

ZOFIA RĄCZKOWSKA

ILOŚCIOWE WSKAŹNIKI NIWACJI W TATRACH WYSOKICH

WSTĘP

Wpływ płatów śnieżnych na przebieg procesów przekształcających stoki tatrzańskie, podkreślany był w wielu pracach dotyczących tego problemu (Kotarba 1976; Kłapa 1980; Kotarba, Kaszowski, Krzemień 1987).

Działanie procesów niwacji uwarunkowane jest przez rozmieszczenie przestrzenne i długość zalegania płatów. W sprzyjających warunkach morfologicznych (Rączkowska 1992) płaty śnieżne zalegają do jesieni, a niektóre nie topnieją w ciągu kolejnych lat. Rozmieszczenie wieloletnich płatów śnieżnych w polskiej części Tatr Wysokich opisali A. Wiśliński i Z. Wiślińska (1991), a w okolicy Hali Gąsienicowej - Z. Rączkowska (1992).

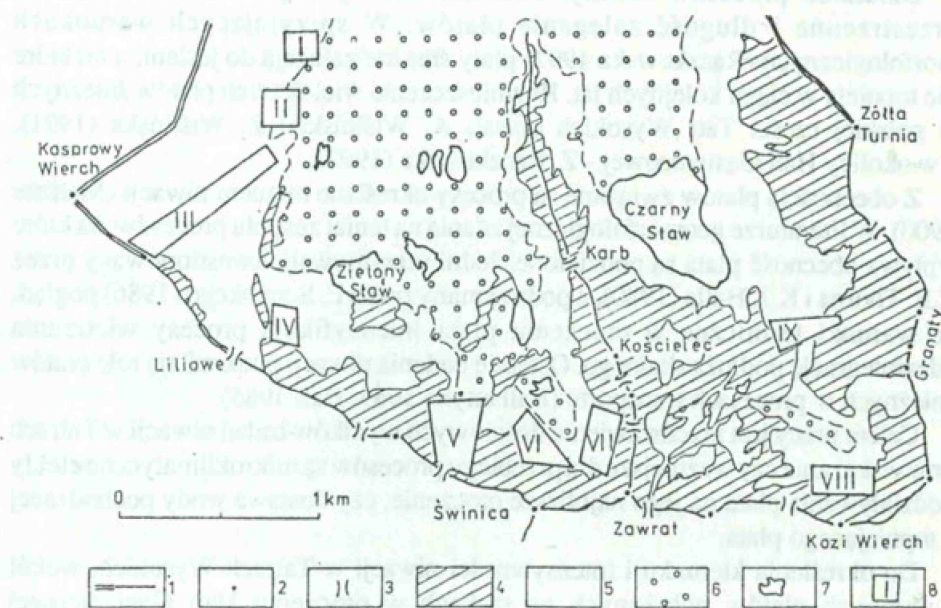
Z obecnością płatów związane są procesy określane mianem niwacji (Matthes 1900). W literaturze geomorfologicznej zdania na temat zespołu procesów, na które wpływa obecność płata są podzielone. Jedni utrzymywali, kwestionowany przez C.E. Thorna i K.J. Halla (1980), a podtrzymany przez E. Schunkego (1986) pogląd, że warunki termiczne w otoczeniu płata intensyfikują procesy wietrzenia i dezintegrację podłoża skalnego. Ostatnie badania niwacji podkreślają rolę płatów śnieżnych w procesach transportu (Ballantyne 1985, Hall 1985).

Celem pracy jest przedstawienie ilościowych wyników badań niwacji w Tatrach oraz wskazanie czy ważniejsze dla przebiegu procesów są mikroklimatyczne efekty oddziaływania płata na jego najbliższe otoczenie, czy dostawa wody pochodzącej z topniejącego płata.

Do określenia kierunku i intensywności niwacji w Tatrach Wysokich, wokół wybranych płatów położonych na stokach w otoczeniu Hali Gąsienicowej zainstalowano szereg stanowisk (ryc. 1). Wszystkie stanowiska pomiarowe usytuowano na stokach powyżej górnej granicy lasu, w piętrze alpejskim i sub-alpejskim. Przy rozmieszczaniu stanowisk pomiarowych starano się uwzględnić różną ekspozycję i typ stoku. Podłoże geologiczne obszaru badań stanowią różnego rodzaju odporne skały granitowe: jedynie płaty w Świnickiej Kotlinie położone są w strefie zbudowanej z mniej odpornych mylonitów i brekcji tektonicznych. Stosowano proste metody używane w badaniach współczesnych procesów (Rączkowska 1992).

TERMICZNE WARUNKI WIETRZENIA

Jednym z najczęściej podkreślanych przejawów niwacji jest intensyfikacja procesów wietrzenia mechanicznego oraz degradacji stoku. Zależność tę starano się określić zarówno w środowisku wysokogórskim, jak i arktycznym (Hess 1967; Thom 1976; Thom, Hall 1980; Nyberg 1991). Generalnie stwierdzono wpływ płata śnieżnego na obniżenie temperatury, zmniejszenie amplitud termicznych przy wzroście wilgotności. Niewiele danych ilościowych na ten temat oraz rozbieżności w dotychczas publikowanych materiałach nie pozwalają ani na określenie wartości progowych temperatury powodujących intensyfikację procesu wietrzenia w obecności płata, ani wielkości o jaką zwiększa się tempo wietrzenia w obecności płata.

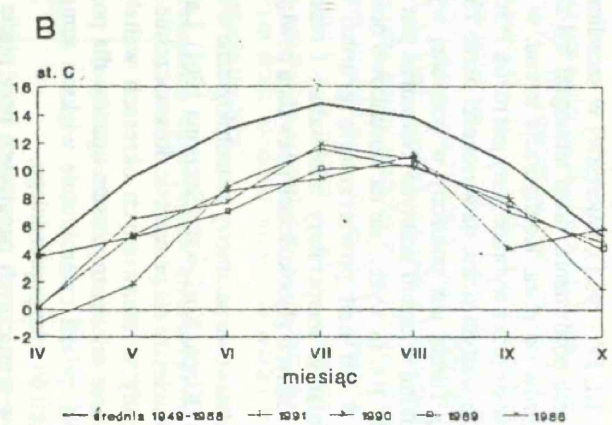
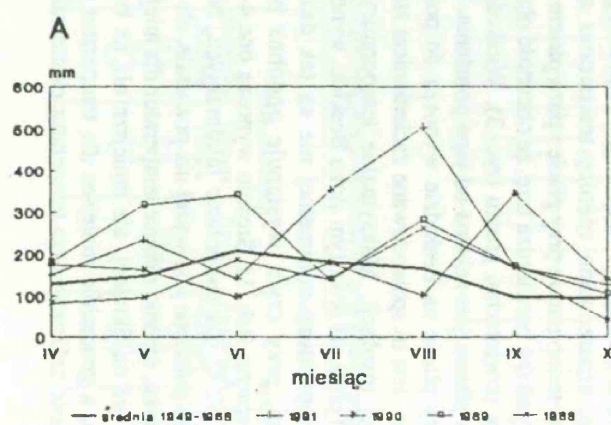


Ryc.1. Położenie stanowisk pomiarowych

1 - granie, 2 - wierzchołki, 3 - przełęcze, 4 - ściany i stoki skalne, 5 - stok usypiskowy, 6 - dno doliny, 7 - jeziora,
8 - numery poletek.

Measurement sites location

1 - ridge crests, 2 - summits, 3 - passes, 4 - rock walls and rocky slopes, 5 - talus slopes, 6 - valley bottom, 7 - lakes,
8 - number of experimental plots.



Ryc. 2. Charakterystyka meteorologiczna okresów badań (dane dla Stacji IMGW na Hali Gąsienicowej)

A - opady miesięczne, B - temperatury miesięczne.

Meteorological characteristic of research periods. Data from IMGW Station at Hala Gąsienicowa

A - precipitation, B - mean monthly temperature.

Aby stwierdzić jak obecność płata wpływa na temperaturę w jego otoczeniu, w ciągu kilku sezonów badawczych umieszczono przy krawędzi wybranych płytów jeden termograf (poletko II, III, IV - ryc.1), najczęściej w szczelinie pomiędzy ścianą skalną a płatem. W celu porównania, drugi termograf był zainstalowany w odległości kilkunastu metrów od płata. Konfiguracja terenu, w którym były położone zagłębienia zajmowane przez wybrane płyty jest różna. Płat na Beskidzie jest położony na dojrzałym, otwartym stoku, na wysokości około 1800 m n.p.m., płat w rynnie pod Skrajną Turnią jest położony w podobnej wysokości, ale w miejscu ocienionym wysokimi ścianami skalnymi. Natomiast płat w Świnickiej Kotlinie jest położony około 100 m wyżej, ale na stosunkowo otwartym stoku. Temperaturę mierzono 5 cm nad powierzchnią gruntu. Dodatkowo przeprowadzone serie pomiarów temperatury minimalnej i maksymalnej na powierzchni gruntu oraz na różnych głębokościach pozwalają powiązać te wyniki z temperaturą gruntu.

Rycina 2 przedstawia podstawowe parametry meteorologiczne w okresie badań na tle średnich wieloletnich (Kłapa, Kozłowska-Szczęśna 1961). Lata, w których prowadzono badania były zimniejsze niż przeciętnie. Równocześnie występowały anomalie miesięczne. Opady w omawianych okresach wahały się wokół przeciętnej, lecz zróżnicowanie miesięcznych sum opadów dla poszczególnych miesięcy było znaczne, np. ponad czterokrotnie większa suma miesięczna w sierpniu 1991 r. w stosunku do roku poprzedniego.

Do określania warunków termicznych panujących przy płacie analizowano temperatury skrajne - maksymalną i minimalną, jako konieczne do określenia liczby cykli przejść przez zero i wielkości amplitudy wahań, czyli czynników istotnych dla wietrzenia mechanicznego. Aby określić wielkość o jaką obecność płata obniża temperaturę, analizowano różnicę temperatur maksymalnej i minimalnej zanotowanej na termogramie przy płacie i poza płatem.

Analiza otrzymanych wyników potwierdza tezę, że obecność płata wpływa na obniżenie temperatury przy powierzchni gruntu (ryc. 3). Wielkość różnic temperatury przy płacie i poza płatem jest zależna od jego położenia. Różnice temperatur maksymalnych przy płacie na Beskidzie wynoszą do ponad 20°C, na Skrajnej Turni - kilkanaście. Jest to spowodowane zacienieniem stoku w środku dnia, brakiem intensywnej insolacji. Maksymalne temperatury pomierzone w odległości około 20 m od płata, na otwartym stoku Beskidu, wynosiły 35-40°C. Różnice w przypadku temperatury minimalnej nie są tak duże i wynoszą odpowiednio kilka stopni, przy czym występuje podobna prawidłowość w rozmieszczeniu przestrzennym (tab. 1). Średnio wynoszą one 4-5°C dla temperatur maksymalnych i 1-2°C dla temperatur minimalnych. Na stanowisku w Świnickiej Kotlinie, które położone jest wyżej niż pozostałe, ale na otwartym, nie ocienionym ścianami stoku, średnio różnice temperatur dla miejsc przy płacie i poza płatem są większe niż na Skrajnej, ale mniejsze niż na Beskidzie - dla temperatur maksymalnych, a generalnie mniejsze dla temperatur minimalnych. Tabela 2 pokazuje zmienność zróżnicowania temperatur ekstremalnych w ciągu

sezonu. Największe różnice obserwowano w początkowym okresie występowania pátów.

Obecność pátu prowadzi także do spłaszczenia amplitudy wahań temperatury przy jego krawędzi. W otoczeniu pátu amplituda wahań temperatury nie przekroczyła kilku stopni (tab. 3), podczas gdy poza páttem wahała się od 10 do 20°C. Ponadto stwierdzono, że najwyższe wartości amplitudy zarówno temperatury przy pátcie, jak i poza zasięgiem jego oddziaływania występują w lipcu oraz sierpniu (tab. 4), kiedy występują wysokie temperatury powietrza. Natomiast w okresie wiosny oraz jesieni wartości te są niższe i bardziej zbliżone do siebie. Rycina 4 pokazuje przykładowy przebieg maksymalnej amplitudy wahań temperatury przy pátcie i poza páttem na różnych stanowiskach, dla tego samego okresu. Widoczny jest wpływ sytuacji morfologicznej stoku na wielkość amplitudy. Na nie zacienionym stoku Beskidu amplituda wahań temperatury poza páttem maksymalnie wyniosła do 40°C.

Tabela 1

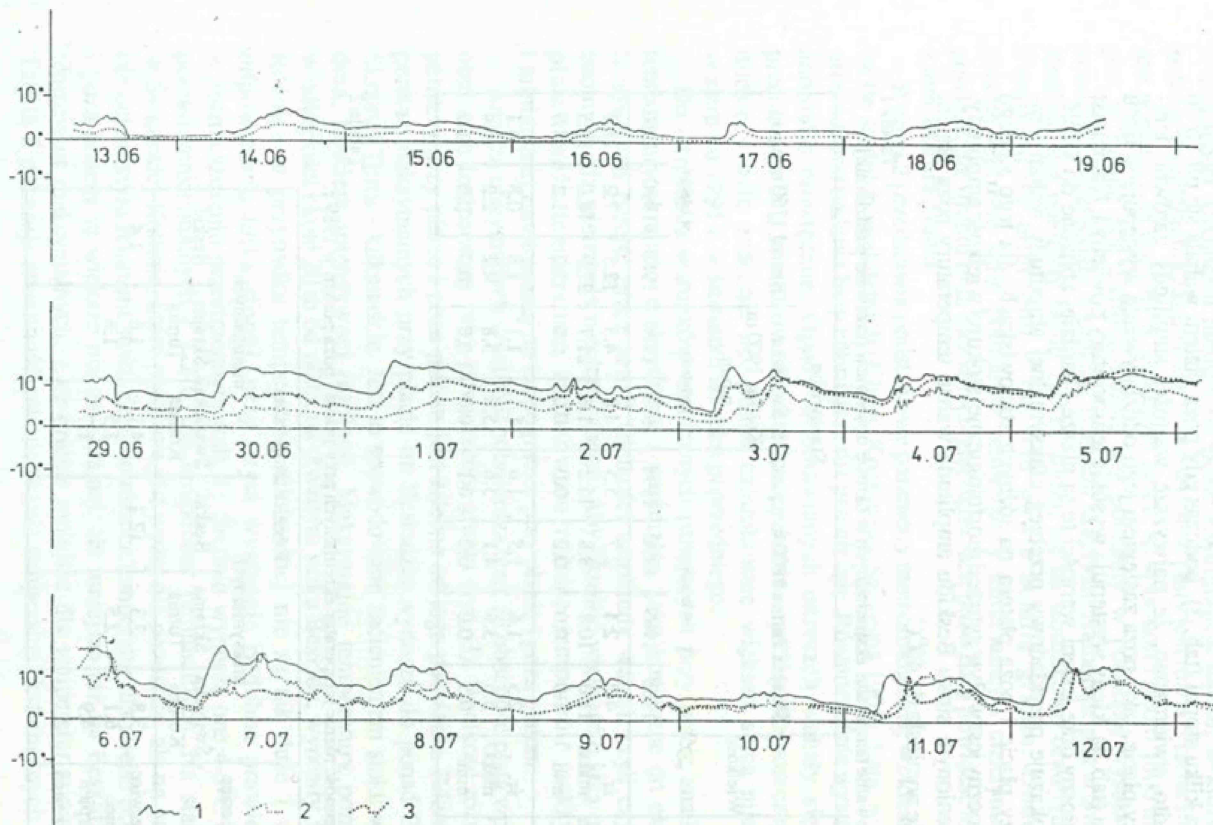
Zróźnicowanie temperatur ekstremalnych w okresie obserwacji (czerwiec-październik)

Różnica temperatur	Wielkość	Stanowisko								
		Skrajna Turnia 1800 m n.p.m.				Świnicka Kotlina 1900 m n.p.m.		Beskid 1750 m n.p.m.		
		w latach:				w latach:		w latach:		
		1988	1989	1990	1991	1989	1990	1989	1990	1991
Maksymalnych	śr.	4.2	2.4	2.7	5.5	4.8	4.3	12.3	7.2	12.2
	maks.	11.0	10.8	8.8	15.2	1.6	21.7	27.5	14.0	19.5
	min.	1.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	2.2	1.2	4.9
Średnich	śr.	2.5	1.6	1.5	1.6	1.1	1.1	1.8	0.8	4.1
	maks.	5.3	3.6	4.1	5.6	5.8	5.8	4.2	2.2	6.4
	min.	0.5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2

Tabela 2

Zmienność różnic temperatur ekstremalnych przy pátcie i poza páttem w 1989 r.

Miesiąc	Różnica temperatur					
	maksymalnych			minimalnych		
	Świnicka Kotlina	Skrajna Turnia	Beskid	Świnicka Kotlina	Skrajna Turnia	Beskid
Czerwiec	3.8	2.3	12.2	4.1	1.6	1.4
Lipiec	6.1	2.5		1.5	1.6	
Sierpień	4.9			1.7		
Wrzesień	2.1			0.7		

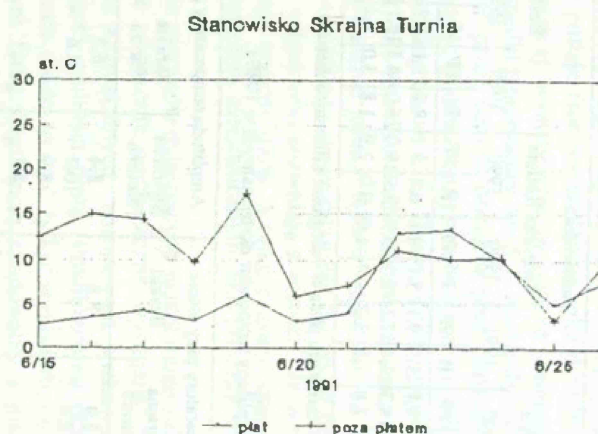
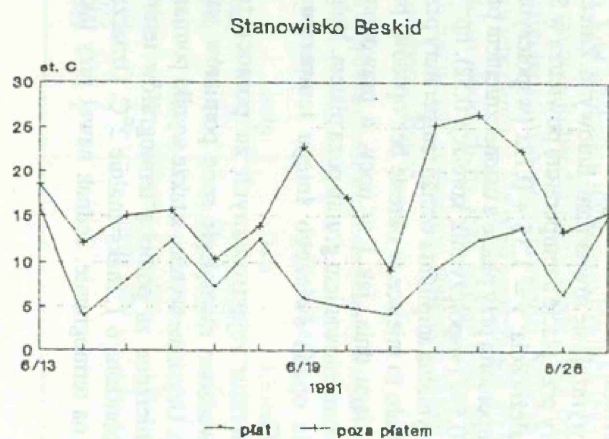


Ryc. 3. Wybrane fragmenty termogramów ze stanowiska na Skrajnej Turni (poletko IV)

1 - termograf poza platem; 2,3 - termograf przy płacie.

Selected termographs from site at Skrajna Turnia (plot IV)

1 - temperature at the ground level outside the patches; 2,3 - temperature at the ground level at the patch border.



Ryc. 4. Przebieg amplitudy wahań temperatur ekstremalnych. Wybrane fragmenty
Temperature amplitude. Selected fragments

Tabela 3

Maksymalna amplituda wahań temperatury przy płacie i poza zasięgiem płata w okresie obserwacji (czerwiec-październik)

Amplituda	Stanowiska:																	
	Skrajna Turnia								Świnicka Kotlina				Beskid					
	1988		1989		1990		1991		1989		1990		1989		1990		1991	
	p	pp	p	pp	p	pp	p	pp	p	pp	p	pp	p	pp	p	pp	p	pp
Śr.	4.8	6.3	5.5	7.4	10.1	9.1	5.5	9.1	5.1	9.1	6.1	9.1	8.9	21.1	11.2	15.1	9.4	16.9
Maks.	15.0	13.5	17.5	18.7	21.8	18.3	13.4	17.1	12.5	19.9	13.9	19.0	26.0	44.3	18.1	25.2	16.0	26.4
Min.	0.8	1.8	0.0	1.0	1.0	2.8	1.3	3.2	1.4	1.0	0.0	1.9	1.8	3.0	3.4	5.0	3.9	9.2

Objaśnienia: p - płat; pp - poza zasięgiem płata w odległości kilkunastu metrów.

Tabela 4

. Zmienność amplitudy temperatur ekstremalnych w 1989 r.

Miesiąc	Amplituda temperatury przy płacie			Amplituda temperatury poza płatem		
	Świnicka Kotlina	Skrajna Turnia	Beskid	Świnicka Kotlina	Skrajna Turnia	Beskid
Czerwiec	4.1	3.9	8.8	8.4	6.5	21.1
Lipiec	6.3	8.4		10.7	8.6	
Sierpień	4.9			8.9		
Wrzesień	4.8			5.1		

Na przebieg temperatury zarówno przy płacie, jak i poza jego zasięgiem mają wpływ parametry mezoklimatyczne, szczególnie temperatura powietrza i usłonecznienie. Zależności te wyrażają się równaniami liniowymi. Zależność między amplitudą wahań temperatury przy płacie a temperaturą powietrza w Stacji na Hali Gąsienicowej wyraża się zależnością: $y = 1,35 + 0,72x$ (współczynnik korelacji 0,53). Zależność między temperaturą przy płacie a usłonecznieniem przedstawiona jest równaniem $y = 5,18 + 0,59x$ (współczynnik korelacji 0,52), np. w dniach 22, 23 i 26 czerwca 1991 r. maksymalna amplituda wahań temperatury przy płacie była wyższa niż poza płatem. Miało to miejsce w okresie bez opadów, przy wysokiej temperaturze zarówno w ciągu dnia, jak i w nocy, a prawdopodobnie było spowodowane słabym wypromieniowaniem gruntu poza płatem. Należy dodać, że w momencie wystąpienia opadu świeżego śniegu temperatury pod jego powierzchnią wynosiła -1°C .

Do powiązania temperatur rejestrowanych za pomocą termografów z temperaturą gruntu prowadzono równoległe serie pomiarów temperatury na powierzchni gruntu (ryc. 5). Uzyskane wyniki, a także wyniki pomiarów M. Hessa (1961), wskazują, że pomierzone za pomocą termografów temperatury przy krawędzi płata mogą być obniżone o 1, maksymalnie 2°C . Oznacza to, że o tyle możemy „podnieść” zero na termogramie. Jednak nawet przy takim założeniu

stwierdzono, że liczba cykli przejść przez zero na granicy płatów nie przekroczyła 10 na dobę. Przy czym najczęściej występuje jeden cykl w ciągu doby.

Tabela 5 podaje rzeczywistą liczbę cykli przejść przez zero temperatury przy płacie. Najwięcej występowało w okresie jesiennym. Efektywne dla procesu wietrzenia spadki temperatury do -5°C wystąpiły sporadycznie. Należy dodać, że liczba przejść przez zero na obszarze poza oddziaływaniem płata jest podobna. Podobne wartości podawane są przez R. Nyberga (1991) dla gór północnej Szwecji. Natomiast według badań C.E. Thoma (1976) prowadzonych w Colorado Front Range w okresie miesiąca było kilkanaście dni z przejściami przez zero temperatury powierzchni gruntu. Nawet zakładając, że wartości uzyskane w Tatrach są znacznie zaniżone to są one o połowę niższe niż uzyskane przez C.E. Thoma.

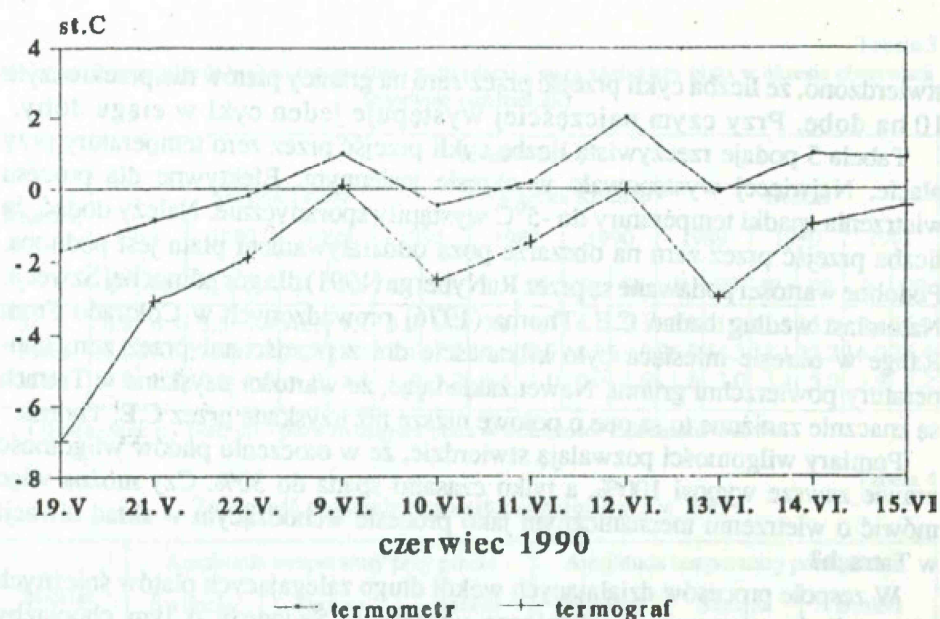
Pomiary wilgotności pozwalają stwierdzić, że w otoczeniu płatów wilgotność prawie zawsze wynosi 100%, a tylko czasami spada do 30%. Czy można więc mówić o wietrzeniu mechanicznym jako procesie wchodzącym w skład niwacji w Tatrach?

W zespole procesów działających wokół długo zalegających płatów śnieżnych niewątpliwie wietrzenie mechaniczne występuje. Świadczy o tym chociażby powierzchnia ścian skalnych - chropowata, pozbawiona porostów do wysokości odpowiadającej grubości płata. Powierzchnia skały jest jasna, pozbawiona porostów, lecz może to być tylko wynikiem zacienienia. Jednocześnie na pomalowanym farbą fragmencie zbudowanej z granitu ściany niszy niwalnej w ciągu kilku lat nie stwierdzono zmian. W niszach, których krawędzie wycięte są w materiale zwietrzelinowym i nie są chronione darnią, obserwowano wymarzenie znaczonych, niewielkich okruchów z tylnych ścian niszy, także działalność lodu włóknistego. Lód włóknisty występuje również przy dolnej krawędzi płata. Prowadzi to do cofania krawędzi niszy rzędu kilka centymetrów na rok. Warunki termiczno-wilgotnościowe przy krawędzi płata są więc efektywne na stoku z pokrywą zwietrzelinową, ale niewystarczające do takiej intensyfikacji procesu wietrzenia ścian skalnych by jego tempo było mierzalne. Zatem występujące w niektórych miejscach, niewielkie podcięcia skalne muszą pochodzić z okresu o bardziej surowym klimacie.

Tabela 5

Występowanie cykli przejść temperatury przez zero w okresie pomiarów

Skrajna Turnia		Świnicka Kotlina		Beskid	
Data	Liczba	Data	Liczba	Data	Liczba
13 06 1988	2	15 06 1989	2	16-17 04 1989	4
14-18 06 1988	3	19-22 07 1989	4	16 05 1989	1
15 06 1989	2	1-4 08 1989	3	19-22 05 1990	3
19-23 07 1989	4	29 08 - 4 09 1989	8	24-30 05 1990	12
1-4 08 1989	3	15 09 1989	1	14-15 06 1991	2
29 08 - 1 09 1989	2			19-22 06 1991	5
15 09 1989	3				



Ryc. 5. Porównanie przebiegu temperatury minimalnej przy płacie na Beskidzie mierzonej przez termometr na gruncie i termograf
Minimum temperature at snow patch limit at Beskid according to measurement by temperature recorder and thermometers at the ground surface

TRANSPORT ZWIETRZELIN

W rozważaniach nad wpływem płatów śnieżnych na przemieszczanie materiału po stoku należy się skupić nad działalnością wód roztopowych, gdyż przemieszczanie materiału przez pełną płyt jest nieistotne (Rączkowska 1992).

Badania odpływu wody z topniejącego płata prowadzone są na północnych stokach Beskidu (ryc. 6), u podnóża płata zajmującego podłużne obniżenie, położone na wysokości około 1800 m n.p.m., na gładkim, dojrzałym, utrwalonym darnią stoku. Zlewnia płata, o powierzchni 0,65 km² zamknięta jest zastawką metalową, osadzoną na betonie, na podłożu skalnym. Wykonano 4 dziesięciodniowe serie pomiaru wielkości odpływu z płata. Odpływ z płata mierzono trzy razy dziennie, metodą podstawionego naczynia. Równocześnie określano wielkość płata na początku i na końcu serii pomiaru, wykonując sondowanie sondą lawinową. Płat w okresie po wydzielaniu z pokrywy śnieżnej miał długość 251 m, szerokość do 40 m, a miąższość do 2,8 m. W końcowej fazie długość zmniejszała się o około 10%, szerokość o około 50%, a miąższość o około 30%. Gęstość śniegu w tym okresie wynosiła 5,9-6,7 g/cm³. Na tej podstawie podjęto próbę bilansowania wody dostarczanej przez topniejący płat

i odpływającej, oczywiście w dużym przybliżeniu i ze świadomością o braku danych na temat parowania, infiltracji w głębsze warstwy podłoża oraz ilości wody dostarczanej przez opady atmosferyczne. Tym można tłumaczyć 10% niezgodność bilansu.

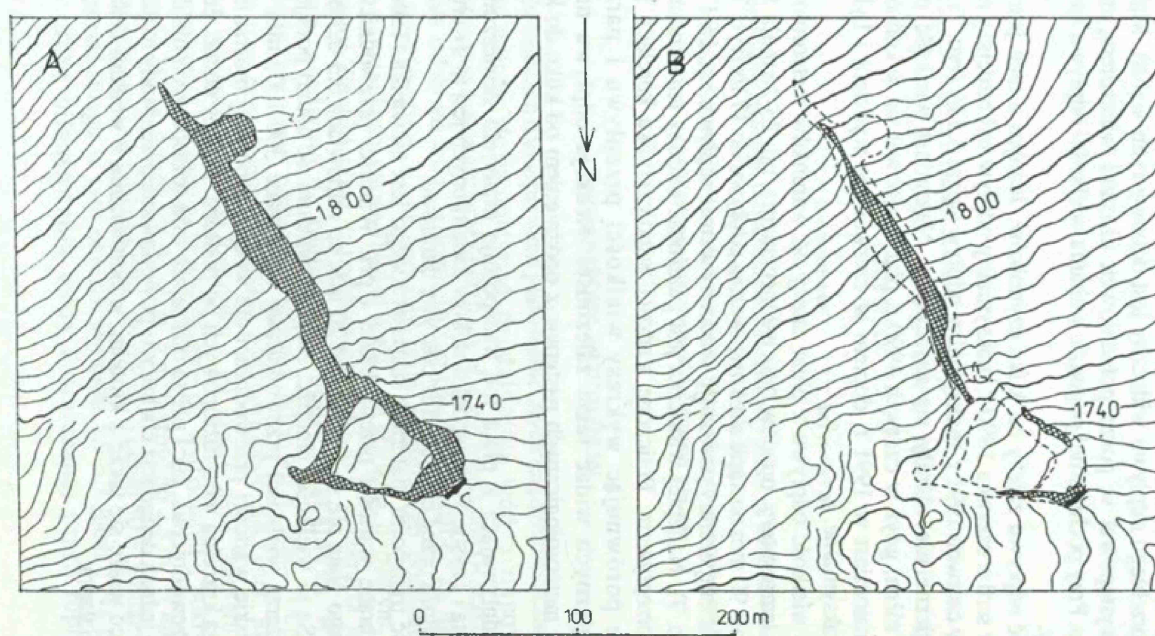
Rycina 7 przedstawia przebieg odpływu w l/s na tle średniej dobowej temperatury i opadów dla Stacji na Hali Gąsienicowej. Odpływ wahał się od 17 l/s do 0,6 l/s. W przebiegu odpływu widoczny jest dobowy rytm wahań. Maksymalny przepływ występował w porze południowej, czasami wieczorem, minimalny zawsze rano. Przy pochmurnej pogodzie wahania wielkości odpływu znacznie się zmniejszały.

Wielkość odpływu zależy od kilku czynników. Jednym z nich jest wielkość płata, np. w serii z czerwca 1990 r. maksymalny odpływ był mniejszy niż 1,2 l/s, natomiast w czerwcu 1991 r. maksymalny odpływ sięgał 3,5 l/s (ryc. 7). Warunki meteorologiczne nie różniły się zasadniczo. Natomiast wielkość płata była zasadniczo różna, gdyż w czerwcu 1990 r. płat znajdował się w końcowej fazie zanikania, natomiast w 1991 r. dopiero w czerwcu się wydzielił i były to jego rozmiary maksymalne.

Ponadto wielkość odpływu z płata zależy od warunków meteorologicznych, głównie od temperatury, opadów oraz usłonecznienia, np. 25-26 maja 1990 r. po opadzie około 90 mm nastąpił skokowy wzrost odpływu do 17 l/s (ryc. 7). Prawie każdy wzrost temperatury powoduje widoczny wzrost odpływu, np. 16-17 czerwca 1991 r. (ryc. 7). Najlepiej widoczna jest zależność między temperaturą średnią dobową a przepływem. Policzone wartości współczynnika korelacji prostej są niskie, ale porównując wykresy wielkości przepływu i parametrów meteorologicznych widać takie zależności. Reakcja odpływu na zmianę parametrów meteorologicznych następuje z opóźnieniem od kilku do kilkunastu godzin.

Woda odpływająca z płata nie transportuje materiału zawieszonego. Jest przezroczysta i czysta. W przypadku stoków zadarnionych jest to uwarunkowane ochroną podłoża przed erozją przez pokrywę darniową.

Wielkość transportu materiału rozpuszczonego jest niewielka. Tabela 6 prezentuje wybrane wartości przewodności i pH. Wartości przewodnictwa wody z topniejącego płata nie są większe od 20 mS, co odpowiada 0,3-0,5 mval/dcm³ twardości. Są to wielkości nieduże. M. Kot (wiadomość ustna) podaje dla wód w tym obszarze wielkości przewodnictwa wynoszące 300-1000 mS. Tak duże różnice i niskie wartości przewodności dla wody roztopowej można uzasadniać krótką drogą krążenia wód roztopowych po podłożu. Należy dodać, że zarówno wartości przewodnictwa, jak i pH są niższe dla wód roztopowych niż dla śniegu. Zasadniczo jednak denudacja chemiczna powodowana przez wody roztopowe jest niewielka, co wiąże się także z krótkim, w porównaniu z wodami deszczowymi okresem działania.

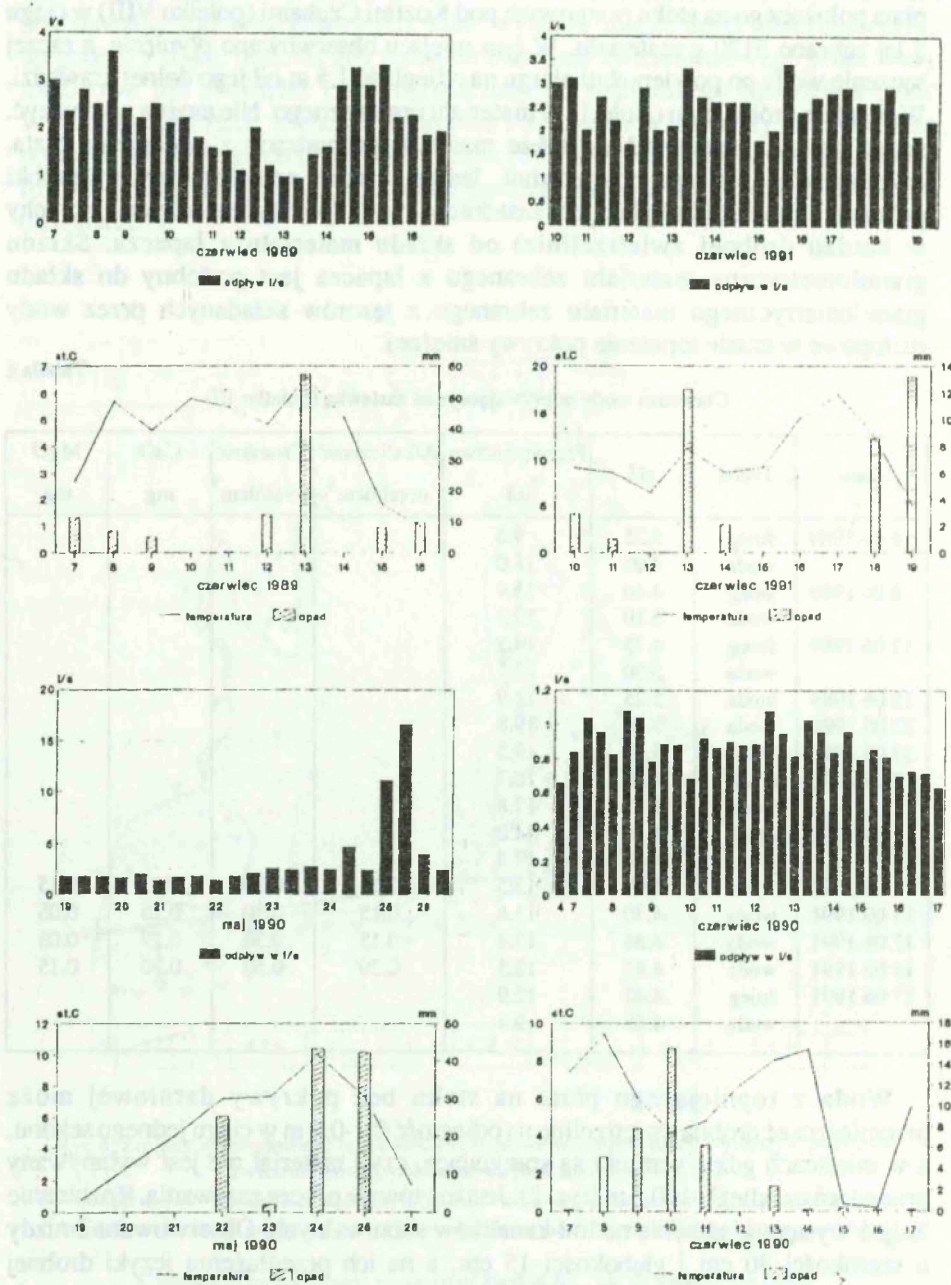


Ryc. 6. Zmiany rozmiarów płata nad zastawką (poletko III)

A - rozmiary po wydzieleniu płata, B - rozmiary w fazie końcowej.

Changes of snow patch size (plot III)

A - size after its formation, B - size in final stage.



Ryc. 7. Przebieg odpływu z płata nad zastawką (poletko III) w różnych warunkach meteorologicznych
Runoff from the snow patch (plot III) against the weather conditions

W ciągu całego okresu topnienia płata w łapaczu poniżej zastawki zebrano 2 g materiału - frakcji żwirowej i piaszczystej. Na łapaczu zainstalowanym u podnóża płata położonego na stoku piargowym pod Kozimi Czubami (poletko VIII) w ciągu 5 lat zebrano 3120 g materiału. W tym miejscu obserwowano płynięcie, a raczej sączenie wody po powierzchni piargu na odległość 1,5 m od jego dolnej krawędzi. W składzie próbki było około 12% materiału organicznego. Nie można wykluczyć, że na łapaczu znajdował się także materiał, pochodzący z wytopienia płata, zakumulowany na jego powierzchni. Jednakże skład granulometryczny próbki pobranej z powierzchni płata jest zasadniczo różny (pojedyncze większe okruchy w bardzo drobnej zwietrzelinie) od składu materiału z łapacza. Składu granulometrycznego materiału zebranego z łapacza jest podobny do składu granulometrycznego materiału zebranego z jeziorów składanych przez wody roztopowe w czasie topnienia pokrywy śnieżnej.

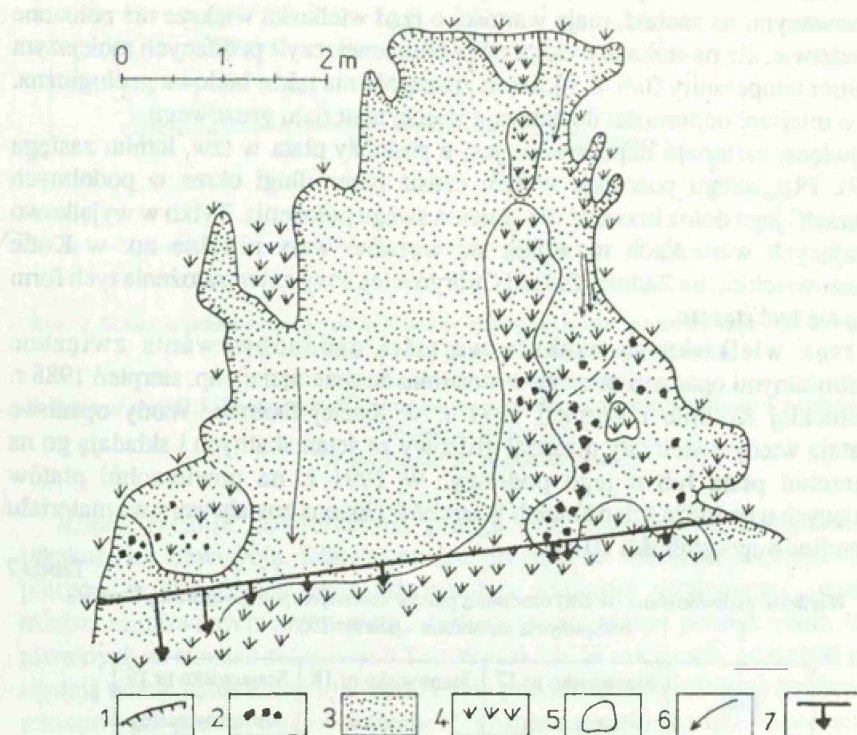
Tabela 6

Chemizm wody odpływającej nad zastawką (poletko III)

Data	Próba	pH	Przewodnictwo μS	Alkaliczność mval/dcm^3	Twardość mval/dcm^3	CaO mg	MgO mg
6 06 1989	śnieg	5.25	9.5				
	woda	4.95	18.0				
8 06 1989	śnieg	4.60	15.9				
	woda	5.10	19.2				
12 06 1989	śnieg	4.75	14.2				
	woda	5.30	17.5				
15 06 1989	woda	5.25	18.9				
22 05 1990	woda	5.05	19.8				
29 05 1990	woda	5.00	19.2				
7 06 1990	śnieg	4.20	10.7				
	woda	5.15	17.8				
11 06 1990	opad	4.10	34.0				
	woda	5.10	17.8				
10 06 1991	woda	5.03	13.5	0.18	0.30	0.25	0.15
11 06 1991	woda	4.70	13.6	0.15	0.30	0.25	0.05
12 06 1991	woda	4.86	13.4	0.15	0.30	0.27	0.03
14 06 1991	woda	4.87	12.5	0.20	0.50	0.30	0.15
17 06 1991	śnieg	4.42	12.9				
	woda	4.85	9.1				

Woda z topniejącego płata na stoku bez pokrywy darniowej może przemieszczać drobną zwietrzelinę na odległość 0,1-0,2 m w ciągu jednego sezonu, a w miejscach gdzie warunki są sprzyjające, czyli materiał nie jest wyłapywany przez darń na odległość 0,5 m (ryc. 8). Jest to głównie proces zmywania. Rozcinanie linijne występuje głównie na lini kanalików subniwalnych. Obserwowano bruzdy o szerokości 30 cm i głębokości 15 cm, a na ich przedłużeniu języki drobnej zwietrzliny. Na stoku piargowym podobne, niewielkie rozcięcia pasa malowanego gruzu pod płatem powstają po ulewnych deszczach, np. w sierpniu 1991 r. pod Kozimi Czubami, bądź w wyniku działania wód roztopowych skoncentrowanych

w żlebach. Większe rozcięcia są wynikiem działania wód deszczowych. Należy dodać, że nasączenie podłoża przez wody z wytapiającego się płata ułatwia powstawanie spływów gruzowych, które wynoszą znaczne ilości materiału często do podnóży stoku, podczas gdy transport materiału zwietrzelinowego przez wody roztopowe jest niewielki i jest ograniczony do najbliższego sąsiedztwa płata. Wartości określające wielkość transportu zwietrzelin przez wody roztopowe są podobne do uzyskanych przez C.E. Thoma (1976) w Niwot Ridge, w USA. Wody roztopowe nie uaktywniają soliflukcji poniżej płata jak to się dzieje w innych obszarach.



Ryc 8. Zmiany spowodowane przez wody roztopowe w obrębie niszy wyciętej w pokrywie zwietrzelinowej, położonej na Beskidzie (poletko III)

1 - krawędź niszy, 2 - okruchy skalne o średnicy do 10 cm, 3 - dno niszy z drobną zwietrzeliną, 4 - pokrywa darniowa, 5 - granice wydzieleni, 6 - rozcięcia erozyjne, 7 - linia malowanego materiału i wielkość przemieszczeń, 1 cm - 0,5 m.

Changes in niche located on slope of Beskid Mt., cut in weathering cover

1 - niche margin, 2 - rock particle with diameter up to 10 cm, 3 - niche bottom with fine material, 4 - grass, 5 - borders, 6 - rill erosion, 7 - line of marked material and magnitude of transport, 1 cm - 0,5 m.

DEPOZYCJA

Najistotniejsze znaczenie wydaje się mieć obecność płatów śnieżnych dla procesu depozycji na stokach piargowych, gdyż miejsce zajmowane przez płat jest chronione przed depozycją, podczas gdy sąsiednie fragmenty stoku są nadbudowywane.

Wielkość tego procesu jest różna. Ilość materiału osadzanego na siatkach rozmieszczonych u podnóży płata waha się od 0,0 cm do 0,64 cm średnio w ciągu roku. Tabele 7-9 podają wielkości roczne depozycji na poszczególnych stanowiskach. Stanowiska były usytuowane w tzw. wiosennym zasięgu płata, letnim zasięgu płata oraz w szczelinie pomiędzy płatem a ścianą skalną. Zasadniczo wielkości nadbudowywania piargów wokoło płatów zależą od ekspozycji, np. stanowiska 17, 18, 19 (poletko VII) pod ścianami Zawratowej Turni (tab. 7) eksponowanymi na zachód, mają wartości o rząd wielkości większe niż położone w sąsiedztwie, ale na stokach o ekspozycji północnej, czyli poddanych mniejszym wahaniom temperatury (tab. 8, 9). Duże znaczenie ma także budowa geologiczna. Strefy o mniejszej odporności dostarczają więcej materiału gruzowego.

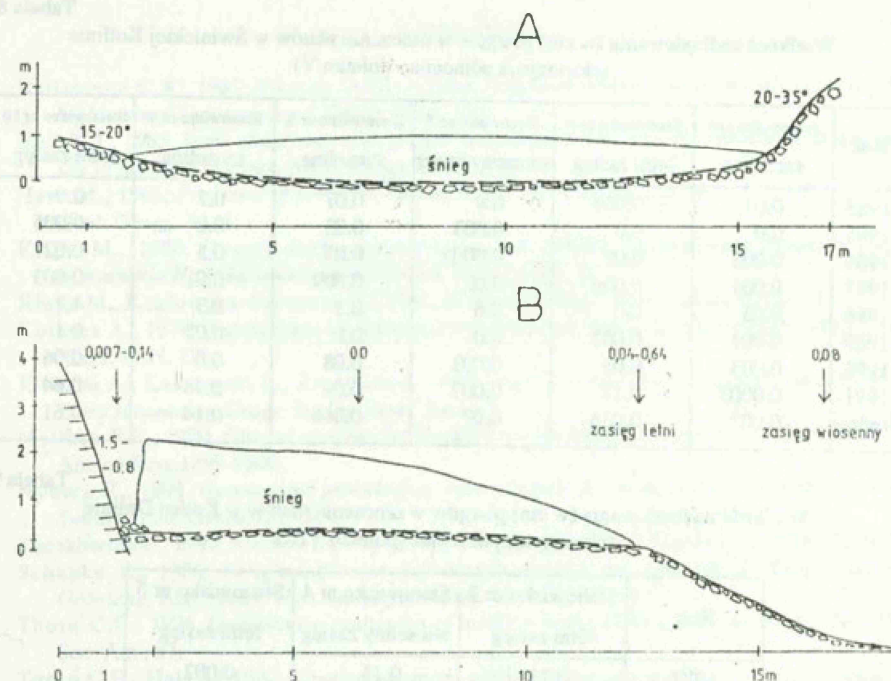
Najwięcej materiału deponowane jest u podnóży płata w tzw. letnim zasięgu (ryc. 9). Płat śniegu pozostaje w tym czasie przez długi okres w podobnych rozmiarach i jego dolna krawędź nie zmienia swego położenia. Tylko w wyjątkowo sprzyjających warunkach rozwijają się wyraźne wały niwalne np. w Kotle Miękuszwieckim, na Zadniej Galerii Cubryńskiej. Przy czym założenia tych form wydają się być starsze.

O rząd wielkości są większe wartości nadbudowywania związane z katastrofalnymi opadami deszczu w stosunku do przeciętnej, np. sierpień 1988 r. w Świnickiej Kotlinie i sierpień 1991 r. w Koziej Dolinie. Wody opadowe wymiatają wtedy zwietrzały materiał gruzowy ze ścian skalnych i składają go na powierzchni płata lub u jego podnóży. W 1991 r. na powierzchni płatów zalegających u podnóży ścian Kozich Wierchów złożona została warstwa materiału zwietrzelinowego grubości 10 cm.

Tabela 7

Wielkość nadbudowana (w cm) otoczenia płatów śnieżnych pod Zawratową Turnią
(ekspozycja zachodnia - poletko III)

Rok	Stanowisko nr 17 letni zasięg	Stanowisko nr 18 szczelina	Stanowisko nr 19 wiosenny zasięg
1983	0.23	0.16	
1985	0.00	0.00	0.001
1986	0.90	0.19	0.01
1987	0.06	0.16	0.02
1988	śnieg	śnieg	0.19
1989	śnieg	0.07	0.003
1990	zniszczone	0.26	0.01
1991	zniszczone	0.27	0.09
Średnia	0.29	0.14	0.08



Ryc. 9. Schemat przestrzennego zróżnicowania depozycji gruzu na stoku piargowym, związanego z obecnością płata na podstawie danych z tabel 7-9

A - przekrój poprzeczny, B - przekrój podłużny.

Scheme of spatial differentiation of accretion on talus slope connected with snow patch according to data in tables 7-9

A - cross section, B - longitudinal section.

Równocześnie powierzchnia piargu pod płatem jest chroniona przed jakąkolwiek depozycją. Dlatego można przyjąć, że wielkości nadbudowywania piargów w sąsiedztwie płata odpowiadają wielkości względnego „obniżania” miejsc zajmowanych przez płaty, czyli określają tempo powiększania się nisz niwalnych na stokach piargowych Tatr Wysokich. W miejscach, gdzie pod płatami istnieją tunele subniwalne to tempo będzie powiększone o rezultaty działania wód roztopowych przemywających piarg. Mechanizm ten określa sposób powstawania nisz niwalnych, których geneza nie jest erozyjna, a które są najpowszechniejszym rodzajem nisz w Tatrach Wysokich, różnej wielkości i kształtów. Prowadzi to także do zmiany profilu podłużnego stoku piargowego. Część przylegająca do ściany skalnej ma profil wklęsły, z tendencją do przegłębiania, natomiast na granicy płata stok piargowy ma profil wypukły także z tendencją do nadbudowywania.

Pomimo, że obecność płatów śnieżnych na stokach piargowych nie prowadzi do istotnego zwiększenia tempa akumulacji w porównaniu z miejscami wolnymi od śniegu to poprzez tworzenie form wklęsłych tzw. nisz akumulacyjnych jest to najbardziej widoczny, istotny kierunek wpływu płatów śnieżnych na współczesne przemodelowanie rzeźby Tatr.

Tabela 8

Wielkość nadbudowania (w cm) piargów w otoczeniu płatów w Świnickiej Kotlinie
(ekspozycja północna - poletko V)

Rok	Stanowisko nr 5 szczelina	Stanowisko nr 6 letni zasięg	Stanowisko nr 7 wiosenny zasięg	Stanowisko nr 8 szczelina	Stanowisko nr 9 szczelina	Stanowisko nr 10 letni zasięg
1983	0.03	0.008	0.0	0.07	0.2	0.0
1985	0.0	0.0	0.003	0.03	0.0	0.005
1986	0.002	0.08	0.0002	0.03	0.5	0.02
1987	0.001	0.006	0.02	0.009	0.01	0.003
1988	0.03	0.0	0.6	0.3	0.3	4.7
1989	0.001	0.007	0.0	0.0	0.07	0.1
1990	0.003	0.05	0.003	0.08	0.0	0.06
1991	0.0003	0.17	0.007	0.09	0.14	0.64
Średnia	0.007	0.036	0.07	0.068	0.14	0.61

Tabela 9

Wielkość nadbudowania (w cm) piargów w otoczeniu płatów w Koziej Dolinie
(ekspozycja północna - poletko VIII)

Rok	Stanowisko nr 3 letni zasięg	Stanowisko nr 4 wiosenny zasięg	Stanowisko nr 5 letni zasięg
1987	0.71	0.13	0.002
1988	0.2	0.51	śnieg
1989	0.3	0.05	0.002
1990	śnieg	0.05	śnieg
1991	0.6	8.0	0.05
Średnia	0.15	0.75	0.018

PODSUMOWANIE

Przedstawione powyżej dane, charakteryzują tło działania niwacji. Z ich analizy wynika, że dla przebiegu procesów na stokach większe znaczenie ma woda pochodząca z topienia płata niż mikroklimatyczne efekty związane z jego obecnością.

Obecność płatów śnieżnych w Tatrach wpływa głównie na procesy depozycji oraz transportu. Ich obecność wydaje się mieć mniejsze znaczenie dla wietrzenia we współczesnych warunkach klimatycznych.

Efekty geomorfologiczne działania niwacji zależą w znacznym stopniu od rodzaju stoku, a głównie od wielkości frakcji materiału budującego pokrywy zwietrzelinowe i obecności pokrywy wegetacyjnej.

Płaty śnieżne raczej poprzez swoją obecność chronią podłoże zarówno przez nadbudowywaniem, jak i przed erozją, często także deszczową. Rola procesów niwacji ogranicza się współcześnie do retuszu form, w których płaty śnieżne zalegają. Zasadniczo przygotowują i ułatwiają one działanie innych procesów.

LITERATURA

- Ballantyne C.K., 1985, *Nivation landforms and snowpatch erosion on two massifs in the northern highlands of Scotland*, Scott. Geogr. Mag., 101.
- Hall K.J., 1985, *Some observations on ground temperatures and transport processes at a nivation site in northern Norway*, Norsk Geogr. Tidskr., 39.
- Hess M., 1963, *Problems of perinival climate in the Tatra Mountains*, Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. Geol. Geogr., 11, 4.
- Kłapa M., 1980, *Procesy morfogenetyczne oraz ich związek z sezonowymi zmianami pogody w otoczeniu Hali Gąsienicowej w Tatrach*, Dok. Geogr., 4.
- Kłapa M., Kozłowska-Szczęsna T., 1961, *Klimat Hali Gąsienicowej*, Dok. Geogr., 1.
- Kotarba A., 1976, *Współczesne modelowanie węglanowych stoków wysokogórskich*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 120.
- Kotarba A., Kaszowski L., Krzemień K., 1987, *High mountain denudational system of the Polish Tatra Mountains*, Geogr. Studies, Spec. Issue, 3.
- Matthes F.E., 1900, *Glacial sculpture of the Bighorn Mountains, Wyoming*, US Geol. Surv. 21st Annual Rep. 1899-1900.
- Nyberg R., 1991, *Geomorphic processes at snow patches site in the Abisko mountains, northern Sweden*, Zeit. Geomorph. N.F., 35, 3.
- Rączkowska Z., 1992, *Niektóre aspekty niwacji w Tatrach Wysokich*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 155.
- Schunke E., 1986, *Periglazialformen und Morphodynamik im südlichen Jameson-Land, Ost-Grönland*, Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl. III, 36.
- Thorn C.E., 1976, *Quantitative evaluation of nivation in the Colorado Front Range*, Bull. Geol. Soc. Am., 87.
- Thorn C.E., Hall K., 1980, *Nivation: an arctic-alpine comparison and reappraisal*, J. Glaciol., 25.
- Wiśliński A., Wiślińska Z., 1991, *Wieloletnie płyty śniegu w Tatrach*, Tatry, 2.

QUANTITATIVE RATES OF NIVATION IN THE HIGH TATRA MTS

Summary

The paper presents the quantitative results of study of nivation processes in the High Tatra Mts. The investigation was carried out on northern slope of the Tatra Mts, in the surrounding of Hala Gąsienicowa, above timberline i.e. 1500 m a.s.l.

The following aspects are considered:

- thermal conditions of weathering,
- meltwater runoff and transportation,
- impact of snowpatches on accumulation on talus slopes.

Based on analysis of microclimatic data it is stated that snowpatch presence reduce temperature at the patch border in comparison with outside the patch and the temperature amplitude. Freeze-thaw cycle are rather few, although indirect evidences of intensified mechanical weathering was recorded. Runoff exhibits daily rhythm and is depended on the patch size, air temperature and precipitation. The snowpatch presence affects debris accumulation at the talus slope. At the fragment of slope occupied by snowpatch the rate of accretion is 0,0 cm. This site decrease in comparison with neighbours area and „accumulation hollow” is developing. It is concluded that the more important factor intensifying process activity at snowpatch sites is increased water availability, rather than the microclimatic effects of snowpatches presence. Transport processes and deposition appear to be more active presently compared with the weathering processes.

Effects and rate of nivation depends on slope type, composition of weathered materials and the presence of vegetational cover.

At the present the role of nivation is rather limited to reshaping of forms which are occupied by snow patches.

Translated by T. Mrozek