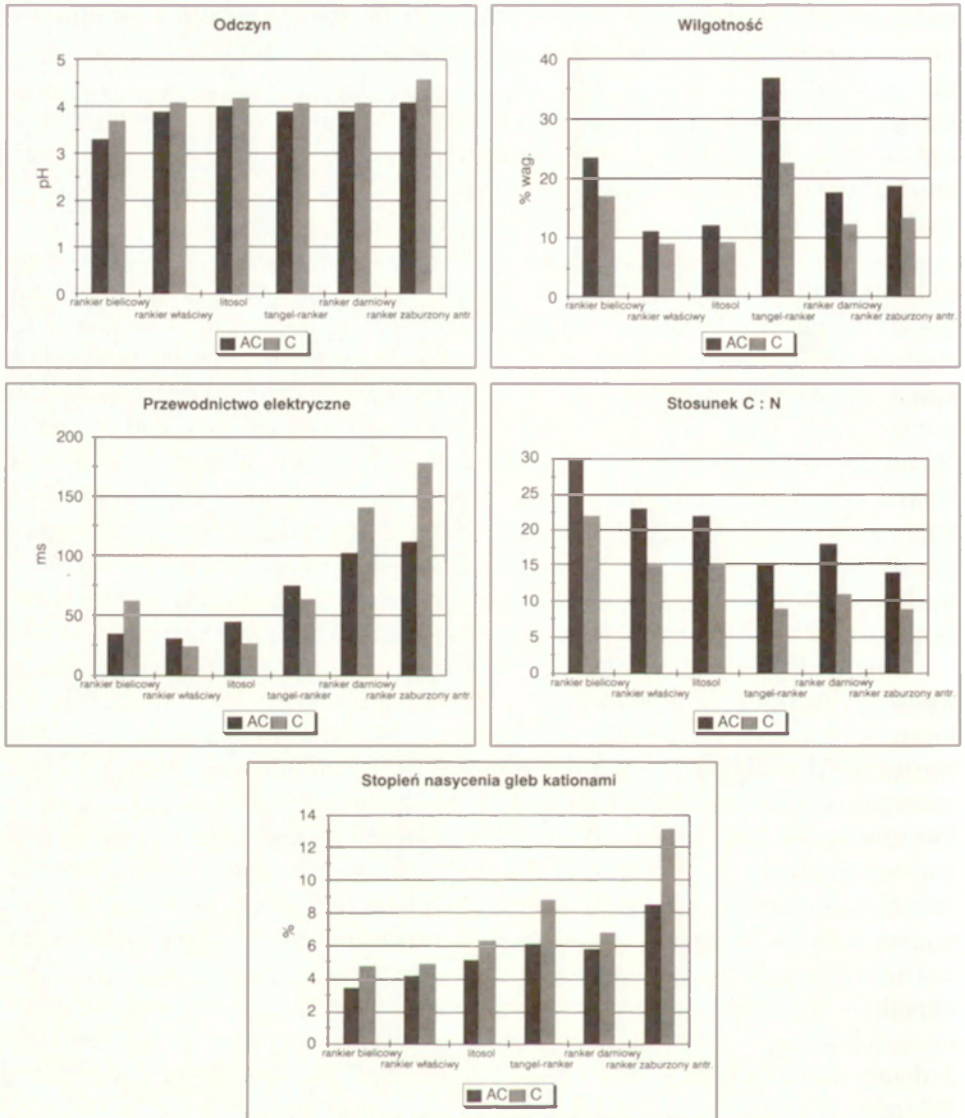


widoczna staje się stratygrafia poziomów morfogenetycznych. Wyodrębnić można poziom próchnicy nadkładowej, typu mor lub moder-mor. Typologicznie pokrywę pedologiczną tworzą głównie gleby bezwęglanowe, słabo wykształcone ze skał masywnych (rankery). Z uwagi na cechy morfologiczne i właściwości fizykochemiczne wyodrębniono cztery podtypy rankerów: właściwe, bielcowe i darniowe oraz tangel-rankery, jednostkę taksonomiczną wprowadzoną do polskiej literatury gleboznawczej przez Skibę (1985).

Właściwości petrograficzne i litologiczne podłoża skalnego gleb oraz warunki klimatyczne determinujące typ procesów egzogenicznych (głównie wietrzenia kriogenicznego) wpływają na skład mechaniczny badanych gleb. Wszystkie spośród profili objętych analizą (43 profile) charakteryzują się dużą zawartością w składzie mechanicznym substratu glebowego części szkieletowych. Dominuje gruz o średnicy 2–20 mm, jak również frakcja żwiru (1–2 mm). W sumie stanowią one od 40 do 60% całkowitej masy substratu glebowego. Wśród części ziemistych przeważają frakcje piasku, które stanowią 70–80% wszystkich frakcji poniżej 1 milimetra. Zawartość frakcji pyłu wynosi średnio 12–16%, zaś części spławialnych nie przekracza 10%. Skład granulometryczny badanych gleb jest bardzo zbliżony pomiędzy poszczególnymi profilami i odpowiada piaskom słabogliniastym lub piaskom gliniastym lekkim.

Oligotroficzne podłoże, jak i acidofilna roślinność badanych ekosystemów wpływają również na właściwości chemiczne gleb. Wszystkie poziomy genetyczne charakteryzują się odczynem bardzo kwaśnym lub kwaśnym. Najniższe wartości pH w H<sub>2</sub>O wykazują poziomy próchnicy nadkładowej (pH 3,2–3,9), szczególnie rankerów bielcowanych. W poziomach mineralno-próchnicznych kwasowość wzrasta do pH 4,0–4,2, a w przypadku antropogenicznego wzbogacenia węglanowego podłoża do 4,6. Z odczynem koresponduje przewodnictwo elektryczne roztworów glebowych. W poziomach próchnicznych jest ono wyższe od warstw głębszych (poziomów mineralno-próchnicznych), ale i tak wartości charakteryzujące badane gleby wskazują na ubogie siedliska. Wartości określone w poziomach próchnicznych wahają się od 20 do 40 mS, w mineralno-próchnicznych od 10 do 30 mS, zaś w poziomach głębszych od 5 do 15 mS. Jedynie powierzchnie położone pod stacją kolejki linowej na Kasprowym Wierchu charakteryzują się wielkościami pięciokrotnie wyższymi (86 mS), co może wskazywać na antropogeniczną eutrofizację siedlisk. Powierzchnie położone w dolnej części stoków charakteryzują się także wyższymi wartościami przewodnictwa elektrycznego, co należy wiązać ze splywem roztworów po stoku (zarówno powierzchniowym, jak i gruntowym) i ich akumulacją w dolnych jego partiach (ryc. 2).

Badane gleby charakteryzują się dużą akumulacją materii organicznej oraz bardzo wolną jej humifikacją i mineralizacją. W zależności od położenia powierzchni na stoku oraz typu roślinności, jej zawartość waha się od 30% w górnych partiach stoku do ponad 50% w części dolnej. Podobnym rozkładem charakteryzował się również wskaźnik aktywności biologicznej gleb wyrażony stosunkiem C:N oraz właściwości chemiczne gleb, jakkolwiek zaobserwowano



Ryc. 2. Zróznicowanie poszczególnych właściwości badanych gleb  
AC – poziom próchniczno-mineralny, C – poziom skały macierzystej

Differentiation of particular soil conditions  
AC – organic-mineral horizon, C – parent rock

silniejsze nawiązywanie tego rozkładu do warunków lokalnosiedliskowych (tab. 1 i 2).

Najżyźniejsze spośród badanych gleb występowały na antropogenicznie wzbogaconym podłożu poniżej górnej stacji kolejki linowej na Kasprowym Wierchu (ryc. 1). Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym, dzięki wzbogaceniu w kationy wapnia, był w tych gle-

T a b e l a 1. Wybrane właściwości gleb pięter wysokogórskich Kotła Gąsienicowego

Nr	Śr. wys. m n.p.m.	Typ gleby	Liczba pow.**	Poziom	pH*	W*	K*	C:N	V
1	1887,0	ranker właściwy	4	AC	3,8	10,2	25,6	23,0	4,2
				C	4,0	8,3	23,4	16,0	4,6
2	1936,0	litosol	2	AC	4,1	9,8	30,8	26,0	4,8
				C	4,3	8,6	27,3	18,0	6,2
3	1940,0	ranker właściwy	3	AC	4,0	13,2	32,2	22,0	4,6
				C	4,1	11,7	24,2	15,0	5,6
4	1856,0	ranker bielicyowy	1	AE	3,2	18,1	32,4	32,0	3,8
				B/C	3,8	12,1	62,1	24,0	5,2
				C	4,0	10,5	no	19,0	6,1
5	1868,0	litosol	9	AC	4,0	15,1	30,6	27,0	5,8
				C	4,2	12,2	26,9	22,0	6,7
6	1857,0	ranker bielicyowy	1	AE	3,2	28,1	37,0	30,0	3,7
				B/C	3,4	22,3	58,3	24,0	5,6
				C	3,8	14,2	no	19,0	6,3
7	1940,0	ranker antropogeniczny	2	AC	4,1	18,7	112,3	14,0	8,5
				C	4,6	13,6	178,3	9,0	13,2

\* – cechy określone na podstawie 6 pomiarów wykonanych w sezonie letnim w 1994, 1995 i 1996 roku.

\*\* – każda powierzchnia reprezentowana była przez 5 profili glebowych.

T a b e l a 2. Wybrane właściwości gleb pięter wysokogórskich Kotła Goryczkowego Świńskiego

Nr	Śr. wys. m n.p.m.	Typ gleby	Liczba pow.**	Poziom	pH*	W*	K*	C:N	V
1	1810,0	ranker darniowy	1	AC	4,0	17,9	141,0	18,0	5,9
				C	4,1	12,4	102,0	11,0	6,9
2	1814,0	litosol	2	AC	4,0	16,1	33,9	17,0	5,1
				C	4,1	9,5	27,3	11,0	6,3
3	1820,0	ranker bielicyowy	1	AE	3,5	22,4	35,9	26,0	3,2
				B/C	3,9	19,5	64,2	16,0	4,5
				C	4,0	10,9	no	10,0	5,7
4	1791,0	ranker właściwy	9	AC	4,0	10,3	30,9	24,0	3,8
				C	4,2	7,2	25,0	14,0	4,5
5	1746,0	rankier bielicyowy	2	AE	3,6	25,4	32,3	32,0	3,1
				B/C	3,9	14,7	63,4	24,0	3,9
				C	4,0	11,6	no	18,0	5,5
6	1831,0	litosol	4	AC	4,0	8,7	52,4	18,0	4,9
				C	4,3	6,6	25,3	12,0	6,5
7	1658,0	tangel rankerowy	2	AC	3,9	36,9	75,1	15,0	6,2
				C	4,1	22,5	63,8	9,0	8,9

\* – cechy określone na podstawie 6 pomiarów wykonanych w sezonie letnim w 1994, 1995 i 1996 roku.

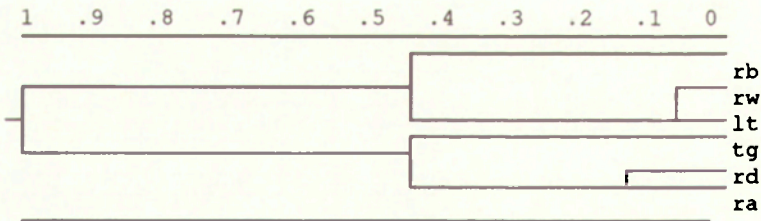
\*\* – każda powierzchnia reprezentowana była przez 5 profili glebowych.

bach najwyższy (tab. 1). Najuboższe zaś były rankery bielcowe, w których stwierdzono najniższy poziom nasycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym, szczególnie w poziomach próchniczno-eluwialnych (tab. 1 i 2).

### 3.3.2. TAKSONOMIA BADANYCH GLEB

Na podstawie dokonanej analizy wszystkich badanych morfologicznych i fizykochemicznych charakterystyk gleb wyróżniono sześć grup, które stanowiły obiekty badań do dalszej analizy statystycznej. Ich kwalifikację taksonomiczną oparto na kryteriach *Systematyki Gleb Polski* (1989) oraz podziału gleb górskich zaproponowanych przez Skibę (1985). Każda z wydzielonych grup charakteryzowana była przez różną liczbę replikacji, czyli powierzchni reprezentowanych przez 5 profili o tej samej kwalifikacji morfogenetycznej. Uzyskane charakterystyki posiadają zatem odmienną wartość reprezentatywności. Największą liczbą powierzchni badawczych charakteryzowały się grupy litosoli (17) i rankerów właściwych (16), najmniej tangel-rankery (2), rankery zaburzone antropogenicznie (2) i rankery darniowe (1). Ta ostatnia grupa reprezentowana jest zatem tylko przez jedną powierzchnię z 5 profilami glebowymi.

Analiza podobieństwa właściwości fizykochemicznych badanych gleb piętra wysokogórskiego wybranych rejonów bezwęglanowych polskich Tatr wskazuje na występowanie dwu grup (litosole, rankery właściwe i bielcowe oraz rankery darniowe, tangel-rankery i rankery o pedogenezie zaburzonej antropogenicznie), o dużej spójności wewnętrznej (podobieństwo > 0.8) (ryc. 3).



T y t a n

Ryc. 3. Dendrogram podobieństwa badanych gleb na podstawie ich właściwości fizykochemicznych (podobieństwo określono na podstawie kwadratu odległości Euklidesa, grupowanie metodą Warda)

rb – rankery bielcowe, rw – rankery właściwe, lt – litosole, rd – rankery darniowe, tg – tangel-rankery, ra – rankery o antropogenicznie zaburzonym cyklu rozwoju

Dendrogram of similarity of studied soils on the basis of physical and chemical properties (similarity determined on the basis of Euclidean square distance and Ward's method)

rb – podzolic ranker, rw – typical ranker, lt – cryogenic soils, rd – humus ranker, tg – tangel-ranker, ra – ranker with human impact

Gleby pierwszej grupy charakteryzują się dużą powszechnością występowania, zajmując ponad 80% badanego obszaru. Należą do nich: litosole oraz rankery właściwe i bielicowe. Pokryte są one przez skąpą roślinność zbiorowisk naskalnych lub murawowych. Litosole związane są z murawami alpejskimi (*Oreochlo distichae-Juncetum*) postaci mszystej i postaci z *Luzula spadiccea*, wilgotnych traworośli (*Luzuletum spadicceae*) oraz traworoślami trzcinnikowymi (*Calamagrostietotum villosae tatricum*). Najczęściej występują w miejscach podlegających procesom wzmożonej erozji, jak na przykład rozcięciach erozyjnych. Charakteryzują się dużą dynamiką współczesnych procesów glebowych. Rankery właściwe wykształcone są pod murawami (*Oreochlo distichae-Juncetum trifidi*) subalpejskiej postaci powypasowej, wypasowymi murawami alpejskimi (*Oreochlo distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis*) oraz murawami alpejskimi (*Oreochlo distichae-Juncetum trifidi typicum*). Rankery bielicowe związane są z borówczyskami (*Vaccinietum myrtilli*) i murawami alpejskimi (*Oreochlo distichae-Juncetum trifidi typicum*) postaci z *Vaccinium myrtilus*.

Drugą grupę stanowią gleby, których występowanie jest ściśle uzależnione od czynników lokalnych, naturalnych, jak i antropogenicznych. Rankery darniowe zidentyfikowano tylko w Kotle Goryczkowym Świńskim, w obniżeniu pomiędzy dwoma wzniesieniami, w miejscach akumulacji materii, pochodzącej głównie ze spływu stokowego. Roślinność stanowią w tych miejscach murawy alpejskie z torfowcami (*Oreochlo distichae-Juncetum trifidi spagnetosum*). Tangel-rankery zajmują dolne partie Kotła Goryczkowego-Świńskiego i porośnięte są przez wilgotne murawy z *Festuca picta*, lub też wilgotne traworośla (*Luzuletum spadicceae*). Gleby te charakteryzują się bardzo grubym poziomem próchnicznym, którego miąższość osiąga 40 – 50 cm. Rankery o cechach zabu-

Tabela 3. Wartości średnie wybranych charakterystyk glebowych określone dla poszczególnych typów gleb

Cecha	Poziom	Typ gleby											
		ranker bielicowy		ranker właściwy		litosol		tangel-rankery		ranker darniowy		ranker zaburzony antropogen.	
		n	s	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s
pH	AC	3,3	0,2	3,9	0,1	4,0	0,0	3,9	0,1	4,0	0,1	4,1	0,1
	C	3,7	0,2	4,1	0,1	4,2	0,1	4,1	0,1	4,1	0,1	4,6	0,1
W	AC	23,5	3,7	11,2	1,4	12,4	3,2	36,9	3,4	17,9	2,3	18,7	2,3
	C	17,1	4,0	9,1	1,9	9,2	2,0	22,5	2,0	12,4	1,0	13,6	1,6
K	AC	34,4	2,1	30,9	2,9	44,4	9,0	75,1	5,7	102,0	9,8	112,3	11,9
	C	62,0	2,3	24,2	0,7	26,7	0,8	63,8	2,8	141,0	6,3	178,3	10,1
C:N	AC	30,0	1,7	23,0	0,8	22,0	4,5	15,0	0,3	18,0	0,5	14,0	0,4
	C	22,0	3,5	15,0	0,8	15,0	4,5	9,0	0,3	11,0	1,0	9,0	0,1
V	AC	3,4	0,3	4,2	0,3	5,2	0,4	6,2	0,3	5,9	0,1	8,5	0,4
	C	4,8	0,7	4,9	0,5	6,4	0,2	8,9	0,4	6,9	0,2	13,2	0,5

zenia naturalnego cyklu pedogenezy poprzez czynniki antropogeniczne znajdują się poniżej górnej stacji kolejki linowej na Kasprowym Wierchu, w Kotle Gąsienicowym. W profilach tych gleb zaobserwować można resztki materiałów budowlanych użytych do budowy stacji, jak i cechy powierzchniowego spływu roztworów bogatych w związki azotowe. Znajduje to odzwierciedlenie w przestrzennej strukturze roślinności, którą głównie stanowią antropogeniczne murawy na sztucznym podłożu węglanowym, bądź też antropogeniczne ziołorośla z *Alchemilla* sp.

### 3.4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że wszystkie analizowane gleby wykształcone w bezwęglanowych skałach piętra alpejskiego i subalpejskiego są glebami charakteryzującymi się niskim stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi, bardzo kwaśnym i kwaśnym odczynem oraz dużą akumulacją materii organicznej, podlegającej głównie z uwagi na warunki klimatyczno-roślinne bardzo wolnej humifikacji i mineralizacji. Charakteryzują się one dużą dynamiką współczesnych procesów glebowych, które najsilniej zachodzą w litosolach erozyjnych, występujących w miejscach najbardziej aktywnych geomorfologicznie.

Pomimo stosunkowo zbliżonych właściwości fizycznych i chemicznych badanych gleb udało się wyodrębnić sześć jednostek taksonomicznych, statystycznie istotnie różnych. Grupują się one w dwie grupy silnie różniące się pomiędzy sobą, a charakteryzujące się dużym wewnętrznym podobieństwem międzyobiektywnym. Pierwsza grupa obejmuje gleby bardzo licznie reprezentowane w badanych kotłach, których występowanie jest uzależnione od warunków siedliskowych i szaty roślinnej (rankery bielcowe, rankery właściwe i litosole). Gleby drugiej grupy związane są z warunkami siedliskowymi o bardzo małym zasięgu przestrzennym, jak na przykład z występowaniem antropogenicznego materiału w substracie glebowym lub z lokalną akumulacją materiału stokowego (tangel-rankery, rankery darniowe, rankery o antropogenicznie zaburzonym cyklu rozwoju).

Elementem środowiska geograficznego wywierającym największy wpływ na rozwój badanej pokrywy glebowej jest szata roślinna, która zarazem jest indykatorem właściwości gleb, na których rośnie. Stosunkowo jednorodna pod względem litologicznym skała macierzysta badanych gleb odgrywa rolę znacznie mniejszą, a najważniejszym czynnikiem litogenicznym w procesie pedogenicznym jest stopień dezintegracji substratu glebowego.

Duża dynamika procesów rzeźbotwórczych, jak i glebowych w środowisku wysokogórskim sprawia, że badania gleboznawcze są w tych warunkach bardzo trudne, a próby systematyki tych gleb jeszcze trudniejsze. Zadanie to jest szczególnie trudne ze względu na specyficzny charakter continuum glebowego, o którym w warunkach Niziny Polskiego pisał Z. Prusinkiewicz i Cz. Michał-

czuk (1998). W warunkach wysokogórskich nieostrość przejść między sąsiednimi taksonami oraz mała dostępność cech diagnostycznych występuje jeszcze mocniej. Więcej właściwości diagnostycznych można otrzymać dopiero na podstawie wyników szczegółowych analiz laboratoryjnych. Otrzymane w niniejszej pracy wyniki pozwoliły na taksonomię badanych gleb wysokogórskich, która jest w bardzo dużym stopniu zgodna z podziałami już istniejącymi.

## DIFFERENTIATION OF SOIL COVER IN HIGH-MOUNTAIN ZONES OF THE NON-CARBONATE AREAS OF POLAND'S TATRA MOUNTAINS

### Summary

The aim of the research whose results are presented here was to determine selected properties of the soil cover in the alpine and subalpine zone of the High Tatras, with simultaneous reference being made to the spatial structure of the vegetation (see A. Kozłowska, this volume) and to contemporary morphogenetic processes (Z. Rączkowska, this volume).

Research was done in two areas within the crystalline Goryczkowa island formed mainly from granites, which had comparable morpholithogenic and bioclimatic conditions but different levels of anthropopressure. The first research area was Kocioł Gąsienicowy, with its high degree of penetration by tourists, and the second Kocioł Goryczkowy Świński, which is closed to tourist traffic.

The research showed that all the analysed soils shaped in the non-carbonate rocks of the alpine and subalpine zone are ones with limited base-cation saturation of the sorption complex, highly acid or acid reactions, and a considerable accumulation of organic matter thanks to humification and mineralisation processes made very slow by the climatic and vegetational conditions. They are characterised by contemporary soil processes with a high dynamic, especially in the erosional lithosols of the places most active in their geomorphology.

Although the physical and chemical properties of the soils studied were relatively similar, it did prove possible to identify six taxonomic units that differed significantly from one another. These could be divided into two markedly-different groups in which internal similarities between objects were great. The first group took in the podzolic ranker, typical ranker and cryogenic soils that are very well-represented in the studied areas, and present in relation to habitat and plant cover. The soils of the second group are the tangel-rankers, humus rankers and rankers with anthropogenically-disturbed developmental cycles that are connected with habitat conditions of very limited extent, for example with the occurrence of anthropogenic matter in the soil substratum or with the local accumulation of slope material.

Plant cover is the element of the geographical environment exerting the greatest influence on the development of the studied soil cover. It is at the same time an indicator of the properties of the soil on which it develops. Being relatively uniform from the lithological point of view, the parent rock of the soils studied plays a more limited role, leaving the degree of disintegration of the substratum as the most important lithogenic factor in pedogenesis.

The high dynamic to both relief-creating and soil processes in the high-mountain environment makes soil studies very difficult. Soil profiles are characterised by a lack of clarity in the transitions between neighbouring taxa, as well as by the limited accessibility and legibility of diagnostic features. More diagnostic properties may only be obtained from a series of detailed laboratory analyses, though the results presented here have allowed for a taxonomic categorisation of the studied high-mountain soils that is very much in accord with the divisions already in existence.

## LITERATURA

- Bednarek R., Prusinkiewicz Z., 1997, *Geografia gleb*, PWN, Warszawa, 288 s.
- Gerrard J., 1995, *Soil geomorphology – an integration of pedology and geomorphology*, Chapman and Hall, London, Glasgow, New York, 269 s.
- Głazowska M. A., 1981, *Gleby kuli ziemskiej*, PWN, Warszawa, 435 s.
- Komornicki T., Skiba S., 1979, *Soils of the Polish Tatra Mts*, [w:] *Guide-book field meeting of the IGU Commission on field experiments in geomorphology*, Wrocław University Press.
- 1985, *Mapa Gleb Tatr Polskich*, [w:] K. Trafas (red.), *Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Kraków – Zakopane.
- Oleksynowa K., Skiba S., 1976, *Geochemical characterization of a polygonal soil on the flattening of Krzyżne pass in the Tatra Mts*, *Studia Geomorph. Carp. Balc.*, 10, s. 27–47.
- 1977, *Charakterystyka gleb kriogenicznych w Tatrach*, *Rocz. Gleb.*, 28 (1), s. 293–312.
- Prusinkiewicz Z., Michalczyk Cz., 1998, *Gleby Białowieskiego Parku Narodowego*, *Phytocoenosis. Suppl. Cartographiae Geobot.*, 10, Warszawa – Białowieża, 40 s.
- Skiba S., 1985, *Rola klimatu i roślinności w genezie gleb na przykładzie gleb górskich z Tatr polskich i z gór Mongolii*, *Rozprawa Habilitacyjna 99, Zeszyty Naukowe AR Kraków*, 72 s.
- 1992, *Gleby Tatr i ich bibliografia. Materiały konferencyjne „Gleby górskie – geneza, właściwości, zagrożenia”*, AR Kraków, s. 29–36.
- 1996, *Pokrywa glebowa Tatr – stan i główne kierunki badań gleboznawczych*, [w:] *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek*, *Nauki o Ziemi*, t.1, Kraków – Zakopane, s. 171–173.
- Systematyka Gleb Polski*, 1989, *Rocz. Gleb.*, 40, 3/4, 150 s.

Adres autora:

Marek Degórski - Zakład Geoekologii IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa,  
e-mail m.degorski@twarda.pan.pl



ANNA KOZŁOWSKA

## 4. PROBLEMY KARTOWANIA ROŚLINNOŚCI WYSOKOGÓRSKIEJ W SKALI SZCZEGÓŁOWEJ (NA PRZYKŁADZIE MAP ROŚLINNOŚCI KOTŁA GAŚIENICOWEGO I GORYCZKOWEGO ŚWIŃSKIEGO)

### 4.1. WSTĘP

Przedmiotem niniejszej pracy są problemy metodyczne związane z wykonywaniem szczegółowych map roślinności gór. Będą one rozpatrywane na przykładzie map roślinności Tatr w kotłach: Gąsienicowym i Goryczkowym Świńskim.

Mapy roślinności wysokogórskiej uważane są przez autora podręcznika kartografii roślinności J.B. Falińskiego (1990) za najtrudniejszy rodzaj map roślinności. Przy tym jest niemal paradoksem, że to właśnie od map roślinności Tatr rozpoczęła się w Polsce w latach dwudziestych tego wieku kartografia roślinności (Pawłowski i in. 1928; Szafer i in. 1923; Szafer i in. 1927). Podstawą konstrukcji legendy tych map była opracowana dla Tatr typologia roślinności według powstającej w tamtych czasach środkowoeuropejskiej szkoły fitosocjologicznej, nawiązująca do systemu typologicznego wypracowanego dla Alp. Mapy tatrzańskie w skali 1 : 37 500 na długi czas pozostały w Polsce wzorem map roślinności.

*Mapa roślinności Tatrzańskiego Parku Narodowego* opublikowana w skali 1 : 50 000 w *Atlasie TPN* (Myczkowski i in. 1985) nawiązywała do takiego wzorca. Ujęcie jednostek legendy było analogiczne, jak w cytowanych wyżej opracowaniach. Przedmiotem kartowania były jednostki w randze zespołów i wyższych jednostek typologicznych.

Zasadniczy zwrot w badaniach roślinności Tatr przyniosło opracowanie S. Balcerkiewicza (1984) dla Doliny Pięciu Stawów Polskich. W stosunku do klasycznego ujęcia typologicznego zostały w nim precyzyjniej ujęte zakresy zespołów o charakterze zonalnym, wyróżniono w ich obrębie liczne podzespoły oraz opisano nowe zespoły roślinności wysokogórskiej. Takie nowe ujęcie typologiczne znalazło już swe odbicie w nieco wcześniejszym opracowaniu S. Balcerkiewicza i M. Wojterskiej (1978) dla Doliny Pięciu Stawów Polskich. Opisano w nim strukturę przestrzenną krajobrazowych jednostek roślinności, nazwanych sigmasocjacjami (Béguin, Hegg 1975, 1976; Géhu 1976) i opublikowano mapy zbiorowisk roślinnych i mapy sigmasocjacji wybranych fragmen-

tów Doliny Pięciu Stawów Polskich w skali 1 : 10 000. Porównując mapy S. Balcerkiewicza i M. Wojterskiej z wcześniejszymi opracowaniami wydawać się może paradoksem, że mapa w skali bardziej szczegółowej (1 : 10 000) zawiera jednostki wyższej rangi przestrzennej (jednostki krajobrazowe) niż mapa w skali mniej szczegółowej (1 : 35 000).

Wąskie ujęcie jednostek roślinności zaproponowane przez S. Balcerkiewicza zastosowano także na mapach roślinności Skrajnej Turni oraz północnych zboczy Beskidu w skali ok. 1 : 5000 (Kozłowska [w]: Rączkowska, Kozłowska 1994). W tej jeszcze bardziej szczegółowej skali pojawiła się nowa kategoria znaków legendy – kompleksy przestrzenne zbiorowisk. Tym samym znacznie wzrósł stopień skomplikowania legendy w stosunku do najstarszych map tatrzańskich. Analiza najnowszych ujęć map każe postawić problem: jeśli nie jest to nieumiejętność przeprowadzania przez ich autorkę generalizacji merytorycznej, to przy wzroście szczegółowości mapy mamy do czynienia z ujawnieniem się innego poziomu struktury roślinności i możliwe staje się kartowanie złożonego zróżnicowania przestrzennego zbiorowisk.

Dalszy ciąg komplikacji jednostek legendy polegający na wyróżnianiu lokalnych postaci zbiorowisk, jednostek o charakterze przejściowym oraz przestrzennych kompleksów zbiorowisk reprezentują publikowane tu mapy kotłów Gąsienicowego i Goryczkowego Świńskiego w skali 1:3000. Taki wzrost stopnia szczegółowości kartowania zbiorowisk roślinnych i stopnia komplikacji legendy map roślinności w skali szczegółowej każe postawić szereg pytań o charakterze metodycznym:

- jakiej rangi jednostki przestrzenne są przedmiotem kartowania szczegółowego w obszarach wysokogórskich?
- jakie czynniki powodują zróżnicowanie struktury przestrzennej górskich zbiorowisk roślinnych?
- jaka jest specyfika szczegółowych map roślinności wysokogórskiej?
- jaka jest struktura przestrzenna zbiorowisk widziana w skali szczegółowej?

Niniejsza praca jest próbą odpowiedzi na 3 pierwsze postawione powyżej pytania. Punktem wyjścia są doświadczenia kartograficzne autorki w kartowaniu roślinności wysokogórskiej w skali szczegółowej, a zwłaszcza zdobyte przy wykonywaniu map roślinności Kotła Gąsienicowego (mapa 3) i Goryczkowego Świńskiego (mapa 4). Struktura przestrzenna zbiorowisk roślinnych jest przedmiotem kolejnej pracy (A. Kozłowska, A. Jakomulska w tym tomie s. 63–79).

## 4.2. METODA WYKONANIA MAP

Kartowanie terenowe roślinności obu kotłów odbywało się na podkładach specjalnie przygotowanych przez zespół geodetów z AGH pod kierownictwem dr. W. Borowca. Dla Kotła Gąsienicowego był to podkład w skali 1:500 (zmniejszono go potem do skali 1 : 1000), dla Kotła Goryczkowego Świńskiego – w skali 1 : 1000. Podkład taki uwzględniał możliwie dużo drobnych punktów odniesień, takich jak kępy kosodrzewiny, skałki, piargi itp.

Podstawą ustalenia jednostek legendy były zdjęcia fitosocjologiczne i próbne mapy roślinności, wykonywane wcześniej przez autorkę pracy w rejonie Hali Gąsienicowej.

Kartowanie roślinności odbywało się metodą przeciwstoku, następnie sprawdzano poprawność identyfikacji i lokalizacji wydzielen przechodząc teren wzdłuż transektów poziomych i pionowych, co nie było rzeczą zupełnie prostą, zważywszy na górski teren i miejscami duże nachylenia stoków.

Kartowanie odbywało się w sierpniu, w drugiej i trzeciej dekadzie. Zakończenie prac terenowych nastąpiło w pierwszych dniach września. Jest to najlepszy termin do kartowania roślinności wysokogórskiej – roślinność jest już w pełni rozwinięta, także na północnych stokach, wąskolistne trawy kwitną i owocują, można więc rozróżniać gatunki. Rośliny są odpowiednio wybarwione i można rozgraniczać płaty roślinności (muraw alpejskich z sitem skucią, zbiorowisk krzewinkowych czy traworośli) na podstawie kolorów.

Za podstawową jednostkę kartowania roślinności przyjęto zespół roślinny według szkoły środkowoeuropejskiej. Posługiwano się jednostkami wyróżnionymi przez Balcerkiewicza (1984) uwzględniając lokalną specyfikę. Kartowano wszystkie różniące się, bardzo wąsko ujęte typy zbiorowisk. Interpretacja dominujących jednostek roślinności wymagała określenia zbiorowiska do jednostek poniżej podzespołu (a więc facji) na podstawie dominacji gatunków.

Tak szczegółowa legenda wymuszona była skalą opracowania. Rysowane w skali 1:1000 wydzielenia zdawały się być i tak bardzo duże, sprawiając wrażenie niewykorzystania skali. 3-krotne zmniejszenie odbyło się bez konieczności generalizacji kartograficznej.

Legenda jest bardzo rozbudowana, każdy typ zbiorowiska roślinnego otrzymał własny kolor. Zbliżone typologicznie jednostki mają podobne kolory, zbiorowiska przejściowe nawiązują kolorystycznie do obu typów. Przyjęte tu zostało dyferencyjne rozwiązanie problemu typologicznego zbiorowisk o charakterze przejściowym (Faliński 1990).

#### 4.3. CZYNNIKI ABIOTYCZNE POWODUJĄCE ZRÓŻNICOWANIE ROŚLINNOŚCI WYSOKOGÓRSKIEJ ROZPATRYWANE JAKO FUNKCJA SKALI ODDZIAŁYWANIA

Na zróżnicowanie roślinności wysokogórskiej wpływa cały szereg czynników abiotycznych o różnej skali oddziaływania.

Czynnikiem o najszerszym zasięgu jest oczywiście sam fakt istnienia masywu górskiego. Wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. zmienia się mezoklimat powodujący wytworzenie się pięter klimatyczno-roślinnych.

Kolejnym czynnikiem jest trofizm podłoża wyrażający się w dostępności składników odżywczych dla roślin. Obecność skał węglanowych lub bezwęglanowych determinuje powstanie w tym samym piętrze klimatyczno-roślinnym różnych typów zbiorowisk roślinnych, zależnych od dostępności węglanu wapnia i innych substancji mineralnych dla roślin.

Następne czynniki mają już charakter bardziej lokalny. Należą do nich: długość zalegania pokrywy śnieżnej, wilgotność podłoża, topoklimat (ekspozycja stoku), procesy rzeźbotwórcze panujące na stoku.

U podstaw zróżnicowania roślinności w skali mikro leżą różnice w mikro-rzeźbie i mikroklimacie, dynamice zbiorowisk.

Na to wszystko nakłada się działalność człowieka – miniona lub bieżąca (wycinanie drzew i kosodrzewiny, wypas). Powoduje ona zmiany w roślinności:

- obniżenie górnej granicy zasięgu gatunków drzewiastych (co nie oznacza obniżenia pięter klimatyczno-roślinnych!),
- rozszerzanie się takich typów muraw, które wytrzymują wypas, wydeptywanie i np. użytkowanie przez narciarzy,
- rozpowszechnianie się pionierskich zbiorowisk na niekorzyść zwartych i ustabilizowanych,
- tworzenie się zbiorowisk synantropijnych lub zsynantropizowanych postaci zbiorowisk naturalnych.

#### 4.4. JEDNOSTKI LEGENDY MAPY ROŚLINNOŚCI JAKO FUNKCJA SKALI

Wymienione powyżej czynniki mają swe odbicie w jednostkach typologicznych roślinności różnej rangi.

Piętra klimatyczne znajdują swój wyraz w formacjach roślinnych charakterystycznych dla danego piętra. W obrębie formacji właściwej dla danego piętra klimatycznego istnieją zbiorowiska o charakterze zonalnych.

Różnice podłoża odzwierciedlają się w zbiorowiskach siedlisk wapiennych i krzemianowych, które zwykle, w typologii fitosocjologicznej, należą do różnych klas, a więc jednostek najwyższych rangą.

Dalsze zróżnicowanie – na różnego typu zbiorowiska różnych siedlisk, głównie uwarunkowanych śniegiem, wodą, czynnikami mechanicznymi (lawiny, sypiące się piargi) – wyraża się różnicami w randze zespołu.

Zróżnicowanie zespołu na jednostki niższej rangi: podzespoły, warianty, facje jest odpowiedzią na niższego szczebla zróżnicowanie lokalnosiedliskowe. Jest ono dobrze wyrażone w zbiorowiskach zonalnych. Zróżnicowanie to, zwykle nie do przedstawienia w skalach mniej szczegółowych, wybija się na pierwszy plan w skali szczegółowej, większej niż 1:10 000.

#### 4.5. SPECYFIKA MAP ROŚLINNOŚCI WYSOKOGÓRSKIEJ

Mapy roślinności wysokogórskiej w skali szczegółowej odznaczają się dużą specyfiką:

- Konieczne jest uwzględnienie na nich zróżnicowania roślinności od piętrowego do bardzo szczegółowego zróżnicowania lokalnosiedliskowego.

Oznacza to uwzględnianie w legendzie mapy jednostek typologicznych różnej rangi; częste są podzespoły i postaci lokalne.

– Szczegółowa skala zmusza do kartowania zbiorowisk o pośrednim charakterze fitosocjologicznym. Oznacza to potrzebę odstopniowania „pośredniości” zbiorowiska w stosunku do typu.

– Przy szczegółowej skali kartowania w górach napotyka się także na potrzebę wyrażenia gradientu środowiskowego – strefy ekotonowej między piętrami roślinności lub dużymi formami rzeźby. Pomijane przy mniej szczegółowym kartowaniu przejściowe płaty roślinności muszą tu być potraktowane jako osobne jednostki legendy.

– Istnienie w górach powierzchni, na których stale zachodzą procesy torencjalne (spływy gruzowe i inne gwałtowne ruchy masowe), powstrzymuje sukcesję roślinności do stadium w pełni zrównoważonego. Nie zawsze znajduje to wyraz w występowaniu np. specyficznej roślinności piargowej. Mogą to być także stale utrzymujące się słabiej zwarte postaci muraw czy traworośli. Znajdują one także swój wyraz w legendzie szczegółowych map roślinności wysokogórskiej.

– Szczególnie specyficzną cechą roślinności wysokogórskiej jest występowanie mikromozajki zbiorowisk i mikromozajki w obrębie zbiorowisk jako wyrazu mikromozajki siedlisk, tworzącej się na skutek istnienia mikrorzeźby terenu. Lokalne niewielkie pofalowania i nabrzmienia stoków powodują różnice w wilgotności podłoża i długości zalegania pokrywy śnieżnej. Powoduje to występowanie tak małopowierzchniowych biochor poszczególnych typów zbiorowisk roślinnych, że trudno je uznać za odpowiadające jednostkom strukturalno-funkcjonalnym – ekosystemom. Dopiero taki powtarzalny, trwały kompleks zbiorowisk związany z danym typem stoku stanowi jednostkę funkcjonalną i może być przedmiotem kartowania geobotanicznego. Problem ten przypomina dyskutowaną już dawno temu strukturę torfowiska wysokiego i możliwość jej kartograficznego przedstawienia.

– Oprócz zastosowanego tu ujęcia typologicznego według szkoły środkowoeuropejskiej istnieją inne sposoby podejścia do klasyfikacji roślinności. Klasyfikację taką dla roślinności tundry tworzyła i wciąż rozbudowuje szkoła skandynawska. Opiera się ona na dominacji gatunków, ich frekwencji i uznaniu względnej samodzielności synuzji (Du Rietz 1930). Pozwala to na wyeksponowanie, w tej na pozór monotonnej roślinności, licznych, fizjonomicznie różniących się jednostek roślinności zwanych socjacjami, odpowiadających facjom roślinności w ujęciu szkoły środkowoeuropejskiej (np. Du Rietz 1950; Gjærevoll 1956; Persson 1965). Pozwala to na prawie ciągłe odstopniowanie lokalnego zróżnicowania roślinności. Mozaikowatość, jako sposób organizacji przestrzennej roślinności, opisana została w sposób szczegółowy dla roślinności tundry (Matveyeva 1988). Wydaje się, że istnieje pewna analogia w organizacji przestrzennej roślinności obu środowisk – tundrowego i wysokogórskiego. Oznacza to być może, że większą czytelność legendy i uniknięcie jednostek kompleksowych można by osiągnąć stosując inny system klasyfikacyjny jednostek roślinności.

#### 4.6. WNIOSKI

– Podejście metodyczne fitosocjologicznej szkoły środkowoeuropejskiej w odniesieniu do kartowania zbiorowisk, sprawdzone i dobrze funkcjonujące w skali średniej, daje się także zastosować w skali szczegółowej 3000–5000, wymaga jednak rozbudowania systemu jednostek poniżej zespołu.

– Przy bardziej szczegółowej skali należałoby rozważyć zastosowanie rozwiązań klasyfikacyjnych opartych na innych kryteriach np. lokalnych skupieniach gatunków.

### PROBLEMS OF LARGE SCALE VEGETATION MAPPING (AS EXAMPLIFIED BY VEGETATION MAPS OF KOCIOŁ GAŚIENICOWY AND KOCIOŁ GORYCZKOWY ŚWIŃSKI)

#### Summary

The subject of the research presented in this paper is the special characteristics of large scale maps of mountain vegetation and methodical difficulties encountered during the mapping process. The problems are discussed by reference to vegetation maps from the Tatra Mountains: of Kocioł Gaśienicowy and Kocioł Goryczkowy Świński. Vegetation units delimited on the maps comply with the Braun-Blanquet phytosociological school and include associations, sub-associations, local variants and spatial complexes of communities.

The influence of abiotic components of the environment on the differentiation of mountain vegetation is discussed. Typological differentiation of vegetation resulting from the scale of research is addressed.

The following problems are considered distinctive for large-scale maps of mountain vegetation:

- the maps should include differentiation of vegetation due to belt and local habitat differentiation which leads to delimitation of typological units of different order subassociations and local variants,
- the detailed scale requires mapping of transitional units, including ecotones: both typological and spatial,
- the dynamics of slope processes should be expressed by units of different dynamic stadiums and the density of vegetation.

One of the most distinctive characteristics of high-mountain vegetation is the micromosaic of communities and of facies resulting from the micromosaic of habitats. This fact leads to the occurrence of areas of biochore of particular types of vegetation communities, that are so small that they can hardly be considered structural and functional units (ecosystems). Only such repeatable and stable complexes of communities, connected to a particular type of relief constitute functional units and can be the subject of geobotanical mapping.

Finally, special attention should be paid to another approach to vegetation classification, which would avoid the delimitation of complex units. The Scandinavian school, recognising sociological groups of species, and performing well for in the description of the differentiation of high-mountain tundra vegetation might be considered as one possible solution.

## LITERATURA

- Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego*, K. Trafas (red.), Tatrzański Park Narodowy i Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Zakopane – Kraków.
- Balcerkiewicz S., 1984, *Roślinność wysokogórska Doliny Pięciu Stawów Polskich w Tatrach i jej przemiany antropogeniczne*, Wyd. Nauk. UAM Poznań, Ser. Biologia, 25, s. 1–191.
- Balcerkiewicz S., Wojterska M., 1978, *Sigmassoziationen in der Hohen Tatra*, [w:] R. Tüxen (red.), *Assoziationskomplexe (Sigmeten)*, Ber. d. Intern. Symp. d. Intern. Vereinigung f. Vegetationskunde, s. 161–177, J.Cramer, Vaduz.
- Béguin C., Hegg O., 1975, *Quelques associations d'associations (sigmassociations) sur les anticlinaux jurassiens recouverts d'une végétation naturelle potentielle (essai d'analyse scientifique du paysage)*, Documents phytosociologiques, s. 9–14.
- 1976, *Une sigmassociation remarquable au pied du premier anticlinal jurassien*, Documents phytosociologiques, s. 15–18.
- Du Rietz G.E., 1930, *Vegetationsforschung auf der soziationsanalytischer Grundlage*, [w:] E. Abderhalden (red.), *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden*, 11(5), Urban & Schwarzenberg, Berlin und Wien.
- 1950, *Phytosociological excursion to the surroundings of Lake Tornetrask in Torne Lappmark (Northern Sweden)*, 7th. Int. Bot. Congr. Stockholm, Excursion Guide.
- Faliński J.B., 1990, *Kartografia geobotaniczna*, PPWK, Warszawa – Wrocław.
- Géhu J.-M., 1976, *Sur les paysages végétaux, ou sigmassociations des prairies salées du nord-ouest de la France*, Documents phytosociologiques, s. 15–18.
- Gjærevoll O., 1956, *The snow-bed vegetation in the surroundings of lake Tornetrask, Swedish Lappland*, Sw. Bot. Tidskr., 44(2).
- Matveyeva N.V., 1988, *The horizontal structure of tundra communities*, [w:] H.J. During., M.J.A. Werger, J.H. Willems (red.), *Diversity and pattern in plant communities*, s. 59–65, SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.
- Myczkowski, Piękoś-Mirkowa, Baryła, 1985, *Mapa roślinności Tatrzańskiego Parku Narodowego*, [w:] K. Trafas (red.), *Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Tatrzański Park Narodowy i Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Zakopane – Kraków.
- Pawłowski B., Stecki K., 1927, *Zespoły roślin w Tatrach. Cz. IV. Zespoły roślin w Dolinie Miętusiej i na głównym masywie Czerwonych Wierchów*, Bull. Int. Acad. Pol. Sc. Lettr. Math. Nat. B. Suppl. 2, s. 79–121.
- Pawłowski B., Sokolowski M., Wallisch K., 1928, *Zespoły roślin w Tatrach. Cz. VII. Zespoły roślinne i flora doliny Morskiego Oka*, Rozpr. Wydz. Mat.-Przyr. PAU, 6 A/B, s. 171–131.
- Persson Å., 1965, *Mountain mires*, Acta Phytogeogr. Suecica, 50.
- Rączkowska Z., Kozłowska A., 1994, *Geobotaniczne wskaźniki denudacji stoków wysokogórskich*, Conference Papers IGiPZ PAN, 20, s. 75–85.
- Szafer W., Pawłowski B., Kulczyński S., 1923, *Zespoły roślin w Tatrach. Cz. I. Zespoły roślin w dolinie Chochołowskiej*, Bull. Int. Acad. Pol. Sc. Lettr. Math. Nat. B. Suppl. 3, s. 1–66.
- 1927, *Zespoły roślin w Tatrach. Cz. III. Zespoły roślin w dolinie Kościeliskiej*, Bull. Int. Acad. Pol. Sc. Lettr. Math. Nat. B. Suppl. 2, s. 13–78.
- Szafer W., Sokolowski M., 1927, *Zespoły roślin w Tatrach. Cz. V. Zespoły roślin w dolinach położonych na północ od Giewontu*, Bull. Int. Acad. Pol. Sc. Lettr. Math. Nat. B. Suppl. 3, s. 123–140.

Adres autora:

Anna Kozłowska – Zakład Geoekologii IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, e-mail a.kozl@twarda.pan.pl





ANNA JAKOMULSKA

5. PRZYSTOSOWANIA A SPEKTRALNA  
CHARAKTERYSTYKA GATUNKÓW WYSOKOGÓRSKICH:  
*JUNCUS TRIFIDUS*, *LUZULA SPADICEA*  
I *CALAMAGROSTIS VILLOSA*. OSZACOWANIE  
MOŻLIWOŚCI ZDALNEJ IDENTYFIKACJI  
ROŚLINNOŚCI WYSOKOGÓRSKIEJ

5.1. WSTĘP

Teledetekcja roślinności pozwala na analizę zarówno jakościowego, jak i ilościowego zróżnicowania roślinności. Klasyczne zastosowania teledetekcji obejmują kartowanie pokrycia terenu i monitoring roślinności, np. sukcesji lasu (Hall i in. 1991; Lucas i in. 1993), procesu pustynnienia (Tucker i in. 1986), analizy wilgotności siedlisk (Nemani, Running 1989), czy też cykli biogeochemicznych (Potter i in. 1993). Większość prac dotyczy jednak badań roślinności w skalach globalnych i regionalnych – rzadkie jak dotąd są próby teledetekcyjnego kartowania roślinności w skali szczegółowej. Szersze zastosowanie teledetekcji w badaniach roślinności postulują fitosocjologowie (Küchler, Zonneveld 1988; Faliński 1990) – szczególnie w środowiskach, gdzie kartowanie terenowe jest utrudnione. Niedostępność stoków, krótki sezon wegetacyjny i zmienna pogoda w górach, uzasadniają zastosowanie teledetekcji w badaniach roślinności wysokogórskiej.

Ze względu na ogromne zróżnicowanie i dynamikę komponentów abiotycznych w środowiskach wysokogórskich występująca tam roślinność charakteryzuje się ogromną zmiennością przestrzenną i dynamiką. Opracowania kartograficzne roślinności górskiej powinny więc być prowadzone w skalach dużych. Zarówno metody interpretacji wizualnej, jak i cyfrowe przetwarzanie zdjęć pozwalają na kartowanie w górach roślinności różnych formacji (Bielecka 1980, 1986; Bielecka i in. 1994).

Przedmiotem niniejszej pracy jest analiza zróżnicowania gatunków oraz zbiorowisk wysokogórskich tej samej formacji roślinnej, metodami z zakresu fizjologii i spektrometrii, pod kątem oszacowania możliwości prowadzenia wielkoskalowych badań roślinności wysokogórskiej metodami teledetekcji. Analizę możliwości zdalnej identyfikacji roślinności przeprowadzono na podstawie badań trzech powszechnych i typowych zbiorowisk piętra alpejskiego i subalpejskiego Tatr: *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi*, *Luzuletum spadice-*

*ae* i *Calamagrostietum villosae tatricum*, reprezentowanych przez dominujące w nich gatunki (odpowiednio): *Juncus trifidus*, *Luzula spadicea* i *Calamagrostis villosa*.

Rozpoznanie obiektów na materiałach teledetekcyjnych metodą cyfrowego przetwarzania obrazów oparte jest przede wszystkim na analizie odbicia promieniowania słonecznego w różnych zakresach spektrum. Wielkość absorpcji promieniowania słonecznego roślin zależy od energii promieniowania (długości fali): ultrafiolet i promieniowanie widzialne wykorzystywane są przez rośliny w procesie fotosyntezy i w reakcjach fotomorfogenetycznych, natomiast niskoenergetyczne promieniowanie podczerwone związane jest z procesami ogrzewania roślin, ewapotranspiracji i transpiracji. W zakresie widzialnym o odbiciu promieniowania słonecznego decyduje zawartość barwników w liściu, natomiast w zakresie bliskiej podczerwieni – wewnętrzna struktura liścia (w zakresie 0,75 – 1,35  $\mu\text{m}$ : wielkość i ilość przestrzeni międzykomórkowych, w zakresie 1,35 – 2,5  $\mu\text{m}$ : zawartość wody w tkankach, z maksimum absorpcji promieniowania w zakresie 1,45 i 1,95  $\mu\text{m}$ ). W prezentowanej pracy celowe wydawało się przeprowadzenie szczegółowych analiz tych przystosowań fizjologicznych (funkcjonalnych) roślin, które mają bezpośredni wpływ na wielkość odbicia promieniowania elektromagnetycznego. W niniejszym artykule zaprezentowano wyniki następujących pomiarów:

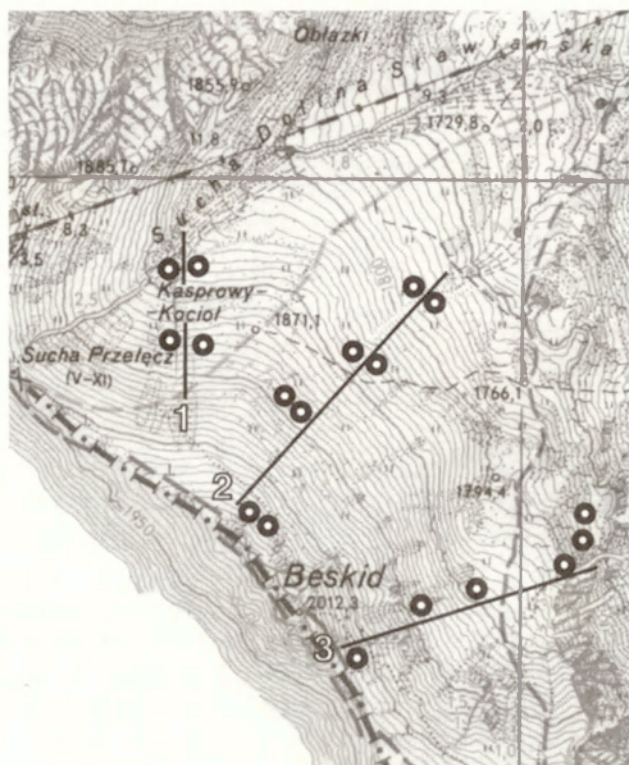
- 1) zawartości barwników asymilacyjnych,
- 2) transpiracji,
- 3) zawartości wody w tkankach.

Uzyskane parametry zestawiono z wynikami terenowych i laboratoryjnych pomiarów spektrometrycznych oraz analizy charakterystyk spektralnych badanych zbiorowisk, opracowanych na podstawie satelitarnego zdjęcia Landsat TM.

## 5.2. METODY I MATERIAŁ BADAWCZY

Badania zasadnicze przeprowadzono na 18 poletkach testowych o różnej wysokości nad poziomem morza, nachyleniu stoku i wilgotności podłoża, położonych wzdłuż trzech transektów na stoku Beskidu o różnej wystawie słonecznej i na wiatr (ryc. 1). Wybór punktów pomiarowych w obrębie zróżnicowanych siedlisk miał na celu zapewnienie powtarzalności i reprezentatywności wyników badań. Dodatkowo wykonano kilkanaście pomiarów wybranych parametrów w niższych partiach piętra subapejskiego Doliny Gąsienicowej oraz w alpejskim piętrze Tatr Zachodnich, na stokach Ciemniaka i Starorobociańskiego Wierchu.

Badania terenowe i laboratoryjne wykonano w drugiej połowie sierpnia w okresie największego wigoru i zróżnicowania roślinności: analizy barwników fotosyntetycznych wykonano w 1997 i 1998 roku; zawartości wody w tkankach i pomiary spektrometryczne w roku 1997, zaś pomiary transpiracji – w roku 1998.



Ryc. 1 Położenie terenowych punktów pomiarowych w Dolinie Gąsienicowej (Wykorzystano fragment mapy z Atlasu TPN za zgodą K. Trafasa)

Location of field measurement sites in Gąsienicowa Valley

W kameralnej analizie charakterystyk spektralnych badanych zbiorowisk wykorzystano fragment sceny satelitarnej nr 187/26 zobrazowanej dnia 6 sierpnia 1992 roku przez skaner Thematic Mapper umieszczony na satelicie Landsat 5.

### 5.2.1. GATUNKI I ZBIOROWISKA ROŚLINNE

Analizie poddano trzy typowe i powszechne w Tatrach zbiorowiska trawia-  
ste piętra alpejskiego i subalpejskiego: *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi*,  
*Luzuletum spadiceae* i *Calamagrostietum villosae tatricum* oraz gatunki roślin:  
*Juncus trifidus*, *Luzula spadicea* i *Calamagrostis villosa*, które są gatunkami  
dominującymi w badanych zbiorowiskach. *Juncus trifidus* (sit skucina) jest  
powszechnym i dominującym gatunkiem muraw piętra alpejskiego. Występuje  
na stokach i półkach skalnych, piargach i morenach, tworząc wiele podzespół-  
tów i postaci zbiorowiska *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi*. *Luzula spadicea*  
(kosmatka brunatna) tworzy powszechne, zielne zbiorowisko wyleżyskowe  
*Luzuletum spadiceae*, porastające wklęsłe partie stoków, kotły, dna dolin  
i rozleglejszych żlebów, z długo zalegającą pokrywą śnieżną. *Calamagrostis*

*villosa* (trzcinnik owłosiony) tworzy jedno z najbardziej typowych zbiorowisk traworoślowych porastające strome, lawiniaste zbocza – *Calamagrostietum villosae taticum*. Zbiorowiska te występują na skałach granitowych oraz kwaśnych utworach stokowych. W celu uniknięcia powtarzania długich nazw gatunków i zespołów, w dalszej części artykułu nazwy gatunków: *Juncus trifidus*, *Luzula spadicea* i *Calamagrostis villosa* używane są zamiennie z terminami (odpowiednio): sit, kosmatka oraz trzcinnik, natomiast nazwy zbiorowisk: *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi*, *Luzuletum spadiceae* i *Calamagrostietum villosae taticum* zastąpiono terminami (odpowiednio): murawa, wyleżysko i traworośle.

### 5.2.2. ILOŚCIOWE I JAKOŚCIOWE OZNACZENIE BARWNIKÓW FOTOSYNTETYCZNYCH

Próbki liści badanych gatunków roślin: *Juncus trifidus*, *Luzula spadicea* i *Calamagrostis villosa* pobrano z pól testowych (z każdego płatu zbiorowiska roślinnego zebrano materiał roślinny w trzech powtórzeniach; rośliny rosły w odległości kilku metrów od siebie). Próby te zostały przewiezione do laboratorium, gdzie przeprowadzono oznaczenie zawartości barwników fotosyntetycznych *in vitro* techniką spektrofotometrii absorpcyjnej według metody Lichtenthalera i Wellburna (1983). Absorbpcję światła mierzono przy następujących długościach fal: chlorofilu *a* i *b*: 663,2 nm, i 646,8 nm, karotenoidów (całkowita zawartość): 470 nm oraz karotenów:  $\alpha$ - i  $\beta$ -karotenu: 446, 453 nm; ksantofili: luteiny: 445 nm, wiolaksantyny: 443 nm oraz neoksantyny: 439 nm. Pomiary spektrofotometryczne dla każdej z prób wykonano dwukrotnie. Ilościowe oznaczenie zawartości poszczególnych karotenoidów przeprowadzono metodą chromatografii cienkowarstwowej na żelu krzemowym według metody Daviesa (1996).

### 5.2.3. POMIARY TRANSPIRACJI

Pomiary transpiracji badanych gatunków roślin wykonano przy pomocy potometru. Z każdego poligonu pobrano 3 próby, dla każdej próbki wykonano po 2 pomiary. Mierzono czas pobierania 10  $\mu$ l wody przez odcięte liście roślin umieszczone w kuwecie z wodą. Pomiary wykonano w stałych warunkach: temperatury (ok. 20°C), wilgotności względnej powietrza (76%) i natężenia światła (ok. 30 W/m<sup>2</sup>).

### 5.2.4. OSZACOWANIE ZAWARTOŚCI WODY W TKANKACH

Z każdego poligonu pobrano po trzy próby materiału roślinnego. Zawartość wody określono metodą wagową. Z każdej próby wybrano po dwie 10-gramowe próbki liści, które suszono w suszarce w temperaturze 105°C przez 48 godzin, a następnie ważono.

### 5.2.5. TERENOWE POMIARY SPEKTROMETRYCZNE

Pomiary spektrometryczne wykonano spektrometrem polowym SP-1, operującym w tych samych zakresach spektralnych co radiometr Landsat MSS (500–600 nm, 600–700 nm, 700–800 nm i 800–1100 nm). Kąt widzenia spektrometru wynosi 14°; dla pomiarów wykonanych z wysokości 1 m wielkość chwilowego pola widzenia odpowiada ok. 0,625 m<sup>2</sup>. Otrzymane wyniki są więc reprezentatywne nie tyle dla gatunków, co dla fitocenoz.

W sumie wykonano 500 pomiarów: po 20 pomiarów w każdym z pól testowych. Przeprowadzono kalibrację danych związaną ze zmiennym natężeniem promieniowania słonecznego w trakcie wykonywania pomiarów.

We wstępnej analizie statystycznej przeprowadzonej dla wszystkich wykonanych pomiarów terenowych i laboratoryjnych odrzucono te wyniki, których odchylenie standardowe od wartości średniej było wyższe od 2.

### 5.2.6. ANALIZA CHARAKTERYSTYK SPEKTRALNYCH NA ZDJĘCIU SATELITARNYM LANDSAT TM

Skaner Thematic Mapper rejestruje odbicie promieniowania elektromagnetycznego w następujących zakresach spektralnych: niebieski (kanał 1: 0,45–0,52 μm); zielony (kanał 2: 0,52–0,60 μm); czerwony (kanał 3: 0,63–0,69 μm); podczerwień (kanał 4: 0,76–0,90 μm, kanał 5: 1,55–1,75 μm oraz kanał 7: 2,08–2,35 μm) oraz podczerwień termalna (kanał 6: 10,40–12,50 μm). W porównaniu ze skanerem Landsat MSS (i pomiarami wykonanymi spektrometrem polowym SP-1), Thematic Mapper rejestruje więc dodatkowo promieniowanie w dwóch zakresach bliskiej podczerwieni oraz w zakresie podczerwieni termalnej. Zakres termalny nie został wykorzystany w niniejszym doświadczeniu.

Spektralne charakterystyki badanych zbiorowisk roślinnych opracowano na podstawie jednorodnych i reprezentatywnych prób pikseli (wybrano próby ze stosunkowo dużych płatów roślinności i jedynie z klas „czystych”, tzn. klas typowych, nie będących podzespołami, wariantami, ani przestrzennymi kompleksami badanych zbiorowisk). Zespół *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* reprezentowany był przez podzespół *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum*. Próby te wybrano na podstawie mapy roślinności wysokogórskiej dolin: Pańszczycy, Gąsienicowej, Goryczkowej i Kondratowej w skali 1 : 20 000, red. A. Kozłowska<sup>1</sup> (materiały niepublikowane).

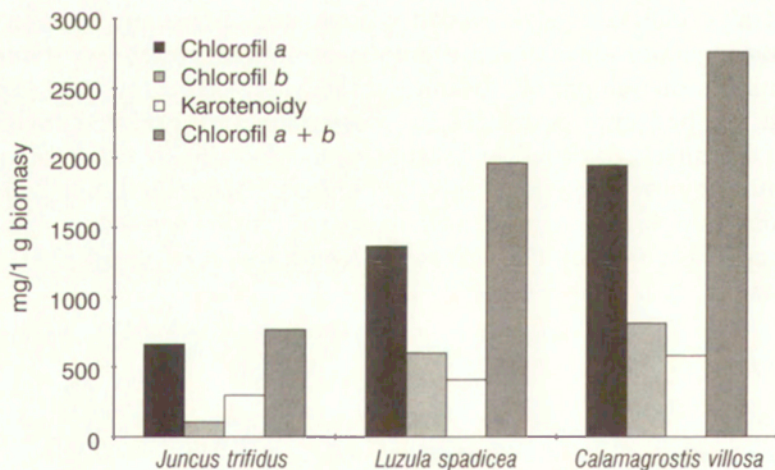
<sup>1</sup> Opracowanie na podstawie mapy roślinności w skali 1:10 000, generalizacja merytoryczna do skali 1:20 000 – Anna Kozłowska, generalizacja kartograficzna – Joanna Plit, opracowanie postaci cyfrowej – Anna Jakomulska.

## 5.3. WYNIKI

## 5.3.1. ZAWARTOŚĆ BARWNIKÓW FOTOSYNTETYCZNYCH ORAZ ICH WPŁYW NA WIDMO ABSORPCJI

Jakościowa i ilościowa analiza barwników fotosyntetycznych zawartych w liściach badanych gatunków roślin wykazała znaczne różnice między gatunkami. Największą zawartość chlorofilu ( $a+b$ ) na 1 g świeżej masy zawierał trzcinnik: 2,1–3,4 mg, następnie kosmatka: 1,6–2,5 mg, a sit posiadał tylko 0,5–0,9 mg (ryc. 2).

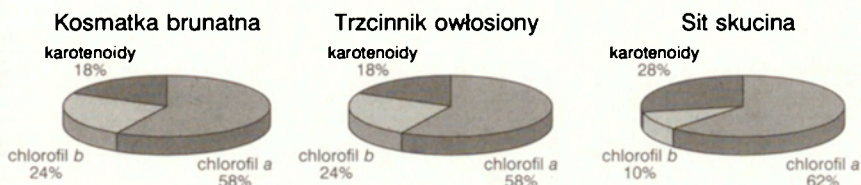
Z punktu widzenia funkcji życiowych roślin ważny jest stosunek zawartości poszczególnych barwników: chlorofilu  $a$  do chlorofilu  $b$  oraz sumarycznej zawartości chlorofilu do karotenoidów. Dla kosmatki stosunek chlorofilu  $a$  do chlorofilu  $b$  waha się w zakresie: 1,9–4,2; dla trzcinnika: 2,1–3,4, zaś dla situ 5,5–8,6. Stosunek 3:1 charakterystyczny jest dla barwników tylakoidów gran, natomiast w tylakoidach stromy obserwuje się względnie niższy udział chlorofilu  $b$ , wyrażający się stosunkiem chlorofilu  $a$  do  $b$  rzędu 5 : 1. Wysoki stosunek chlorofilu  $a$  :  $b$  zaobserwowany dla situ świadczy najprawdopodobniej o tym, że gatunek ten ma gorzej wykształcony układ granalny, a większość błon tylakoidowych występuje jako lamelle stromy. W błonach tylakoidowych występują 4 zróżnicowane pod względem składu i funkcji kompleksy białkowe, biorące udział w reakcjach świetlnych fotosyntezy. W centrum gran występuje kompleks PSII $\alpha$  charakteryzujący się dużym systemem antenowym, natomiast w lamellach stromy występuje PSII $\beta$ , który ma o około 60–70% mniejsze anteny zbierające światło. U gatunków poddanych długotrwałemu działaniu światła o wysokim natężeniu, synteza chlorofilu  $b$  jest obniżona, co pociąga za



Ryc. 2. Bezwzględna zawartość barwników asymilacyjnych w liściach: *Juncus trifidus*, *Luzula spadicea* i *Calamagrostis villosa*

Absolute content of photosynthesising pigments in leaves of: *Juncus trifidus*, *Luzula spadicea* and *Calamagrostis villosa*

sobą zmniejszenie sumarycznej wielkości anten energetycznych zbierających światło (Romanowska 1999). Można to zaobserwować właśnie na przykładzie situ, który występuje na najwyższych półkach skalnych Tatr i jest narażony na nadmierne promieniowanie słoneczne: w liściach kosmatki i trzcinnika chlorofil *b* stanowi 24% ogólnej zawartości barwników fotosyntetycznych, natomiast u situ – jedynie 10% (ryc. 3).



Ryc. 3. Udział barwników fotosyntetycznych w liściach badanych gatunków roślin  
Relative content of photosynthesising pigments in leaves of researched species

Sit zawiera stosunkowo dużo karotenoidów. Stosunek chlorofilu do karotenoidów dla situ zawiera się w przedziale 1,9–3,1, podczas gdy dla trzcinnika i kosmatki, odpowiednio 3,6–5,6 i 3,5–5,3 (tab. 1). Średni udział karotenoidów w ogólnej puli barwników asymilacyjnych zilustrowano na rycinie 3: sit zawiera aż 28% karotenoidów, podczas gdy kosmatka i trzcinnik – jedynie po 18%.

Karotenoidy określane są mianem barwników towarzyszących. Rola karotenoidów w organizmach roślinnych jest jednak dość różnorodna (Włoch, Więckowski 1982; Tuckendorf 1979):

– współdziałają w fotosyntezie: mogą one absorbować światło w zakresie długości fali nie absorbowanym przez chlorofil, a następnie przekazywać energię stanu wzbudzonego na cząsteczkę chlorofilu, działając jak antena (udział karotenów w procesie fotosyntezy jest znacznie większy niż ksantofili, ze względu na fakt, że przekazywanie energii wzbudzenia elektronowego z karo-

Tabela 1. Średnia zawartość barwników fotosyntetycznych w liściach badanych gatunków

	<i>Juncus trifidus</i>		<i>Luzula spadiccea</i>		<i>Calamagrostis villosa</i>	
	środkowy	późny	środkowy	późny	środkowy	późny
mg chlorofilu <i>a</i> w 1g masy	0,909	0,661	1,383	1,391	1,782	1,768
% chlorofilu <i>a</i>	61	62	61	58	60	58
mg chlorofilu <i>b</i> w 1g masy	0,269	0,104	0,493	0,593	0,655	0,743
% chlorofilu <i>b</i>	18	10	22	24	22	24
mg karotenoidów w 1g masy	0,302	0,297	0,394	0,439	0,520	0,537
% karotenoidów	20	28	17	18	18	18
Chlorofil <i>a</i> / chlorofil <i>b</i>	3,4	6,3	2,8	2,3	2,7	2,4
Chlorofil / karotenoidy	3,9	2,6	4,8	4,5	4,7	4,7

tenów na chlorofil *a* odbywa się z wydajnością prawie 100%, natomiast na ogół ze znacznie mniejszą – z ksantofili),

– przeciwdziałanie fotooksydacji lipidów błon tylakoidowych zachodzącej w warunkach tlenowych (głównie: anteraksantyna, zeaksantyna i  $\beta$ -karoten).

Udział poszczególnych karotenoidów w liściach badanych gatunków roślin jest podobny, poza wiolaksantyną, której zawartość była obniżona *in situ* (tab. 2).

T a b e l a 2. Procentowy udział poszczególnych karotenoidów w sumarycznej puli karotenoidów

	$\beta$ -karoten	$\alpha$ -karoten	Luteina	Wiolaksantyna	Neoksantyna	Karoteny/ksantofile
Sit skucina	21,3	1,1	58,4	6,4	12,8	0,29
Kosmatka brunatna	21,7	2,6	50,0	12,3	13,4	0,32
Trzcinnik owłosiony	18,4	1,2	56,5	11,3	12,6	0,25
Sucha wiecha situ	26,0	6,2	56,1	7,9	3,8	0,52

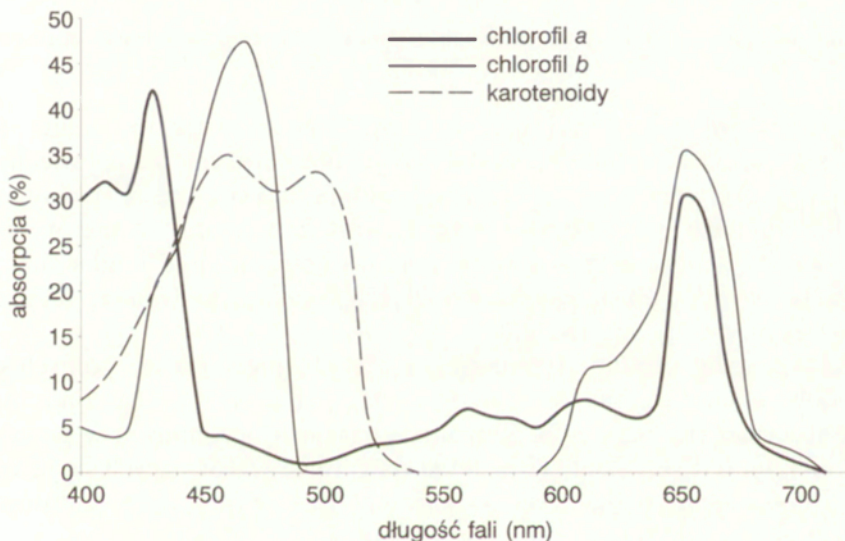
Istotne różnice zanotowano natomiast dla suchej wiechy situ, która charakteryzuje się obniżoną zawartością wiolaksantyny, a w szczególności neoksantyny. Stosunek karotenów do ksantofili jest tam prawie dwukrotnie wyższy niż dla zielonej części situ oraz dla liści trzcinnika i kosmatki. Z licznych badań wynika, że lamelle stromy są wzbogacone w karoteny, natomiast lamelle gran zawierają względnie więcej barwników ksantofilowych (Włoch, Więckowski 1982), stąd też zwiększoną zawartość  $\beta$ -karotenu i obniżoną zawartość ksantofili obserwuje się dla roślin rosnących w warunkach wysokiego natężenia promieniowania słonecznego. Zwiększony udział  $\beta$ -karotenu w podsadkach situ jest z pewnością związany z dodatkowym zabezpieczeniem rośliny przed nadmiernym promieniowaniem. Sucha wiecha situ starzeje się szybciej niż dolna, zielona część rośliny: zawiera ona bezwzględnie mniej barwników asymilacyjnych: w tym aż o około 50% mniej chlorofilu *a* i *b* i tylko o 15% mniej karotenoidów, w związku z czym zwiększa się względna zawartość karotenoidów.

Pomiary zawartości barwników w latach 1997 i 1998 wykonano w tym samym okresie (ostatnia dekada sierpnia). Mimo to okazało się, że w 1998 roku rośliny były we wcześniejszym stadium rozwoju. Wyniki badań z roku 1997 można więc uznać za reprezentatywne dla późniejszego okresu sezonu wegetacyjnego (starzenie się gatunków). W miarę starzenia się kosmatki wzrasta bezwzględna zawartość chlorofilu *b* (o około 20%) i karotenoidów (11%) – zawartość chlorofilu *a* nie ulega zmianie. U trzcinnika wzrasta zawartość chlorofilu *b* (13%). Wzrasta więc względna zawartość barwników ochronnych. W późnym stadium rozwoju *in situ* bezwzględna zawartość chlorofilu *a* i *b* znacznie spada (odpowiednio o 27 i 61%), podczas gdy zawartość karotenoidów praktycznie się nie zmienia. Na podstawie analizy procentowej zawartości barwników, wyraźną zmianę ich zawartości można obserwować *in situ*: w późniejszym stadium rozwoju zawartość chlorofilu *b* maleje na rzecz karotenoidów o około 8%.



Skład ilościowy i jakościowy barwników asymilacyjnych danego gatunku może podlegać wahaniom adaptacyjnym. W niniejszej pracy niewielka liczba prób zebranych z poligonów o identycznych warunkach siedliskowych nie upoważnia do wyciągania wniosków w tym zakresie, wydaje się jednak, że wraz z wysokością, u kosmatki i trzcinnika względny udział chlorofilu *a* i karotenoidów rośnie, a chlorofilu *b* maleje, natomiast u situ zawartość chlorofilu maleje, a karotenoidów rośnie. W obrębie piętra alpejskiego zmiany te nie przekraczają jednak 2% i nie powinny mieć wpływu na odbicie spektralne zbiorowisk położonych na różnych wysokościach.

Widmo absorpcyjne chlorofilu *b* w stosunku do widma chlorofilu *a* charakteryzuje się przesunięciem krzywej absorpcji w kierunku fal dłuższych (ryc. 4) w zakresie niebiesko-zielonym oraz w kierunku fal krótszych, w zakresie czerwonym.



Ryc. 4. Widmo absorpcyjne głównych barwników fotosyntetycznych

Spectral absorption of main photosynthesising pigments

Przy zastosowaniu radiometrów lub skanerów obrazujących, rejestrujących wąskie zakresy promieniowania: ok. 440 i 470 nm oraz 646 i 663 nm, można by więc rozpoznać gatunki różniące się zawartością chlorofilu *b*. Ze względu na silne rozpraszanie światła niebieskiego zakres ten rzadko jest używany w teledetekcji. Wyraźnie inną krzywą absorpcji charakteryzują się natomiast karotenoidy, które absorbują światło niebiesko-zielone, z maksimum przesuniętym w kierunku fal dłuższych, w porównaniu do absorpcji chlorofilu, natomiast, w przeciwieństwie do chlorofilu, nie absorbują światła czerwonego. Wysokie zróżnicowanie zawartości karotenoidów w badanych gatunkach roślin wywiera istotny wpływ na absorpcję światła (ryc. 5). Sit, zawierający mniej barwników chlorofilowych i stosunkowo dużo karotenoidów w stosunku do

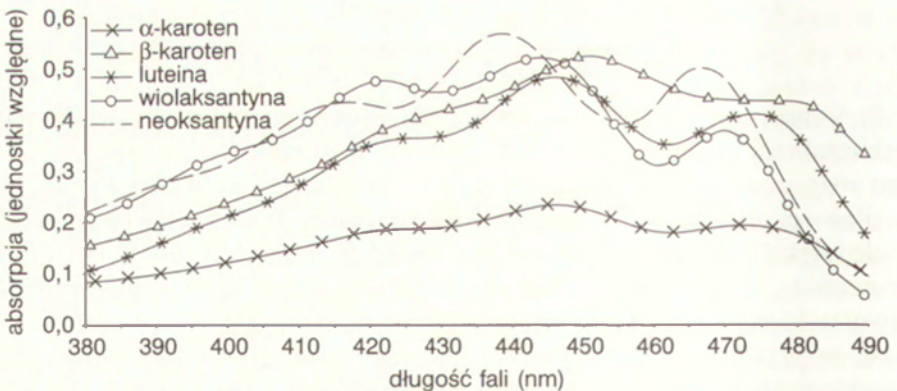


Ryc. 5. Widmo absorpcyjne mieszaniny barwników fotosyntetycznych zawartych w liściach badanych gatunków

Spectral absorption of photosynthesising pigments mixture derived from leaves of researched species

pozostałych dwóch badanych gatunków wykazuje podwyższone odbicie światła w zakresie niebieskim i czerwonym. Widmo absorpcyjne suchej wiechy situ w zakresie czerwonym jest zbliżone do widma zielonej części rośliny, natomiast w zakresie niebieskim absorpcja wyraźnie wzrasta, co jest wynikiem wysokiej względnej zawartości karotenoidów. Trzcinnik i kosmatka charakteryzują się wysoką absorpcją fotosyntetycznie czynnego światła, przy czym najwyższą absorpcję ma trzcinnik.

Analiza spektrofotometryczna widma absorpcyjnego poszczególnych karotenoidów jest utrudniona ze względu na fakt, że wykazują one kilka maksimów absorpcji (na ogół 3) w zbliżonych pasmach, skupionych w przedziale 410–490 nm (ryc. 6). Zdalna identyfikacja gatunków, różniących się jakościowym i ilościowym zróżnicowaniem karotenoidów, wymagałyby zastosowania



Ryc. 6. Widmo absorpcyjne poszczególnych karotenoidów

Spectral absorption of carotenoids

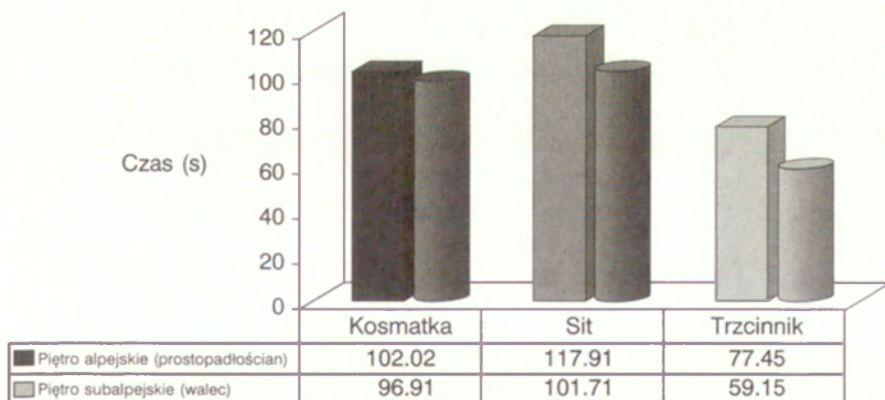
danych hiperspektralnych, o wąskich zakresach kanałów. Ponadto stwierdzono (Goedheer 1969), że *in vivo* karotenoidy wykazują nieco inne właściwości fizykochemiczne niż *in vitro*, np. *in vivo* główne pasma absorpcji w zakresie promieniowania widzialnego są przesunięte o kilkanaście nm w kierunku fal dłuższych w stosunku do analogicznych pasm absorpcji barwników w rozpuszczalnikach organicznych.

### 5.3.2. NATĘŻENIE TRANSPIRACJI

Wyniki pomiarów transpiracji przedstawiono na rycinie 7. Transpiracją, tak jak innymi procesami wymiany gazowej rządzą prawa dyfuzji: intensywność transpiracji zależna jest od warunków zewnętrznych oraz od szeregu procesów przebiegających wewnątrz organizmu roślinnego decydujących o gospodarce wodnej, a przede wszystkim związanych z ciśnieniem osmotycznym i stanem aparatów szparkowych. Duża powierzchnia liścia w stosunku do jego masy wzmacnia straty wody wskutek znacznej powierzchni kontaktu rośliny z otaczającym powietrzem. Wyjaśnia to szybszą transpirację szerokich liści trzcinnika i kosmatki w stosunku do zwiniętej blaszki liściowej situ.

W niniejszym doświadczeniu pomiary wykonano w stałych warunkach, zmierzoną transpirację można więc uznać za potencjalną, zależną jedynie od czynników anatomicznych. Intensywność transpiracji związana jest między innymi z sumaryczną objętością przestrzeni międzykomórkowych. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że miękisz gąbczasty trzcinnika zawiera stosunkowo duże przestrzenie międzykomórkowe. Wpływ struktury liścia na odbicie promieniowania elektromagnetycznego omówiono w rozdziale zawierającym wyniki terenowych pomiarów spektrometrycznych.

Na rycinie 7 przedstawiono średni czas transpiracji  $0,01 \text{ cm}^3$  wody przez 1 g masy badanych gatunków roślin dla punktów pomiarowych położonych



Ryc. 7. Czas transpiracji  $0,01 \text{ cm}^3$  wody przez 1 g masy

Time of transpiration of  $0,01 \text{ cm}^3$  water by 1 g of biomass

w piętrze alpejskim i subalpejskim; w piętrze subalpejskim zarejestrowano krótszy czas transpiracji. W niniejszej pracy nie wykonano pomiarów wskaźnika powierzchni liścia (LAI), można jednak wysnuć hipotezę, że większe natężenie transpiracji roślin zebranych z piętra subalpejskiego jest związane ze wzrostem powierzchni blaszek liściowych.

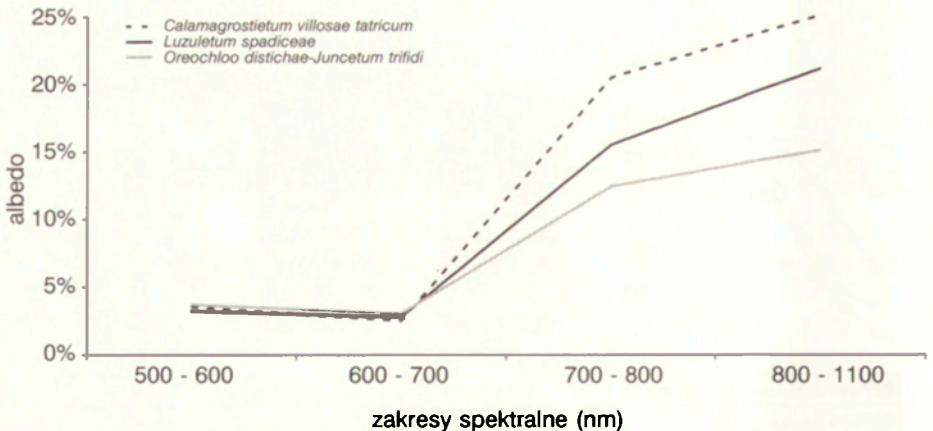
### 5.3.3. ZAWARTOŚĆ WODY W TKANKACH

Trzcinnik i sit wykazują zbliżoną zawartość wody w tkankach: odpowiednio: 70,5% i 71,3%, natomiast kosmatka, która jest gatunkiem wilgotnych siedlisk wyleżyskowych, zawiera aż 78,9% wody. Trzcinnik wykazuje nieznaczny spadek zawartości suchej masy wraz z wysokością, natomiast kosmatka i sit – niewielki wzrost.

### 5.3.4. CHARAKTERYSTYKI SPEKTRALNE BADANYCH ZBIOROWISK NA PODSTAWIE TERENOWYCH POMIARÓW SPEKTROMETRYCZNYCH

Pomiary spektrometryczne badanych zbiorowisk potwierdziły wyniki badań terenowych i laboratoryjnych prowadzonych na poziomie gatunku. Tak jak oczekiwano, zbiorowisko situ charakteryzuje się większym odbiciem promieniowania we wszystkich badanych zakresach światła (ryc. 8).

Większe odbicie dla situ w zakresie światła czerwonego jest wynikiem wysokiego udziału karotenoidów w ogólnej puli barwników fotosyntetycznych, które nie absorbują promieniowania w tym zakresie. Trzcinnik, który zawiera około 1,5 raza więcej barwników w 1 g masy niż kosmatka, wykazuje większe pochłanianie w fotosyntetycznie czynnym (czerwonym) zakresie światła i mniejsze w nieczynnym fotosyntetycznie (dla barwników chlorofilowych) zakresie zielonym. Zróznicowanie odbicia promieniowania w zakresie widzialnym jest



Ryc. 8. Albedo w zakresach rejestrowanych przez spektrometr SP-1

Albedo registered by spectrometer SP-1

<http://rcin.org.pl>

jednak niewielkie. Wynika to przede wszystkim z faktu, że pomiary wykonano w kanałach o bardzo szerokich zakresach. Ponadto na odbicie ma również wpływ ułożenie liści oraz podłoże.

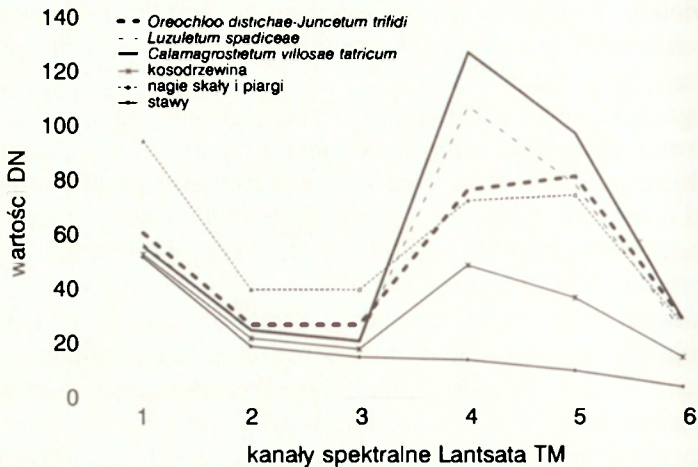
Badane gatunki roślin różnią się natomiast istotnie odbiciem w podczerwonym zakresie promieniowania elektromagnetycznego. W zakresie 800 – 1100 nm odbicie zależy od ilości i wielkości przestworów międzykomórkowych liści: gatunki o zwartym miękiszu gąbczastym odbijają znacznie mniej promieniowania podczerwonego w zakresie 0,75 – 1,35  $\mu\text{m}$ , niż gatunki o znacznym udziale przestrzeni międzykomórkowych w mezofilu (Gausman 1974). Można więc wnioskować, że sit, który wykazuje najmniejsze odbicie w tym zakresie charakteryzuje się zwartą budową miękiszu, natomiast trzcinnik, o największym odbiciu – strukturą luźną. Istnieje korelacja pomiędzy ilością odbitego światła w zakresie 800 – 1100 nm a intensywnością transpiracji: trzcinnik, charakteryzujący się wysoką transpiracją ma największe odbicie w tym zakresie, natomiast sit, który transpiruje niewielkie ilości wody – najmniejsze. Wynika to z zależności pomiędzy transpiracją a anatomiczną budową liścia. Natężenie transpiracji jest przede wszystkim zależne od stopnia rozwarcia aparatów szparkowych i od wewnętrznej powierzchni parowania. Duże przestwory międzykomórkowe wydatnie przyczyniają się do powiększenia ogólnej powierzchni parowania, toteż gatunki o luźnej strukturze mezofilu charakteryzują się podwyższoną transpiracją (Górski 1962).

### 5.3.5. CHARAKTERYSTYKI SPEKTRALNE BADANYCH ZBIOROWISK NA PODSTAWIE ZDJĘCIA SATELITARNEGO

Rycina 9 ilustruje rozkład średnich wartości  $\text{DN}^2$  badanych klas. Krzywe spektralne badanych zbiorowisk: muraw, traworośli i wyleżysk, mają przebieg zgodny z przebiegiem uzyskanym w wyniku pomiarów radiometrycznych w czterech pierwszych, pomierzonych zakresach. Zbiorowisko muraw charakteryzuje się najwyższym odbiciem w zakresie widzialnym. Wyraźne zróżnicowanie widać w zakresie bliskiej podczerwieni. W kanale 4 największe odbicie mają traworośla, następnie zbiorowiska wyleżyskowe, najniższe zaś – murawy. Jak już wspomniano, w zakresie tym odbicie zdeterminowane jest wielkością i ilością przestworów międzykomórkowych, a uporządkowanie zbiorowisk względem wielkości odbicia w tym kanale potwierdza wyniki uzyskane w badaniach transpiracji gatunków.

Zróżnicowanie odbicia jest wyraźne również w kanałach 5 i 7. W zakresach tych wpływ na odbicie ma zawartość wody w tkankach roślin. W obydwu tych zakresach najniższe odbicie ma zbiorowisko kosmatki. W kanale 7 zanotowano jednakowe odbicie dla zbiorowisk situ i trzcinnika oraz znacznie obniżone odbicie dla zbiorowiska kosmatki. Potwierdza to rezultat otrzymany w badaniach zawartości wody w tkankach: sit i trzcinnik zawierają zbliżoną

<sup>2</sup> DN – ang. *data number*, wartość piksela na obrazie rastrowym.



Ryc. 9. Charakterystyki spektralne badanych zbiorowisk roślinnych opracowane na podstawie zdjęcia Landsat TM

Spectral characteristics of researched communities derived from Landsat TM image

zawartość wody (ok. 70%), natomiast uwodnienie tkanek kosmatki jest wyższe i sięga 79%.

Kanał niebieski charakteryzuje się bardzo niską przydatnością do identyfikacji: zbliżone wartości DN zanotowano dla wszystkich badanych obiektów, za wyjątkiem skał i piargów nie porośniętych roślinnością.

#### 5.4. WYNIKI I DYSKUSJA

Badane gatunki wykazują wyraźne przystosowania do środowiska wysokogórskiego, co znalazło wyraz w zróżnicowaniu wszystkich badanych parametrów z zakresu fizjologii roślin: ilości i jakości barwników asymilacyjnych, transpiracji i zawartości wody w tkankach. Jakościowe i ilościowe zróżnicowanie barwników asymilacyjnych umożliwia w szczególności identyfikację situ skuciny. Istotne różnice w natężeniu transpiracji zanotowano dla wszystkich badanych gatunków. Wysoka zawartość wody w tkankach wyróżnia natomiast kosmatkę, która jest gatunkiem wyleżyskowym.

Parametry te mają istotny wpływ na odbicie promieniowania elektromagnetycznego w poszczególnych zakresach, co zostało potwierdzone poprzez wyniki terenowych pomiarów spektrometrycznych i analizę charakterystyk spektralnych opracowanych na podstawie zdjęcia satelitarnego. Najwyższe odbicie w zakresie widzialnym zanotowano dla situ. W zakresie podczerwieni 0,7–1,1  $\mu\text{m}$  najwyższe odbicie zarejestrowano dla trzcinnika, a najniższe dla situ, co odzwierciedla uporządkowanie gatunków względem natężenia transpiracji. Wysokie pochłanianie promieniowania w zakresach 1,55–1,75  $\mu\text{m}$  i 2,08–2,35  $\mu\text{m}$  pozwala natomiast na rozpoznanie kosmatki.

Wyniki te dają podstawę do pozytywnej oceny przydatności metod teledetekcyjnych w wielkoskalowych badaniach roślinności wysokogórskiej. Przy ewentualnym projektowaniu takich badań warto by było uwzględnić uwagi wynikające z zaprezentowanego tu eksperymentu.

1. Ze względu na fakt, że pomiary spektrometryczne i analiza odbicia promieniowania na zdjęciu satelitarnym prowadzone były dla zbiorowisk, a nie gatunków, zaobserwowane zróżnicowanie odbicia promieniowania w zakresie widzialnym nie jest tak wyraźne, jak na to wskazywałoby zróżnicowanie barwników asymilacyjnych: na odbicie promieniowania mają również wpływ: układ liści oraz podłoże. Ponadto zarówno radiometr SP-1, jak i skaner Thematic Mapper rejestrują odbicie promieniowania w dość szerokich zakresach, co zaciera istotne różnice pomiędzy badanymi gatunkami, a w szczególności zróżnicowanie w zakresie promieniowania widzialnego. W przypadku kartowania roślinności Tatr metodami teledetekcyjnymi warto by więc było zastosować sensory o wąskich zakresach, obejmujących piki absorpcji głównych barwników asymilacyjnych. Dane takie dostarczają już obecnie satelity nowej generacji o wysokiej rozdzielczości terenowej i spektralnej oraz hiperspektralne spektrometry obrazujące umieszczane na platformach lotniczych (np. AVIRIS, DAIS).

2. Zróżnicowanie badanych zbiorowisk jest jednak wyraźne w podczerwieni, co pozwala na ich identyfikację. Nie przeprowadzono jednak badań w zakresach najsilniejszego pochłaniania wody odzwierciedlających zawartość wody w tkankach (1,45 i 1,95  $\mu\text{m}$ ). Zakresów tych nie obejmują również powszechne sensory satelitarne (np. Landsat TM), a wydaje się, że informacja ta ułatwiłaby identyfikację zbiorowisk wyleżyskowych, np. *Luzuletum spadiceae*.

3. Zanotowane zróżnicowanie gatunków pod względem zawartości i jakości karotenoidów jest istotne, ale niestety trudne do uchwycenia w badaniach teledetekcyjnych, ze względu na silne rozpraszanie promieniowania krótkofalowego.

4. Wyniki przeprowadzonych badań zwracają również uwagę na dobór terminu wykonania zdjęć. Zasadniczo okres wegetacyjny w środowiskach wysokogórskich jest bardzo krótki, i ogranicza się do lipca i sierpnia. Najlepsze wybarwienie badanych zbiorowisk występuje pod koniec sezonu, niestety dokładne określenie terminu jest niemożliwe ze względu na ogromne różnice w datach wyznaczających początek i koniec sezonu. Przeprowadzenie ewentualnych badań należy więc zaplanować uwzględniając krótkoterminowe prognozy pogody.

Odrębnym zagadnieniem jest natomiast możliwość zdalnego, zautomatyzowanego kartowania roślinności wysokogórskiej. Oprócz identyfikacji zbiorowisk roślinnych, przy kartowaniu istotna jest również możliwość ich delimitacji, która to z kolei zależy zarówno od struktury roślinności, jak i geometrii materiałów teledetekcyjnych (rozdzielczości terenowej). Problem ten rozwinęto szczegółowo w odrębnej pracy (Jakomulska 1999).

PHYSIOLOGY AND SPECTRAL SIGNATURES OF THE ALPINE SPECIES: *JUNCUS TRIFIDUS*, *LUZULA SPADICEA* AND *CALAMAGROSTIS VILLOSA*. ASSESSMENT OF POTENTIAL FOR REMOTE IDENTIFICATION OF VEGETATION IN HIGH-MOUNTAIN ENVIRONMENTS

Summary

Little research has so far focused on the use of remote sensing techniques for detailed vegetation mapping. The study presented in this paper aimed to assess the potential for remote sensing techniques to be used in the differentiation and identification of the following typical and common alpine and subalpine communities of the Tatra Mountains: *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi*, *Luzuletum spadiceae* and *Calamagrostietum villosae tatricum*, as represented by the dominant species *Juncus trifidus*, *Luzula spadicea* and *Calamagrostis villosa* respectively. The objective of the study was met through the application of plant physiology techniques in assessing the differentiation of those functional parameters of the researched species which influence the absorption of electromagnetic radiation. The parameters evaluated were: quality and quantity of photosynthesising pigments, rate of transpiration and tissue water content. The results were compared with the spectral signatures of the researched communities. Spectral characteristics were based on field spectrometer measurements and an analysis of reflectances derived from a Landsat TM scene.

The investigation showed that specific adaptations of plants to the mountain environment, make possible the observation of significant differences to all the researched parameters using techniques from both plant physiology and remote sensing.

*Juncus trifidus*, which occupies the highest slopes exposed to high levels of solar radiation, contains the lowest quantity of photosynthesising pigments and the highest (28%) proportion of the carotenoids protecting it from chlorophyll photooxidation. Hence it can be easily distinguished from other species by low absorption across the whole visible spectrum, and especially in the red, as a consequence of the lack of carotenoid absorption in this range. *Calamagrostis villosa* and *Luzula spadicea* show identical relative contents of photosynthesising pigments – the higher absorption of *Calamagrostis villosa* in the red part of the spectrum is due to its higher absolute content of plant pigments.

Absorption and reflection in the near-infrared (0.75 – 1.35  $\mu\text{m}$ ) is driven by internal leaf structure: leaves of compact spongy mesophyll absorb more light in this part of the spectrum. The results achieved in this experiment showed highest reflectance for *Calamagrostis* and the lowest for *Juncus*. This is correlated with the rate of transpiration: *Calamagrostis* transpires more water from a given biomass in a given time than *Luzula* and *Juncus*. The high rate of transpiration results from the large void spaces in the spongy mesophyll.

Reflectance in the range 1.35 – 2.5  $\mu\text{m}$  results from tissue water content. The leaves of *Luzula* contain up to 9% more tissue water than those of *Juncus* and *Calamagrostis* – hence its reflectance is the lowest.

The experiment shows the potential for remote-sensing techniques to identify the researched species and communities – the problem of the assessment of remote techniques for the mapping of these communities is addressed in further study.



## LITERATURA

- Bielecka E., 1980, *Dynamika wybranych komponentów środowiska geograficznego Tatr w świetle analizy zdjęć lotniczych oraz analitycznych opracowań fotogrametrycznych*, Warszawa [maszynopis].
- Bielecka E., 1986, *Photointerpretation survey of changes in the range of the Tatra subalpine forests*, Miscellanea Geographica, Warszawa.
- Bielecka E., Fedorowicz-Jackowski W., Witkowska E., 1994, *An integrated geographical information system for management of the national and landscape parks, nature reserves and other protected areas*, GIS for environment, Kraków, 25–27 November 1993 (Pilot Study for the Tatra National Park, Proceedings of the IALE Conference, Warsaw, October, 1993).
- Davies D. H., 1996, *Carotenoids*, [w:] *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments*, Vol. 2, ed. by T. W. Goodwin, Academic Press, Nowy York, s. 38–165.
- Faliński J. B., 1990, *Kartografia geobotaniczna*, PPWK, Warszawa-Wrocław.
- Gausman H. W., 1974, *Leaf Reflectance of Near-Infrared*, Photogrammetric Engineering, Vol. 40, s. 183–191.
- Goedheer J. C., 1969, *Biochim. Biophys. Acta*, 172, s. 252–264.
- Górski F., 1962, *Fizjologia roślin*, PWN, Warszawa.
- Hall F. G., Botkin D. B., Strebel D. E., Woods K. D., Goetz S. J., 1991, *Large-scale patterns of forest succession as determined by remote sensing*, *Ecology*, 72, s. 628–640.
- Jakomulska A., 1999, *Zróżnicowanie wysokogórskiej roślinności Tatr w świetle badań teledetekcyjnych*, Praca doktorska wykonana w Zakładzie Teledetekcji Środowiska Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych UW pod kierunkiem prof. dr hab. Jana R. Olędzkiego, Warszawa [maszynopis].
- Küchler A. W., Zonneveld I. S., 1988, *Vegetation Mapping*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Lichtenthaler H. K., Wellburn A. B., 1983, *Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents*, *Biochemical Society Transactions*, s. 603, s. 591–592.
- Lucas R. M., Honzak M., Foody G. M., Curran P. J., Corves C., 1993, *Characterizing tropical secondary forests using multi-temporal Landsat sensor imager*, *International Journal of Remote Sensing*, 14, s. 3016–3067.
- Nemani R., Running S. W., 1989, *Estimation of regional surface resistance to evapotranspiration from NDVI and thermal-IR AVHRR data*, *Journal of Applied Meteorology*, 28, s. 276–284.
- Potter C. S., Randerson J. T., Field C. B., Matson P. A., Vitousek M., Mooney H. A., Klooster S. A., 1993, *Terrestrial ecosystem production: a process model based on global satellite and surface data*, *Global Biogeochemical Cycles*, 7, s. 811–841.
- Romanowska E., 1999, *Adaptacja błon tylakoidowych do zmiennych warunków świetlnych środowiska*, *Postępy Biochemii*, 45, 1.
- Tuckendorf A., 1979, *Niektóre funkcje karotenoidów w organizmach fotosyntetyzujących*, *Wiadomości Botaniczne*, 23, 3, s. 169–180.
- Tucker C. J., Justice C. O., Prince S. D., 1986, *Monitoring the grasslands of the Sahel 1984–1985*, *International Journal of Remote Sensing*, 7, 11, s. 1571–1581.
- Włoch E., Więckowski St., 1982, *Karotenoidy aparatu fotosyntetycznego*, *Postępy Biochemii*, 28, 3, s. 331–352.

Adres autora:

Anna Jakomulska – Zakład Teledetekcji Środowiska, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW, Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa, e-mail: szkocja@mercury.ci.uw.edu.pl



ANNA KOZŁOWSKA, ANNA JAKOMULSKA

## 6. STRUKTURA PRZESTRZENNA ROŚLINNOŚCI KOTŁÓW GAŚIENICOWEGO I GORYCZKOWEGO ŚWIŃSKIEGO

### 6.1. WSTĘP

Przedmiotem niniejszej pracy jest struktura przestrzenna roślinności kotłów Gąsienicowego i Goryczkowego Świńskiego rozpatrywana na podstawie publikowanych w niniejszym tomie map roślinności (A. Kozłowska, w tym tomie mapa 3 i 4). Analiza obejmuje uwarunkowane siedliskowo zróżnicowanie typów roślinności oraz wybrane, istotne dla struktury przestrzennej, parametry płatów roślinności. Wpływające z niej wnioski dotyczą struktury roślinności na poziomie jednostek krajobrazowych. Problem mozaikowej struktury roślinności w obrębie kartowanych jednostek nie jest przedmiotem tego opracowania.

### 6.2. METODY ANALIZY MAP

Analizę przeprowadzono metodą wizualną i metodami statystycznymi. Kolorystyka map jest tak skonstruowana, aby te same typy roślinności miały na obu mapach te same albo bardzo zbliżone kolory. Umożliwia to bezpośrednie porównanie wizualne roślinności w obu kotłach.

Aby możliwe było porównanie liczbowych charakterystyk roślinności obu kotłów, skonstruowano legendę wspólną dla obu map. Na podstawie map numerycznych opracowanych w programie ARC/INFO obliczono szereg parametrów.

Dla badanych kotłów były to:

- całkowita powierzchnia kotła,
- liczba jednostek indywidualnych mapy roślinności,
- średnia powierzchnia wydzielenia,
- entropia absolutna i względna.

Entropia absolutna określona jest wzorem (Richling 1992):

$$E = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i ,$$

gdzie:

$p_i$  – prawdopodobieństwo oddzielnego stanu mierzone według wzoru:

$$p_i = \frac{s_i}{s} ,$$

gdzie:

$s_i$  – powierzchnia indywidualnego wydzielenia w obrębie typu (lub 1),

$s$  – powierzchnia typu (lub liczebność typu),

$n$  – liczebność typu.

Entropia względna:

$$E_w = \frac{E}{E_{\max}} ,$$

gdzie:

$$E_{\max} = \log_2 n .$$

Dla typów roślinności (jednostek legendy) obliczono:

- liczebność płatów,
- sumaryczną powierzchnię,
- średnią powierzchnię,
- współczynnik zmienności powierzchni,
- średni wskaźnik rozczłonkowania konturu,
- współczynnik zmienności wskaźnika rozczłonkowania konturu.

Wskaźnik rozczłonkowania wyraża się wzorem (Pictrzak 1989):

$$F = \frac{P}{\sqrt{\pi A}} ,$$

gdzie:

$A$  – powierzchnia wydzielenia,

$P$  – obwód wydzielenia.

Dla niektórych parametrów i wskaźników wyliczono współczynnik zmienności (Boćarov 1976). Mówi on o stopniu rozproszenia wokół wartości średniej wskaźnika i wyraża się wzorem:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\% ,$$

gdzie:

$V$  – współczynnik zmienności parametru lub wskaźnika,

$s$  – odchylenie standardowe danego parametru lub wskaźnika,

$\bar{x}$  – średnia wartość danego parametru lub wskaźnika.

### 6.3. WYNIKI

#### 6.3.1. SZCZEGÓŁOWOŚĆ KARTOWANIA I ŚREDNIA WIELKOŚĆ PŁATU

Badane kotły różnią się wielkością powierzchni. Kocioł Gąsienicowy liczy 99 493 m<sup>2</sup>. Kocioł Goryczkowy Świński jest prawie dwukrotnie większy – 184 735 m<sup>2</sup>. Liczba jednostek indywidualnych mapy roślinności Kotła Gąsienicowego wynosi 223, podczas gdy dla Kotła Goryczkowego Świńskiego – 272 jednostki. Nie jest to dwukrotnie więcej, niż można by oczekiwać przy dwukrotnie większej powierzchni. Przyczyny tego mogą mieć dwa źródła:

– różnice w szczegółowości kartowania, gdyż podkład do kartowania dla Kotła Gąsienicowego był przygotowany w skali 1 : 500, dla Kotła Goryczkowego Świńskiego w skali 1 : 1000,

– różnice w strukturze przestrzennej roślinności obu kotłów.

Wymienione powyżej przyczyny będą przedmiotem dalszej analizy w niniejszej pracy.

Średnia powierzchnia pojedynczego wydzielonego płatka roślinności wynosi w Kotle Gąsienicowym 446 m<sup>2</sup>, czyli w przybliżeniu 21×21 m, w Świńskim zaś 680 m<sup>2</sup>, czyli około 26×26 m. Różnice te wydają się być znaczące.

Przetestowano istotność różnicy średniej wielkości płatów w obu kotłach. Stosując test istotności *t* Studenta dla różnicy dwóch średnich normalnych obliczono współczynnik  $t_0 = 2,276$  i przy odpowiedniej liczbie stopni swobody stwierdzono, że wartość ta na poziomie ryzyka błędu 0,05 wskazuje na zachodzenie istotnej różnicy, natomiast na poziomie ryzyka błędu 0,01 wskazuje na brak istotnej różnicy w średniej wielkości płatów roślinności wydzielonych w obu badanych kotłach. Oznacza to więc, że stosując statystyczne metody oceny różnicy szczegółowości kartowania terenowego, w obu badanych kotłach można różnie interpretować wyniki w zależności od przyjętego poziomu ryzyka błędu. Przy wyższym poziomie wiarygodności wyniku można więc przyjąć, że szczegółowość podkładu nie miała znaczenia dla wielkości wydzielanych płatów roślinności.

Obliczone dla obu kotłów wartości entropii względnej wynoszą w obu przypadkach 0,84. Wskazuje to na taki sam sposób uporządkowania jednostek przestrzennych roślinności.

#### 6.3.2. RÓŻNICE W PIĘTROWYM I EKOLOGICZNYM ZRÓŻNICOWANIU ROŚLINNOŚCI

Analiza wizualna pozwala na uchwycenie najważniejszych różnic między roślinnością obu kotłów. Są one wyraźne, gdyż Kocioł Gąsienicowy leży głównie w piętrze alpejskim, podczas gdy Kocioł Goryczkowy Świński – głównie w piętrze subalpejskim. Na podstawie wykazu kartowanych typów roślinności (ryc.1, tab. 1) można stwierdzić, że istnieje grupa 17 typów roślinności wspólnych dla obu kotłów i 19 jednostek występujących tylko w Kotle Gąsienicowym oraz 14 jednostek występujących tylko w Kotle Goryczkowym Świńskim.

nr typu roślinności wspólny dla obu map	nr typu roślinności na mapie Kotła Gąsienicowego	Kocioł Gąsienicowy	Kocioł Szwński	nr typu roślinności na mapie Kotła Szwńskiego
2	2			
4	4			
5	5			
9	9			
10	10			
11	11			
14	12			
17	15			
18	16			
22	20			
24	21			
27	23			
29	24			
30	25			
35	28			
43	31			
48	34			
49	35			
50	36			
1	1			1
3	3			2
6	6			3
7	7			4
8	8			5
15	13			10
16	14			9
19	17			8
20	18			11
21	19			12
25	26			14
28	22			16
32	27			18
40	29			25
41	30			27
48	32			30
47	33			31
12				6
13				7
23				13
26				15
31				17
33				19
34				20
36				21
37				22
38				23
39				24
42				26
44				28
45				29

Ryc. 1. Charakterystyka fitosocjologiczna badanych kotłów

Phytosociological characteristics of studied objects

Tabela 1. Legenda zbiorcza map roślinności kotłów Gąsienicowego i Goryczkowego Świńskiego

1. *Rhizocarpetalia*
2. Inicjalne stadia wkraczania roślin zarodnikowych na niestabilizowanym podłożu – faza I
3. Inicjalne stadia wkraczania roślin zarodnikowych na niestabilizowanym podłożu – faza II
4. *Oxyrio-Saxifragetum carpaticae* – antropogeniczne
5. *Pogonato-Oligotrichetum*
6. Pionierskie zbiorowiska mszaków ze związku *Salicion herbaceae*
7. *Luzuletum spadiceae* – słabo zwarte
8. *Luzuletum spadiceae*
9. *Luzuletum spadiceae* z udziałem *Polytrichetum sexangulare*
10. *Luzuletum spadiceae* w kompleksie z *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi*
11. *Luzuletum spadiceae* w kompleksie ze zbiorowiskiem z *Festuca picta*
12. *Luzuletum spadiceae* w kompleksie ze zbiorowiskiem z *Deschampsia flexuosa*
13. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* w kompleksie z *Rhizocarpetalia*
14. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi salicetosum herbaceae*
15. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi sphagnetosum*
16. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum* postać mszysta
17. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum* postać mszysta w kompleksie z *Luzuletum spadiceae*
18. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum* postać mszysta przejściowa do *salicetosum herbaceae*
19. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum*
20. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi cetrarietosum*
21. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* postać z *Juncus trifidus*
22. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* postać z *Juncus trifidus* antropogeniczna
23. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* wilgotna postać pionierska z *Juncus trifidus*
24. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* postać z *Juncus trifidus* w kompleksie z *Luzuletum spadiceae*
25. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis*
26. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* postać wilgotna
27. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* w kompleksie z *Luzuletum spadiceae*
28. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* w kompleksie z *Calamagrostietum villosae taticum*
29. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* postać sucha z *Nardus stricta*
30. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* w kompleksie z *Calamagrostietum villosae taticum* – postać antropogeniczna
31. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* słabo zwarte
32. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* powypasowa postać subalpejska
33. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* subalpejska postać powypasowa, wilgotna
34. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* powypasowa postać subalpejska słabo zwarta z borówkami
35. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* powypasowa postać subalpejska w kompleksie z „*Vaccinietum myrtilli*”
36. *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* powypasowa postać subalpejska, z borówkami, w kompleksie z *Calamagrostietum villosae taticum*
37. Zbiorowisko z *Festuca picta*
38. Zbiorowisko z *Deschampsia flexuosa*
39. Zbiorowisko z *Deschampsia flexuosa* w kompleksie z *Luzuletum spadiceae*
40. *Calamagrostietum villosae taticum*

41. „*Vaccinietum myrtilli*”
42. „*Vaccinietum myrtilli*” słabo zwarte
43. „*Vaccinietum myrtilli*” w kompleksie z subalpejskimi murawami powypasowymi
44. „*Vaccinietum myrtilli*” w kompleksie ze zbiorowiskiem z *Deschampsia flexuosa*
45. „*Vaccinietum myrtilli*” zatorfione
46. *Empetro-Vaccinietum*
47. *Pinetum mughi carpaticum*
48. Murawa zbliżona do *Seslerion tatrae*
49. Ziołorośla ze związku *Adenostylion alliariae*
50. Ziołorośla z *Alchemilla* sp.

Tabela 2 pozwala na zorientowanie się w zróżnicowaniu wysokościowym i lokalnosiedliskowym wyróżnionych typów roślinności. Tylko w Kotle Gąsienicowym występują jednostki roślinności typowe dla piętra alpejskiego (np. wyleżyskowe, torfowcowe i mszyste postaci muraw alpejskich *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* i inne typy roślinności wyleżyskowej z klasy *Salicetea herbaceae* związane z miejscami długiego zalegania śniegu).

Położenie w pobliżu kotła górnej stacji kolejki na Kasprowy Wierch i związanych z tym obiektów turystycznych spowodowało wystąpienie tam szeregu typów roślinności antropogenicznej, które stanowią 10,5 % powierzchni kotła. Są one związane ze sztucznym podłożem, zaprawą murarską stosowaną do budowy, nityfikacją i innymi czynnikami występującymi w miejscach istniejącej infrastruktury turystycznej. W takich miejscach tworzą się zbiorowiska o wyraźnie zaburzonej strukturze i składzie gatunkowym, przypominającym niekiedy roślinność występującą na podłożu węglanowym. W Kotle Goryczkowym Świńskim brak zupełnie zbiorowisk antropogenicznych.

Tylko w Kotle Goryczkowym Świńskim występują zbiorowiska typowe dla piętra subalpejskiego (różne typy muraw powypasowych ze śmialkiem pogiętym *Deschampsia flexuosa* i kostrzewą pstrą *Festuca picta* oraz borówczysk).

Przy danej skali szczegółowości map zaznacza się strefa przejściowa między piętrem alpejskim a subalpejskim, posiadająca własny zestaw zbiorowisk, występujących tylko w tym obszarze przejściowym. Są to przede wszystkim subalpejskie, powypasowe postaci muraw alpejskich *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi*.

Porównanie udziału powierzchniowego wyróżnionych typów roślinności (ryc. 2) ukazuje różnice roli, jaką odgrywają w obu kotłach zbiorowiska występujące w obu z nich. Zbiorowiska piętra subalpejskiego wspólne dla obu kotłów zajmują znacząco większą powierzchnię w Kotle Świńskim niż w Gąsienicowym. Natomiast zbiorowiska muraw alpejskich i wyleżysk śnieżnych mają większy udział powierzchniowy w Kotle Gąsienicowym. Największą sumaryczną powierzchnię w Kotle Gąsienicowym zajmują wyleżyska z kosmatką brunatną (*Luzuletum spadiceae*) oraz typowe postaci muraw alpejskich (*Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum*) i kompleksy przestrzenne muraw i wyleżysk. W Kotle Goryczkowym Świńskim największą powierzchnię zajmują natomiast borówczyska („*Vaccinietum myrtilli*”), zbiorowiska porostów na-



Tabela 2. Zróżnicowanie piętrów i lokalnosiedliskowe zbiorowisk roślinnych badanych kotłów

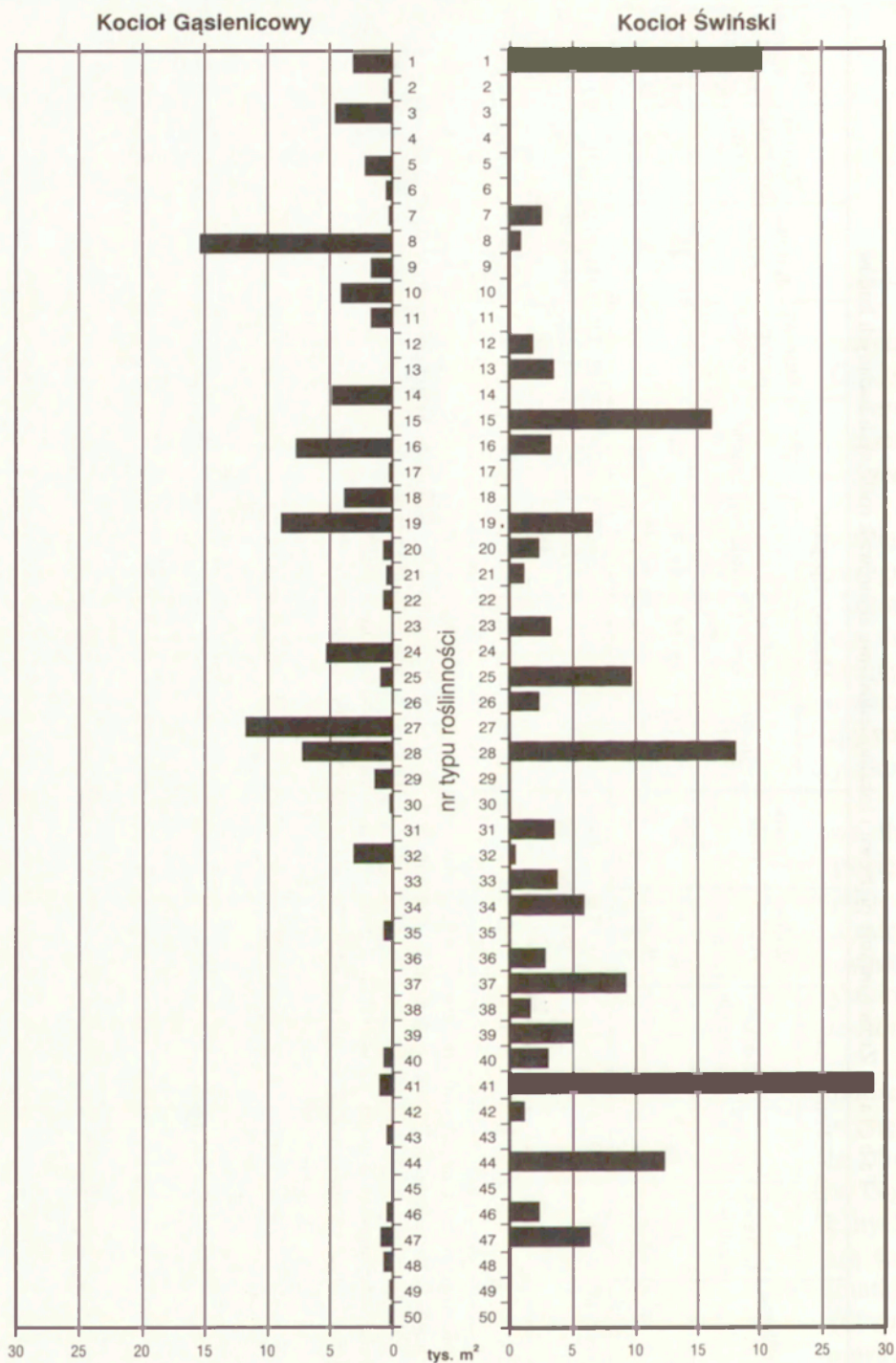
Piętro roślinne	Skąpa roślinność na:			Wyleżyska	Trawo-rośla	Murawy alpejskie				Murawy powypasowe	Borów-czyska	Zarośla kosodrzewiny	Zbiorowiska antropogeniczne
	ścianach skalnych	piargach	blokowiskach			wyleżyskowe	torfowcowe i mszyste	świeże	suche				
alpejskie	13	2, 3	1	6, 7, 8, 9, 10	40	14, 17, 18, 24	15, 16	19, 21, 25, 28, 31	20		46		4, 5, 22, 48, 49, 50
strefa przejścia		23, (3)	1	(6), (7), (8)	40	11		26, 28, (21), (31)	29	32, 33, 34, 35, 36	(41), (43), (44), (46)	(47)	(5)
subalpejskie			1, 42	12						37, 38, 39	41, 43, 44, 45	47	(5)

Wszystkie liczby oznaczają nr jednostki roślinności w legendzie wspólnej dla obu kotłów.

Liczby w nawiasie oznaczają możliwość wystąpienia w danym piętrze wysokościowym jednostki roślinności, której optimum występowania leży w innym piętrze.

Pogrubienie zastosowano dla numeru jednostki roślinności występującej w obu badanych kotłach.

Podkreślenie zastosowano dla jednostki roślinności występującej tylko w Kotle Gąsienicowym.



Ryc. 2. Powierzchnia zbiorowisk roślinnych  
Areas of plant communities

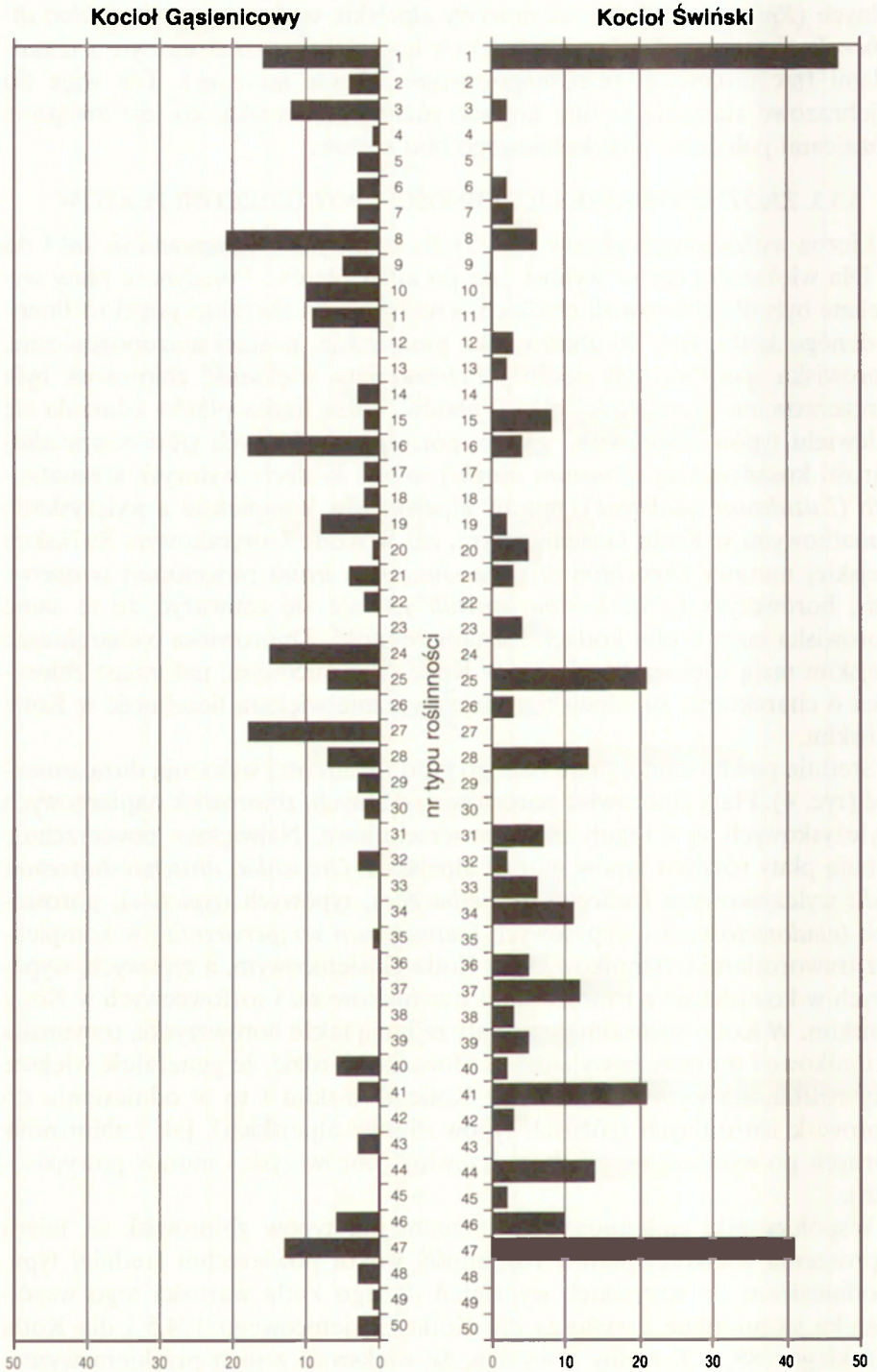
skalnych (*Rhizocarpetalia*) oraz murawy alpejskie torfowcowe (*Oreochloa distichae-Juncetum trifidi sphagnetosum*) i w kompleksie przestrzennym z trawo-rosłami trzcinnikowymi (*Calamagrostietum villosae tatricum*). Tak więc tło krajobrazowe stanowią w obu kotłach różne zbiorowiska, co jest związane z różnicami położenia wysokościowego obu kotłów.

### 6.3.3. ZRÓŻNICOWANIE LICZEBNOŚCI I POWIERZCHNI PŁATÓW

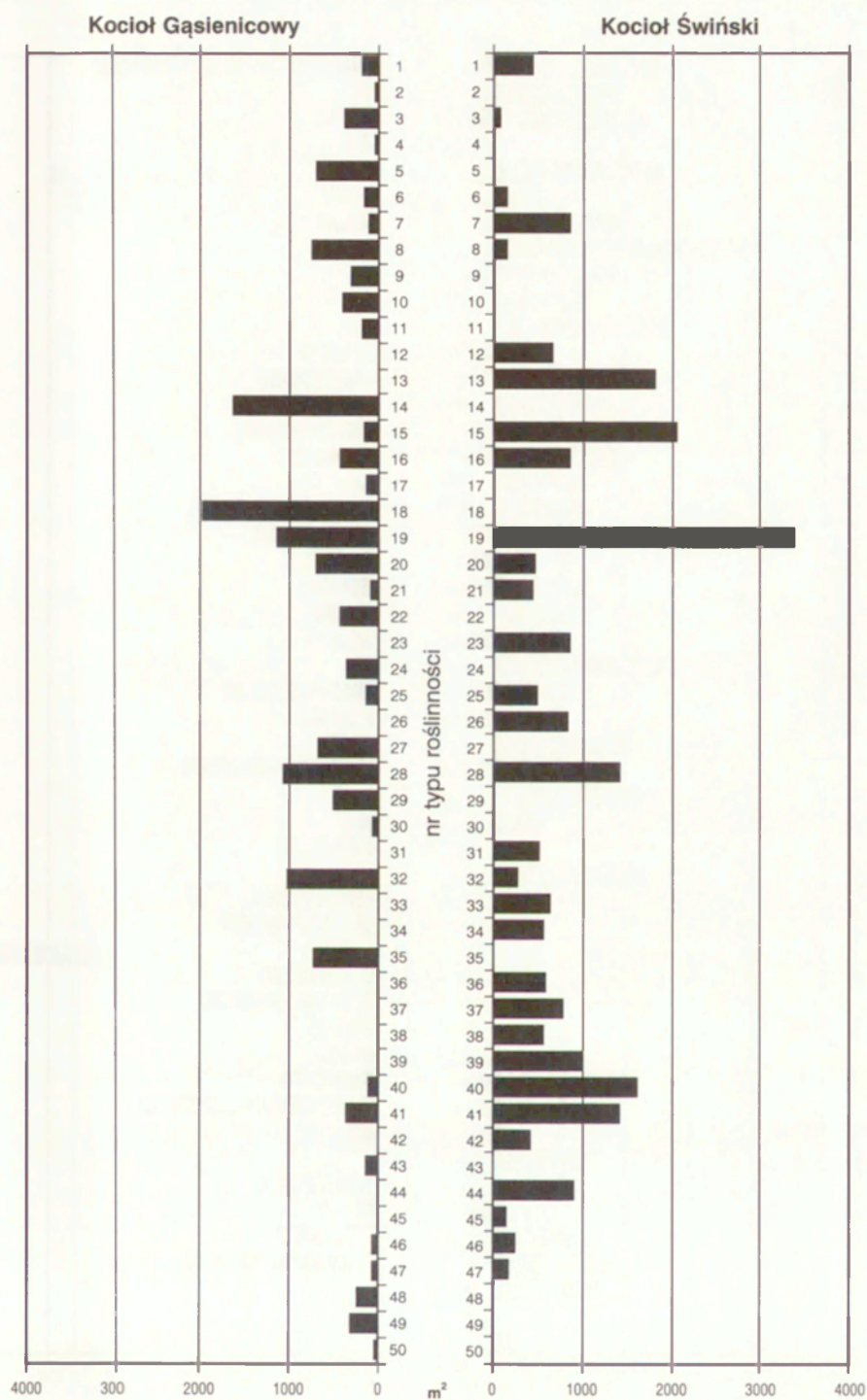
Liczba wydzielonych płatów (ryc. 3) dla każdego z typów waha się od 1 do 47. Dla większości typów wynosi ona po kilka płatów. Pojedyncze płaty wydzielane były dla zbiorowisk rzadkich, a ważnych dla charakterystyki roślinności danego kotła. Były to zbiorowiska pionierskie, postaci antropogeniczne, zbiorowiska specyficznych siedlisk. Przeważająca większość zbiorowisk była reprezentowana przez mniej niż 10 płatów. Duża liczba płatów zdarzała się u niewielu typów zbiorowisk, jak np. porostów naskalnych (*Rhizocarpetalia*) i zarośli kosodrzewiny (*Pinetum mughi*) w obu kotłach, wyleżysk kosmatkowych (*Luzuletum spadiceae*), muraw alpejskich w kompleksie z wyleżyskami kosmatkowymi w Kotle Gąsienicowym, zaś w Kotle Goryczkowym Świńskim alpejskiej murawy *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis*, borówczysk („*Vaccinietum myrtilli*”). Daje się zauważyć, że te same zbiorowiska mają w obu kotłach różną liczebność. Zbiorowiska o charakterze alpejskim mają większą liczebność w Kotle Gąsienicowym, natomiast zbiorowiska o charakterze subalpejskim mają wyraźnie większą liczebność w Kotle Świńskim.

Średnie powierzchnie płatu danego typu roślinności wykazują dużą zmienność (ryc. 4). Płaty zbiorowisk porostów naskalnych, zbiorowisk napiargowych i wyleżyskowych są z reguły małopowierzchniowe. Największe powierzchnie zajmują płaty różnych typów muraw alpejskich *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi*: wyleżyskowych (*salicetosum herbaceae*), typowych (*typicum*), porostowych (*cladonietosum*) i wypasowych (*caricetosum sempervirentis*) w kompleksie z trawo-rosłami trzcinnikowymi w Kotle Gąsienicowym, a typowych, wypasowych w kompleksie z trawo-rosłami trzcinnikowymi i torfowcowych w Kotle Świńskim. W Kotle Świńskim duże płaty zajmują także borówczyska, traworośla trzcinnikowe i murawy powypasowe. Można stwierdzić, że generalnie większe płaty roślinności wydzielane były w Kotle Świńskim i to w odniesieniu do zbiorowisk naturalnych (różnych typów muraw alpejskich), jak i zbiorowisk wtórnych po wycięciu zarośli kosodrzewiny (borówczysk i muraw powypasowych).

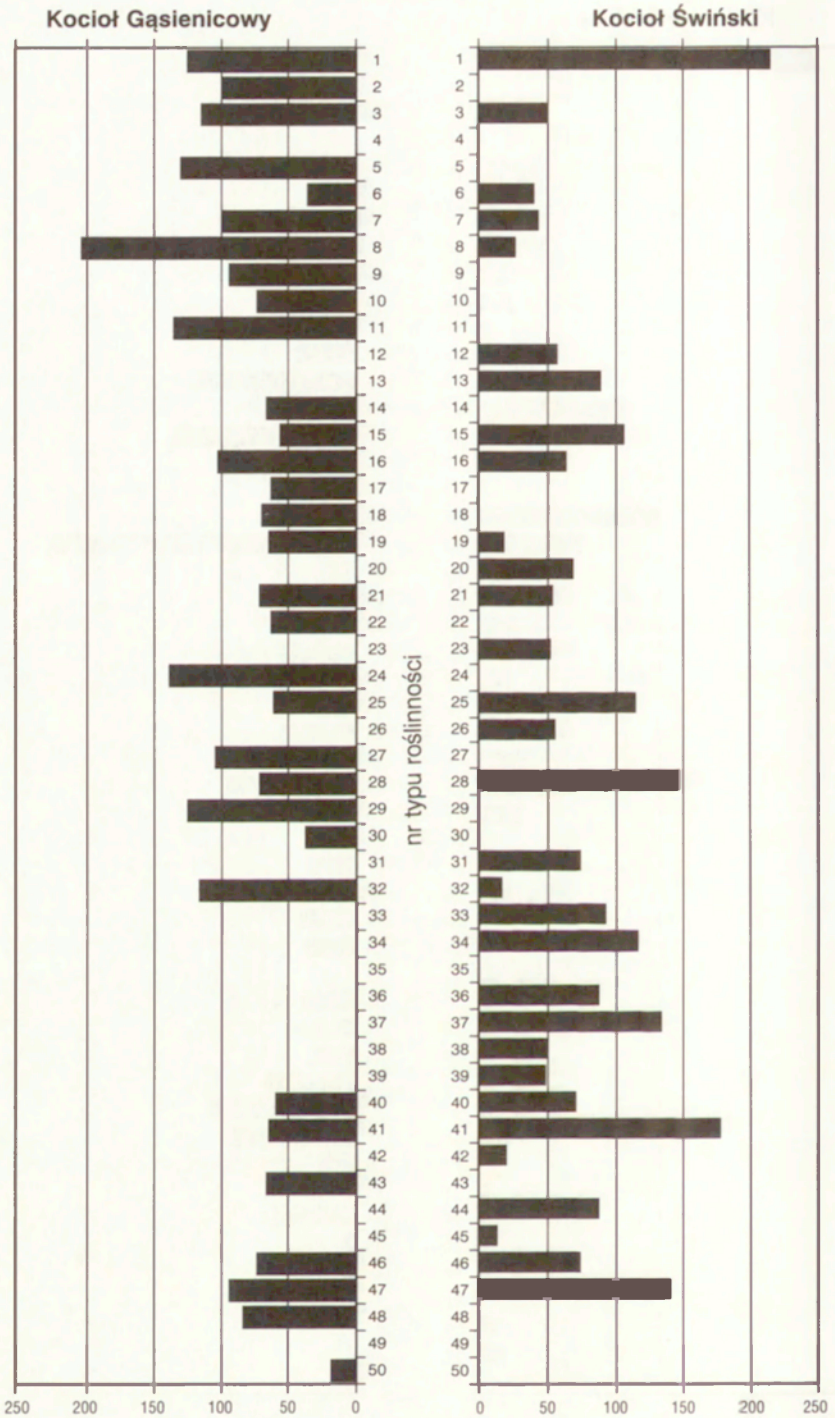
Współczynniki zmienności powierzchni dla typów zbiorowisk są miarą rozproszenia wielkości płatów roślinności wokół powierzchni średniej typu. W odniesieniu do wszystkich wydzieleni danego kotła wartości tego współczynnika są podobne i wynoszą dla Kotła Gąsienicowego 174,5 i dla Kotła Świńskiego 188,2. Z ryciny 5 wynika, że większość z nich przybiera wyższe wartości w odniesieniu do Kotła Gąsienicowego (wartości współczynnika od 50 do 100) niż do Kotła Świńskiego (wartości współczynnika ok. 50). Nie da



Ryc. 3. Liczba płatów roślinności  
Number of vegetation patches

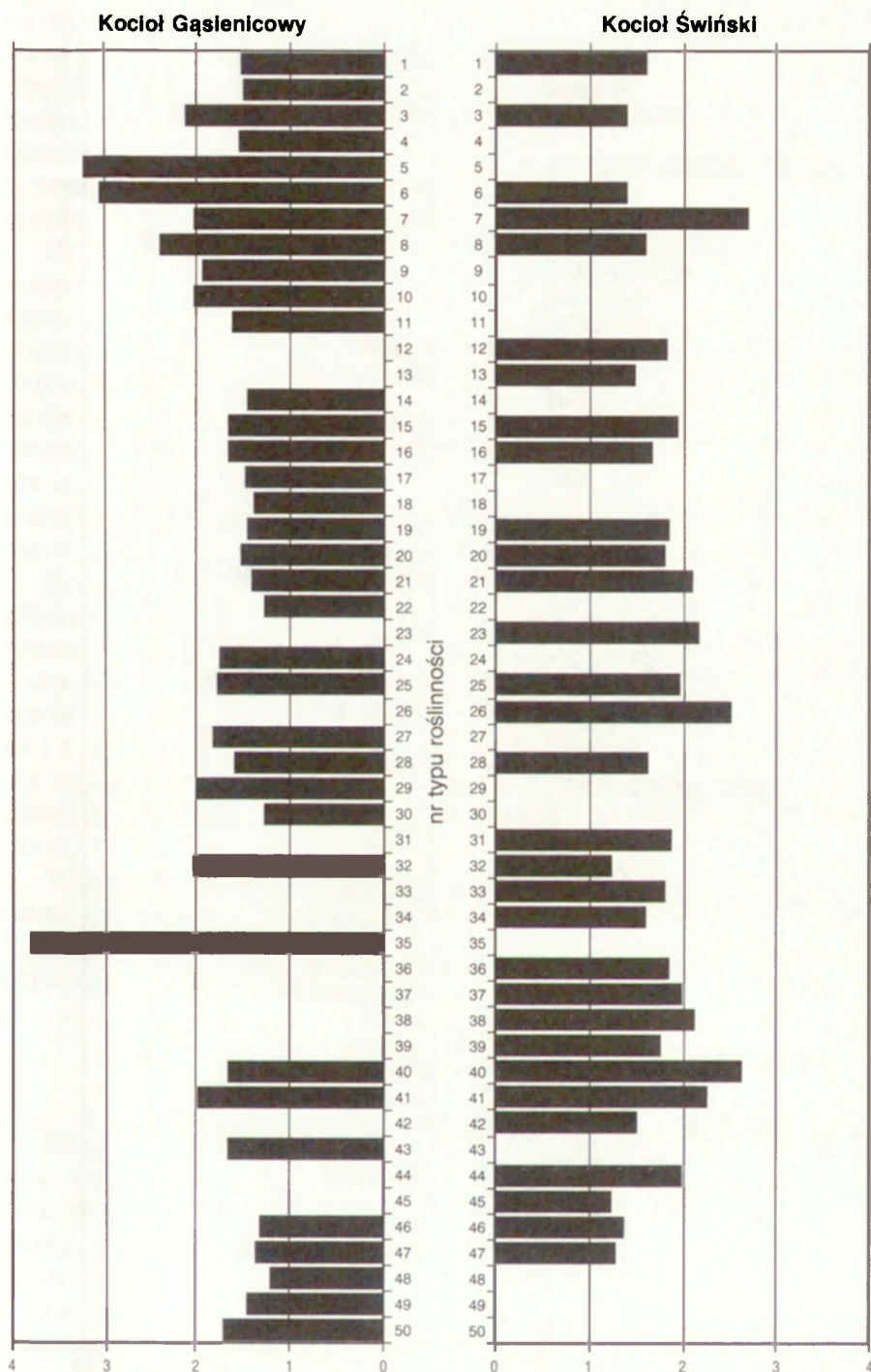


Ryc. 4. Średnia powierzchnia platu  
 Mean area of individual patch



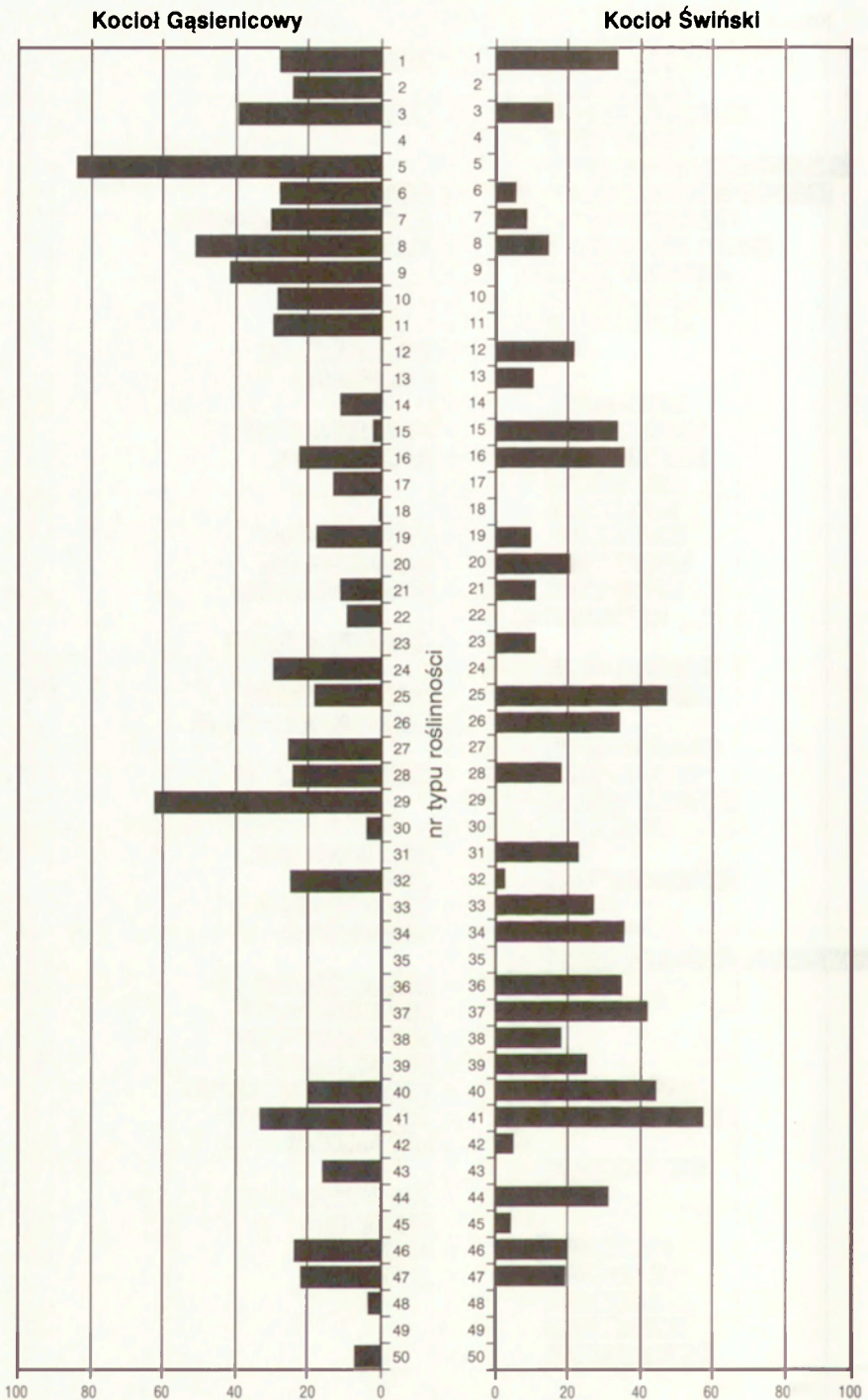
Ryc. 5. Współczynnik zmienności powierzchni

<http://min.org.pl>



Ryc. 6. Średni wskaźnik rozczłonkowania konturu

Mean index of fragmentation of unit



Ryc. 7. Współczynnik zmienności wskaźnika rozczłonkowania konturu

Coefficient of variability to fragmentation index



się wykluczyć, że większa szczegółowość podkładu do kartowania przejawiała się tu w większej precyzji rysunku. Wysokie wartości w obu kotłach osiągają te typy zbiorowisk, które zajmują w nich dużą powierzchnię (np. wyleżyska kosmatkowe *Luzuletum spadiceae* w Kotle Gąsienicowym oraz w Kotle Świńskim – zbiorowiska porostów naskalnych (*Rhizocarpetalia*), murawy alpejskie w kompleksie z traworoślami trzcinnikowymi i borówczyska („*Vaccinietum myrtilli*”).

Znamienne jest, że te zbiorowiska, które występują w obu kotłach, ale mają punkt ciężkości swego występowania w jednym z nich i w tym właśnie kotle zajmują większą powierzchnię, w nim mają również wyższy współczynnik zmienności powierzchni. Małe rozproszenie wokół wartości średniej wykazują typy o małym udziale powierzchniowym. Są to zbiorowiska rzadko występujące na specjalnych siedliskach (np. borówczyska z udziałem torfowców) lub zbiorowiska antropogeniczne. Oznacza to, że dominujące zbiorowiska tła krajobrazowego porozdzielane są płatami innych zbiorowisk na powierzchni o zróżnicowanej wielkości. Zbiorowiska z natury swej rzadkie i (lub) małopowierzchniowe mają mało zmienną powierzchnię.

Zróżnicowanie średnich wskaźników rozczłonkowania konturu poszczególnych typów zbiorowisk roślinnych dla obu kotłów przedstawione jest na rycinie 6. Wskaźnik rozczłonkowania konturu przybiera wartość minimalną 1 dla koła i dąży do nieskończoności dla figur o urozmaiconym kształcie granic. Średnie wartości tego współczynnika dla obu kotłów są dość wyrównane i z reguły nie przekraczają wartości 2. Wyższe wartości osiągają zbiorowiska rosnące w obu kotłach w żlebach (różne typy zbiorowisk pionierskich, traworośla trzcinnikowe) lub na obrzeżu powierzchni piargów w Kotle Gąsienicowym (jednostka nr 35).

Współczynniki zmienności tego wskaźnika (ryc. 7) pokazują obserwowaną już na innych przykładach zależność, że powierzchnie zbiorowisk piętra alpejskiego są bardziej zmienne w Kotle Gąsienicowym, a zbiorowisk piętra subalpejskiego – bardziej zmienne w Kotle Świńskim.

#### 6.4. PODSUMOWANIE

Stopień szczegółowości podkładu nie miał istotnego wpływu na szczegółowość kartowania i, co za tym idzie, na wielkość średniej powierzchni płatu. Obie mapy były tego samego autorstwa i wykonane zostały w tej samej konwencji. Przedmiotem kartowania na obu mapach był ten sam poziom struktury hierarchicznej roślinności.

Analiza roślinności obu badanych kotłów wykazała duże podobieństwo struktury przestrzennej zbiorowisk roślinnych wyrażone przez:

- takie samo uporządkowanie przestrzenne, którego miarą jest entropia względna,
- podobne przedziały wartości liczbowych różnych parametrów typów

roślinności, zwłaszcza wskaźników kształtu.

Różnice między roślinnością obu badanych kotłów dotyczą głównie struktury pięterowej roślinności, czyli położenia w piętrze klimatyczno-roślinnym. Wyrazem tych różnic są zbiorowiska typowe dla określonego piętra klimatyczno-roślinnego. Taki charakter pięterowy wykazują zarówno dominujące zbiorowiska tła krajobrazowego, jak i składające się na charakterystyczny wzór przestrzenny zbiorowisk dominanty ilościowe.

Zbiorowiska mające punkt ciężkości swego występowania w danym piętrze wykazują wyższe wartości udziału powierzchniowego i współczynników zmienności powierzchni oraz rozczłonkowania konturu w tym kotle, w którym przeżywa roślinność tego piętra.

Zmiany roślinności związane z dawną gospodarką pasterską widoczne są w obu kotłach. W ich wyniku powstały w piętrze subalpejskim zbiorowiska o charakterze półnaturalnym.

Przy tylu podobieństwach roślinności obu badanych kotłów widoczna jest między nimi jedna zasadnicza różnica. W Kotle Gąsienicowym aż 10% zbiorowisk, i to występujących głównie w piętrze alpejskim, ma pochodzenie wyraźnie antropogeniczne i jest związanych z istniejącą infrastrukturą turystyczną. Jak na położenie badanego obiektu w parku narodowym, w którym roślinność piętra alpejskiego uważana jest za niezbyt odbiegającą od pierwotnej, jest to duże skupienie roślinności bardzo przekształconej antropogenicznie. Tego typu zbiorowisk brak jest zupełnie w Kotle Goryczkowym Świńskim.

## THE SPATIAL STRUCTURE TO THE VEGETATION OF KOCIOŁ GAŚIENICOWY AND KOCIOŁ GORYCZKOWY ŚWIŃSKI

### Summary

The objective of the study presented in this paper is to research the structure and pattern to the vegetation of Kocioł Gąsienicowy and Kocioł Goryczkowy Świński, on the basis of the maps of vegetation published in this volume (A. Kozłowska maps 3 and 4). The analysis embraces the habitat-conditioned differentiation to vegetation types and a comparison of chosen parameters of vegetation patches, important from the point of view of structure. The following statistical parameters were derived from numerical maps of vegetation:

1. parameters describing the general structure of the researched objects:
  - total area of the researched objects,
  - total number of individual units,
  - mean area of unit,
  - relative entropy,
2. parameters characterising delimited vegetation types:
  - number of individual patches within a type (Fig. 3),
  - total area (Fig. 2),
  - mean area (Fig. 4),
  - index of variability of an area within a type (Fig. 5),
  - index of fragmentation of a unit (Fig. 6),
  - index of variability of fragmentation index (Fig. 7).

The analysis revealed similarities of structure of the objects researched in:

- general vegetation pattern, approximated by the measure of relative entropy,
- similar ranges of values for the different measures and especially the indices of shape.

Differences in the vegetation of the two researched objects can be attributed to the belt structure of the vegetation, i.e. its location within a climatic and vegetation belt. The results of such differentiation are communities typical for a particular belt. This can be observed in relation to both background and dominant vegetation types. Vegetation types typical of a particular climatic-vegetation belt are characterised by a higher areal percentage, higher indices for variability in area and higher indices for the fragmentation of a unit.

## LITERATURA

- Bočarov M. K., 1976, *Metody statystyki matematycznej w geografii*, PWN, Warszawa.
- Pietrzak M., 1989, *Problemy i metody badania struktury geokompleksu (na przykładzie powierzchni modelowej Biskupice)*, UAM, Poznań.
- Richling A., 1992, *Kompleksowa geografia fizyczna*, PWN, Warszawa.

### Adresy autorów:

Anna Kozłowska – Zakład Geoekologii IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, e-mail: a.kozl@twarda.pan.pl

Anna Jakomulska – Zakład Teledetekcji Środowiska, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW, Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa, e-mail: szkocja@mercury.ci.uw.edu.pl

The first part of the paper discusses the theoretical background of the research, focusing on the relationship between personality and social behavior. It highlights the importance of understanding individual differences in social interactions and the role of personality traits in shaping these interactions. The second part of the paper describes the methodology used in the study, including the sample characteristics and the measures used to assess personality and social behavior. The results of the study are presented in the third part, showing significant findings that support the theoretical model. The final part of the paper discusses the implications of the findings for future research and practical applications.

## CONCLUSION

The study concludes that personality traits play a significant role in determining social behavior. The findings suggest that individuals with certain personality traits are more likely to engage in specific social behaviors. These results have important implications for understanding human social interactions and for developing interventions to improve social skills.

ZOFIA RĄCZKOWSKA, ANNA KOZŁOWSKA

## 7. POKRYWA ŚNIEŻNA A ROŚLINNOŚĆ

### 7.1. WPROWADZENIE

Związki pomiędzy długością zalegania pokrywy śnieżnej a zróżnicowaniem roślinności były od dawna przedmiotem zainteresowania wielu badaczy. Pokrywa śnieżna jest bowiem takim czynnikiem, który wywiera bardzo silny wpływ na środowisko zarówno biotyczne, jak i abiotyczne w wysokich górach. Roślinność jest odzwierciedleniem tych wpływów, gdyż jest w pełni uzależniona od warunków siedliskowych panujących w danym miejscu. Z tego powodu staje się ich dobrym i łatwym w stosowaniu wskaźnikiem.

Wpływ pokrywy śnieżnej na rośliny wyraża się w różny sposób, poprzez ograniczenie długości sezonu wegetacyjnego, zwiększenie wilgotności gleby związane z dostawą wody z topniejącego śniegu oraz zmianą warunków termicznych podłoża, w tym przede wszystkim ochronę przed mrozem (Daubenmire 1973).

Zróżnicowanie zbiorowisk roślinnych w związku z różną długością zalegania pokrywy śnieżnej znalazło swój wyraz w typologii roślinności wysokogórskiej w postaci zbiorowisk wyleżysk śnieżnych, uszeregowanych według czasu zalegania pokrywy śnieżnej. Dla gór Polski są to opracowania B. Pawłowskiego (1956, 1972) oraz W. Matuszkiewicza (1982), dla Doliny Pięciu Stawów Polskich w Tatrach – monografia S. Balcerkiewicza (1984). Na mniejszą skalę związki takie zostały statystycznie udokumentowane dla pojedynczych form rzeźby (Kozłowska, Rączkowska 1996). Duża zależność roślinności od pokrywy śnieżnej w obszarze wysokogórskim i w związku z tym podobieństwo kartograficznego obrazu zróżnicowania przestrzennego roślinności z obrazem zanikania pokrywy śnieżnej prezentowana była przez H. Ellenberga (1986).

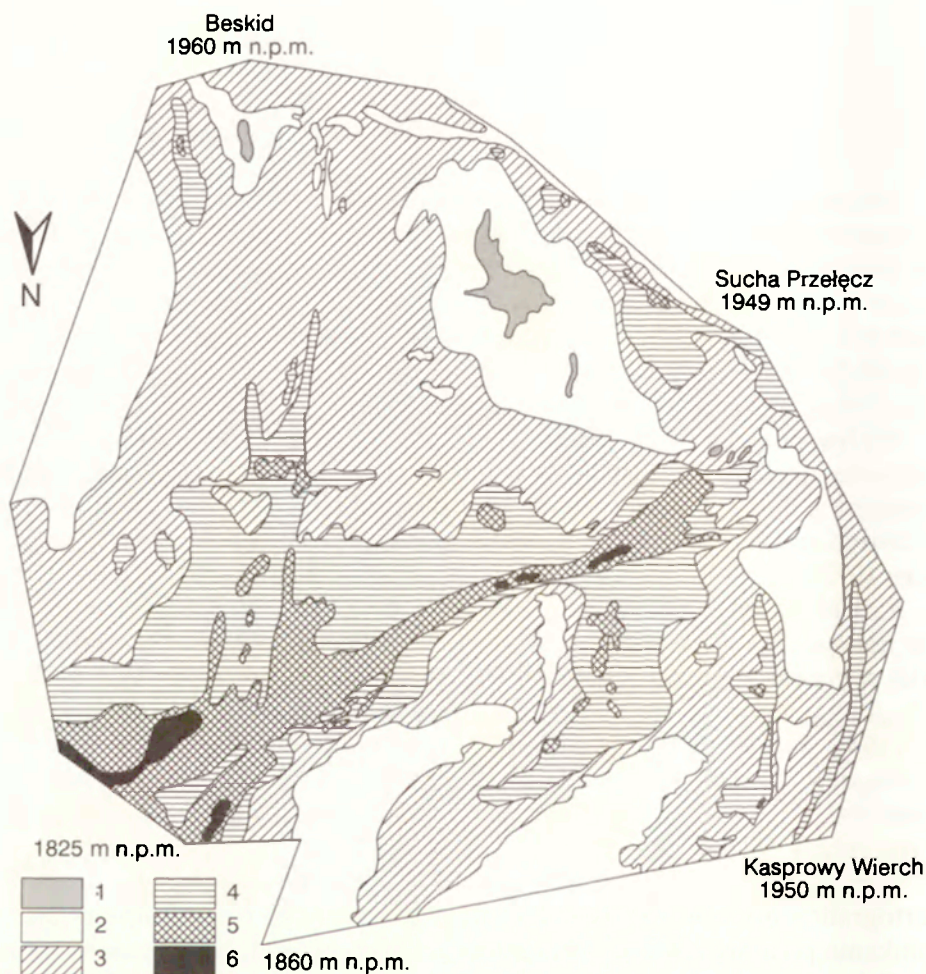
Celem pracy jest przedstawienie zależności pomiędzy długością zalegania pokrywy śnieżnej a roślinnością w obszarze wysokogórskim, na przykładzie map analizowanych komponentów środowiska przyrodniczego otoczenia Kasprowego Wierchu.

### 7.2. METODA BADAŃ

Analiza zależności pomiędzy długością zalegania pokrywy śnieżnej a roślinnością przeprowadzona została na podstawie map roślinności (A. Kozłowska, 1996).

ska, w tym tomie mapa 3 i 4) oraz publikowanych tu map zanikania pokrywy śnieżnej w Kotle Gąsienicowym i Goryczkowym Świńskim.

Na mapach zanikania pokrywy śnieżnej w skali 1:1000 rejestrowano kolejne fazy zanikania pokrywy śnieżnej w badanych obszarach (ryc. 1 i 2) w tych



Ryc. 1. Zanikanie pokrywy śnieżnej w Kotle Gąsienicowym na przykładzie roku 1995

- 1 – stoki pozbawione pokrywy śnieżnej w końcu kwietnia, 2 – stoki pozbawione pokrywy śnieżnej w końcu maja, 3 – stoki, na których śnieg zalega w końcu maja, 4 – stoki z pokrywą śnieżną w połowie czerwca, 5 – stoki z pokrywą śnieżną w końcu czerwca, 6 – stoki, na których śnieg zalega na początku lipca

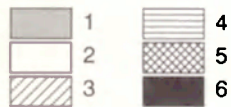
The retreat of snow cover in Kocioł Gąsienicowy as exemplified by the year 1995

- 1 – slopes free of snow cover at the end of April, 2 – slopes free of snow cover at the end of May, 3 – slopes on which snow is lying at the end of May, 4 – slopes with snow cover in mid June, 5 – slopes with snow cover at the end of June, 6 – slopes with snow cover at the beginning of July

Goryczkowy  
Pośredni Wierch  
1873 m n.p.m.

Goryczkowa Przełęcz Świńska  
1801 m n.p.m.

Goryczkowa Czuba  
1912 m n.p.m.



1660 m n.p.m.

Pokrywa śnieżna a roślinność

Ryc. 2. Zanikanie pokrywy śnieżnej w Kotle Goryczkowym Świńskim na przykładzie roku 1995

1 – stoki pozbawione pokrywy śnieżnej w końcu kwietnia, 2 – stoki pozbawione pokrywy śnieżnej w końcu maja, 3 – stoki, na których śnieg zalega w końcu maja, 4 – stoki z pokrywą śnieżną w połowie czerwca, 5 – stoki z pokrywą śnieżną w końcu czerwca, 6 – stoki, na których śnieg zalega na początku lipca

The retreat of snow cover in Kocioł Goryczkowy Świński as exemplified by 1995

1 – slopes free of snow cover at the end of April, 2 – slopes free of snow cover at the end of May, 3 – slopes on which snow is lying at the end of May, 4 – slopes with snow cover in mid June, 5 – slopes with snow cover at the end of June, 6 – slopes with snow cover at the beginning of July

samych terminach. Uzyskany obraz zanikania pokrywy śnieżnej w badanych obszarach zwaloryzowano wydzielając trzy kategorie:

1. miejsca, gdzie pokrywa śnieżna zalega krótko,
2. miejsca, w których pokrywa śnieżna zalega średnio długo,
3. miejsca, gdzie pokrywa śnieżna zalega bardzo długo.

Następnie mapę zanikania pokrywy śnieżnej, z uwzględnieniem wyróżnionych kategorii, nałożono na mapę roślinności i analizowano podobieństwo przebiegu granic wydzielen na obu mapach. W ten sposób możliwe było powiązanie zbiorowisk roślinnych z wydzielonymi trzema kategoriami trwałości pokrywy śnieżnej. Następstwem tego było wyróżnienie zbiorowisk roślinnych związanych z wymienionymi trzema kategoriami pokrywy śnieżnej oraz zbiorowisk niezależnych od tego czynnika. Analiza ta jest podstawą wyróżnienia wskaźnikowych zbiorowisk roślinnych dla miejsc długiego oraz zdecydowanie krótkiego zalegania pokrywy śnieżnej.

### 7.3. CHARAKTERYSTYKA ZANIKANIA POKRYWY ŚNIEŻNEJ

Zanikanie pokrywy śnieżnej przebiega każdego roku w ten sam sposób, co oznacza, że przestrzenny układ zanikania pokrywy śnieżnej nie zmienia się w poszczególnych latach. Te same miejsca w każdym roku są najwcześniej i najpóźniej wolne od śniegu oraz zachowana jest taka sama kolejność wytopiania się poszczególnych fragmentów stoku spod śniegu. Zmieniają się jedynie terminy kalendarzowe, w których dana faza występuje w danym roku (Rączkowska 1993, 1997). Przebieg zanikania pokrywy śnieżnej w badanych obszarach przedstawiono na przykładzie roku 1995 (ryc. 1 i 2). Na przestrzenny obraz zanikania pokrywy śnieżnej wpływa rzeźba stoku. Najwcześniej wytopiają się spod śniegu wszelkie załomy i wypukłe fragmenty stoku, a najdłużej śnieg się utrzymuje w zagłębieniach, różnej genezy niszach i rynnach erozyjnych.

Pierwsze fragmenty stoku wolne od śniegu pojawiają się w końcu kwietnia, a ostatnie płyty śnieżne znikają w początku lipca. Zanikanie pokrywy śnieżnej rozpoczyna się w tym samym czasie w obu kottach, ale poszczególne fazy różnią się bardzo w obu obszarach. Znacznie szybciej zanika pokrywa śnieżna w Kotle Goryczkowym. W drugiej fazie niemal cały obszar Kotła Gąsienicowego znajduje się pod śniegiem, podczas gdy niemal połowa powierzchni Kotła Goryczkowego jest wolna od śniegu. Taka sama prawidłowość jest zachowana w dalszych fazach zanikania pokrywy śnieżnej. Odmienny rytm zanikania pokrywy śnieżnej w omawianych obszarach można tłumaczyć tym, że Kocioł Goryczkowy Świński leży na nieco mniejszej wysokości nad poziomem morza oraz samym jego kształtem. Jest on bardziej otwarty, ma szersze dno i łagodniej nachylone stoki, niż zamknięty z trzech stron stromymi stokami Kocioł Gąsienicowy, co umożliwia dłuższą insolację w ciągu dnia.

Poza tym różny jest przestrzenny rozkład zanikania pokrywy śnieżnej. W Kotle Gąsienicowym pokrywa wytopia się najwcześniej w górnych częściach



stoku, ale nie blisko grani, gdyż tam zalegają grube nawisy śnieżne. Pokrywa śnieżna najdłużej utrzymuje się w centralnej części Kotła zarówno na stokach, jak i w dnie. Ten korzystny dla narciarstwa rozkład pokrywy śnieżnej oraz jej dynamika zostały szczegółowo udokumentowane przez pomiary monitorin-gowe prowadzone przez pracowników Pracowni Naukowo-Badawczej TPN w latach 1991 – 1995 (Krzan i in. 1996). Maksymalna miąższość pokrywy śnieżnej wynosi od 2 do 2,5 metra i występuje w na przełomie marca oraz kwietnia. Pokrywa w Kotle Gąsienicowym jest o ponad metr grubsza niż w Kotle Goryczkowym pod Zakosy na zachodnich zboczach Kasprowego Wierchu. Powodem utrzymywania się tak miąższej pokrywy śnieżnej jest prawdopodobnie fakt, że kocioł ten ma ekspozycję północno-wschodnią, a więc przeciwną do dominującego kierunku wiatrów. Stoki kotła leżą zatem po zawietrznej stronie grani, co sprzyja dużej akumulacji śniegu.

W Kotle Goryczkowym Świńskim śnieg najwcześniej wytapia się w rejonie Przełęczy Goryczkowej i grani głównej. Najdłużej utrzymuje się w dolnej części stoku Pośredniego Goryczkowego oraz w miejscu zacienionym przez ściany skalne, blisko wierzchołka Czuby Goryczkowej, na stoku ekspozycji północno-wschodniej, a więc podobnie jak w Kotle Gąsienicowym po zawietrznej stronie grani. Dno Kotła stosunkowo wcześniej wytapia się spod śniegu. Przez analogię do Kotła Goryczkowego pod Zakosy na Kasprowym Wierchu, można wnosić, że maksymalna miąższość pokrywy śnieżnej jest tu nie większa niż 1,5 metra, poza wypełnieniami rynien spływów gruzowych (Krzan i in. 1996).

#### 7.4. ZALEŻNOŚĆ ŚNIEG – ROŚLINNOŚĆ

Wyniki nałożenia na siebie mapy zanikania pokrywy śnieżnej i mapy roślinności przedstawiono w tabelach 1 i 2, pokazujących zależności roślinności i trwałości pokrywy śnieżnej. Numery jednostek roślinności odpowiadają numerom jednostek legendy map roślinności badanych kotłów (A. Kozłowska, mapa 3 i 4 w tym tomie).

##### 7.4.1. ZALEŻNOŚĆ ŚNIEG – ROŚLINNOŚĆ W KOTLE GĄSIENICOWYM

Głównym typem roślinności na powierzchniach z najdłużej zalegającą pokrywą śnieżną w Kotle Gąsienicowym jest zbiorowisko kosmatki brunatnej – *Luzuletum spadiceae* (8) w postaci jednorodnych płatów oraz w mozaice z innymi zbiorowiskami (9, 10, 11, 21). Ponadto fragmenty stoku, na których długo zalega pokrywa śnieżna, zajęte są w górnej części przez alpejską murawę wyleżyskową – *Orechloa distichae-Juncetum trifidi salicetosum herbaceae* (12), w dolnej części kotła subalpejską murawę powypasową (27), a także przez roślinność naskalną (1) i napiargową (3), gdy są to fragmenty stoku z pokrywą blokową. Powierzchnia zajmowana przez zbiorowiska, na których długo zalega pokrywa śnieżna, wynosi 44 443 m<sup>2</sup>.

T a b e l a 1. Roślinność a trwałość pokrywy śnieżnej w Kotle Gąsienicowym

Jednostka roślinności	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	Trwałość pokrywy śnieżnej	Jednostka roślinności	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	Trwałość pokrywy śnieżnej	Jednostka roślinności	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	Trwałość pokrywy śnieżnej
1	3080	III	13	324	I	25	155	0
2	205	II	14	7944	I	26	937	I
3	4613	III	15	289	II	27	3111	III
4	37	II	16	3940	I	28	749	I
5	2144	II	17	9202	I	29	792	I
6	500	II	18	700	I	30	1090	I
7	359	II	19	859	II	31	446	I
8	15678	III	20	399	0	32	455	I
9	1634	III	21	5473	III	33	1070	I
10	4208	III	22	7564	I	34	763	0
11	1749	III	23	12132	II	35	321	0
12	4897	III	24	1527	I	36	135	0

Objaśnienia:

I – pokrywa śnieżna zalega krótko, II – pokrywa śnieżna zalega średnio długo, III – pokrywa śnieżna zalega bardzo długo, 0 – brak związku z pokrywą śnieżną.

Zbiorowiska z krótko zalegającą pokrywą śnieżną to przede wszystkim murawy alpejskie *Orechloa distichae-Juncetum trifidi* zróżnicowane na podzespoły: typowy – *typicum* (17), mszysty – *typicum* postać z *Polytrichum alpinum* (14), torfowcowy – *sphagnetosum* (13), a także postać sucha z udziałem *Nardus stricta* (26). Niżej, w piętrze subalpejskim są to różnego typu borówczyska lub murawy z udziałem borówczysk (29, 30, 31, 32) oraz zarośla koso-drzewiny (33). Powierzchnia zajmowana przez te zbiorowiska jest mniejsza, niż z długo zalegającą pokrywą śnieżną. Wynosi ona tylko 36 740 m<sup>2</sup>.

#### 7.4.2. ZALEŻNOŚĆ ŚNIEG – ROŚLINNOŚĆ W KOTLE GORYCZKOWYM ŚWIŃSKIM

T a b e l a 2. Roślinność a trwałość pokrywy śnieżnej w Kotle Goryczkowym Świńskim

Jednostka roślinności	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	Trwałość pokrywy śnieżnej	Jednostka roślinności	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	Trwałość pokrywy śnieżnej	Jednostka roślinności	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	Trwałość pokrywy śnieżnej
1	20657	0	12	1326	I	22	1691	II
2	132	II	13	3403	I	23	5066	II
3	297	II	14	10069	II	24	3227	II
4	2599	II	15	2533	II	25	9518	II
5	869	III	16	18469	II	26	1227	II
6	2010	II	17	2561	II	27	29847	I
7	3642	I	18	542	I	28	5665	I
8	6796	I	19	8364	II	29	279	I
9	3423	I	20	718	I	30	2324	I
10	16524	I	21	2937	I	31	6584	I
11	2375	I						

Objaśnienia jak w tabeli 1.

W Kotle Świńskim Goryczkowym pokrywa śnieżna zalega bardzo długo na bardzo niewielkich fragmentach, gdzie podobnie jak w Kotle Gąsienicowym rośnie *Luzuletum spadiceae* (8). Powierzchnia zajęta przez to zbiorowisko wynosi 869 m<sup>2</sup>.

W Kotle Goryczkowym Świńskim bardzo dużą powierzchnię (146 385 m<sup>2</sup>) zajmują natomiast zbiorowiska, na których pokrywa śnieżna zalega krótko. Są to, podobnie jak w Kotle Gąsienicowym, murawy alpejskie *Orechloa distichae-Juncetum trifidi*, a zwłaszcza podzespoły: typowy – *typicum* (8), mszysty – *typicum* postać z *Polytrichum alpinum* (9), torfowcowy – *sphagnetosum* (10), porostowy – *cetrarietosum* (11) oraz postaci z udziałem *Juncus trifidus* (12, 13). W niższych częściach kotła są to różnego typu borówczyska (20, 27, 28, 30), głównie tzw. „*Vaccinietum myrtilli*” (27) oraz zarośla kosodrzewiny (31).

Oba badane kotły różnią się więc znacznie pod względem powierzchni zajmowanych przez roślinność związaną z długim bądź zdecydowanie krótkim zaleganiem pokrywy śnieżnej. Jest to wynikiem różnicy ich położenia w piętrach klimatyczno-roślinnych, a także samego kształtu kotłów. Występujące w nich zbiorowiska roślinne mają natomiast podobną wymowę ekologiczną, jeśli chodzi o ich związki z pokrywą śnieżną. Listy zbiorowisk wskaźnikowych wzajemnie się uzupełniają.

W stosunku do badań na bardzo małych obszarach nisz niwalnych (Kozłowska, Rączkowska 1996) można stwierdzić znaczne rozszerzenie listy zbiorowisk wskaźnikowych dla miejsc zarówno o długim, jak i o krótkim zaleganiu pokrywy śnieżnej. Należy przy tym zauważyć, że wyznaczone uprzednio gatunki wskaźnikowe pozostały, z nieznacznym uzupełnieniem, takie same. Gatunkiem dominującym w miejscach długiego zalegania śniegu jest zawsze kosmatka brunatna (*Luzula spadicea*). Miejsca wcześniej pozbawione śniegu w piętrze alpejskim porasta sit skucina (*Juncus trifidus*) ze znacznym udziałem mszaków bądź porostów. W piętrze subalpejskim są to krzewinki (borówki – głównie *Vaccinium myrtillus*, bażyna *Empetrum hermaphroditum*) lub krzewy (kosodrzewina *Pinus mugho*).

Rezultaty otrzymane w wyniku porównania map zanikania pokrywy śnieżnej oraz roślinności stanowią więc udokumentowane kartograficznie, precyzyjne określenie wskaźnikowych zbiorowisk roślinnych dla długości zalegania pokrywy śnieżnej. Potwierdzają one zarówno wyniki uzyskane dla małych powierzchni, jak i wcześniejsze obserwacje.

## 7.5. PODSUMOWANIE

Analiza informacji zawartych na mapach i w tabelach pozwala stwierdzić, że pokrywa śnieżna jest istotnym czynnikiem wpływającym na rozmieszczenie roślinności, przede wszystkim w związku ze zróżnicowanym czasem jej trwania.

Wskaźnikami miejsc krótkiego zalegania pokrywy śnieżnej są borówczyska „*Vaccinietum myrtilli*” i murawy alpejskie *Orechloa distichae-Juncetum trifidi*

ze znaczącym udziałem mszaków i porostów (podzespoły: *sphagnetosum*, *typicum*, postać z *Polytrichum alpinum* i podzespół *cetrarietosum*).

Wskaźnikami miejsc długiego zalegania śniegu jest zbiorowisko kosmatki brunatnej *Luzuletum spadiceae* i alpejska murawa wyleżyskowa *Orechloa distichae-Juncetum trifidi salicetosum herbaceae*.

Potwierdzone zostało w większej skali niż pojedyncza forma rzeźby (np. nisza niwalna) istnienie stwierdzonych uprzednio (Kozłowska, Rączkowska 1996) zbiorowisk wskaźnikowych dla miejsc, w których pokrywa śnieżna zanika najwcześniej, lub miejsc, w których pokrywa śnieżna utrzymuje się najdłużej w strefie peryglacjalnej Tatr. Ponadto rozszerzona została lista zbiorowisk wskaźnikowych zarówno miejsc długiego, jak i krótkiego zalegania pokrywy śnieżnej.

Długość zalegania pokrywy uwarunkowana jest częściowo przez rzeźbę terenu. W ten sposób wzmacnia ona zależności pomiędzy rzeźbą a roślinnością i równocześnie sprawia, że nie tylko procesy geomorfologiczne mają wpływ na roślinność, ale również rozmieszczenie i układ form. Zależność ta ma charakter sprzężenia zwrotnego.

## SNOW COVER AND VEGETATION

### Summary

The aim of the study has been to present the relationship between the persistence of snow cover and the vegetation in a high-mountain area. This relationship was analysed on the basis of vegetation maps (A. Kozłowska, this volume maps 3 and 4), as well as maps published here for the annual retreat of snow cover from areas of Kocioł Gąsienicowy and Kocioł Goryczkowy Świński.

Snow cover retreats in the same way each year, so the course of the process has been illustrated by reference to 1995 (see Figs. 1 and 2). The 1:1000-scale maps of the retreat of snow cover show the successive phases of the process and allow for a categorisation into places in which:

1. there is lying snow cover for a short time only,
2. there is lying snow cover for a moderately long time,
3. there is lying snow cover for a very long time.

The similarity of courses to the boundaries of different category areas on the two maps was analysed and plant communities associated with the above three snow-cover categories identified, along with those apparently independent of this factor (Table 1 and 2).

Plant communities indicative of places with longlasting or decidedly-shortlived snow cover were designated. The latter included bilberry scrub "*Vaccinietum myrtilli*" and *Orechloa distichae-Juncetum trifidi* alpine grasslands with a considerable share of bryophytes and lichens (*sphagnetosum*, *typicum*, form with *Polytrichum alpinum* and *cetrarietosum* sub-association), and the former the community with wood-rush *Luzuletum spadiceae* and the alpine grassland *Orechloa distichae-Juncetum trifidi salicetosum herbaceae*.

The list of communities indicative of either places of long-duration or short-duration snow cover was an extension of that described in the past.

## LITERATURA

- Balcerkiewicz S., 1984, *Roślinność wysokogórska Doliny Pięciu Stawów Polskich w Tatrach i jej przemiany antropogeniczne*, Wyd. Nauk. UAM, Ser. Biologia, 25.
- Daubenmire R.F., 1973, *Rośliny i środowisko. Podręcznik autekologii roślin*, PWN, Warszawa.
- Ellenberg H., 1986, *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht*, Ulmer, Stuttgart.
- Kozłowska A. B., Rączkowska Z., 1996, *Relacje śnieg – roślinność w obrębie form niwalnych*, Przegł. Geogr., 68, 1–2, s. 167–179.
- Krzan Z., Skawiński P., Kot M., 1996, *Rozkład i dynamika pokrywy śnieżnej terenów narciarskich Kasprowego Wierchu*, [w:] *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a Człowiek*, T. 3, *Wpływ człowieka*, s. 35–55, Kraków–Zakopane.
- Matuszkiewicz W., 1981, *Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski*, PWN, Warszawa.
- Pawłowski B., 1956, *Flora Tatr*, T. 1, PWN, Warszawa.
- 1972, *Zespoły wysokogórskie*, [w:] W. Szafer, K. Zarzycki (red.), *Szata roślinna Polski*, t. 1, PWN, Warszawa, s. 366–382.
- Rączkowska Z., 1993, *Ilościowe wskaźniki niwacji w Tatrach*, Dok. Geogr., 4–5, s. 63–82.
- 1997, *Geomorfologiczna rola płatów śnieżnych w Tatrach Wysokich*, Praca doktorska, maszynopis, Archiwum IGiPZ PAN, Kraków, s. 187.

## Adresy autorów:

Zofia Rączkowska – Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn IGiPZ PAN,  
ul. św. Jana 22, 31-018 Kraków, e-mail: raczk@zg.pan.kraków.pl

Anna Kozłowska – Zakład Geoekologii IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa,  
e-mail: a.kozl@twarda.pan.pl



ANNA KOZŁOWSKA, ZOFIA RĄCZKOWSKA, ANNA JAKOMULSKA

## 8. ROŚLINNOŚĆ JAKO WSKAŹNIK MORFODYNAMIKI STOKU WYSOKOGÓRSKIEGO

### 8.1. WSTĘP

Wzajemne relacje rzeźby i roślinności są od dawna przedmiotem zainteresowania badaczy, zarówno geomorfologów jak i geobotaników. Zakres tych zainteresowań jest zwykle ograniczony, u geomorfologów – do stopnia pokrycia form rzeźby przez roślinność, u geobotaników zaś – do ogólnej charakterystyki miejsca występowania badanego zbiorowiska roślinnego.

Tymczasem istnieje nierozwiązany dotąd w wystarczającym stopniu problem badawczy: w jaki sposób warunkują się wzajemnie te dwa tak różne komponenty środowiska przyrodniczego, trwała i słabo zmienna (z wyjątkiem zdarzeń katastrofalnych) rzeźba oraz zależna od wielu czynników i bardzo łatwo podlegająca zmianom roślinność. Zbadanie tych relacji umożliwiłoby przełożenie informacji z jednej dziedziny na informacje z drugiej, czyli np. ułatwiłoby interpretację map roślinności pod kątem rzeźby i odwrotnie, tak, jak jest to możliwe w przypadku map gleb i roślinności. Wymaga to ustalenia korelacji lub nawet tylko współwystępowania ze sobą obu badanych komponentów środowiska. Próby takie były podejmowane dla obszaru Tatr przez S. Balcerkiewicza i M. Wojterską (1986), było to podsumowanie doświadczeń zdobytych przez tych autorów podczas badania roślinności Doliny Pięciu Stawów Polskich.

Najlepszym podejściem metodycznym do tego problemu wydaje się być nakładanie na siebie map roślinności i rzeźby oraz badanie ich zgodności. Metoda ta stosowana była przez Z. Rączkowską i A. Kozłowską (1993) oraz A. Kozłowską i Z. Rączkowską (1996). Stosowane tu było jedynie wizualne porównanie map.

Istnienie map numerycznych, w tym przypadku – map powierzchni morfodynamicznych (Z. Rączkowska, w tym tomie mapa 1 i 2) i map roślinności (A. Kozłowska, w tym tomie mapa 3 i 4) badanych kotłów, daje możliwość precyzyjnego, komputerowego porównania kształtów i przebiegu granic jednostek. Daje to również możliwość użycia metod statystycznych do określenia mocy związku zachodzącego między analizowanymi typami roślinności i rzeźby. W niniejszym opracowaniu zastosowane będzie takie właśnie podejście metodyczne. Warto przy tym zauważyć, że użycie metod komputerowych i oblicza-

nie wskaźników mocy związku stwarza złudne nieraz przekonanie o ogromnej precyzji otrzymanych wyników, gdy cała dokładność metody polega na prawidłowo wykonanych mapach użytych potem do porównania.

## 8.2. METODY

Do analizy wykorzystano mapy roślinności (A. Kozłowska, w tym tomie mapa 3 i 4) i jednostek morfodynamicznych wydzielonych na bazie mapy geomorfologicznej. Mapy te były wykonane dla tych samych obszarów niezależnie od siebie – przez geobotanika i geomorfologa. Samo ich wizualne porównanie pozwala zauważyć podobieństwo przebiegu granic poszczególnych wydzieleni na mapach obu komponentów oraz podobieństwo rozmieszczenia wydzielonych jednostek w przestrzeni.

Podjęto próbę udokumentowania tych zależności przy pomocy metod statystycznych. Analizowano moc powiązań między roślinnością a rzeźbą w Kotle Gąsienicowym oraz Goryczkowym Świńskim, nakładając na siebie cyfrowe mapy badanych komponentów i obliczając wskaźnik mocy powiązań (Richling 1992).

Podstawą wskaźnika jest odniesienie powierzchni zajętej przez jednostki przestrzenne o danych cechach do teoretycznie maksymalnej powierzchni, na której zachodzi dany związek. Wskaźnik mocy powiązań wyraża się następującym wzorem:

$$W = \frac{P_{rg}}{P_g}, \text{ gdy } P_g < P_r,$$

$$W = \frac{P_{rg}}{P_r}, \text{ gdy } P_r < P_g,$$

gdzie:

$P_{rg}$  – sumaryczna powierzchnia jednostek, w których występują cechy  $r$  i  $g$  badanych komponentów, co odpowiada powierzchni z kategorią roślinności  $r$  i kategorią rzeźby  $g$ ,

$P_r$  – sumaryczna powierzchnia jednostek przestrzennych z cechą  $r$  roślinności,

$P_g$  – sumaryczna powierzchnia jednostek przestrzennych z cechą  $g$  rzeźby.

Wskaźnik osiąga wartości od 0 do 1. Maksymalna wartość 1 występuje wówczas, gdy granice wydzieleni obu analizowanych kategorii w pełni się pokrywają. Wartość wskaźnika maleje do 0, gdy badane komponenty w ogóle nie występują razem. Wysokie wartości wskaźnika charakteryzują związki trwałe i stabilne, pełniące przewodnią rolę w strukturze środowiska.

Otrzymane wartości zwaloryzowano w skali 5-stopniowej, przyjmując następujące przedziały klasowe wartości wskaźnika:



I	-	W = 0-0,2	związki bardzo słabe,
II	-	W = 0,21-0,4	związki słabe,
III	-	W = 0,41-0,6	związki przeciętne,
IV	-	W = 0,61-0,8	związki mocne,
V	-	W = 0,81-1,0	związki bardzo mocne.

Klasyfikacja związków przyjęta została za G. Bezkowską (1986).

W dalszej analizie pominięte zostały związki należące do klasy I jako bardzo słabe i przypadkowe. W szczególności dotyczy to różnic wynikających z niedokładności w rysowaniu wydzieleni przez osoby kartujące w terenie.

W niniejszym opracowaniu rozpatrywana jest charakterystyka jednostek rzeźby przez jednostki roślinności. Ponieważ typów jednostek roślinności było prawie dwukrotnie więcej niż morfodynamicznych typów rzeźby, uproszczono dane wyjściowe poprzez pogrupowanie typów roślinności według podobieństwa ekologicznego oraz nieznacznie tylko pogrupowanie typów rzeźby. Otrzymano dzięki temu bardziej przejrzysty obraz całokształtu relacji rzeźby i roślinności dla każdego z badanych kotłów (tab. 1 i 2).

Ponieważ obliczone wartości wskaźników mocy związku dla jednostek połączonych i niepołączonych różniły się nieco od siebie, nie zrezygnowano z posługiwania się danymi nie połączonymi. Średnimi i wysokimi wartościami wskaźników (III-V), obliczonych dla wąsko ujętych typów, posłużono się przy poszukiwaniu zbiorowisk roślinnych jako wskaźników morfodynamicznych typów rzeźby. Wyniki te przedstawione są dla każdego z kotłów oddzielnie (tab. 3 i 4) oraz uogólnione dla typów występujących w obu badanych kotłach (tab. 5).

## 8.3. WYNIKI

### 8.3.1. RELACJE RZEŻBA - ROŚLINNOŚĆ

Całokształt relacji roślinność a rzeźba w każdym z obu badanych kotłów prezentowany jest w tabeli 1 i 2 dla jednostek roślinności, pogrupowanych według podobieństwa uwarunkowań ekologicznych. Te uproszczone, pod względem liczby jednostek obu map, tabele zawierają pełen zestaw zwaloryzowanych wskaźników mocy powiązań, z wyjątkiem klasy I. Tabele konstruowane są na podstawie podobieństwa typów roślinności charakteryzujących poszczególne typy powierzchni morfodynamicznych. W wyniku takiego sposobu porządkowania tabel, niejako automatycznie, procesy morfodynamiczne ułożyły się w grupy genetycznie jednorodne, np. procesy erozji związane z wodą spływającą po stoku (spłukiwanie, erozja linijna), procesy soliflukcyjne itd.

Otrzymano liniowy obraz badanej zależności w Kotle Goryczkowym Świńskim i blokowo-liniowy w Kotle Gąsienicowym. Blokowo-liniowy obraz w Kotle Gąsienicowym spowodowany jest prawdopodobnie przez dłuższe zaleganie pokrywy śnieżnej (p. mapy pokrywy śnieżnej, w tym tomie), na co wskazuje obecność różnorodnych zbiorowisk wyleżyskowych, na różnych typach powierzchni morfodynamicznych. W Kotle Goryczkowym Świńskim powszech-

Tabela 1. Związki roślinności z rzeźbą w Kotle Goryczkowym Świńskim  
(wskaźniki mocy powiązań roślinności z procesami geomorfologicznymi – waloryzowane)

nr typu jednostek roślinności wg legendy mapy	nr typu jednostki powierzchni morfodynamicznych wg legendy mapy	g17	g13	g18	g11	g15, g16	g5,8, g14	g12	g6,7	g19	g20	g21	g10	g9	g4	g2,3	g1	charakterystyka
																		stok utrwalony kosodrzewiną
r31	zarośla kosodrzewiny	√																
r7	roślinność ścian skalnych		V															
r1	zbiorowiska porostów naskalnych			V														
r5	zbiorowisko kosmatki brunatnej				III		II											
r15,16,17,18,19,21	murawy wypasowe alp. i subalp.				III	II	III											
r25	traworośla trzcinnikowe					II	III											
r30	borówczyska bażynowe						II											
r20,26,27,29	borówczyska						II	II	IV	III	II							
r22,23,24,28	antropog. zbior. trawiaste subalp.								II	II	III	IV						
r3	zbiorowisko wyleżyskowe mszaków			II							II	III						
r6	zbiorowisko kosmatki z powyp. subalp.											IV						
r9,10	murawy alp. mszyste i torfowcowe												IV	II				
r8	murawy alpejskie typowe													IV				
r11,12	murawy alp. suche i pionierskie							III						II				
r13	murawy alp. wilgotne pionierskie													II	II			
r14	murawy alpejskie wypasowe														II	II	III	
r4	zbiorowisko kosmatki słabo zwarte															V		
r2	inicjalne stadia roślinności																	V

Tab e l a 2. Związki roślinności z rzeźbą w Kotle Gąsienicowym  
(wskaźniki mocy związków roślinności z procesami geomorfologicznymi – waloryzowane)

nr typu jednostek roślinności wg legendy mapy	nr typu jednostki powierzchni morfodynamicznych wg legendy mapy	charakterystyka	g21, 22	g15	g14	g12, 13	g5, 8	g6, 7	g16	g9	g10	g11	g17	g20	g19	g18	g4	g2,3	g1
			obiekty antropogeniczne	stok stabilny z pokrywą blokową	stok utrwalony kosodrzewiną	stoki stabilne	spęzanie i soliflukcja	stok blokowy ze spęzaniem darmi i gleby po głazach	stok z pokrywą blokową świeżo zarosnięta	soliflukcja, wykształcone terasetki	soliflukcja	nizsze niwalne modelowane przez niwacę	świeża akumulacja w postaci języków spływów gruzowych	akumulacja na stożkach i równinie napływowej	akumulacja w postaci języków spływów gruzowych	akumulacja w postaci wałów spływów gruzowych	procesy erozji, stok ustabilizowa- ny przez roślinność	procesy erozji, stok częściowo ustabilizowany przez roślinność	procesy erozji, głównie sputkiwa- nie i erozja unijna
r4,5		antropogeniczne zbiorowiska piargowe	V																
r1		zbiorowiska porostów naskalnych		V															
r33		zarośla kosodrzewiny			V														
r34,35,36,25		antropogeniczne zbiorowiska zwarte				V													
r14		murawa alpejska mszysta				II				III									
r12		murawa alpejska wyleżyskowa				II					III	II							
r15,17,18,19,20		murawy alpejskie różne				III	II												
r16		murawa alpejska mszysta i wyleżyskowa				III	III												
r22,23		murawa alpejska wypasowa i ze zbior.kosm.				II	III	II	II	II									
r8,9		zbiorowiska kosmatki brunatnej, wyleżyska				II	II					II	V	III	II	III	III	II	
r24,26,27,28,29,30,31		murawa powypasowa i borówczyska					III	III	II										
r32		borówczyska bieżynowe					III	II											
r6,13		murawa alpejska torfowcowa i zbior. mchów					III												
r11		zbiorowisko kosmatki i kostrzewy												II	III				
r10,21		zbiorowiska kosmatki z murawami alp.														II		II	III
r2,3,7		pionierskie zbiorowiska napiargowe															II	II	III

nie występujące borówczyska i subalpejskie murawy wypasowe także związane są z szeregiem różnych typów powierzchni morfodynamicznych.

Najwyższe wartości wskaźnika mocy powiązań (V) występują najczęściej w przypadkach, gdy można było precyzyjnie (geodezyjnie) wyznaczyć granice kartowanych powierzchni. Zwykle jeden typ powierzchni morfodynamicznej jest charakteryzowany przez dwa – trzy typy roślinności. Większa liczba typów roślinności występuje na powierzchniach modelowanych przez procesy o mniejszej intensywności.

Z powyższej analizy wynika, że zależność rzeźba – roślinność nie jest jednoznaczna, tzn. że jednemu typowi roślinności nie odpowiada jeden typ powierzchni morfodynamicznej. Oznacza to, że nie istnieje ścisła korelacja roślinność – rzeźba, gdyż roślinność odzwierciedla całokształt warunków siedliskowych, a więc także obrazuje wpływ innych komponentów środowiska przyrodniczego. Wpływ tych komponentów jest niejednokrotnie silniejszy i bardziej bezpośredni niż wpływ samej rzeźby.

Nie wyklucza to jednak możliwości poszukiwania zbiorowisk wskaźnikowych dla poszczególnych typów modelowania morfodynamicznego stoku wysokogórskiego.

### 8.3.2. ZBIOROWISKA ROŚLINNE JAKO WSKAŹNIKI MORFODYNAMICZNYCH TYPÓW RZEŻBY

Przedmiotem dalszych rozważań (tab. 3 i 4) jest próba charakterystyki za pomocą wąsko ujętych zbiorowisk roślinnych (znaków legendy map roślinności badanych kotłów) równie wąsko ujętych jednostek morfodynamicznych rzeźby w celu wyznaczenia zbiorowisk wskaźnikowych dla poszczególnych typów powierzchni stokowych. W analizie tej uwzględniane są tylko te zbiorowiska roślinne, które mają przeciętne, mocne i bardzo mocne związki z jednostkami rzeźby (klasy III, IV i V).

Porównując tabele 3 i 4 spostrzega się podobieństwo charakteru badanych zależności w obu rozpatrywanych obszarach. Występują trzy rodzaje zależności:

- Jednemu typowi morfodynamicznemu rzeźby odpowiada jeden typ roślinności; taki typ roślinności może być uznany za wskaźnikowy dla danego typu morfodynamicznego.

- Jeden typ roślinności występuje na kilku typach powierzchni morfodynamicznych; taki typ roślinności nie ma wartości wskaźnikowej lub ma ją dla całej grupy powierzchni morfodynamicznych.

- Na jednym typie powierzchni morfodynamicznych występuje kilka typów roślinności; jeśli występują one tylko na danym typie morfodynamicznym, wówczas stanowią grupę zbiorowisk, z których każde może być wskaźnikiem danego typu rzeźby.

Należy także zauważyć, że nie wszystkim typom powierzchni morfodynamicznych można przypisać zbiorowiska wskaźnikowe, które spełniałyby przyjęte powyżej kryteria.

Analiza tabel 3 i 4 pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

- Zbiorowiska roślinne można traktować jako wskaźniki procesów geomorfologicznych. Można wyznaczyć jedno lub grupę zbiorowisk wskaźnikowych.
- Procesy zachodzące na intensywnie modelowanych stokach mają jedno zbiorowisko wskaźnikowe. W miarę stabilizacji stoku rośnie liczba możliwych zbiorowisk wskaźnikowych. W przypadku stoków stabilnych liczba zbiorowisk wskaźnikowych może dochodzić nawet do 9. Zależność ta jest dobrze widoczna na powierzchniach erozyjnych w kolejnych stopniach ustabilizowania.

### 8.3.3. RELACJE RZEŻBA – ROŚLINNOŚĆ. PRÓBA UOGÓLNIENIA

Oba badane kotły charakteryzują się własną specyfiką relacji roślinność – rzeźba i własnym zestawem zbiorowisk wskaźnikowych. Wynika to z lokalnego zróżnicowania rozpatrywanych elementów środowiska. Kolejnym celem tego opracowania jest znalezienie ogólnych zależności, które mogłyby odnosić się do innych, podobnych obszarów Tatr. Dlatego też połączone zostały legendy map powierzchni morfodynamicznych badanych kotłów. Wykorzystano także połączoną legendę map roślinności (p. s. 67 w tym tomie).

W wyniku połączenia legend odpowiadających sobie map tematycznych obu badanych kotłów skonstruowana została tabela (tab. 5) stanowiąca syntezę związków roślinności z rzeźbą w otoczeniu Kasprowego Wierchu. Ujęto w niej tylko te typy powierzchni morfodynamicznych, które występują w obu kotłach. Przypisano im typy zbiorowisk roślinnych, dla których wskaźniki mocy powiązań wynoszą III – V.

Obraz związków roślinności z rzeźbą zawarty w tabeli 5 jest mniej wyraźny, niż w przypadku rozpatrywania poszczególnych badanych obiektów. Liczne zbiorowiska roślinne powtarzają się w charakterystyce szeregu typów powierzchni morfodynamicznych. Pojedyncze zbiorowiska związane są, jak wykazywano to poprzednio, z intensywnością procesów modelujących dany typ powierzchni morfodynamicznej lub z bardzo specyficznymi procesami, jak niwacja czy soliflukcja z terasetkami. Natomiast w przypadku powierzchni stabilnych czynnikiem decydującym o rozmieszczeniu roślinności staje się piętrowość. Dlatego też powierzchnie takie charakteryzowane są przez liczne, bardzo różnorodne zbiorowiska roślinne.

Na podstawie tabeli 5 można wskazać szereg zbiorowisk wskaźnikowych. Dla stoków modelowanych przez soliflukcję wskaźnikową rolę odgrywają murawy alpejskie z torfowcami lub mszyste postaci podzespołu typowego tych muraw. Wskaźnikami stoków intensywnie modelowanych są inicjalne zbiorowiska roślin zarodnikowych lub pionierska, słabo zwarta postać zbiorowiska kosmatki brunatnej. Dla nisz niwalnych modelowanych przez niwację wskaźnikiem jest zbiorowisko kosmatki brunatnej. Stoki ustabilizowane charakteryzują się występowaniem licznych zbiorowisk roślinnych. Spośród tych zbiorowisk wyraźnie wyodrębniają się borówczyska, które porastają utrwalone stoki z pokrywą blokową.

Tabela 3. Zbiorowiska roślinne jako wskaźniki rzeźby w Kotle Goryczkowym Świńskim (wskaźniki mocy powiązań roślinności z procesami geomorfologicznymi – waloryzowane)

nr typu jednostek roślinności wg legendy mapy	nr typu jednostek powierzchni morfodynamicznych wg legendy mapy	g17	g18	g13	g9	g10	g12	g11	g8	g14	g1	g3	g2	g19	g6	g7	g5	g21	charakterystyka
r31	<i>Pinetum mughi</i>	√																	
r1	<i>Rhizocarpetalia</i>		√																
r7	<i>O.d.-J.t. x Rhizocarpetalia</i>			√															
r8	<i>O.d.-J.t. typicum</i>				IV														
r10	<i>O.d.-J.t. sphagnetosum</i>					IV													
r11	<i>O.d.-J.t. cetrarietosum</i>						III												
r5	<i>Luzuletum spadiceae</i>							III											
r25	<i>Calamagrostietum villosae</i>								III	IV									

<http://rcin.org.pl>

r2	inicjalne stadia sukcesji roślinności									V											
r14	<i>O.d.-J.t. caricet.sempervirentis</i>									III	III										
r4	<i>Luzuletum spadiceae</i> słabo zwarte										III	V									
r27	„ <i>Vaccinietum myrtilli</i> ”												III	III	IV						
r20	<i>O.d.-J.t. caricet.sempervir. z Vaccinium</i>													III	III						
r29	„ <i>Vaccinietum myrtilli</i> ” zatorfione														V						
r16	<i>O.d.-J.t. caricet.sempervir. x Calamagr.</i>																			III	
r18	<i>O.d.-J.t.</i> postać subalpejska																			V	
r19	<i>O.d.-J.t.</i> postać subalpejska, wilgotna																			III	
r21	<i>O.d.-J.t. car. semp. z Vaccin. i Calamagr.</i>																			III	
r15	<i>O.d.-J.t. caricet.sempervir.</i> wilgotne																			III	
r23	zbiór. z <i>Deschampsia flexuosa</i>																				III
r3	zbiór.mszaków z <i>Salicion herbaceae</i>																				III
r6	<i>Luzuletum spad.</i> x zbiór. z <i>Desch.flex.</i>																				IV
r24	zbiór. z <i>Desch.flex.</i> x <i>Luzuletum</i>																				IV
r28	„ <i>Vaccinietum myrtilli</i> ” ze zbior. <i>Desch.</i>																				III

Tabela 4. Zbiorowiska roślinne jako wskaźniki rzeźby w Kotle Gąsienicowym  
(wskaźniki mocy powiązań roślinności z procesami geomorfologicznymi – waloryzowane)

nr typu jednostek roślinności wg legendy mapy	nr typu jednostek powierzchni morfodynamicznych wg legendy mapy	g14	g21	g19	g6	g9	g10	g17	g20	g12	g1	g15	g8	g7	g5	g13
		charakterystyka														
r33	<i>Pinetum mughi</i>	V														
r5	<i>Pogonato-Oligotrichetum</i>		V													
r11	<i>Luzuletum x</i> zbior. <i>Festuca picta</i>			IV												
r24	<i>O.d.-J.t. caric. semp. x Calamagrostietum</i>				IV											
r14	<i>O.d.-J.t. typicum</i> postać mszysta					III										
r12	<i>O.d.-J.t. salicetosum herbaceae</i>						III									
r8	<i>Luzuletum spadiceae</i>							V	III	III						
r2	inicjalne stadia roślin zarodnikowych – faza I										IV					
r3	inicjalne stadia roślin zarodnikowych – faza II										III					
r1	<i>Rhizocarpetalia</i>											V				



r19	<i>O.d.-J.t.</i> postać z <i>Juncus trifidus</i>								IV			
r27	<i>O.d.-J.t.</i> postać subalpejska powypasowa									IV		
r29	<i>Calamagrostietum villosae tatricum</i>									III		
r32	<i>Empetro-Vaccinietum</i>									III		
r30	„ <i>Vaccinietum myrtilli</i> ”										V	
r31	„ <i>Vaccinietum</i> ” x <i>O.d.-J.t.</i> postać subalpejska									IV		
r28	<i>O.d.-J.t.</i> postać subalp. x „ <i>Vaccinietum</i> ”									III	III	
r13	<i>O.d.-J.t. sphagnetosum</i>										V	
r26	<i>O.d.-J.t. caric.semp.</i> postać sucha										III	
r16	<i>O.d.-J.t. typ.</i> postać mszysza x <i>salic.herb.</i>										III	III
r36	ziolorośla z <i>Alchemilla sp.</i>											III
r34	<i>Seslerion tatrae</i> antropogeniczny											V
r35	ziolorośla z <i>Adenostyilion</i>											V
r15	<i>O.d.-J.t. typ.</i> postać mszysza x <i>Luzuletum</i>											V
r18	<i>O.d.-J.t. cetrarietosum</i>											V
r25	<i>O.d.-J.t. caric.semp.</i> x <i>Calamagrostietum</i>											V
r17	<i>O.d.-J.t. typicum</i>											III
r20	<i>O.d.-J.t.</i> postać z <i>Juncus trifidus</i> antropog.											III

Tabela 5. Charakterystyka typów powierzchni morfodynamicznych przy użyciu zbiorowisk roślinnych

Typ powierzchni morfodynamicznej	Zbiorowisko roślinne najczęściej występujące, wykazujące silny (> III) związek z typem powierzchni morfodynamicznej
Stok modelowany przez procesy erozji, głównie spłukiwanie i erozję liniijną	inicjalne stadia wkraczania roślin zarodnikowych na nieustabilizowanym podłożu
Stok modelowany przez procesy erozji, z pojedynczymi kępami trawy	<i>Luzuletum spadiceae</i> – słabo zwarte
Stok modelowany przez procesy erozji, częściowo ustabilizowany przez roślinność	<i>Luzuletum spadiceae</i> ; <i>Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis</i>
Stok modelowany przez procesy erozji, ustabilizowany przez roślinność	liczne zbiorowiska
Stok modelowany przez spelżywanie	<i>Oreochloa distichae-Juncetum trifidi sphagnetosum</i> ; <i>Oreochloa distichae-Juncetum trifidi</i> powypasowa postać subalpejska
Stok z pokrywą blokową, modelowany przez spelżywanie warstwy darni i gleby po głazach	<i>Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis</i> postać sucha z <i>Nardus stricta</i> ; „ <i>Vaccinietum myrtilli</i> ”
Stok z pokrywą blokową, modelowany przez spelżywanie warstwy darni po głazach	„ <i>Vaccinietum myrtilli</i> ”
Stok modelowany przez powolne ruchy masowe, głównie spelżywanie i soliflukcję	<i>Calamagrostietum villosae tatricum</i> ; <i>Oreochloa distichae-Juncetum trifidi</i> powypasowa postać subalpejska
Stok modelowany przez soliflukcję, z wykształconymi terasetkami	<i>Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum</i> postać mszysta
Stok modelowany przez soliflukcję	<i>Oreochloa distichae-Juncetum trifidi sphagnetosum</i> ; <i>Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum</i>
Nisze niwalne modelowane przez niwację	<i>Luzuletum spadiceae</i>
Stok nieaktywny	liczne zbiorowiska murawowe
Stok stabilny utrwalony kosodrzewiną	<i>Pinetum mughi carpaticum</i>
Stok stabilny z pokrywą blokową	<i>Rhizocarpetalia</i>
Stok z akumulacją w postaci wałów spływów gruzowych	„ <i>Vaccinietum myrtilli</i> ”
Stok z akumulacją w postaci języków spływów gruzowych	<i>Luzuletum spadiceae</i> w kompleksie ze zbior. z <i>Festuca picta</i>
Akumulacja na stożkach i równinie napyłkowej	liczne zbiorowiska wyleżysk i wilgotnych muraw oraz <i>Calamagrostietum villosae tatricum</i>

#### 8.4. WNIOSKI

– Zbiorowiska roślinne można traktować jako wskaźniki kierunku i tempa współczesnego przekształcania rzeźby stoków wysokogórskich Tatr. Istnieje możliwość wyznaczenia jednego lub grupy kilku zbiorowisk wskaźnikowych dla poszczególnych typów powierzchni morfodynamicznych. Należy zauważyć, że tylko w niektórych przypadkach, np. soliflukcji, typ powierzchni morfodynamicznej można utożsamiać z jednym procesem geomorfologicznym

– Procesy zachodzące na intensywnie modelowanych stokach mają jedno zbiorowisko wskaźnikowe. W miarę stabilizacji stoku rośnie liczba potencjalnie możliwych zbiorowisk wskaźnikowych, których istnienie zależy głównie od położenia w piętrze klimatyczno-roślinnym.

– Zależność rzeźba – roślinność nie jest zatem jednoznaczna, tzn. że jednemu typowi roślinności nie zawsze odpowiada jeden typ powierzchni morfodynamicznej, gdyż roślinność odzwierciedla całokształt warunków siedliskowych, a więc także obrazuje wpływ innych komponentów środowiska przyrodniczego. Wpływ tych komponentów jest niejednokrotnie silniejszy i bardziej bezpośredni niż wpływ samej rzeźby.

– Siła powiązań nie ma charakteru stałego, lecz zależy od skali rozpatrywanych zjawisk, wartości współczynników mocy powiązań zmieniają się wraz z generalizacją materiałów wyjściowych.

### VEGETATION AS AN INDICATOR OF MORPHODYNAMICS ON A HIGH-MOUNTAIN SLOPE

#### Summary

The research concerned the interrelationships between relief and vegetation and in particular the manner of mutual conditioning of these two different components of the natural environment - relief with its permanence and limited change over time (except in the event of catastrophes) and vegetation with its dependence on a host of factors and high susceptibility to change.

Analysis was based on maps of vegetation (A. Kozłowska, this volume maps 3 and 4) and of morphodynamic units delimited on the basis of a geomorphological map (Rączkowska, this volume maps 1 and 2). Digital maps of the components studied were overlain and an index of the strength of linkages calculated (Richling 1992). The index in question has values between 0 and 1.

The results obtained were assigned values along a 5-point scale.

The present study seeks to characterise units of relief by reference to units of vegetation. The sum of the relationship between relief and vegetation is presented for each of the studied areas in Tables 1 and 2. Indicative plant communities were designated for morphodynamic types of relief in each of the areas (Tables 3 and 4), as well as in a generalised version (Table 5).

The following conclusions were drawn from the work presented:

– Plant communities may be treated as indicators of the direction and rate of contemporary changes to the relief of the high-mountain slopes of the Tatras. It is possible to designate one community, or a group of several, indicative of the different types of morphodynamic area. It should be noted that in only some cases – such as that of solifluction – may a type of morphodynamic area be identified with a single geomorphological process.

– The processes ongoing on the intensively-modelled slopes have one indicative community. As stabilisation continues, the number of potentially indicative communities increases, with their identity mainly depending on the location in terms of altitudinal climatic and vegetational zones.

– The relief-vegetation relationship is not therefore an unambiguous one, which is to say that one type of morphodynamic area does not always correspond with one type of vegetation, since the latter will be a reflection of the sum of the habitat conditions, and thus depict the influence of other components of the natural environment. The influence of these components is sometimes stronger and more direct than that of relief itself.

– The strength of linkages is not steady, but rather depends on the scale of phenomena under consideration. Values of the coefficient describing the strength of linkages change with the degree of generalisation of the input materials.

## LITERATURA

- Balcerkiewicz S., Wojterska M., 1986, *Landforms and plant communities in the highmountain vegetation belts in the Tatra Mountains*, Coll. Phytosociol. 13, *Végétation et géomorphologie*, Bailleul 1985, J. Cramer, Berlin – Stuttgart, s. 268 – 277.
- Bezkowska G., 1986, *Struktura i typy geokompleksów w środkowej części Niziny Południowo-polskiej*, Acta Geographica Lodziensia, 54.
- Kozłowska A. B., Rączkowska Z., 1996, *The spatial relation of relief and vegetation*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcanica, 30, s. 117 – 128.
- Rączkowska Z., Kozłowska A. B., 1993, *Geobotaniczne wskaźniki denudacji stoków wysokogórskich*, Conference Papers IGiPZ PAN, 20, s. 75 – 85.
- Richling A., 1992, *Kompleksowa geografia fizyczna*, PWN, Warszawa.

### Adresy autorów:

Anna Kozłowska – Zakład Geoekologii IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, e-mail: a.kozl@twarda.pan.pl

Zofia Rączkowska – Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn IGiPZ PAN, ul. św. Jana 22, 31-018 Kraków, e-mail: raczk@zg.pan.kraków.pl

Anna Jakomulska – Zakład Teledetekcji Środowiska, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW, Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa, e-mail: szkocja@mercury.ci.uw.edu.pl

JAROSŁAW BARANOWSKI

## 9. WPŁYW RZEŻBY I POKRYCIA TERENU NA WARUNKI WIETRZNE W TATRACH WYSOKICH NA PRZYKŁADZIE HALI GĄSIENICOWEJ

### 9.1. WPROWADZENIE

Poznanie klimatu Tatr już od dawna przyciągało uwagę badaczy. Zainteresowania badawcze regionem Tatr miały zawsze charakter ogólnoklimatyczny, jak również wynikały z potrzeb praktycznych (rozwój turystyki i lecznictwa, funkcjonowanie Tatrzańskiego Parku Narodowego itp.).

Dotychczasowe wiadomości o klimacie Tatr pochodzą głównie z kilku stacji meteorologicznych położonych w ich obrębie (w sposób nieprzerwany działają jedynie stacje na Kasprowym Wierchu i na Hali Gąsienicowej; okresowo pracowały także stacje w innych dolinach). Mało jest natomiast danych meteorologicznych, które opisywałyby lokalne stosunki klimatyczne, panujące na obszarach położonych we wnętrzu masywu górskiego.

W literaturze dotyczącej zagadnień tatrzańskich niewiele jest pozycji bezpośrednio nawiązujących do zagadnień klimatu lokalnego (topoklimatu), jako funkcji rzeźby i pokrycia terenu. Lokalna cyrkulacja powietrza, stosunki termiczne i wilgotnościowe w dużej mierze związane są z tymi elementami środowiska. Cyrkulacja powietrza kształtująca się w Tatrach oddziałuje nie tylko na warunki klimatyczne samego masywu górskiego, lecz także wpływa na klimaty lokalne obszarów położonych u podnóża Tatr.

Celem pracy jest określenie wpływu rzeźby i pokrycia terenu na warunki wietrzne w Wysokich Tatrach na podstawie badań przeprowadzonych na Hali Gąsienicowej.

### 9.2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW WIETRZNYCH W TATRACH

Stosunki wietrzne w Tatrach już od dawna były przedmiotem zainteresowania wielu meteorologów i klimatologów. Były i nadal są stawiane pytania: jakie wiatry tu przeważają? jak tworzą się lokalne prądy powietrza? jakim zmianom ulegają wiatry pod wpływem bogato ukształtowanego terenu? Czy też: jak wiatry wpływają na zasięgi roślin lub na samopoczucie człowieka?

Wiatrem w Tatrach zajmowali się już dawno tacy wybitni badacze jak W. Parczewski (1959), który brał pod uwagę relacje pilotów szybowcowych

i dane dotyczące pojawienia się chmur gatunku *lenticularis*, natomiast M. Orlicz (1954) rozpatrywał właściwości wiatru opierając się na danych pochodzących z pomiarów naziemnych.

M. Sokołowski (1927) badając kierunki wiatrów posłużył się wskazówkami zostawionymi przez samą przyrodę. W swoich rozważaniach pisze on: „*Na szczęście sama natura przychodzi nam w tem z pomocą, ustawiając szczególnie w górnej granicy lasów, na całej jej przestrzeni niezliczone ilości takich właśnie anemografów, które nie zapisują nam wprawdzie siły, ale wskazują za to z niezmierną dokładnością kierunek przeważających w danej okolicy wiatrów, prądów lokalnych i wirów. Mam na myśli tak zwane chorągiewki świerkowe, tj. okazy świerków z jednostronnie wykształconą koroną*”.

M. Sokołowski wykorzystał sztandarową formę świerka jako wskaźnik kierunku wiatru. Powstaje ona na skutek mechanicznego oddziaływania wiatru na drzewa. Oddziaływanie to odbywa się poprzez nacisk, ciągnięcie i odwracanie gałązek w cień wiatru, uszkodzenia gałązek od strony dowietrznej przez łamanie, uderzanie kamykami i śniegiem. Powoduje to także zmiany fizjologiczne drzew, polegające na wzmożonym parowaniu z gałęzi i liści oraz słabym wykształceniu gałęzi po stronie dowietrznej. Wyniki terenowych pomiarów koron drzew przedstawił w postaci mapy (ryc. 1).

Według M. Sokołowskiego, ze wszystkich kotłów położonych w górnych częściach dolin spływają „regularne i wielkie rzeki powietrzne”. Uważa on, że na obszarze Tatr Zachodnich przeważają wiatry północno-zachodnie, które w Tatrach Wysokich, ze względu na duże przeszkody, ulegają odchyleniu ku wschodowi (ryc. 2).

Również M. Kot (1985) wykorzystał „sztandarowe” formy świerka do określenia strug wiatru przy powierzchni gruntu w piętrze subalpejskim.

W górnych rejonach Tatr dominują wiatry o orientacji północ–południe. Np. na Kasprowym Wierchu najwięcej dni obserwowano z wiatrem o składowej południowej (21%) i północnej (18%). Na Łomnickim Szczycie notowane były głównie wiatry wiejące z sektora północno-zachodniego (26%) i zachodniego (22%).



Ryc. 1. Chorągiewki świerkowe na obszarze Tatr (wg M. Sokołowskiego)

“Wind flags” of picea in the Tatra region (by W. Sokołowski)

W szczytowych partiach Tatr duży wpływ na kierunki wiatru ma typ cyrkulacji atmosferycznej. I tak, na Kasprowym Wierchu, przewaga wiatrów północnych jest obserwowana podczas występowania następujących typów cyrkulacji antycyklonalnej: NEa, Nwa oraz przy cyrkulacji cyklonalnej: NEc, Nwc. Gdy występuje typ cyrkulacji Ec i Ea, najczęściej obserwuje się wiatr wiejący z północnego wschodu. Wiatry wiejące z południa i południowego zachodu notowane są wówczas, gdy obszar Tatr znajduje się pod wpływem cyrkulacji Wc (Otruba, Wiszniewski 1974).

Na Kasprowym Wierchu, biorąc pod uwagę wszystkie antycyklonalne typy pogody, dominującym kierunkiem wiatru jest wiatr z północy, nieco rzadziej występuje wiatr południowy. Przy cyklonalnych typach pogody jest odwrotnie, wtedy maksimum częstości przypada na wiatry z kierunku południowo-zachodniego i południowego, nieco mniej jest wiatrów północnych.

Na podstawie analizy obserwacji prowadzonych na stacjach meteorologicznych można stwierdzić, że przeważające kierunki wiatru zależą w dużej mierze od ukształtowania terenu. Na przykład, w kotlinach i dolinach o przebiegu wschód – zachód (Czarny Dunajec, Witów, Zakopane, Bukowina Tatrzańska, Głodówka, Dolina Pięciu Stawów Polskich, Dolina Roztoki, Poprad) przeważają wiatry zachodnie. Najczęstszym kierunkiem, z racji równoleżnikowej orientacji masywu tatrzańskiego, jest kierunek południowo-zachodni.

W niektórych dolinach w południowej części Tatr przeważającym wiatrem jest wiatr wiejący z sektora północnego (NE, N, NW). Podobnie jest w dolinach znajdujących się po wschodniej stronie gór, gdzie w dolinach o orientacji N–S lub NW–SE przeważa wiatr z północy lub północnego zachodu. Dla zobrazowania przeważających kierunków wiatru w różnych porach roku wybrano kilka stacji sieci państwowej: Nowy Targ, Zakopane, Kuźnice, Hałę Gąsienicową, Kasprowy Wierch, Łomnicki Szczyt (ryc. 3). Każda z tych stacji położona jest w innym rejonie Tatr, w różnych formach rzeźby i na różnej wysokości. Nowy Targ od południa zasłonięty jest masywem tatrzańskim.

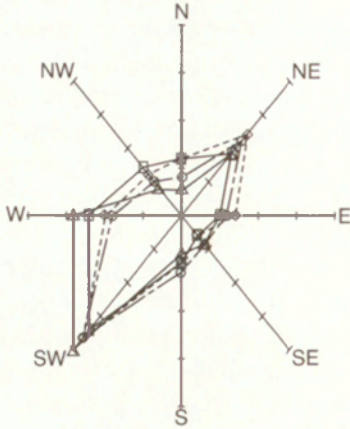


Ryc. 2. Wiatry główne i lokalne wiejące na obszarze Tatr (wg M. Sokołowskiego)  
1 – grzbiety górskie, 2 – wiatry główne, 3 – wiatry lokalne

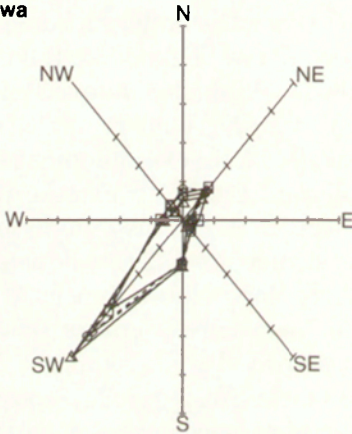
Top and local winds in the Tatra region (by W. Sokołowski)

1 – mounts ridges, 2 – top winds, 3 – valley winds

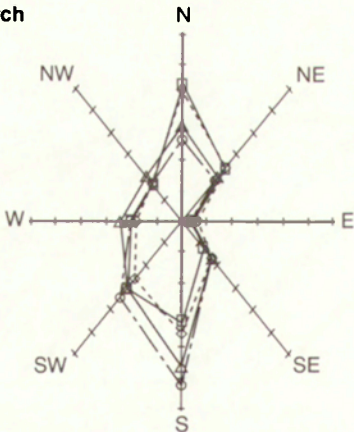
**Zakopane**



**Hala Gąsienicowa**



**Kasprowy Wierch**



—△— zima    --◇-- wiosna    —□— lato    —○-- jesień

Ryc. 3. Przeważające kierunki wiatru w różnych porach roku (wg J. Otruba, W. Wiszniewski 1974)

Prevailing wind direction in seasons (by J.Otruba, W. Wiszniewski 1974)

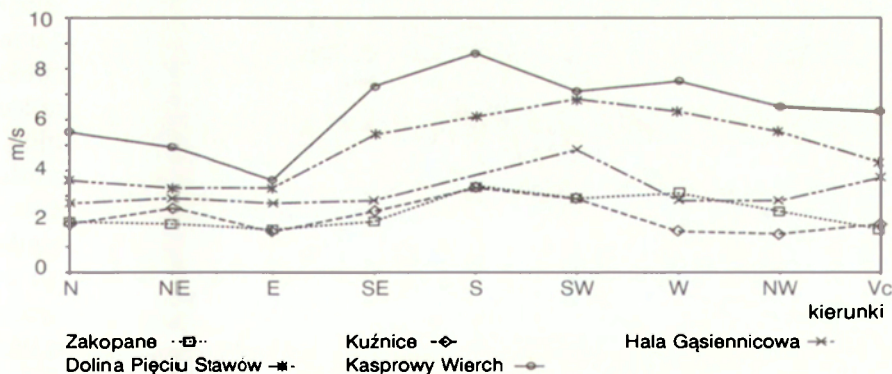


Wiatr z sektora południowego notowany jest tam bardzo rzadko. Zimą obserwuje się przewagę wiatrów zachodnich i wschodnich, w pozostałych porach roku udział poszczególnych kierunków jest podobny. Nieco inaczej przedstawiają się warunki wietrzne w Zakopanem, Kuźnicach i na Hali Gąsienicowej, gdzie duży wpływ na przepływ powietrza ma orografia. Uprzywilejowanym kierunkiem na tych stacjach jest kierunek południowo-zachodni. Wiatr wiejący z tej strony najczęściej występuje w porze zimowej. Pora wiosenna i jesienna charakteryzuje się dosyć częstym występowaniem wiatru z sektora północno-wschodniego. Napływ powietrza z pozostałych kierunków, niezależnie od pory roku, jest bardzo rzadki.

Na intensywność procesów klimatycznych w górach duży wpływ ma także prędkość wiatru. Porównując prędkości wiatru na Łomnickim Szczycie (6,5 m/s), w Skalnatym Plesie (5,6 m/s), Tatrzańkiej Łomnicy (2,1 m/s) i Popradzie (5,3 m/s) wyraźnie widać wzrost jego prędkości wraz z wysokością bez względu na kierunek. Największe średnie roczne prędkości wiatru były notowane na Kasprowym Wierchu (6,8 m/s) i na Łomnickim Szczycie (6,5 m/s).

Różnica między średnią prędkością wiatru najsilniejszego i najłagodszego z danego kierunku zależy szczególnie od warunków orograficznych, które mogą osłabiać bądź wzmacniać prędkość wiatru, jak również od wietrzności danego terenu (w najwyższych szczytowych partiach gór wpływ orografii jest bardzo mały, a prędkości wiatru zależą od ogólnej cyrkulacji atmosferycznej). W niektórych mało wietrznych obszarach Tatr różnica ta jest mniejsza niż 1 m/s, natomiast w szczytowych partiach gór, gdzie wpływ pokrycia terenu zanika, a prędkości są największe, różnica ta jest większa, np. na Kasprowym Wierchu wynosi 5 m/s, a w Skalnatym Plesie 5,4 m/s.

Porównując prędkość wiatru z różnych kierunków na 5 wybranych stacjach: Zakopane, Kuźnice, Hala Gąsienicowa, Dolina Pięciu Stawów Polskich, Kasprowy Wierch (ryc. 4), widać wyraźnie, że największe prędkości były



Ryc. 4. Średnia roczna prędkość wiatru (m/s)

Mean annual wind speed in m/s

<http://rcin.org.pl>

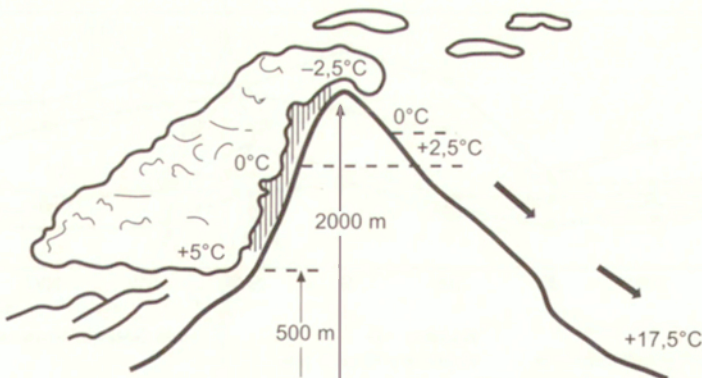
notowane podczas wiatrów wiejących z południa, jedynie na Hali Gąsienicowej większe prędkości obserwowano podczas napływu powietrza z południowego zachodu i zachodu. Najmniejsze natomiast prędkości miały wiatry wiejące ze wschodu.

### 9.3. WIATRY LOKALNE W TATRACH

Mówiąc o wiatrach lokalnych w Tatrach, należy rozpocząć od wiatru halnego typu fen. Jest to jedno z najbardziej interesujących zjawisk meteorologicznych będących właściwością gór. W Tatrach wiatr halny pojawia się najczęściej w okresie od października do maja. Charakteryzuje się on bardzo dużą prędkością, mającą niekiedy siłę huraganu ( $v > 60$  m/s), szybkim wzrostem temperatury (nawet o  $20^{\circ}\text{C}$ ) oraz spadkiem wilgotności powietrza (niekiedy do 10%) i nagłymi zmianami ciśnienia. Pojawia się najczęściej wtedy, gdy po okresie pogody wyżowej góry dostają się w strefę niskiego ciśnienia z zachodu. Powstają wtedy duże gradienty ciśnienia powodujące przepływ powietrza z południa i południowego zachodu na północ. Na skutek różnic ciśnienia po obu stronach gór powietrze wznosi się po stokach południowych, rozpręża się adiabatycznie, tym samym oziębiając się (latem średnio około  $0,7^{\circ}\text{C}$  na 100 m, zimą około  $0,4^{\circ}\text{C}$  na 100 m). Traci też wilgoć w wyniku obfitych opadów po stronie dowietrznej (ryc. 5). Po zawietrznej stronie grani Tatr opada już jako powietrze suche, które ogrzewa się adiabatycznie przeciętnie o  $1,0^{\circ}\text{C}$  na 100 m (ryc. 5).

Wiatr halny ze względu na swą siłę powoduje znaczne szkody w lasach górskich. Największe prędkości wiatru, jakie wystąpiły na Kasprowym Wierchu, zanotowano 6 maja 1968 roku – wówczas dochodziły one do 80 m/s (290 km/h).

Wiatrem halnym w Tatrach zajmowało się wielu badaczy. Przedmiotem



Ryc. 5. Powstawanie wiatru halnego (wg M. Schmidta)

Scheme of foehn wind (halny) formation (by M. Schmidt)

badań była zarówno geneza powstania (Kotarba 1970), jak i ekstremalne przypadki czy częstość występowania wiatru halnego (Ustrnul 1996).

Na obszarze Tatr występują również inne wiatry lokalne nazywane wiatrami terenowymi (Martyn 1977). Wiatry terenowe występują niekiedy z taką prawidłowością, iż zakłócenia w ich przebiegu (np. w Alpach) są wskazówką zmiany pogody (brak okresowego prądu powietrza spowodowany jest ogólnymi zmianami ciśnienia i silniejszymi prądami ogólnej cyrkulacji atmosfery). Wiele uwagi wiatrom terenowym poświęcił M.M. Yoshino (1975).

Cyrkulacja górsko-dolinną jest związana z różnicami w dobowym przebiegu nagrzewania i ochładzania się den dolinnych i stoków górskich. W dzień wiatr wieje po zboczach doliny ku górze oraz od ujścia w górę doliny. W nocy odwrotnie z gór w doliny. Wiatry dolinne powodują rozbudowywanie się chmur kłębiastych nad łańcuchami górskimi. Zależą one głównie od kształtu doliny, a szczególnie od wywołanych przez ten kształt zaburzeń w powierzchniach izobarycznych związanych z dziennym wzrostem temperatury. Samo nagrzanie pochylonego stoku ma drugorzędne znaczenie dla odpływu mas powietrza.

Oprócz wyżej wymienionych, w Tatrach i na Podhalu występują jeszcze inne typy wiatrów lokalnych. Często na Hali Gąsienicowej (w dolinie Suchej Wody) i w kotlinie Morskiego Oka powstają około południa, głównie podczas pięknej pogody, wiatry wiejące z południa od strony łańcuchów górskich (Kosińska-Bartnicka 1930; Martyn 1977). Wiatry te powstają wskutek różnicy w nagrzewaniu dolin leżących po południowej stronie Tatr i dolin skierowanych na północ. Wznoszenie się powietrza po stronie południowej jest silniejsze niż po północnej i to powoduje powstawanie i przewagę wiatrów południowych w okresie doby, gdy normalnie wieją wiatry dolinne. Wiatry te wieją na Hali Gąsienicowej z Doliny Cichej, natomiast w rejonie Morskiego Oka z Doliny Miękusowieckiej lub Doliny Pięciu Stawów i noszą nazwę wiatrów liptowskich.

W przeciwnym kierunku do wiatrów liptowskich wieją wiatry nowotarskie, to znaczy od strony Podhala w góry. Latem, gdy gradienty termiczne skierowane są z północy na południe, obserwuje się na przemian przewagę wiatrów południowych lub północnych, zależnie od sytuacji barycznej, zachmurzenia i usłonecznienia. Hala Gąsienicowa przedstawia swoisty korytarz dla wiatrów z północy i południa. Wiatry nowotarskie mają prędkość około 3–4 m/s, natomiast wiatry liptowskie do 6–8 m/s, a czasami nawet 10–15 m/s.

Wiatry liptowskie wieją z południa, są więc niekiedy mylone z wiatrem halnym. Jednak różnią się zasadniczo od wiatru halnego tym, że są wilgotniejsze i nie pociągają za sobą długotrwałych zmian pogody. Kierunek wiatrów liptowskich na Hali Gąsienicowej jest przeważnie południowo-zachodni, czasami południowy. Wiatry te często dochodzą do samego Zakopanego.

Wiatr wiejący z południowego zachodu nazywany jest w Zakopanem wiatrem orawskim. Powstaje on na skutek zmian ciśnienia w całej masie atmosfery nad dużą przestrzenią Podhala i Tatr.

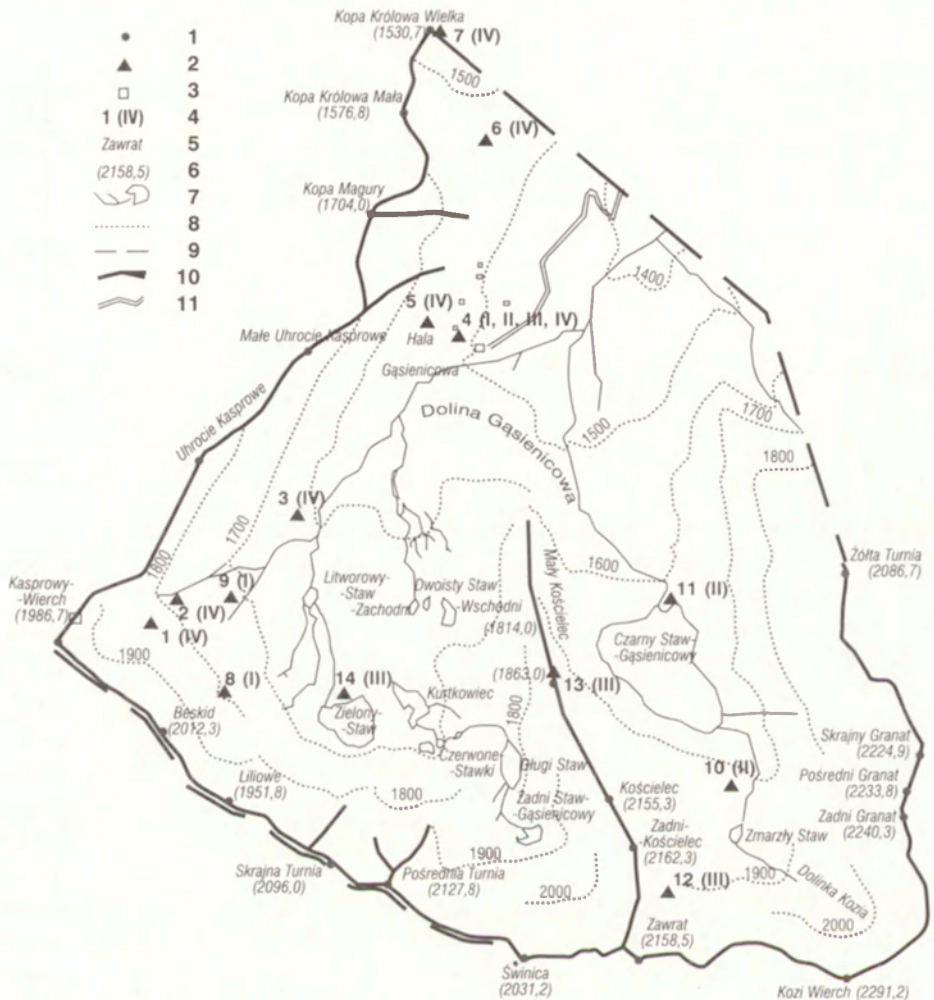
#### 9.4. WPŁYW UKSZTAŁTOWANIA TERENU I RÓŻNEJ SZATY ROŚLINNEJ NA PRĘDKOŚĆ WIATRU NA HALI GAŚIENICOWEJ

Wiatry wiejące w górnych partiach Tatr ulegają zmianie w przypowierzchniowej warstwie pod wpływem rzeźby terenu i szaty roślinnej. Roślinność, szczególnie w mikroskali, ma duży wpływ na wiatry wiejące przy powierzchni ziemi, powodując ich wyciszenie lub zmieniając ich kierunek, również i wiatry wymuszają niejako odpowiedni typ roślin, ich wielkość, ukształtowanie koron (np. chorągiewki wietrzne) itp.

W celu zbadania wpływu ukształtowania terenu i szaty roślinnej na prędkość wiatru przeprowadzono 3 serie pomiarowe na Hali Gąsienicowej w 1997 i 1998 r. Prędkość wiatru była mierzona w wybranych punktach na różnej wysokości n.p.m. i o zróżnicowanym pokryciu terenu. Charakterystykę tych punktów podano w tabeli 1. Do pomiarów użyto anemometrów Robinsona. Obszar prowadzonych badań przedstawiono na rycinie 6.

Przeprowadzono 3 serie pomiarów prędkości wiatru na 4 profilach. Pomiarzy były wykonywane co 10 minut. Anemometr ustawiony był na wysokości 80 cm nad powierzchnią gruntu. Pierwsza seria pomiarów została przeprowadzona 20.08.97 r. w godz. 10:00–12:30 na profilach: (I) Beskid–Mur–Hala i (II) Zmarzły Staw–Morena–Hala. Stacja na Hali Gąsienicowej stanowiła punkt odniesienia dla innych stanowisk. Te dwa profile pokazują zróżnicowanie prędkości wiatru w dwóch dolinach o różnej szerokości i pokryciu terenu, dla podobnej wysokości n.p.m. Drugą serię przeprowadzono 21.08.1997 r. w godz. 9:30–12:00 na profilu (III) Zawrat–Kościelec–Zielony Staw–Beskid–Hala Gąsienicowa. Stanowiska usytuowane były wzdłuż linii równoległej do głównej grani tatrzańskiej. Z wyjątkiem punktu pod Zawratem, znajdowały się one w miejscach odsłoniętych, co pozwalało na swobodny spływ powietrza z wyższych partii gór. W przeciwieństwie do poprzednich profili różniły się one znacznie pokryciem terenu. W obu seriach widoczne było zróżnicowanie prędkości wiatru na wszystkich punktach. Trzecia seria pomiarów była wykonana 19.08.1998 r. w godzinach od 9:00–10:30 na profilu Kocioł Dół–Kocioł Podpora–Uhrocie–Hala Stacja–Hala Kosodrzewina–Rówień–Kopa. Seria ta charakteryzowała się niewielkimi prędkościami wiatru wynikającymi z ogólnej cyrkulacji atmosfery. W czasie obserwacji prędkości wiatru na Kasprowym Wierchu wahały się od 2 do 3 m/s.

Profil Beskid–Mur–Hala reprezentuje szeroką dolinę o łagodnych stokach, pokrytych niezbyt wysoką roślinnością. Zupełnie inne warunki występowały w dolinie Czarnego Stawu Gąsienicowego, pomiędzy Kościelcem a Granatami, w której wykonano równoległy profil wiatru. Dolina ta otoczona jest stromymi ścianami skalnymi, gdzie szata roślinna jest znikoma. Różne ukształtowanie tych dolin oraz różna roślinność, w dużej mierze kształtują warunki wietrzne w przygruntowej warstwie powietrza (ryc. 7). Znacznie większe prędkości notowane były w profilu Zmarzły Staw–Morena, gdzie znacznie uboższa szata roślinna w mniejszym stopniu hamowała swobodny przepływ powie-



Ryc. 6. Obszar prowadzonych badań

1 – szczyty górskie, 2 – punkty pomiarowe, 3 – zabudowania, 4 – numer punktu pomiarowego według tab. 1 i numer profilu, 5 – nazwa szczytu, 6 – wysokości szczytów, 7 – strumienie i jeziora, 8 – poziomicze, 9 – granica państwowa, 10 – grzbiety górskie, 11 – droga

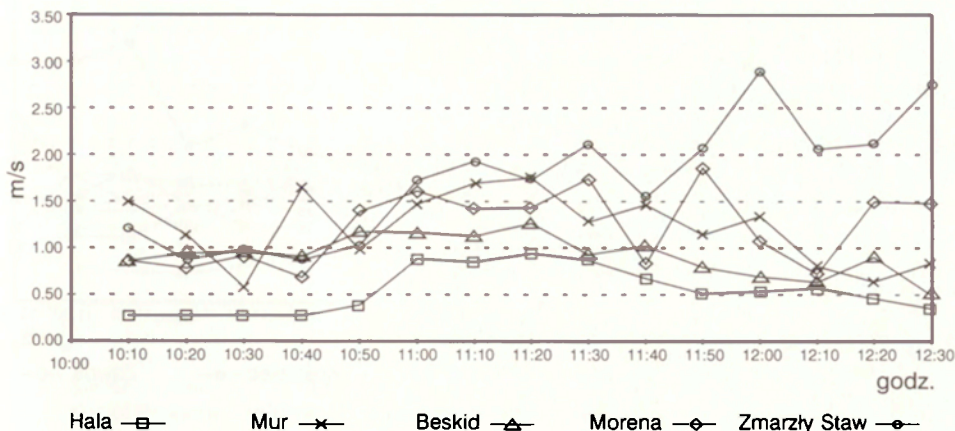
Area under investigations

1 – picks, 2 – observation posts, 3 – buildings, 4 – number of observations posts due to Tab. 1. and number of profile, 5 – name of picks, 6 – picks altitude, 7 – streams and lakes, 8 – isohips, 9 – state border, 10 – mounts ridges, 11 – road

trza. Ta dosyć głęboka dolina o stromych ścianach stworzyła efekt wiatrów tunelowych, tzn. powietrze spływające z wyższych partii gór zmuszone było przeciskać się przez dosyć wąską w tym miejscu dolinę. Jest to najbardziej widoczne przy prędkościach wiatru przekraczających 1 m/s. Stanowiska Beskid i Zmarzły Staw usytuowane były na tej samej wysokości, jednak na tym drugim punkcie prędkości wiatru były średnio wyższe o 0,8 m/s. Było to spowodowane położeniem tych punktów; stanowisko Beskid znajdowało się

Tabela 1. Charakterystyka stanowisk pomiarowych  
Characteristic of observations posts

Lp. i nr profilu	Nazwa punktu	Wys. n.p.m	Charakterystyka stanowisk	Kierunek osi doliny
1 (VI)	Kocioł Dół	1825	Dno Kotła Kasprowego, punkt otoczony z trzech stron stromymi zboczami. Pokrycie stanowiła roślinność trawiasta, głównie kosmatka brunatna, a na jednym zboczu – głazowisko.	SW – NE
2 (IV)	Kocioł Podpora	1780	Ujście Kotła Kasprowego, od strony północno-zachodniej zasłonięty zboczem. Dogodne warunki do sypwu powietrza. Teren pokryty różną roślinnością trawiastą o wysokości nie przekraczającej 30 cm.	SW – NE
3 (IV)	Uhrocie	1620	Zbocze Uhrocia Kasprowego, przy zejściu się szlaków z Kasprowego Wierchu i Stawków Gąsienicowych. Szeroka dolina, teren pokryty roślinnością trawiastą z płatami kosodrzewiny.	SSW – NNE
4 (I,II, III,IV)	Hala Stacja	1520	Ogródek stacji meteorologicznej na Hali Gąsienicowej, powierzchnia o niewielkim spadku, pokryta roślinnością trawiastą, malinami, borówkami.	SSW – NNE
5 (IV)	Hala Kosodrzewina	1525	Niewielkie zagłębienie na zboczu, porośniętym borowinami a otoczonym kosodrzewiną o wysokości do 1,5 m.	SSW – NNE
6 (IV)	Rówień	1550	Spłaszczenie na Królowej Równi, o powierzchni pokrytej trawami wysokości do 50 cm, w sąsiedztwie dużych płatów kosodrzewiny.	SSW – NNE
7 (IV)	Kopa	1530	Szczyt Wielkiej Królowej Kopy. Sam szczyt pokryty był niewielką trawą, zbocza natomiast porośnięte były kosodrzewiną.	S – N
8 (I,III)	Beskid	1795	Północno-wschodnie zbocze Beskidu na niewielkim spłaszczeniu. Powierzchnia pokryta niską trawą i porostami.	SW – NE
9 (I)	Mur	1720	Zejście się szlaków z Kasprowego Wierchu i Liliowego. Powierzchnia pokryta 30 cm trawą z niewielkimi kępami kosodrzewiny.	SW – NE
10 (II)	Zmarzły Staw	1795	Półka skalna znajdująca się na zboczu Kościelca, tuż nad Czarnym Stawem Gąsienicowym. W tym miejscu dno doliny otoczone jest dosyć stromymi ścianami Kościelca i Granatów. Prawie brak jest roślinności.	S – N
11 (II)	Morena	1630	Wierzchołek moreny Czarnego Stawu Gąsienicowego. Bardzo dobre warunki wietrzne. Dolina w tym miejscu jest szeroka, wymuszanie przepływu powietrza jest znacznie słabsze. Szczyt moreny pokryty był porostami i niewysoką trawą otoczoną kosodrzewiną o wysokości 0,5 m.	SSE – NNW
12 (III)	Zawrat	1990	Żleb schodzący z Zawratu, otoczony stromymi ścianami, stanowiącymi zasłonę od wiatru. Brak pokrywy roślinnej.	S – N
13 (III)	Kościelec	1845	Szczyt Małego Kościelca, przepływ powietrza swobodny. Znikomy wpływ szaty roślinnej.	SSE – NNW
14 (III)	Zielony Staw	1795	Spłaszczenie po północno-zachodniej stronie Zielonego Stawu. Dolina w tym miejscu jest szeroka, bez wyraźnych przeszkód dla przepływu powietrza. W najbliższym otoczeniu punktu pomiarowego pokrycie terenu stanowiła trawa z kępami kosodrzewiny.	S – N



Ryc. 7. Prędkości wiatru (m/s) na I i II profilu

Winds speed (m/s) on I and II profiles

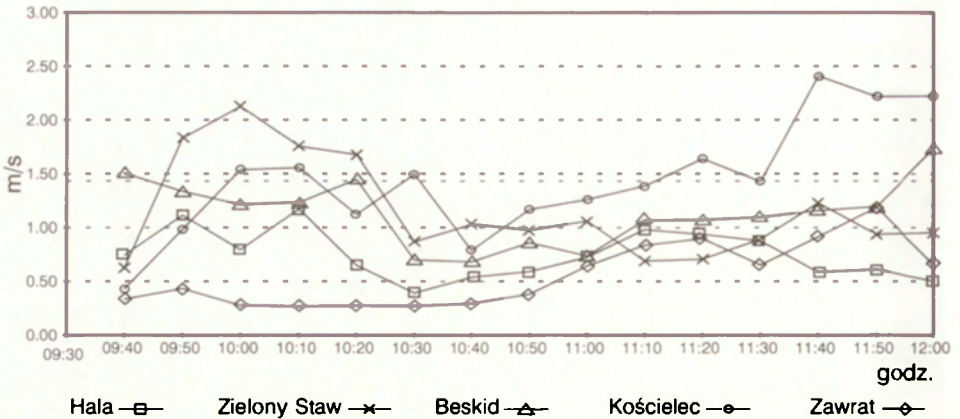
w górnej części doliny na zboczu Beskidu, zasłonięte od wiatrów wiejących z sektora południowego. Wiatry z tego kierunku były odczuwalne na tym profilu dopiero na stanowisku Mur. Punkt Zmarzły Staw znajdował się w osi doliny, w jej przewężeniu.

Porównując wyniki pomiarów na stanowisku Zmarzły Staw oraz Morena, widać wyraźnie zgodne ich przebiegi. W tym samym momencie notowane były wzrosty i spadki prędkości wiatru; różniły się one tylko jego wartościami. Średnia różnica prędkości między tymi punktami wynosiła 0,5 m/s na korzyść Zmarzłego Stawu. W profilu Beskid – Mur większe prędkości, średnio o 0,3 m/s, obserwowano w tym drugim punkcie. Wynika to między innymi stąd, że stanowisko Mur znajdowało się pod wpływem wiatrów spływających tak z przełęczy Liliowe, jak i z Kasprowego Wierchu. Chociaż na stanowisku Mur notowano większe prędkości niż w punkcie Beskid, to przebiegi prędkości wiatru w tych punktach są zbliżone.

Na Hali Gąsienicowej, która służyła jako punkt odniesienia dla prowadzonych pomiarów, notowano w tym czasie prędkości mniejsze od około 30 do 50%.

Pomiary prowadzone na drugim profilu Zawrat – Kościelec – Zielony Staw – Beskid, pozwoliły na określenie warunków wietrznych w przyziemnej warstwie powietrza, wzdłuż głównej grani tatrzańskiej (ryc. 8). Z przeprowadzonej analizy danych pomiarowych wynika, że najsilniejszy wiatr był notowany na Kościelcu. Jest to spowodowane między innymi charakterystycznym usytuowaniem tego punktu pomiarowego na grzbiecie. Docierają tam wiatry górne, których siła nie jest hamowana w wyniku tarcia o podłoże.

Prędkości wiatru zmierzone w punktach Beskid oraz Zielony Staw miały podobne wartości. Średnia prędkość przepływu powietrza na tych stanowiskach wynosiła odpowiednio 1,1 i 1,2 m/s. Podobne prędkości wiatru są wyni-



Ryc. 8. Prędkości wiatru (m/s) w III profilu

Winds speed (m/s) on III profil

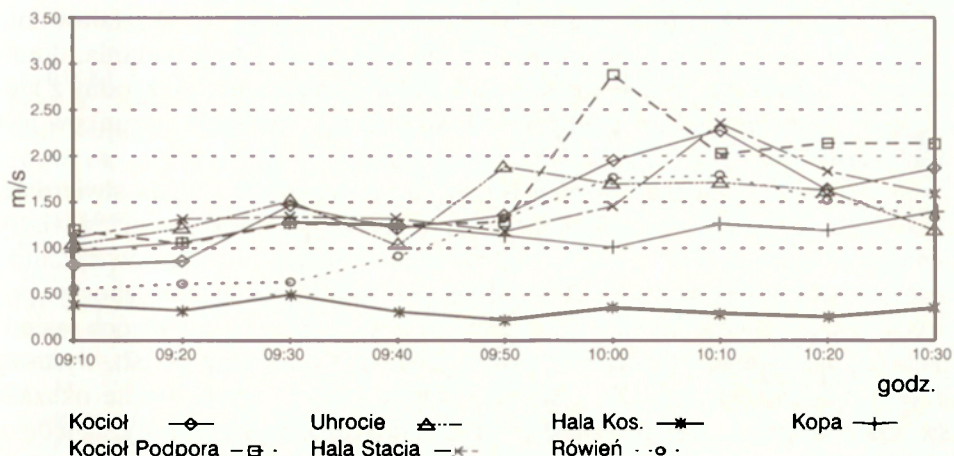
kiem zbliżonych warunków przyrodniczych. Punkt na Beskidzie znajdował się bardzo blisko zbocza, pozostając w jego cieniu. Stanowisko nad Zielonym Stawem również położone było niedaleko stromych ścian Skrajnej i Pośredniej Turni zacierniających ten punkt. W obu przypadkach miejsce pomiaru porośnięte było trawą.

Jak wpływa ukształtowanie terenu na wiatr przygruntowy, widać z porównania pomiarów ze stanowiska pod Zawratem i nad Zielonym Stawem czy Beskidem. Punkt pod Zawratem położony był w górnej części głębokiej, wąskiej doliny, otoczonej stromymi ścianami, gdzie przepływ powietrza był utrudniony. Cienie rzucone przez skały uniemożliwiały też powstawanie lokalnych wiatrów górsko-dolnych. Średnia prędkość wiatru w tym miejscu w badanym okresie wynosiła 0,6 m/s. Dla porównania na Hali Gąsienicowej zanotowano wiatr o sile 0,8 m/s. Świadczy to dobitnie o wpływie form terenu na osłabienie prędkości wiatru przy powierzchni ziemi.

Dotychczasowe rozważania dotyczyły prędkości wiatru w górnych partiach dolin o zróżnicowanym ukształtowaniu terenu i odmiennej szacie roślinnej. Poza tym obejmowały ich niewielki fragment. Czwarty profil przeprowadzono dla całej długości Doliny Gąsienicowej od Kasprowego Wierchu do Kopy Królowej Wielkiej. Obejmował on 7 punktów pomiarowych (ryc. 9).

W punktach Kocioł Podpora, Kocioł Dół, Uhrocie i Hala Stacja przebiegi prędkości wiatru pomimo dużej różnicy wysokości między nimi były podobne. Maksymalna różnica między średnimi prędkościami wiatru w tych punktach wynosi 0,5 m/s. Roślinność w tych miejscach jest bardzo podobna, porośnięte są one głównie trawą, jedynie na Uhrociu występują płyty kosodrzewiny, co zaznacza się nieco mniejszą prędkością wiatru w tym punkcie. Maksymalna prędkość wiatru zanotowana tu wynosiła 1,9 m/s, podczas gdy na stanowisku Kocioł Podpora dochodziła do blisko 3,0 m/s.





Ryc. 9. Prędkości wiatru (m/s) w IV profilu  
Winds speed (m/s) on IV profil

Chociaż pomiary były wykonywane co 10 minut, to można zaobserwować wyraźne wahania prędkości wiatru podczas poszczególnych odczytów. Im bardziej otoczenie punktów pomiarowych było zróżnicowane, tym zakresy zmian w danym punkcie były większe. Ze wszystkich 4 rozpatrywanych dotychczas stanowisk w tym profilu, stanowiska Kocioł Podpora i Uhrocie posiadają nieco bardziej urozmaicone warunki orograficzne (porównaj tabela 1). Z tego też względu zmiany prędkości w tych punktach były największe (np. na stanowisku Kocioł Podpora maksymalna różnica wynosiła 1,6 m/s).

Zupełnie inne warunki wietrzne obserwowano na stanowisku Rówień, które było usytuowane na dużym spłaszczeniu porośniętym trawą, na granicy z kosodrzewiną. Brak wyraźnej doliny i przeszkód terenowych sprawiały, że przepływ powietrza odbywał się w sposób dość łagodny. Bardzo podobne warunki przyrodnicze na dużym terenie sprzyjały gwałtownym zmianom prędkości wiatru podobnie jak w przypadku Uhrocia, gdzie kosodrzewina tłumiła gwałtowne porywy wiatru. Tu pole kosodrzewiny znajdowało się obok i ciągnęło się wzdłuż doliny.

## 9.5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Masyw tatrzański wywiera bardzo duży wpływ na kształtowanie się kierunków i prędkości wiatru zarówno w samych Tatrach, jak i na otaczających terenach. Warunki orograficzne nie tylko modyfikują przepływające strugi powietrza, lecz także tworzą nowe, lokalne wiatry, które są niejako właściwością gór. Duże znaczenie dla wiatrów lokalnych ma sam przebieg głównych grzbietów górskich, jak również charakter ukształtowania dolin, w mikroskali bardzo istotny jest również rodzaj roślinności.

Przeważające kierunki wiatrów w dużej mierze zależą od ukształtowania terenu. W rejonie Hali Gąsienicowej, gdzie prowadzone były badania, dominującym kierunkiem wiatru jest kierunek południowo-zachodni, zgodny z kierunkiem przebiegu samej doliny, udział wiatru z pozostałych kierunków jest nieznaczny.

Na podstawie analizy zebranych danych pomiarowych można stwierdzić, że występuje wpływ ukształtowania terenu i różnej szaty roślinnej na wiatry wiejące w Tatrach, a w szczególności na wiatry wiejące tuż nad powierzchnią gruntu. Istotny jest sam kształt doliny, jej szerokość, nachylenie zboczy, pokrycie szatą roślinną. Badania wykazały, że warunki wietrzne w dwóch sąsiednich dolinach mogą się znacznie różnić, jeśli mają one inny kształt, wystawę dowietrzną i roślinność. Dla wiatrów przypowierzchniowych istotne okazało się występowanie jezior górskich, które nie stanowiąc żadnej zapory, są jednocześnie polem do swobodnego przepływu powietrza i zwiększania jego prędkości. Przeszkody terenowe występujące w dnie doliny, np. w postaci dużych bloków skalnych wpływają na osłabienie spływających strug powietrza. Natomiast wszelkie przewężenia dolin wzmagają prędkość wiatru. Znacznie mniejsze prędkości wiatru występują w miejscach znajdujących się w cieniu zboczy. Bardzo ważna jest również odległość punktu pomiarowego od zbocza i wysokość samego zbocza. W tej samej dolinie (profil IV) obserwowano różne prędkości wiatru. Było to spowodowane ekspozycją dowietrzną punktu pomiarowego (dno doliny, zbocze, wierzchołek wzgórza) jak i pokryciem terenu przez roślinność. Na punktach znajdujących się w miejscach dosyć płaskich z jednorodną roślinnością (Rówień) zmiany prędkości wiatru odbywały się w sposób dość łagodny. Występowanie płatów kosodrzewiny wpływało na osłabienie prędkości wiatru (w niektórych przypadkach nawet do około 70%).

Stosunki wietrzne w Tatrach w dużym stopniu są kształtowane przez warunki panujące w środowisku przyrodniczym.

## THE INFLUENCE OF RELIEF AND LAND COVER ON WIND CONDITIONS IN THE HIGH TATRAS AS EXEMPLIFIED BY HALA GĄSIENICOWA

### Summary

The general character of the climate in the Tatra Mountains region has continued to be of interest to researchers, with some of the work being done for practical purposes also (in relation to tourism, climatotherapy, the functioning of the Tatrzański National Park etc.). To date, information on the local climate has been derived from the area's two meteorological stations, while work on climatic conditions within the mountain massif proper has been a rarity. The aim of this paper has thus been to study the influence of relief and land cover on wind conditions in the High Tatras - on the basis of field experiments carried out at Hala Gąsienicowa in the Augusts of 1997 and 1998.

## LITERATURA

- Bartnicki L., 1924, *O wietrze halnym w Tatrach*, Czas. Geogr., 2.
- Bayer K., 1961, *Volny fén na Lomnickém štíte w období 1947–1956*, sb. Prisperok k meteorologii Karpat, Bratislava.
- Bednarek A., 1971, *Wpływ prędkości wiatru na różnicę temperatur maksymalnych między lasem a terenem otwartym*, Przegł. Geof., 16, 3.
- Budziszewska E., Morawska-Horawska M., 1969, *Przypadek wystąpienia niskotroposferycznego prądu strumieniowego u powierzchni ziemi w Karpatach Zachodnich*, Przegł. Geof., 14, s. 3–4.
- Hess M., 1961, *Badania wpływu klimatów na roślinność w Tatrach*, Przyroda Polska, 5–6, Warszawa.
- Kosińska-Bartnicka S., 1930, *Wiatry terenowe na Podhalu i w Tatrach*, Prace Geofiz., 8.
- Kot M., 1985, *Drzewa „sztandarowe” a kształtowanie strug wiatru przy powierzchni gruntu w piętrze subalpejskim Tatr*, Czas. Geogr., 54, 2, s. 183–199.
- Kotarba A., 1970, *The morphogenetic role of foehn wind in the Tatra Mts.*, Studia Geomorph. Carpatho-Balc., 4, s. 171–188.
- Kwiatkowski J., 1975, *Zasięg fenów sudeckich i ich wpływ na mezoklimat regionów południowo-zachodniej i środkowej Polski*, Przegł. Geof., 20, 1.
- Lewińska J., 1956, *Kierunki wiatrów w polskich Tatrach*, Przegł. Geof., 1, 1.
- 1958, *Wiatry ryterskie i rymanowskie*, Przegł. Geof., 3 (9), 1.
- 1959, *Rozkład i częstość kierunków dolnych prądów powietrznych w polskich Tatrach*, Wiad. Służby Hydr. i Meteor., 6, 5.
- Machlicki A., Michna E., 1968, *O występowaniu wiatrów halnych w Bieszczadach Zachodnich*, Ann. UMCS, Lublin.
- Martyn D., 1977, *Wiatry miejscowe i regionalne – nazewnictwo i charakterystyka*, Prace i Studia IG UW, 22, Klimatologia 9.
- Milata W., 1950, *Wiatr halny*, Wierchy, 20, Kraków.
- 1956, *Wiatry halne w Karpatach*, Wiad. Geogr., 14, Kraków.
- Morawska M., 1968, *Wpływ Tatr na kierunek i prędkość wiatru*, Przegł. Geogr., 40, 2.
- Niedźwiedź T., 1968, *Częstotliwość występowania układów barycznych, mas powietrza i frontów atmosferycznych nad Polskimi Karpatami Zachodnimi*, Przegł. Geogr., 40, 2.
- 1984, *O pogodzie i klimacie gór polskich*, Wyd. PTTK „KRAJ”, Warszawa – Kraków.
- Orlicz M., 1954, *O stosunkach anemometrycznych na szczytach tatrzańskich*, Wiad. Służby Hydrol. i Meteor., 3, 4.
- 1962, *Klimat Tatr*, [w:] *Tatrzański Park Narodowy* (praca zbiorowa), Zakład Ochrony Przyrody PAN, Wyd. Popularnonaukowe, 21, s. 15–70, Kraków.
- Otruba J., Wiszniewski W., 1974, *Veterne pomery*, [w:] M. Koncek (red.), *Klimat Tatr*, Wyd. VEDA, Bratislava, s. 233–345.
- Parczewski W., 1959, *O przepływie powietrza przez wyniosłości terenowe ze szczególnym uwzględnieniem Tatr*, Wiad. Służby Hydrol. i Meteor., 6, 5.
- Schmidt M., 1972, *Meteorologia dla każdego*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Sokołowski M., 1927, *Wiatry w Tatrach*, Wierchy, 5.
- Stachlewski W., 1974, *Wiatry fenowe w wybranych miejscowościach wzdłuż profilu Kasprowy Wierch – Kraków*, Przegł. Geogr., 19, 1.
- 1974, *Wiatry halne na Kasprowym Wierchu i w Zakopanem*, Czas. Geogr., 2, 1.
- 1975, *Wolny fen na Kasprowym Wierchu w latach 1951–1970*, Przegł. Geof., 20, 2.
- Ustrnul Z. 1996, *Ekstremalne przypadki wiatrów halnych na obszarze Tatr i Podhala w ostatnim 30-leciu*, [w:] *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek*, 1, s. 164–167, Kraków – Zakopane.
- Warakomski W., 1983, *Teoretyczne i empiryczne podstawy wyznaczania średniego dziennego kierunku wiatru*, Przegł. Geof., 28, 3–4.

- 1991, *Z badań nad zmiennością kierunku wiatru*, Przegl. Geof., 36, 3.
- Wierczek E., 1958, *Częstotliwość występowania poszczególnych kierunków wiatrów dolnych w Karpatach*, Przegl. Geof., 3, 3-4.
- Yoshino M.M., 1975, *Climate in small area, An introduction to local meteorology*, Wyd. University of Tokio Press, 549 s.
- Zipser-Urbańska A., 1969, *Feny antycyklonalne w Karkonoszach*, Przegl. Geof., 14, 3-4.

Adres autora:

Jarosław Baranowski – Zakład Klimatologii IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, e-mail: j.bar@twarda.pan.pl

ANNA KOZŁOWSKA, ZOFIA RĄCZKOWSKA

## 10. ŚRODOWISKO WYSOKOGÓRSKIE JAKO SYSTEM WZAJEMNIE POWIĄZANYCH ELEMENTÓW

### 10.1. ELEMENTY ABIOTYCZNE I BIOTYCZNE ORAZ ICH POWIĄZANIA

Badania geoeekologiczne, których wyniki zaprezentowano w tym interdyscyplinarnym opracowaniu, są dziełem wielu autorów, gdyż rozpatrywane zagadnienia wymagały udziału specjalistów z różnych dziedzin nauk o środowisku. Ta różnorodność tematyki opracowań cząstkowych połączona jest myślą przewodnią, którą jest poznanie środowiska przyrodniczego wysokich gór, jego struktury i powiązań między komponentami. Możliwe to było oczywiście tylko w zakresie reprezentowanym przez tę konkretną grupę specjalistów. Autorzy tomu mają więc świadomość, że nie objęli całości środowiska wysokogórskiego.

Rezultaty osiągnięte przez autorów niniejszego tomu mają przede wszystkim charakter poznawczy. Specyfika badań, głównie ich szczegółowość, a także miejsce, gdzie były prowadzone (Tatrzański Park Narodowy), spowodowały, że niektóre osiągnięcia mają również charakter metodyczny oraz pozwalają na wyciągnięcie praktycznych wniosków dla ochrony przyrody badanego obszaru.

Przyjęte założenia ogólne badań spowodowały konieczność bardzo szczegółowego postrzegania zróżnicowania rzeźby i roślinności, stanowiących punkt odniesienia dla dalszych opracowań. Konsekwencją tego było uszczegółowienie przyjmowanych tradycyjnie typów jednostek geobotanicznych i geomorfologicznych.

Publikowane w tym tomie mapy są przykładem map środowiska wysokogórskiego w skali szczegółowej, których praktycznie brak w literaturze, gdyż ich wykonywanie oprócz problemów typologicznych rodzi także problemy z delimitacją wydzielanych jednostek przestrzennych. Sporządzenie podobnych pod względem stopnia szczegółowości, niepublikowanych map geobotanicznych polan tatrzańskich w skali 1:2500 roślinności autorstwa Z. Mirka, J. Holeksy i A. Miechówki, sygnalizowane było w opracowaniu monograficznym przyrody Tatrzańskiego Parku Narodowego (Piękoś-Mirkowa, Mirek 1996).

Główne osiągnięcia prezentowanych tu badań były konsekwencją przyjęcia tak szczegółowej skali. Należą do nich:

- opracowanie bardzo rozbudowanej typologii kartowanych jednostek, dotyczyło to zwłaszcza roślinności;
- uchwycenie zjawisk o charakterze przejściowym w zróżnicowaniu roślinności i gleb, które nie są dostrzegane przy mniej szczegółowych opracowaniach;
- podjęcie próby wypracowania możliwie zobiektywizowanych metod delimitacji jednostek roślinności, przy tym dokonało się połączenie metod teledetekcyjnych z metodami zaczerpniętymi z fizjologii roślin;
- szczegółowe poznanie zróżnicowania rzeźby, pokrywy glebowej i roślinności oraz tempa zanikania pokrywy śnieżnej w badanych kotłach.

W wyniku przeprowadzonych badań geomorfologicznych wykazano (Z. Rączkowska, w tym tomie, rozdz. 2), że chociaż rzeźba obu kotłów jest dość podobna, to jej współczesna morfodynamika nieco się różni. Świadczy o tym, między innymi, trzykrotnie większa powierzchnia świeżych form erozyjnych w Kotle Gąsienicowym niż w Kotle Goryczkowym. W obu kotłach największe powierzchnie stoku przekształcane są przez procesy spelzowania oraz soliflukcji, która przeważa zwłaszcza w górnych częściach zboczy. Najważniejszą rolę w modelowaniu stoków, wyrażoną powstawaniem nowych form, zarówno obecnie jak i w przeszłości, odgrywają procesy związane z wodą płynącą po stoku. Obecnie są to procesy spłukiwania i erozji liniowej, w przeszłości były to spływy gruzowe. Wyraźnie widoczny jest także, zwłaszcza w Kotle Gąsienicowym, wpływ ekspozycji stoków na przebieg oraz tempo ich modelowania. Stoki o ekspozycji południowej są mniej aktywnie przekształcane. Do pełnej charakterystyki współczesnej morfodynamiki rzeźby konieczne są dalsze pomiary, które pozwolą uzyskać dane określające natężenie poszczególnych procesów. Umożliwi to zastąpienie jakościowej skali intensywności wartościami wymiernymi.

Gleby występujące w obu kotłach wykazały szereg cech wspólnych (M. Degórski, w tym tomie, rozdz. 3). Są nimi:

- niski stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi;
- bardzo kwaśny i kwaśny odczyn;
- duża akumulacja materii organicznej podlegającej bardzo wolnej humifikacji i mineralizacji;
- duża dynamika współczesnych procesów glebowych, zachodzących najsilniej w litosolach erozyjnych.

Przeprowadzona taksonomia gleb była podstawą wyodrębnienia sześciu, statystycznie istotnie różnych jednostek, które można zaliczyć do jednej z dwóch silnie się od siebie różniących grup. Pierwsza, bardzo liczna grupa, obejmuje rankery właściwe, rankery bielcowe i litosole. Jej zróżnicowanie warunkowane jest przez czynniki naturalne – warunki lokalnosiedliskowe i wpływ roślinności. Drugą grupę stanowią gleby związane z występowaniem antropogenicznego materiału w substracie glebowym lub lokalną akumulacją materiału stokowego (tangel-rankery, rankery darniowe, rankery o antropogenicznie zaburzonym cyklu rozwoju). Występowanie gleb antropogenicznie zaburzo-

nych związane jest z infrastrukturą turystyczną na Kasprowym Wierchu. Zwrócono także uwagę na continuum warunków glebowych i związaną z tym nieostrość przejść między sąsiednimi jednostkami przestrzennymi i typologicznymi. Wynika ono z bardzo zbliżonych warunków litogenicznych i procesów pedogenicznych zachodzących w tym samym piętrze klimatyczno-roślinnym. Przy tym stopniu szczegółowości badań pełna diagnoza taksonomiczna pokrywy glebowej możliwa jest dopiero na podstawie szczegółowej analizy wielu parametrów endo- i epipedonów, posiadających cechy wyróżniające.

Oba badane kotły różnią się wyraźnie pod względem długości zalegania pokrywy śnieżnej (Z. Rączkowska, rozdz. 7). Płaty śnieżne w Kotle Gąsienicowym zajmują znacznie większe powierzchnie stoku niż w Kotle Goryczkowym Świńskim, gdzie z kolei duże fragmenty stoku w górnej części są stosunkowo wcześniej pozbawione pokrywy śnieżnej. Ponadto w Kotle Gąsienicowym płyty śnieżne zalegają znacznie dłużej.

Jak wykazały badania A. Kozłowskiej i A. Jakomulskiej (rozd. 6), roślinność obu rozpatrywanych kotłów wykazuje duże podobieństwo pod względem budujących ją zbiorowisk roślinnych, ich uporządkowania przestrzennego i parametrów liczbowych typów roślinności. Z wyróżnionych przez A. Kozłowską 50 typów zbiorowisk, mieszczących się w hierarchicznym systemie typologicznym w randze od zespołu do lokalnej agregacji gatunków, 17 typów występuje w obu kotłach. Pozostałe 33 typy roślinności występują tylko w jednym z badanych kotłów, przy czym bywa, że są to podobne jednostki, wykazujące jedynie lokalne różnice. Główne różnice dotyczą struktury piętrowej roślinności, tzn. położenia w piętrze klimatyczno-roślinnym. W Kotle Gąsienicowym dominuje roślinność piętra alpejskiego, w Goryczkowym Świńskim – subalpejskiego.

Istnienie zbiorowisk półnaturalnych w obrębie piętra subalpejskiego w obu kotłach związane jest z dawną wielowiekową gospodarką wypasową, której działanie ustało już około 30 lat temu. Zbiorowiska o pochodzeniu wyraźnie antropogenicznym występują jedynie w Kotle Gąsienicowym. Stanowią one około 10% powierzchni zbiorowisk tego kotła i są wynikiem istniejącej tam infrastruktury turystycznej.

Gatunki roślin występujące w wysokich górach wykształciły fizjologiczne mechanizmy przystosowawcze do swego środowiska, przejawiające się w ilości i jakości barwników asymilacyjnych oraz odpowiedniej gospodarce wodnej. Istotnym wynikiem badań przeprowadzonych przez A. Jakomulską (rozd. 5) są ilościowe charakterystyki zawartości barwników fotosyntetycznych, natężenia transpiracji i zawartości wody w tkankach trzech analizowanych gatunków roślin: situ skuciny (*Juncus trifidus*), kosmatki brunatnej (*Luzula spadicca*) i trzcinika owłosionego (*Calamagrostis villosa*), stanowiących dominanty w wysokogórskich zbiorowiskach roślinnych. Głównym osiągnięciem tych badań jest stwierdzenie, że dla każdego z badanych gatunków można wyznaczyć kombinację istotnie różnych wartości tych parametrów, na podstawie których możliwa jest identyfikacja gatunku. Parametry te mają istotny wpływ na odbicie

promieniowania elektromagnetycznego, rejestrowanego metodami spektrometrycznymi. Stwarza to podstawy do stosowania metod teledetekcyjnych w wielkoskalowych badaniach roślinności wysokogórskiej. Możliwość użycia takich metod może w przyszłości stanowić duże ułatwienie w kartowaniu roślinności wysokogórskiej.

Badania stosunków wietrznych jako elementu składowego klimatu, prowadzone przez J. Baranowskiego (rozdz. 9), obejmowały całą górną część Doliny Suchej Wody po Hałę Gąsienicową, a nie tylko Kocioł Gąsienicowy. Określone zostały warunki istotne dla kształtowania się wiatrów różnego typu. Stwierdzono modyfikację przepływających strug powietrza i tworzenie się nowych lokalnych wiatrów na skutek warunków orograficznych. Wykazano wyraźny wpływ ukształtowania terenu i zróżnicowania szaty roślinnej na wiatry wiejące w Tatrach, szczególnie na wiatry wiejące tuż nad powierzchnią gruntu. Istotną rolę odgrywa kształt doliny, jej szerokość, nachylenie zboczy, wystawa dowietrzna, występowanie jezior górskich. Jednorodna roślinność porastająca duże powierzchnie powoduje łagodne zmiany prędkości wiatru. Występowanie płatów kosodrzewiny wpływało na osłabienie prędkości wiatru nawet do około 70%.

Przeprowadzone badania wnoszą także wkład w poznanie zależności między analizowanymi komponentami środowiska przyrodniczego, a ponadto uściślają poznane wcześniej zależności.

Rzeźba jest tym elementem środowiska, od którego zależą wszystkie pozostałe, a więc gleba, topoklimat (śnieg, wiatr) i roślinność. Roślinność jest zależna od wszystkich wymienionych tu komponentów. Równocześnie warunkuje ona zróżnicowanie gleb, wpływa na siłę wiatrów i modyfikuje tempo zachodzenia procesów geomorfologicznych. Powyższe stwierdzenia wydają się być ogólnie znane, choć zwykle nie są poparte szczegółowymi danymi, zwłaszcza o charakterze ilościowym.

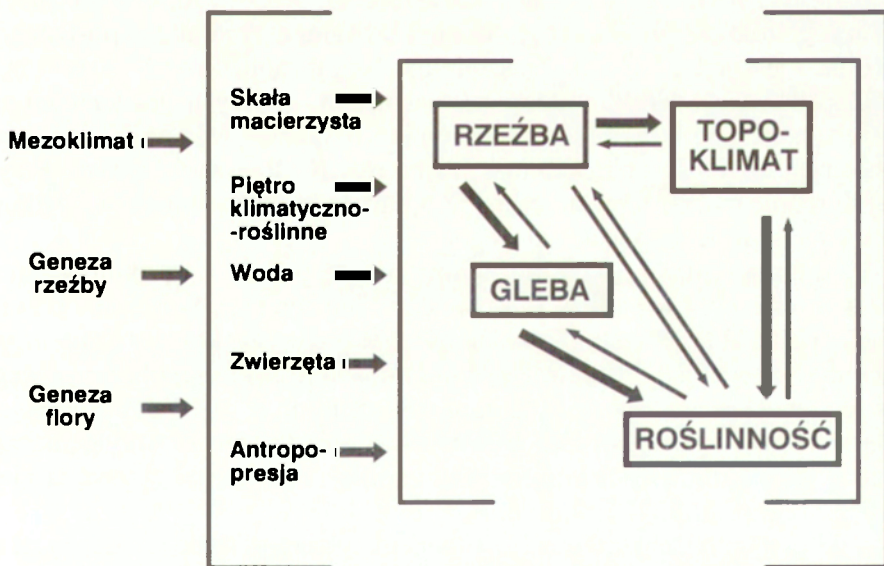
W publikowanym w niniejszym tomie opracowaniu (rozdz. 7) prześledzono związki roślinności z długością zalegania pokrywy śnieżnej i wyznaczono zbiorowiska wskaźnikowe dla miejsc o długim oraz zdecydowanie krótkim zaleganiu pokrywy śnieżnej. Z miejscami o krótkim zaleganiu śniegu okazały się być związane nie tylko zbiorowiska krzewinkowe (borówczyska), lecz także murawy alpejskie z obfitym udziałem roślin niższych (mszaków i porostów). Długie zaleganie śniegu cechuje miejsca, gdzie występuje kosmatka brunatna (*Luzula spadiacea*), nie tylko jako dominant w zbiorowisku *Luzuletum spadiaceae*, lecz także jako gatunek występujący w murawach alpejskich. Na badanym obszarze brak jest wyleżysk z wierzbą zielną (*Salicetum herbaceae*). Ich miejsce zajmuje murawa alpejska w podzespole wyleżyskowym (*Oreochloa distichae-Juncetum trifidi salicetosum herbaceae*) i jest ona wyraźnie związana z długo zalegającymi płatami śniegu.

Analiza związków między roślinnością i rzeźbą przedstawiona została w postaci zwaloryzowanych danych liczbowych. Badania A. Kozłowskiej, Z. Rączkowskiej i A. Jakomulskiej (rozdz. 8) wykazały, że w tak szczegółowej



skali związki te są ogólnie niezbyt silne i dość niejednoznaczne, co potwierdza jedynie pośredni wpływ rzeźby terenu na roślinność, która odzwierciedla przecież cały kompleks warunków siedliskowych. Jednakże udało się znaleźć zbiorowiska wskaźnikowe dla niektórych procesów geomorfologicznych. Dla stoków modelowanych przez soliflukcję, wskaźnikową rolę odgrywają murawy alpejskie z torfowcami lub mszyste postaci podzespołu typowego tych muraw. Wskaźnikami stoków intensywnie modelowanych są inicjalne zbiorowiska roślin zarodnikowych lub pionierska, słabo zwarta postać zbiorowiska kosmatki brunatnej. Dla nisz niwalnych modelowanych przez niwację wskaźnikiem jest zbiorowisko kosmatki brunatnej. Stoki ustabilizowane charakteryzują się występowaniem licznych zbiorowisk roślinnych. Spośród tych zbiorowisk wyraźnie wyodrębniają się borówczyska, które porastają utrwalone stoki z pokrywą blokową.

Przy okazji badania związków między roślinnością a rzeźbą ujawniła się rola skali badań w sposobie postrzegania rzeczywistości. Siła tych związków zmieniała się przy łączeniu jednostek roślinności w grupy o podobnym charakterze siedliskowym. Ujawnił się też wpływ piętrowości na zmianę sposobu zachodzenia związków między komponentami. Oznacza to, że przy stwierdzaniu istnienia związków między geokomponentami należy wyraźnie określać poziom organizacji przestrzeni, na którym one zachodzą. Konsekwencją powyższego stwierdzenia powinny być badania zależności mocy powiązań od poziomu organizacji przestrzennej środowiska wysokogórskiego.



Ryc. 1. Schemat zależności między badanymi komponentami (grubość strzałek oznacza siłę oddziaływań)

Relationships between the components studied (thickness of arrow denotes strength of impact)

Opisane powyżej komponenty i zależności między nimi, będące przedmiotem badań prowadzonych w otoczeniu Kasprowego Wierchu, przedstawione są schematycznie na rycinie 1 na tle oddziaływań innych geokomponentów. Oddziaływania te pochodzą z bliższego otoczenia, które bezpośrednio warunkuje rozpatrywany układ, a także z otoczenia dalszego, decydującego w sposób zasadniczy o możliwości zaistnienia takiego układu (geneza rzeźby i flory oraz mezoklimat).

## 10.2. ODDZIAŁYWANIA ANTROPOGENICZNE

Przeprowadzone badania umożliwiły zaobserwowanie antropogenicznych przemian środowiska przyrodniczego otoczenia Kasprowego Wierchu i wyciągnięcie wniosków istotnych z punktu widzenia ochrony przyrody Tatrzańskiego Parku Narodowego.

Przemiany antropogeniczne wyższych partii stoków w otoczeniu Kasprowego Wierchu są wyraźnie widoczne. Najłatwiej dostrzec je na podstawie przekształceń roślinności. Zmiany wywołane pasterstwem widoczne są ciągle zwłaszcza w piętrze subalpejskim, gdzie obniżona została górna granica kosodrzewiny lub też kosodrzewina została zupełnie wycięta. Na jej miejsce wkroczyła formacja trawiasta lub krzewinkowa.

Zmiany spowodowane pasterstwem również są widoczne w rzeźbie, głównie w postaci licznych nisz erozyjnych, które znajdują się w obu badanych obszarach. Ich rozmieszczenie w danym kotle jest uwarunkowane przez ekspozycję stoku oraz piętrowość. Stopień utrwalenia tych nisz w poszczególnych kotłach jest jednak różny. Znacznie bardziej ustabilizowane są stoki w Kotle Goryczkowym Świńskim, gdzie niemal nie ma świeżych powierzchni erozyjnych, a występująca na zboczach rynien roślinność stanowi dalsze stadium sukcesji, niż na analogicznych siedliskach w Kotle Gąsienicowym. Przyczynę tych różnic można prawdopodobnie upatrywać między innymi w użytkowaniu turystycznym Kotła Gąsienicowego.

Aktualne antropogeniczne wpływy widać przede wszystkim w zbiorowiskach roślinnych w pobliżu infrastruktury turystycznej. Występuje tam roślinność o zupełnie odmiennym składzie gatunkowym, którą z trudem można zaliczyć do wyróżnionych w Tatrach jednostek roślinności obszarów węglanowych, bądź też o wyraźnie zmienionej strukturze. 10% powierzchni Kotła Gąsienicowego zajęte przez roślinność o charakterze antropogenicznym to dużo jak na obszar położony w piętrze alpejskim, które uchodzi za niezmiennione przez ludzką działalność.

W objętej badaniami części Kotła Gąsienicowego słabo się zaznaczył wpływ narciarzy na roślinność. Zniszczenia powierzchni stoku spowodowane przez użytkowanie kotła przez narciarzy widoczne są głównie poza terenem objętym badaniami. Występują one przede wszystkim na załomach stoku, gdzie śnieg jest wytapiany wcześniej w sposób naturalny lub zmiatany przez narciarzy.

W tych miejscach darni jest częściowo zdarta. W przypadku zupełnego zniszczenia darni, co obserwowano w Kotle Goryczkowym pod Zakosy, dochodzi do uruchomienia erozji. Na całym stoku duże wystające głazy mają spiłowane ostre krawędzie (Skawiński 1993).

Jeśli przekształcenia powodowane przez turystykę zwaloryzować w skali 1–3 jako:

1 – przekształcenia silne (obecność sztucznego materiału w podłożu, występowanie antropogenicznych zbiorowisk roślinnych, nasilenie się procesów erozji),

2 – przekształcenia słabe (obecność zbiorowisk roślinnych o zaburzonej strukturze),

3 – brak przekształceń (występowanie zbiorowisk roślinnych o charakterze naturalnym lub półnaturalnym, spontanicznym),

to obszary badań prezentowałyby się następująco:

Kocioł Gąsienicowy:

1 – ścieżka wraz ze strefą 0,5–1 metra oraz kopuła szczytowa z budynkami;

2 – strefa na stoku poniżej budynku kolejki, szerokości 10-20 metrów;

3 – pozostała część kotła.

Kocioł Goryczkowy Świński:

1 – brak takich przekształceń;

2 – ścieżka biegnąca granią;

3 – właściwie cała powierzchnia kotła.

Na obecnym etapie brak jest wyraźnych oznak szkodliwego wpływu turystyki narciarskiej na badanym obszarze. Dowodzi to w pełni właściwego sposobu ochrony tego obszaru przez Tatrzański Park Narodowy i słuszności polityki prowadzonej przez Dyрекcję TPN, która nie dopuszcza do nadmiernej rozbudowy infrastruktury turystycznej, a w okresie zimowym wyznacza tereny dla narciarzy w zależności od stanu pokrywy śnieżnej.

Choć stwierdzono, że antropopresja w Kotle Gąsienicowym, poza kopułą szczytową Kasprowego Wierchu oraz ścieżką na Beskid, jest obecnie raczej słabo widoczna, to nie można jednak stwierdzić, czy obecne użytkowanie nie jest tą wartością progową, której przekroczenie nie spowoduje dalszej istotnej dewastacji środowiska otoczenia Kasprowego Wierchu.

Z przeprowadzonych badań wynika także, że Kocioł Goryczkowy Świński nie ma odpowiednich warunków śniegowych, aby można było projektować wykorzystanie starych podpór do budowy wyciągu narciarskiego. Czynniki te dostarcza praktycznych argumentów przeciwko turystycznemu zagospodarowaniu tego kotła, który przecież leży na obszarze rezerwatu ścisłego TPN.

## 10. THE HIGH-MOUNTAIN ENVIRONMENT AS A SYSTEM OF INTERLINKED ELEMENTS

### 10.1 ABIOTIC AND BIOTIC ELEMENTS AND THEIR LINKAGE

The geocological research whose results are presented in this interdisciplinary study comprises the work of many authors, since the subject matter requires input from specialists in various environment-related fields. This diversity to the subject matter of the part studies is brought together via a leading idea – an understanding of the natural environment of high mountains, its structure, and the linkage between its components. Even so, this was only possible within the scope represented by the group of specialists in question, authors who are well aware of their failure to encompass the whole high-mountain environment.

The results the authors have obtained are largely cognitive in character. The specifics of the research, above all its level of detail and location (Tatrzański National Park) have ensured that some of the achievements are also methodological in character, as well as allowing for practical conclusions to be drawn regarding nature conservation in the area studied.

The overall assumptions underlying the research necessitated a detailed look at the diversity of the relief and vegetation – considered a point of reference for further studies. The result was a further refinement of the types of geobotanical and geomorphological unit traditionally adopted.

The maps published in this volume are examples of detailed maps of the high-mountain environment almost lacking in the literature, on account of the typological problems and problems with delimiting identified spatial units that they create. The drawing-up of similarly-detailed (1:2500), if unpublished, geobotanical maps of the Tatra Mountain summits was signalled in the monograph on the nature of the Tatrzański National Park (Piękoś-Mirkowa and Mirek 1996).

The main achievements of the research presented have been a consequence of the adoption of such a detailed scale. These include:

- the devising of a very well-developed typology for the mapped units, especially in the case of vegetation;
- the encapsulation of transitional-type phenomena in the differentiation of vegetation and soils – phenomena not perceptible in less-detailed works;
- attempts to devise methods for the delimitation of vegetation units that are as objective as possible, with the simultaneous combining of methods from tele-detection and plant physiology;
- a detailed acquaintanceship with differences in relief, soil and vegetation cover and the rate of retreat of snow cover in the areas studied.

The geomorphological studies by Z. Rączkowska (chapter 2, this volume) show that, despite similarities, the relief of the two areas is characterised by rather differing morphodynamics. Attesting to this is, *inter alia*, an area of fresh erosional forms three times as large in Kocioł Gąsienicowy as in Kocioł Goryczkowy Świński. At both sites the greater part of the slopes is being shaped by creep and solifluction, which predominates in the upper parts in particular. Both now and in the past, the greatest role in the modelling of slopes – manifested in the appearance of new forms – has been that played by processes linked to the flow of water down slopes. These are now processes of slopewash and linear erosion, in the past debris flow. It is also possible to note the influence of slope exposure on the course and rate of slope modelling, an aspect seen most clearly in Kocioł Gąsienicowy. South-facing slopes are being transformed less actively. A full characterisation of the contemporary morphodynamics of the relief will require further measurement, in order that data describing the intensity of the different processes might be obtained. This will allow for a qualitative scale of intensities to be replaced by measurable values.

M. Degórski (chapter 3, this volume) details the following features common to the soils of the two areas:

- a low degree of saturation of the sorption complex by base cations;
- a very acid or acid reaction;
- a considerable accumulation of organic matter subject to very slow processes of humification and mineralisation;
- a high dynamic to contemporary soil processes, with the most intensive being those of erosive lithosols in places where erosion is ongoing.

Soil taxonomy offered a basis upon which to distinguish six units differing in a statistically-significant manner, among which all were capable of being assigned to one of two groups differing markedly from one another. The first, well-represented, group included true rankers, podzolic rankers and lithosols. The diversity within it was conditioned by natural factors connected with local habitat conditions and by the influence of the vegetation. The second group comprises soils associated with the presence of anthropogenic matter in the soil substratum or else local accumulation of slope material (tangel-rankers, humus rankers and rankers with an anthropogenically-disrupted cycle of development). The occurrence of anthropogenically-disturbed soils is linked with the tourist infrastructure on Kasprowy Wierch. Attention has also been drawn to the continuum of soil conditions and associated non-clarity of transitions between neighbouring spatial and typological units. This results from the very similar lithogenic conditions and ongoing pedogenic processes in the same altitude-related climatic and vegetational zone. At this degree of detail of the research, a full taxonomic diagnosis of the soil cover is only possible on the basis of a detailed analysis of many endo- and epipedonic parameters that possess distinguishing features.

The two studied sites differ markedly in the length of time for which snow cover remains (see Z. Rączkowska, chapter 7). Snow patches in Kocioł Gąsienicowy occupy much greater areas of slope in the same calendar period than those in Kocioł Goryczkowy Świński, where in turn a considerable portion of the upper slope is free of snow cover relatively early on. Kocioł Gąsienicowy also has much longer-lying patches of snow.

As the research by A. Kozłowska and A. Jakomulska (Chapter 6) shows, the vegetation of the two sites is very similar in terms of its composite plant communities, their spatial arrangement and the quantitative parameters of the types of vegetation. Among the 50 types of vegetation distinguished by A. Kozłowska and included within a hierarchical typological system of ranks between association and local aggregation of species, 17 are common to both study areas. The remaining 33 are present at only one of the sites, though it does happen that the units in question are anyway similar, showing only local differences. The main differences apply to the altitudinal zonation of the vegetation, i.e. its location in terms of climatic/vegetational belts. In Kocioł Gąsienicowy, the dominant vegetation is that of the alpine zone, while at Kocioł Goryczkowy Świński it is subalpine.

The existence of seminatural communities within the subalpine zones of the two study areas is linked with the former long-term grazing management that ceased around 30 years ago. Communities with a clearly anthropogenic origin are only present at Kocioł Gąsienicowy. These account for c. 10% of the area of all communities at this site and are a result of the tourist infrastructure in existence there.

The species occurring in high mountains are shaped by physiological mechanisms adapting them to their environment and involving the quantity and quality of assimilatory pigments and appropriate water relations. An important result of the research done by A. Jakomulska (chapter 5) are the quantitative characterisations of contents of photosynthetic pigments, intensities of transpiration and water contents in the tissues of three analysed species of plant: the three-leaved rush *Juncus trifidus*, the wood-rush *Luzula spadicæa* and the small-reed *Calamagrostis villosa* – dominants in the high-mountain plant communities. The main achievement of the research is the finding that each of the species may be denoted by a combination of significantly different values for the above parameters – on the basis of which the identification to species level is possible. These parameters have an important influence on the reflection of electromagnetic radiation as registered by spectrometric methods. This offers a basis for the application of

teledetection in the large-scale study of high-mountain vegetation. The possibility of such methods being used may greatly facilitate the mapping of high-mountain vegetation in future.

The study of wind conditions as a component element of the climate – as carried out by J. Baranowski (chapter 9), took in the whole upper part of the Sucha Woda Valley to Hala Gąsienicowa, and not merely Kocioł Gąsienicowy. Conditions important for the shaping of winds of different types were determined. It was possible to note a modification of inflowing streams of air and the creation of new local winds as a reflection of orographic conditions. There was a clear influence of relief and differences in vegetation cover on the winds blowing in the Tatras, and most especially on those just above ground level. An important role is played by the shape of the valley and its width, the inclination of the slopes, windward exposure and the presence of mountain lakes. The uniform vegetation growing over large areas gives rise to gentle changes in windspeed, while the occurrence of patches of dwarf mountain pine may even reduce windspeeds to 70%.

The work done also contributes to an understanding of the relationships between the analysed components of the natural environment, as well as making the relationships noted previously more precise.

Relief is the component among those analysed upon which all the others (soil, topoclimate – wind and snow – and vegetation) depend. Vegetation is dependent on all of the aforementioned components, but at the same time conditions differences in soils, influences wind strength and modifies the rate at which geomorphological processes proceed. The above finding would seem to have been more generally known, albeit not usually supported by more precise (especially quantitative) data.

In the work published here (chapter 7), an attempt has been made to trace the linkage between vegetation and the length of time over which snow cover remains, and thence to designate communities indicative of places of prolonged or decidedly curtailed snow cover. Places with shortlived snow cover were found to be linked not only with dwarf shrub (bilberry) communities, but also with alpine grasslands with a high share of lower plants like mosses and lichens. Persistent snow cover characterises the places of occurrence of *Luzula spadicea*, not only as a dominant in the *Luzuletum spadiceae* community, but also as a species present in alpine grasslands. The studied area lacks snow-bed community with dwarf willow (*Salicetum herbaceae*). Their place is taken by alpine grassland in the *Oreochloo distichae-Juncetum trifidi salicetosum herbaceae* sub-association, and this is clearly associated with longlasting patches of snow.

Analysis of the links between vegetation and relief is presented in the form of quantitative data assigned values. The work of A. Kozłowska, Z. Rączkowska and A. Jakomulska (chapter 8) shows these links to be mostly rather weak and ambiguous on the detailed scale; a fact which confirms that the influence of relief on vegetation is only an indirect one, with habitat conditions playing the main role. It nevertheless proved possible to find communities indicative of certain geomorphological processes. On the basis of Table 5, it is possible to point to a series of indicator communities. In the case of slopes modelled by solifluction, an indicative role is played by alpine swards with Sphagnum, or mossy forms of the sward's typical sub-association. Intensively modelled slopes are indicated by initial communities of cryptogamic plant or by the pioneer, sparse form of *Luzuletum spadiceae*. Indicative of the nival niches is *Luzuletum spadiceae*. Stabilised slopes are characterised by the presence of a number of plant communities. Among these, the *Vaccinium myrtillus* community stands out clearly, growing on stabilised slopes with a block cover or stabilised debris flow levees.

The role of the scale of research in the way reality is perceived was an element that emerged in the course of work on the links between vegetation and relief. The strength of the linkages changed in the linking-up of vegetational units into groups of similar habitat character. Also emerging was the influence of altitudinal zonation in changing the way in which links between components proceeded. This means that, in stating that links between geocomponents exist, one should define clearly the level of spatial organisation at which they operate. A consequence of this statement should be research into the dependence of the strength of linkages on the level of spatial organisation of the high-mountain environment.

The aforementioned components and their interrelatedness – as subjects of the research done in the Kasprowy Wierch area – are presented schematically on Fig. 1, against the background of the impacts of other geocomponents. These impacts derive from the more immediate surroundings (which condition the system under consideration directly), as well as from the more distant surroundings, which have a decisive influence where the existence of a system of this kind is concerned (the genesis of relief and flora and the mesoclimate).

## 10.2. ANTHROPOGENIC IMPACTS

The work done allowed for observation of the anthropogenic transformations in the natural environment of the Kasprowy Wierch area, as well as for the drawing of important conclusions where nature conservation in the Tatrzński National Park is concerned.

Anthropogenic changes are very visible in the higher parts of the slopes around Kasprowy Wierch. They are most easily perceived in regard to the vegetation, wherein changes induced by pastoralism are clearly seen in the subalpine zone, from which dwarf mountain pine is either absent or characterised by a lower treeline. In its place there have been encroachments of grassy or shrubby formations.

Changes brought about by pastoralism are also visible in the relief, especially in the form of the numerous erosional niches to be found in both of the areas studied. Their distribution in a given area is conditioned by slope exposure and altitudinal zonation, though the persistence of the niches in the two areas differs. Slopes in Kocioł Goryczkowy Świński are stabilised to a considerably greater extent, while the vegetation on the sides of the eroded channels constitute a more advanced stage of succession than that in analogous habitats in Kocioł Gąsienicowy. The causes of these differences can probably be sought among data for tourist use in the latter area.

The present anthropogenic influences can first and foremost be seen in the plant communities close to tourist infrastructure. Here the vegetation is of completely different species composition, sometimes capable of being assigned with difficulty to distinguished units of vegetation of carbonate areas within the Tatras, sometimes of completely modified structure. 10% of the Kocioł Gąsienicowy area is occupied by anthropogenic-type vegetation – a high figure for an area in an alpine zone popularly regarded as unchanged by human activity.

The studied part of Kocioł Gąsienicowy showed almost no influence of skiing on the vegetation. Slope with surfaces destroyed by overuse on the part of skiers is to be observed nearby, though outside the study area. This is particularly concentrated on the flexion points of a slope where snow naturally melts early, or is swept away by skiers. In these places, the sward is partially broken. In cases of its complete destruction – as observed in Kocioł Goryczkowy pod Zakosy – there is an onset of erosion.

If values of 1–3 are assigned to the different degrees of transformation brought about by tourists, then:

- 1 – marked transformations are characterised by the presence of artificial material in the substratum, anthropogenic plant communities and an intensification of erosional process;
- 2 – limited transformations have plant communities of disturbed structure;
- 3 – untransformed areas have plant communities of a natural or seminatural spontaneous character.

In this way, the areas studied would be categorised as follows:

Kocioł Gąsienicowy:

- 1 – trails together with a zone 0.5 – 1.0 m either side, as well as the summital dome and its buildings;
- 2 – a zone 10 – 20 m wide on the slope below the cable-car building;
- 3 – the remaining part.

Kocioł Goryczkowy Świński:

- 1 – no such transformations;
- 2 – the trail running along the ridge;
- 3 – effectively the whole area.

At present there is no clear sign of a harmful influence of skiing tourism on the area studied. This points to a fully appropriate means of protecting the area by the Tatrzański National Park and to the effective policy being pursued by its management, which has not permitted excessive development of tourist infrastructure and delimits skiing areas in relation to snow cover.

Although anthropopressure in areas of Kocioł Gąsienicowy away from the Kasprowy Wierch summit and the trail to Beskid has been declared to be rather poorly-visible at present, it is not possible to state whether the present utilisation is at a threshold value whose exceedance will cause further significant devastation in the Kasprowy Wierch area.

The research done also indicates that Kocioł Goryczkowy Świński lacks the proper snow conditions which would allow for the planned use of old supports in the construction of a ski-lift. This factor supplies practical arguments against the use by tourists of this area, which is after all within the National Park's Strict Reserve.

## LITERATURA

- Piękoś-Mirkowa H., Mirek Z., 1996, *Zbiorowiska roślinne*, [w:] Z. Mirek i in. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego, Tatry i Podtatrze 3*, Wyd. Tatrzański Park Narodowy, Zakopane-Kraków, s. 239.
- Skawiński P., 1993, *Oddziaływanie człowieka na przyrodę kopuły Kasprowego Wierchu oraz Doliny Goryczkowej w Tatrach*, [w:] W. Cichocki (red.), *Ochrona Tatr w obliczu zagrożeń*, Wyd. Muzeum Tatrzańskiego, s. 197–226.

### Adresy autorów:

Anna Kozłowska – Zakład Geoekologii IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, e-mail: a.kozl@twarda.pan.pl

Zofia Rączkowska – Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn IGiPZ PAN, ul. św. Jana 22, 31-018 Kraków, e-mail: raczk@zg.pan.krakow.pl



ZESZYTY INSTYTUTU GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA PAN  
z ostatnich lat

1997

45. Korcelli P. (red.), *Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: V*, s. 44.
46. Korcelli P. (red.), *Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: VI*, s. 96.
47. Eberhardt P., *Problematyka narodowościowa Estonii*, s. 44.
48. Zgliński W., *Przekształcenia państwowego rolnictwa w Polsce – skutki społeczne, ekonomiczne i przestrzenne*, s. 64.
49. Grabińska B., *Geografia płazów Europy na tle świata. Regionalizacja zoogeograficzna kregowców Europy. Powierzchnia jednostki a bogactwo taksonomiczne ssaków*, s. 46.
50. Szczęsny R., *Struktura przestrzenna rolnictwa Polski w 1995 roku*, s. 115.

1998

51. Błażejczyk K., *Promieniowanie słoneczne a gospodarka cieplna organizmu człowieka*, s. 85.
52. Babiński Z., „Mongolia 96”, *Niektóre zagadnienia badawcze ekspedycji. Raport*, s. 128.
53. Gawryszewski A., Korcelli P., Nowosielska E., *Funkcje metropolitalne Warszawy*, s. 146.
54. Eberhardt P., *Problematyka narodowościowa Łotwy*, s. 70.
55. Grzeszczak J., *Przesunięcie „miasto – wieś” w przemyśle krajów Unii Europejskiej*, s. 71.
56. Stola W., *Ludność wiejska Polski. Przemiany struktury demograficznej i społeczno-zawodowej*, s. 56.

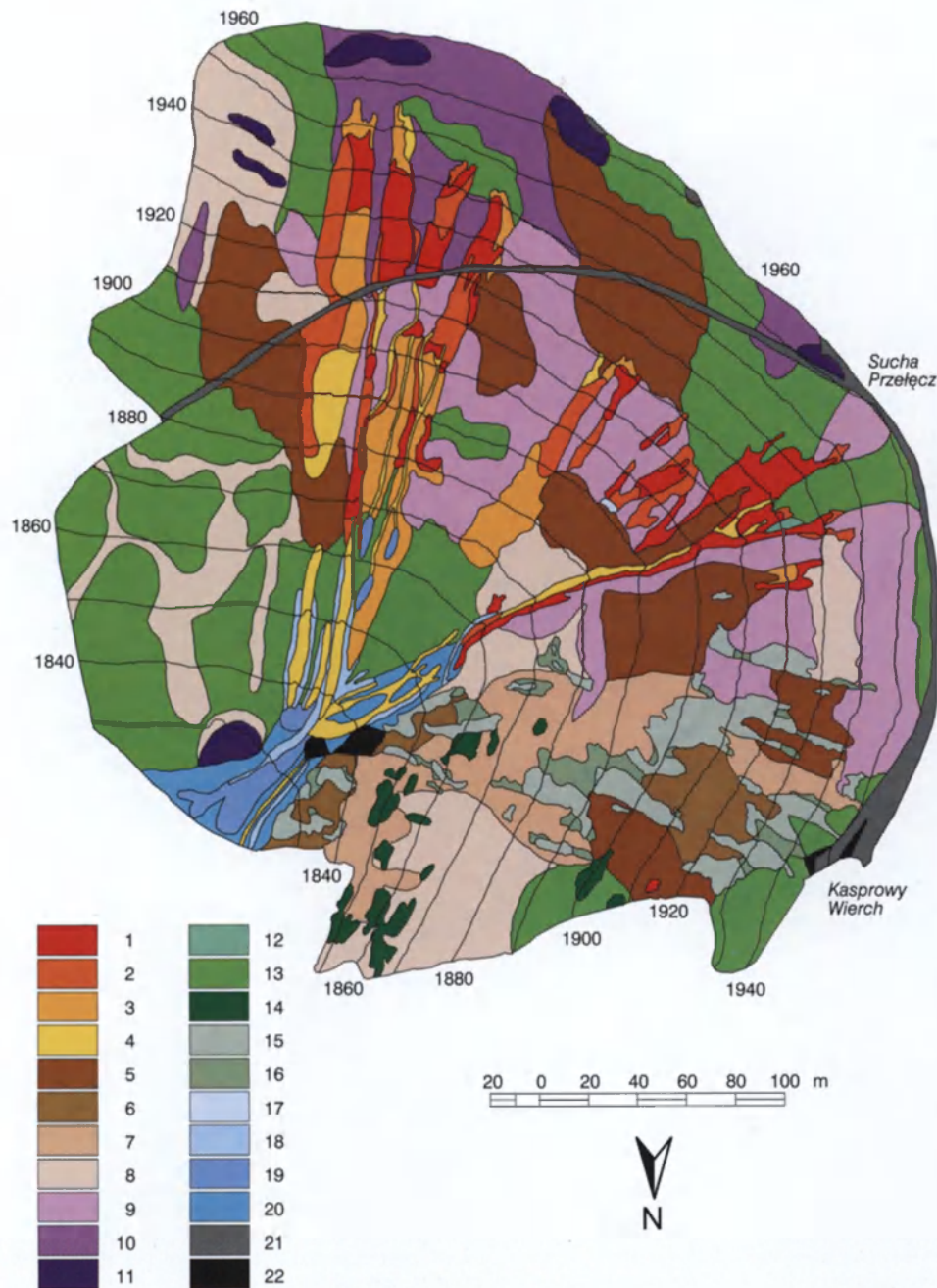
DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA  
z ostatnich lat

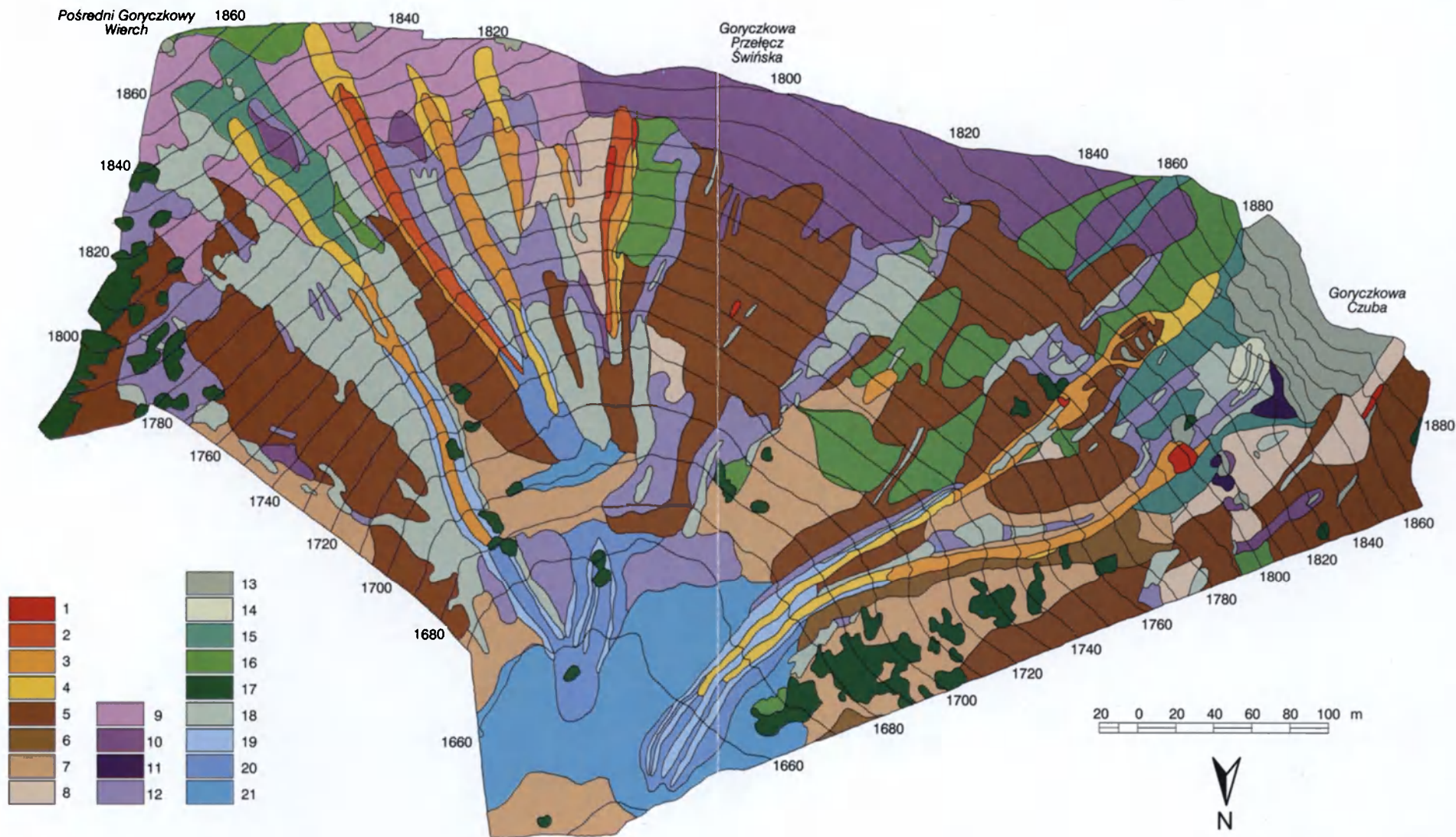
1997

5. Czyżowska E., *Zapis zdarzeń powodziowych na pograniczu boreału i atlantyku w osadach stożka napywowego w Podgrodziu*, s. 74, 19 il.
6. Kalicki T. (red.), *Badania ewolucji dolin rzecznych na Białorusi – I*, s. 111, 39 il.
7. Gawryszewski A., *Przestrzenna ruchliwość ludności Polski. Bibliografia (lata 1896–1990)*, s. 160.
8. Starkel L. (red.), *Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku)*, s. 108, 33 il., 16 fot.

1998

9. Banach M., *Dynamika brzegów dolnej Wisły*, s. 76, 26 il., 23 fot.
10. Błaszkiwicz M., *Dolina Wierzycy, jej geneza oraz rozwój w późnym plejstocenie i wczesnym holocenie*, s. 116, 29 il., 17 fot.
11. Starkel L. (red.), *Geomorfologiczny i sedymentologiczny zapis lokalnych ulew*, s. 107, 32 il.
12. Kotarba A. (red.), *Z badań fizycznogeograficznych w Tatrach – III*, s. 67, 16 il., 9 fot.
13. Breymeyer A., Roo-Zielińska E. (red.), *Bory sosnowe w gradiencie kontynentalizmu i zanieczyszczeń w Europie Środkowej – badania geokologiczne*, s. 212, 57 il., 8 fot.





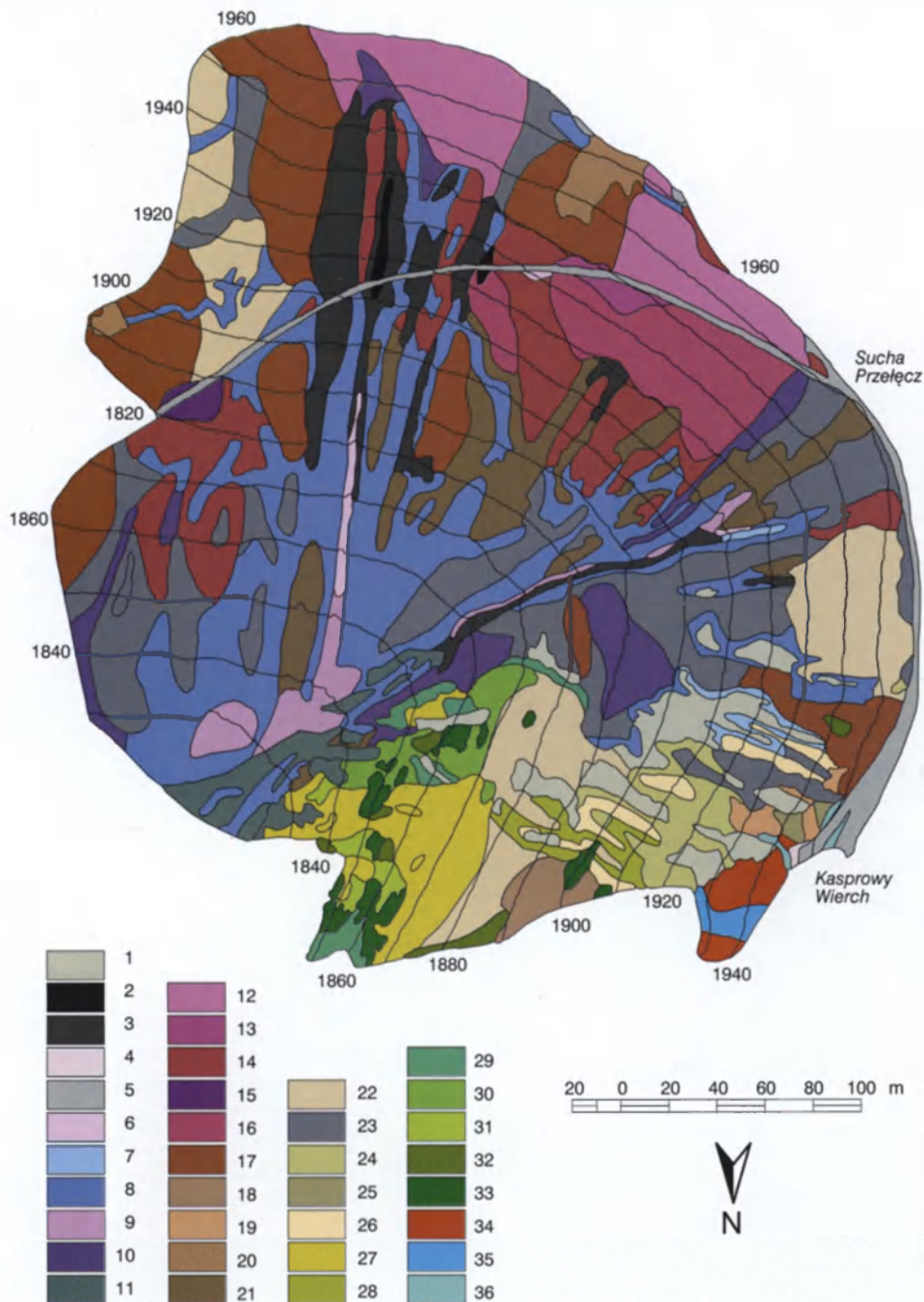
Mapa 2. Powierzchnie morfodynamiczne Kocioła Goryczkowego Świńskiego

1 – stok modelowany przez procesy erozji, głównie spłukiwanie i erozję liniową (I), 2 – stok modelowany przez procesy erozji, głównie spłukiwanie i erozję liniową, z pojedynczymi kępami trawy (II), 3 – stok modelowany przez procesy erozji, głównie spłukiwanie i erozję liniową, częściowo ustabilizowany przez roślinność (III), 4 – stok modelowany przez procesy erozji, głównie spłukiwanie i erozję liniową, ustabilizowany przez roślinność (IV), 5 – stok modelowany przez spływanie pokryw (II), 6 – stok z pokrywą blokową, modelowany przez spływanie warstwy darni i gleby po głazach (II), 7 – stok z pokrywą blokową modelowany przez spływanie darni po głazach (III), 8 – stok modelowany przez soliflukcję i spływanie (III), 9 – stok modelowany przez soliflukcję (II), 10 – stok modelowany przez soliflukcję z teraszkami (II), 11 – nisze niwalne modelowane przez niwację, 12 – stok modelowany przez procesy mrozowe (III), 13 – ściany i stoki skalne modelowane przez wietrzenie mrozowe i korazję (III), 14 – stok usypiskowy modelowany przez spływanie gruzu i procesy torencjalne (III), 15 – stok gładki, stabilny, modelowany przez lawiny (III), 16 – stok nieaktywny (IV), 17 – stok stabilny utrwalony kosodrzewiną (IV), 18 – stok stabilny z pokrywą blokową (IV), 19 – stok stabilny z akumulacją w postaci wałów spływów gruzowych (IV), 20 – stok stabilny z akumulacją w postaci języków spływów gruzowych (IV), 21 – akumulacja na stożkach i równinie napływowej (IV). Cyfry w nawiasie oznaczają intensywność modelowania stoku w skali od I do IV

Morphodynamic maps of the Kocioł Świński Goryczkowy area

1 – slope modelled by erosional processes, mainly sheetwash and rill erosion (I), 2 – slope modelled by erosional processes, mainly sheetwash and rill erosion, with single clumps of grass (II), 3 – slope modelled by erosional processes, mainly sheetwash and rill erosion, partly stabilised by vegetation (III), 4 – slope modelled by erosional processes, mainly sheetwash and rill erosion, stabilised by vegetation (IV), 5 – slope modelled by creeping of weathering cover (II), 6 – slope with block cover modelled by creeping of soil and sward cover over large boulders (II), 7 – slope with block cover modelled by creeping of sward cover over large boulders (III), 8 – slope modelled by soil creeping and solifluction (III), 9 – slope modelled by solifluction (II), 10 – slope with terracets modelled by solifluction (II), 11 – nival niches modelled by nivation, 12 – slope modelled by frost heaving and creeping (III), 13 – rockwalls and rocky slopes modelled by weathering and corrasion (III), 14 – talus slope modelled by debris creep and torrential processes (III), 15 – smooth, stable slope modelled by avalanche (III), 16 – inactive slope (IV), 17 – slope stabilised by dwarf mountain pine (IV), 18 – stable slope with block cover (IV), 19 – stable slope with accumulation at debris flow levee (IV), 20 – stable slope with accumulation at debris flow tongue (IV), 21 – accumulation on alluvial cone and plain (IV). Numbers I to IV denote intensity of slope modelling

Mapa 3. Roślinność Kotła Gąsienicowego. Vegetation of Kocioł Gąsienicowy



Naskalne zbiorowiska porostów (epilithic lichen communities): 1 – *Rhizocarpetalia*; Zbiorowiska piargów (scree communities): 2 – Inicjalne stadia wkraczania roślin zarodnikowych na niestabilizowanym podłożu – faza I (cryptogamic plant communities on scree, initial phase I), 3 – Inicjalne stadia wkraczania roślin zarodnikowych na niestabilizowanym podłożu – faza II (cryptogamic plant communities on scree, initial phase II), 4 – *Oxyrio-Saxifragetum carpatiae* – antropogeniczne (anthropogenic), 5 – *Pogonato-Oligotrichetum*; Zbiorowiska wyleżyskowe (snow-bed communities): 6 – Pionierskie zbiorowiska mszaków ze związku *Salicion herbaceae* (pioneer moss-communities of the alliance *Salicion herbaceae*), 7 – *Luzuletum spadiceae* – słabo zwarte (sparse), 8 – *Luzuletum spadiceae*, 9 – *Luzuletum spadiceae* z udziałem (with) *Polytrichetum sexangularis*, 10 – *Luzuletum spadiceae* w kompleksie z (in a complex with) *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi*, 11 – *Luzuletum spadiceae* w kompleksie ze zbior. z *Festuca picta* (in a complex with the *Festuca picta*-community); Murawy alpejskie (alpine swards): 12 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi salicetosum herbaceae*, 13 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi sphagnetosum*, 14 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum* postać mszysta (mossy form), 15 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum* postać mszysta w kompleksie z (mossy form in a complex with) *Luzuletum spadiceae*, 16 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum* postać mszysta przejściowa do (mossy form transitional to) *salicetosum herbaceae*, 17 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum*, 18 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi cetrarietosum*, 19 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* postać z (form with) *Juncus trifidus*, 20 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* antropogeniczna postać z (anthropogenic form with) *Juncus trifidus*, 21 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* postać z (form with) *Juncus trifidus* w kompleksie z (in a complex with) *Luzuletum spadiceae*, 22 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis*, 23 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* w kompleksie z (in a complex with) *Luzuletum spadiceae*, 24 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* w kompleksie z (in a complex with) *Calamagrostietum villosae tatricum*, 25 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* w kompleksie z (in a complex with) *Calamagrostietum villosae tatricum* postać antropogeniczna (anthropogenic), 26 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* postać sucha z (dry form with) *Nardus stricta*; Subalpejskie murawy powypasowe (subalpine grassland communities after grazing): 27 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* powypasowa postać subalpejska (post-grazing subalpine form), 28 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* powypasowa postać subalpejska w kompleksie z (post-grazing subalpine form in a complex with) „*Vaccinietum myrtilli*”; Traworośla (avalanche meadows): 29 – *Calamagrostietum villosae tatricum*; Borówczyska (subalpine dwarf scrub communities): 30 – „*Vaccinietum myrtilli*”, 31 – „*Vaccinietum myrtilli*” w kompleksie z subalpejskimi murawami powypasowymi (in a complex with the post-grazing subalpine grasslands), 32 – *Empetro-Vaccinietum*; Zarośla kosodrzewiny (subalpine shrubs): 33 – *Pinetum mughi carpaticum*; Antropogeniczne zbiorowiska na sztucznym podłożu węglanowym (anthropogenic communities): 34 – Murawa zbliżona do (community similar to) *Seslerion tatrae*, 35 – Ziólorośla ze związku (tall herb communities of the alliance) *Adenostylion alliarie*, 36 – Ziólorośla z (tall herb community with) *Alchemilla* sp.



Mapa 4. Roślinność Kotła Goryczkowego Świńskiego. Vegetation of Kocioł Goryczkowy Świński

Naskalne zbiorowiska porostów (epilithic lichen communities): 1 – *Rhizocarpetalia*; Zbiorowiska piargów (scree communities): 2 – Inicjalne stadia wkraczania roślin zarodnikowych na nieustabilizowanym podłożu (cryptogamic plant communities on scree, initial phase); Zbiorowiska wyleżyskowe (snow-bed communities): 3 – Pionierskie zbiorowiska mszaków ze związku *Salicion herbaceae* (pioneer moss-communities of the alliance *Salicion herbaceae*), 4 – *Luzuletum spadiceae* – słabo zwarte (sparse), 5 – *Luzuletum spadiceae*, 6 – *Luzuletum spadiceae* w kompleksie ze zbior. z (in a complex with the community of) *Deschampsia flexuosa*; Murawy alpejskie (alpine swards): 7 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* w kompleksie z (in a complex with) *Rhizocarpetalia*, 8 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum*, 9 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi typicum* postać mszysta (mossy form), 10 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi sphagnetosum*, 11 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi cetrarietosum*, 12 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* postać z (form with) *Juncus trifidus*, 13 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* wilgotna postać pionierska z (wet pioneer form with) *Juncus trifidus*, 14 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis*, 15 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* postać wilgotna (wet form), 16 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* w kompleksie z (in a complex with) *Calamagrostietum villosae tatricum*, 17 – *Oreochloa*

*distichae-Juncetum trifidi caricetosum sempervirentis* słabo zwarte (sparse); Subalpejskie murawy powypasowe (subalpine grassland communities after grazing): 18 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* subalpejska postać powypasowa (post-grazing subalpine form), 19 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* subalpejska postać powypasowa wilgotna (post-grazing subalpine wet form), 20 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* powypasowa postać subalpejska słabo zwarta z *Vaccinium myrtillus* (post-grazing subalpine sparse form with *Vaccinium myrtillus*), 21 – *Oreochloa distichae-Juncetum trifidi* powypasowa postać subalpejska, z borówkami w kompleksie z (post-grazing subalpine form with *Vaccinium myrtillus* in a complex with) *Calamagrostietum villosae tatricum*, 22 – Zbiorowisko z *Festuca picta* (community), 23 – Zbiorowisko z *Deschampsia flexuosa* (community), 24 – Zbiorowisko z *Deschampsia flexuosa* (community) w kompleksie z (in a complex with) *Luzuletum spadiceae*; Traworośla (avalanche meadows): 25 – *Calamagrostietum villosae tatricum*; Borówczyska (subalpine dwarf scrub communities): 26 – „*Vaccinietum myrtilli*” słabo zwarte (sparse), 27 – „*Vaccinietum myrtilli*”, 28 – „*Vaccinietum myrtilli*” w kompleksie ze zbiorowiskiem z (in a complex with a community of) *Deschampsia flexuosa*, 29 – „*Vaccinietum myrtilli*” postać ze *Sphagnum* (*Sphagnum*-form), 30 – *Empetro-Vaccinietum*; Zarośla kosodrzewiny (subalpine shrubs): 31 – *Pinetum mughi carpaticum*

PL ISSN 0373-6547  
ISBN 83-86682-43-4

<http://rcin.org.pl>

<http://rcin.ora.pl>  
**BADANIA GEOEKOLOGICZNE W OTOCZENIU KASPROWEGO WIERCHU**