

POLSKA  
AKADEMIA  
NAUK

PL ISSN 0012—5032

INSTYTUT GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

MIECZYŚLAW KŁAPA

PROCESY MORFOGENETYCZNE  
I ICH ZWIĄZEK Z SEZONOWYMI  
ZMIANAMI POGODY  
W OTOCZENIU HALI  
GĄSIENICOWEJ  
W TATRACH



ROK 1980

ZESZYT 4

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK  
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH  
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

**WYKAZ ZESZYTÓW**  
**PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ**  
za ostatnie lata

1975

- 1-2 Przestrzenna dyfuzja innowacji, s. 202, zł 48,—
- 3-4 Matematyczne modelowanie środowiska, s. 131, zł 48,—

1976

- 1 Modele w geografii fizycznej, s. 151, zł 24,—
- 2 Modele dyfuzji i Łańcuchy Markowa w analizie przestrzennej, s. 124, zł 24,—
- 3-4 Metody matematyczne w badaniach struktury przestrzennej rolnictwa, s. 151, zł 48,—

1977

- 1 Zdjęcia i obrazy satelitarne w badaniach środowiska geograficznego, s. 147, zł 24,—
- 2 Przestrzenne modele symulacyjne, s. 153, zł 24,—
- 3 Integracja systemu planowania oraz rozwój miast w Europie Zachodniej, s. 120, zł 24,—
- 4 Badanie i zbieranie map. Przegląd historyczny, s. 78, zł 24,—

1978

- 1 Ekologia krajobrazu, s. 123, zł 24,—
- 2 Geografia zachowań ekonomicznych, s. 95, zł 24,—
- 3-4 Teoria biegunów wzrostu, s. 254, zł 48,—

1979

- 1 Metodyka nauczania geografii, s. 165, zł 24,—
- 2 Metody sformalizowane w badaniach geokompleksów, s. 107, zł 24,—
- 3 Wybrane podstawy filozoficzne geografii współczesnej, s. 177, zł 24,—
- 4 Geografia jako nauka, s. 144, zł 24,—

1980

- 1 Wybrane problemy geografii miast, s. 135, zł 24,—
- 2 Teledetekcja środowiska geograficznego, s. 203, zł 24,—
- 3 Klęski żywiołowe a rozwój gospodarczy krajów Trzeciego Świata (w druku).
- 4 Metody ilościowe i modele w geografii transportu (w druku).

PROCESY MORFOGENETYCZNE  
I ICH ZWIĄZEK Z SEZONOWYMI ZMIANAMI POGODY  
W OTOCZENIU HALI GĄSIENICOWEJ W TATRACH

POLISH AKADEMY OF SCIENCES  
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

---

MIECZYŚLAW KŁAPA

MORPHOGENETIC PROCESSES  
AND THEIR CONNECTION  
WITH SEASONAL WEATHER CHANGES  
IN THE ENVIRONMENT  
OF HALA GĄSIENICOWA  
IN THE TATRA MOUNTAINS



YEAR 1980

FASC. 4

---

WROCLAW • WARSZAWA • KRAKÓW • GDAŃSK  
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH  
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

<http://rcin.org.pl>



POLSKA  
AKADEMIA  
NAUK

---

INSTYTUT GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

MIECZYŚLAW KŁAPA

PROCESY MORFOGENETYCZNE  
I ICH ZWIĄZEK Z SEZONOWYMI  
ZMIANAMI POGODY  
W OTOCZENIU HALI GĄSIENICOWEJ  
W TATRACH



ROK 1980

ZESZYT 4

---

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK  
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH  
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

<http://rcin.org.pl>

## KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Jerzy Grzeszczak

Sekretarz Redakcji: Zuzanna Siemek

Członkowie Redakcji: Maria Ciechońska, Kazimierz Klimek, Wanda  
Spryszyńska, Władysława Stola, Andrzej Żeromski

Adres Redakcji:

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania  
Polskiej Akademii Nauk  
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00—921 Warszawa

Redaktor Wydawnictwa: Hanna Jurek

Redaktor techniczny: Maciej Szłapka

*Printed in Poland*

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo. Wrocław 1980.  
Nakład: 400 egz. Objętość: ark. wyd. 4,50, ark. druk. 4,5 + 7 wkl.,  
ark. A<sub>1</sub> - 6. Papier druk. sat. kl. IV, 70 g, 70 × 100. Oddano do  
składania 6 III 1980. Podpisano do druku 16 VII 1980. Druk ukoń-  
czono w lipcu 1980. Wrocławska Drukarnia Naukowa. Zam. 2150/80.

B-16. Cena zł 24.—

## SPIS TREŚCI

Przedmowa . . . . .	7
Wstęp . . . . .	9
Polożenie stacji i ogólna charakterystyka środowiska otoczenia Hali Gąsienicowej . . . . .	9
Rzeźba obszaru i typy środowiska . . . . .	9
Ogólne cechy klimatu Tatr . . . . .	11
Metoda pracy . . . . .	15
Wybór i analiza elementów i wskaźników klimatycznych . . . . .	15
Zależność procesów morfogenetycznych od czynników atmosferycznych.	16
Kryteria wydzielenia czterech pór morfogenetycznych i ich stosunek do termicznych pór roku . . . . .	18
Wybór procesów morfogenetycznych i ich charakterystyka . . . . .	19
Cztery typy wybranych stoków . . . . .	19
Procesy morfogenetyczne . . . . .	23
Zagadnienie procesów morfogenetycznych w świetle literatury ta- trzańskiej . . . . .	23
Typowe procesy i warunki ich występowania w porach morfogenetycznych	24
Pora niwalna . . . . .	24
Pora niweopluwialna . . . . .	28
Pora pluwialna . . . . .	32
Pora pluwioniwalna . . . . .	36
Amplituda zjawisk w świetle klimatu wielolecia . . . . .	38
Rola pór morfogenetycznych . . . . .	42
Typy stoków a współczesna morfogeneza . . . . .	46
Zestawienie wyników . . . . .	48
Literatura . . . . .	50
Morphogenetic Processes and Their Connection with Seasonal Weather Changes in the Environment of Hala Gąsienicowa in the Tatra Mount- ains (summary) . . . . .	52
Морфогенетические процессы и их связь с сезонными изменениями погоды в районе Гали Гонсениловой в Татрах (резюме) . . . . .	54





## PRZEDMOWA

Praca dr. Mieczysława Kłapy *Procesy morfogenetyczne i ich związek z sezonowymi zmianami pogody w otoczeniu Hali Gąsienicowej w Tatrach* jest oryginalną próbą oceny przebiegu pogody w 10-leciu 1961—1970 pod kątem rocznego cyklu procesów morfogenetycznych. Praca ta wypełnia w znacznym stopniu brak badań relacji pomiędzy obserwacjami meteorologicznymi a pomiarami współczesnych procesów stokowych w obszarach wysokogórskich.

Badania prowadzone były w Stacji Naukowej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN na Hali Gąsienicowej. Stacja należy do pierwszych jednostek organizacyjnych Instytutu — została powołana do życia jesienią 1953 roku.

W pierwszym okresie działalność Stacji koncentrowała się na badaniach meteorologicznych, przejętych później przez Stację Meteorologiczną Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Obecnie prowadzone są studia nad procesami geomorfologicznymi i hydrologicznymi.

Inicjatorem i opiekunem tych badań do 1968 roku był prof. dr M. Klimaszewski. W pracach badawczych Stacji brali czynny udział pracownicy Zakładu Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn w Krakowie — doc. T. Gerlach, mgr K. Wit-Józwick oraz z Zakładu Klimatologii IG i PZ PAN — doc. T. Szczęśna. Spoza Instytutu ściśle ze Stacją współpracowali m. in. prof. dr A. Jahn, prof. dr M. Hess.

Od 1976 roku w rejonie Stacji realizowany jest program badawczy kierowany przez doc. A. Kotarbę, zmierzający do poznania mechanizmu kształtowania ścian skalnych i usypisk.

Od początku powstania aż do dziś zasłużonym kierownikiem Stacji Naukowej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN na Hali Gąsienicowej jest dr Mieczysław Kłapa.

*Prof. dr Leszek Starkel*



## WSTĘP

Prace badawcze nad metodą i charakterystyką procesów morfogenetycznych w wysokich partiach Tatr wyłoniły dwa zasadnicze problemy badań podjętych w otoczeniu Hali Gąsienicowej:

1. Opracowanie metody umożliwiającej ustalenie prawdopodobnych warunków występowania i rozmiarów procesów morfogenetycznych w wysokich górach na podstawie znajomości elementów meteorologicznych w cyklu rocznym.

2. Wykazanie zróżnicowania procesów rzeźbotwórczych pod względem jakościowym w wydzielonych porach morfogenetycznych w wieloletiu \*, w obrębie podstawowych form rzeźby.

W pracy wykorzystano materiały obserwacyjne dotyczące zagadnień klimatu i procesów morfogenetycznych, zbierane przez autora na stacji Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN na Hali Gąsienicowej od roku 1953.

Pracę wykonano w ramach działalności Zakładu Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn IG i PZ PAN w Krakowie w planie nr 10.2.09.4.1.3. pod kierunkiem prof. dr. hab. L. Starkla.

### POŁOŻENIE STACJI I OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ŚRODOWISKA OTOCZENIA HALI GĄSIENICOWEJ

Autor oparł swoją pracę na analizie materiałów meteorologicznych stacji na Hali Gąsienicowej, jak również na wynikach obserwacji procesów morfogenetycznych w jej otoczeniu. Stacja stanowi punkt odniesienia dla ustalenia warunków pogodowych występowania procesów rzeźbotwórczych na omawianym obszarze. Stacja usytuowana jest w Dolinie Gąsienicowej tuż nad górną granicą lasu na wysokości 1520 m npm. Jest to strefa pogranicza Tatr Wysokich i Zachodnich.

### RZEŻBA OBSZARU I TYPY ŚRODOWISKA

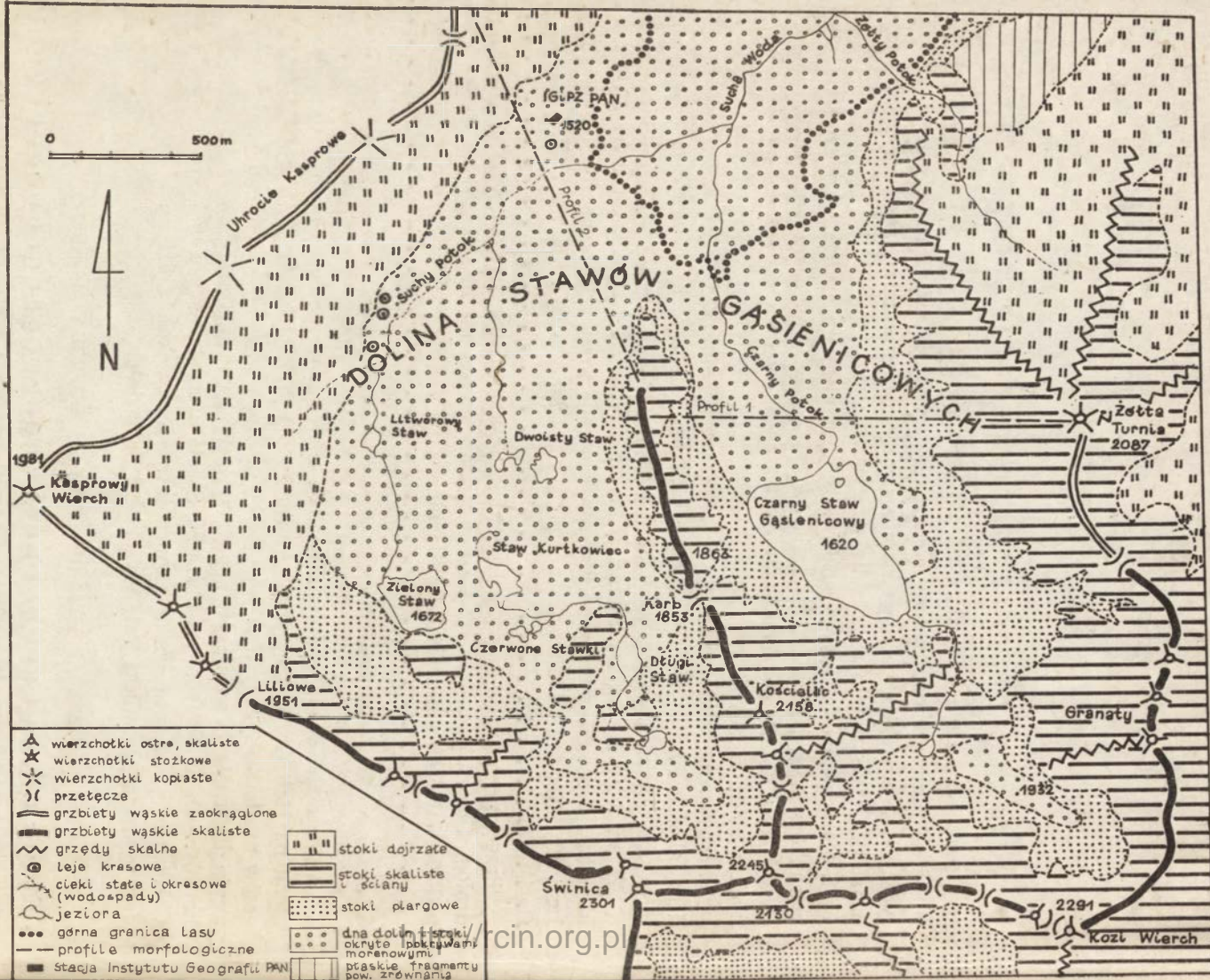
Zróżnicowanie rzeźby Tatr Wysokich i Tatr Zachodnich jest następstwem różnej odporności podłoża. Charakterystyczne cechy granitowych Tatr Wysokich to skaliste ostre szczyty sięgające powyżej 2000 m npm.

---

\* Opracowanie następstwa czasowego, czyli „kalendarza” współczesnych procesów morfogenetycznych w obszarze ponad górną granicą lasu w Tatrach w 10-leciu (1961—1970).



Ryc. 1. Szkic geomorfologiczny doliny Stawów Gąsienicowych  
 Geomorphological sketch of the Stawy Gąsienicowe Valley.





(najwyższy szczyt Świnica 2301 m) oddzielające cyrki polodowcowe. Stoki wykształcone są w postaci urwistych ścian skalnych oraz stożków piargowych rozciętych głębokimi żlebami korazyjnymi. Deniwelacje stoków sięgają tu do 800 m. Szerokie dna dolin wysłane są morenami. Głęboko wcięte w utwory morenowe koryta potoków związane są z dużą energią potoków odwadniających jeziora polodowcowe. Miejsce występowania płytkich gleb skalistych porastają kępy kosodrzewiny, roślinność trawiasta i naskalna.

W obrębie Tatr Zachodnich, zbudowanych ze skał osadowych i metamorficznych, typowe są stożkowe lub kopulaste szczyty i zaokrąglone grzbiety, nie przekraczające wysokości 2000 m n.p.m. Stoki o nachyleniu 10—35° będące w dojrzałym stadium rozwoju, pokryte zwietrzelinami gruzowo-gliniastymi, porasta w znacznej części bardziej zwarcie kosodrzewina i trawa. Deniwelacje sięgają 500 m. Mniej wcięte, w porównaniu z obszarem krystalicznym, formy koryt są wynikiem uboższego splywu powierzchniowego, gdzie dominantą jest splyw podpowierzchniowy w obszarze krasowym (Wit-Jóźwik 1974). Jedyne w czasie roztopów i ulewnych deszczów koryta modelowane są przez wody powierzchniowe.

Wspólnym elementem obu części Tatr są pokrywy morenowe i fluwioglacjalne wyścielające dna dolin, które wraz ze spłaszczeniami podstokowymi i fragmentami trzeciorzędowych zrównań tworzą zespół form typologicznie zakwalifikowanych do „powierzchni płaskich”. Występowanie ważniejszych elementów rzeźby w Dolinie Stawów Gąsienicowych przedstawia rycina 1.

#### OGÓLNE CECHY KLIMATU TATR

Wysokość i położenie geograficzne Tatr stwarza warunki odpowiadające wysokogórskiemu klimatowi strefy umiarkowanej. Do jego cech należą: niskie temperatury, duże opady atmosferyczne, silna insolacja, często występujące silne wiatry oraz utrzymująca się 7—8 miesięcy gruba pokrywa śnieżna.

Charakterystyczne dla klimatu Tatr jest występowanie różnych typów cyrkulacji atmosferycznej i związana z nimi duża zmienność pogody. Według Orlicza (1962) polarno-morskie masy powietrza pojawiają się w 65% przypadkach w stosunku do wszystkich przemieszczających się przez ten obszar mas. W lecie przynoszą one chłód i opady, w zimie są stosunkowo ciepłe i powodują często odwilże. Rzadziej obejmują obszar Tatr masy powietrza polarno-kontynentalnego. W lecie są one suche i ciepłe, w zimie mroźne. Rzadko również występują nad górami masy powietrza zwrotnikowo-morskiego. Jako wilgotne i ciepłe dają one pogodę dżdżystą, a w zimie gwałtowną odwilż. Jeszcze rzadziej pojawiają się masy powietrza zwrotnikowo-kontynentalnego gwarantujące stabilność pogody. Bardzo chłodne powietrze napływające z północy i północnego wschodu powoduje napływ chłodu i opady śniegu w czerwcu (np. w 1 dekadzie czerwca 1962 r. temperatura w Tatrach spadła do

—10° i utworzyła się ponad 1 m grubości warstwa świeżego śniegu).

Na podstawie danych Končeka i Reina (1971) obliczono, że w latach 1961—1970 najczęściej występowały w Tatrach następujące typy cyrkulacji atmosfery:

— typ Wc, tj. cyklon zachodni — strefa frontu przemieszczająca się od W na E przez środkową Europę, w 12,9%,

— typ A, tj. cyklon centralny — z ośrodkiem nad środkową Europą, w 12,7%,

— typ NWc, tj. cyklon północno-zachodni — cyklon nad W. Brytanią, w 7,1%,

— typ Bc, tj. zatoka niżowa nad środkową Europą — stacjonarny front nad środkową Europą, w 7,1%,

— układ nieokreślony w 4,5%.

Autor nie uwzględnił wiele typów cyrkulacji stanowiących mniej niż 4%.

Tabela 1

Średnie temperatury i opady dla stacji położonych w różnych piętrach klimatycznych Tatr w okresie 1961—1970

Położenie			Temperatura				Opady		
stacja	wysokość w m npm.	piętro	śr. roku °C	śr. II °C	śr. VII °C	amplituda °C	suma roku mm	śr. II mm	śr. VII mm
Łomnica	2635	zimne	-3,8	-12,0	4,3	16,3	1644	135	190
Kasprowy Wierch	1991	um. zimne	-0,8	-9,0	7,7	16,7	1825	118	208
Hala Gąsienicowa	1520	chłodne	2,4	-6,1	11,1	17,2	1576	62	240
Zakopane	844	um. chłodne	4,9	-4,8	14,8	19,6	1096	44	176

Wpływ ekspozycji i nachylenie stoków oraz różnorodność form terenu modyfikuje stosunki makrocyrkulacyjne i powoduje występowanie na tym obszarze wielu odmian mezo- i mikroklimatu. Duża energia rzeźby tatrzańskiej (ma wpływ na dynamikę atmosfery) powoduje znaczne zróżnicowanie klimatu w kierunku pionowym, czego wyrazem są piętra klimatyczne (Hess 1965).

Hala Gąsienicowa reprezentuje warunki klimatu piętra chłodnego (śr. temp. roku od 2 do 4°) i bardzo chłodnego (śr. temp. roku od 0 do 2°), a szczyt Kasprowego Wierchu piętro umiarkowanie zimne (śr. temp. roku od -2 do 0°). Najwyższy szczyt w tym obszarze (Świnica — 2301 m npm.) leży w piętrze zimnym (śr. temp. roku od -4 do -2°).

Średnie wartości ważniejszych elementów klimatu dla stacji położonych w różnych piętrach klimatycznych Tatr zawiera tabela 1. Średnie wartości miesięczne i roczne dla 10-lecia 1961—1970 dotyczące temperatury i opadów na Hali Gąsienicowej zawierają tabele 2, 3.

Tabela 2

Średnie miesięczne i roczne temperatury powietrza na Hali Gąsienicowej w okresie 1961–1970

Rok \ Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1961	-6,0	-2,3	-1,3	4,7	3,5	10,3	9,1	10,2	10,0	6,4	1,1	-6,2	3,3
1962	-4,0	-8,2	-7,4	2,4	3,9	6,0	8,5	11,6	6,6	4,8	0,7	-7,2	1,5
1963	-12,5	-8,2	-4,5	1,7	7,0	9,6	11,8	12,3	9,1	2,4	3,4	-6,4	2,1
1964	-5,8	-7,7	-5,3	2,2	4,9	11,9	10,6	9,2	7,0	4,3	-1,2	-2,4	2,3
1965	-4,2	-12,2	-3,6	-0,3	3,2	8,9	9,7	8,1	8,7	4,3	-3,6	-4,4	1,2
1966	-8,4	-0,1	-4,7	3,1	6,1	9,1	10,5	10,1	6,8	7,7	-1,0	-5,1	2,1
1967	-7,4	-5,0	-2,8	0,1	6,3	8,5	12,1	10,3	10,0	7,1	0,6	-6,6	2,8
1968	-9,5	-4,2	-3,6	3,1	6,7	10,6	9,2	9,7	7,5	4,1	1,4	-5,5	2,4
1969	-4,3	-6,1	-5,0	-0,1	8,6	7,8	10,2	9,5	7,6	4,5	0,9	-7,6	2,2
1970	-5,8	-8,5	-4,6	-0,2	3,8	8,9	10,1	10,0	5,7	2,1	1,2	-4,6	1,5
śred.	-6,8	-6,3	-4,3	1,7	5,4	9,2	10,2	10,1	7,9	4,8	0,4	-5,6	2,1
śred.*	-5,8	-6,1	-3,6	0,2	4,9	9,2	11,1	10,8	7,2	4,3	-0,6	-2,6	2,4
śred.**	-6,0	-6,5	-4,0	0,5	4,5	9,0	10,5	10,0	7,0	3,5	-1,5	-3,5	2,4

\* Dane wg Orlicza za okres 1951–1960.

\*\* Dane wg Hessa (1965).



Tabela 3

Sumy miesięczne i roczne opadów na Hali Gąsienicowej w okresie 1961—1970. Ilość w mm

Mies. Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1961	34,9	78,2	121,8	48,9	206,1	262,1	206,7	126,0	51,3	138,7	161,8	111,5	1448
1962	78,1	127,7	88,2	174,0	251,7	301,7	354,6	89,9	116,9	25,7	239,5	74,0	1921
1963	39,9	30,1	65,7	124,1	126,8	132,7	187,9	249,5	115,3	171,1	101,1	29,1	1373
1964	38,3	90,9	57,5	94,4	139,8	281,1	111,4	212,8	200,3	265,8	202,6	68,4	1763
1965	61,0	93,8	91,5	98,5	222,2	443,2	205,8	346,6	162,3	20,6	81,9	76,3	1903
1966	62,8	95,2	127,8	144,6	294,4	222,7	184,3	218,5	73,6	79,5	73,8	150,5	1727
1967	63,4	81,7	138,6	120,1	211,4	227,1	207,1	193,0	105,6	118,8	73,9	110,9	1651
1968	89,6	44,4	58,0	110,5	152,3	144,9	386,8	284,0	175,3	90,9	64,4	41,2	1642
1969	62,7	76,6	25,2	62,7	108,0	294,2	151,9	333,9	22,9	66,6	135,5	49,8	1390
1970	63,7	75,4	57,0	142,5	223,2	263,6	460,6	205,4	90,5	167,6	105,0	122,1	1976
śred.	59,4	79,4	83,1	112,0	193,6	247,3	245,7	226,0	111,4	114,5	124,0	83,4	1679
śred.*	72	62	72	177	181	264	240	188	113	99	85	83	1576
śred.**	80	70	80	110	170	255	245	180	105	110	95	90	1596

\* Dane wg Orlicza za okres 1951—1960.

\*\* Dane wg Hessa (1965).

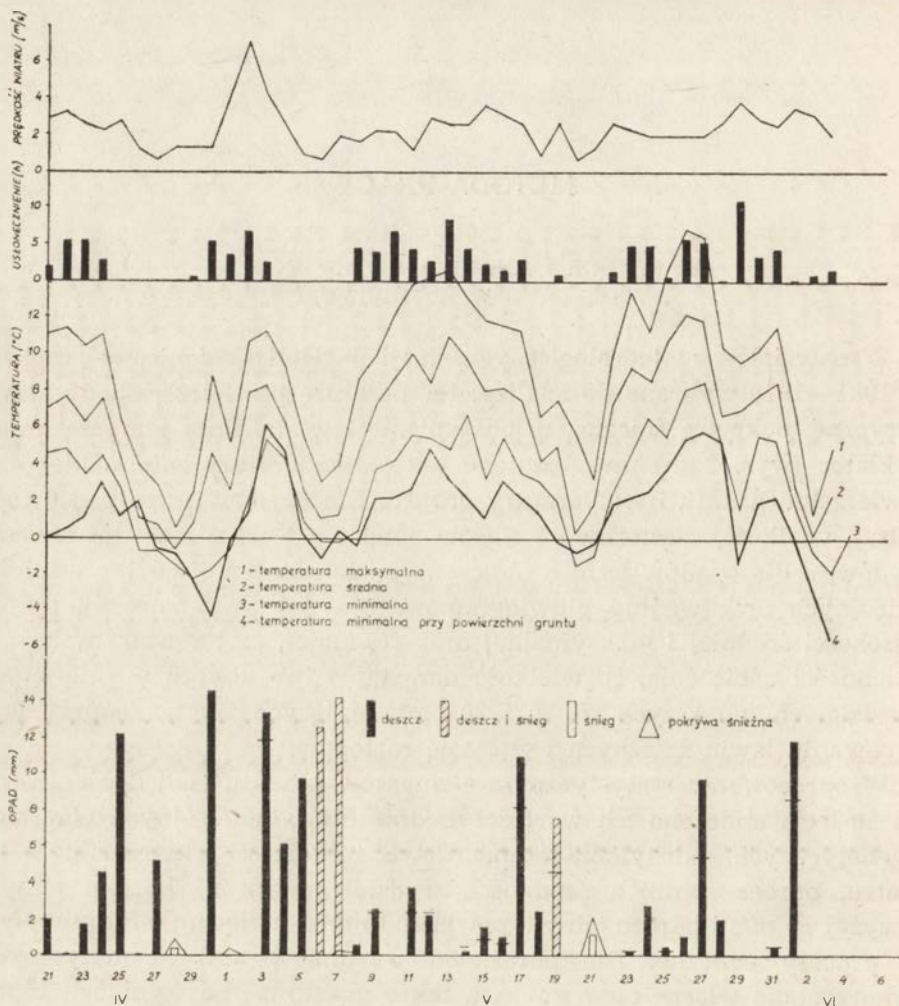


## METODA PRACY

### WYBÓR I ANALIZA ELEMENTÓW I WSKAŹNIKÓW KLIMATYCZNYCH

Z materiałów meteorologicznych stacji na Hali Gąsienicowej z okresu 1961—1970 wybrano do analizy: temperaturę powietrza, opady atmosferyczne, pokrywę śnieżną, usłonecznienie i wiatr. Poza temperaturami w klatce (wys. 2 m) uwzględniono także temperatury minimalne przy powierzchni gruntu i temperatury gruntu. Dla opadów brano pod uwagę rodzaj, wielkość, częstotliwość ciągów opadowych, tj. liczbę dni trwania opadów, a dla opadów letnich obliczono także natężenie według wartości godzinnych oraz według pluwiogramów. Dla pokrywy śnieżnej, oprócz wysokości średniej i maksymalnej oraz trwałości, zastosowano wskaźnik zmienności usnieżenia, tj. wielkość narastania lub ubytku w przyjętych przedziałach (większych od 10 i 20 cm), mających znaczenie przy występowaniu lawin śnieżnych i w czasie roztopów.

W opracowaniu statystycznym elementów klimatu Hali Gąsienicowej dla 10-lecia obliczono ich wartości średnie dla poszczególnych pór morfogenetycznych, odchylenia standardowe i wartości ekstremalne. Dla wiatru, oprócz średnich prędkości, wydzielono dni z wiatrem silnym powyżej 10 m/s i bardzo silnym powyżej 15 m/s, mającym istotny wpływ na procesy eoliczne. Dla określenia warunków mikroklimatycznych wykorzystano własne obserwacje, a także oparto się na wynikach Hessa (1963, 1968, 1970, 1974), jak i ustalonych przez tegoż autora związków między wartościami elementów i wskaźników klimatu na wysokości 2 m i przy powierzchni gruntu oraz w zależności od form terenu. Opracowanie statystyczne, a następnie graficzne dziennego przebiegu elementów meteorologicznych w poszczególnych porach morfogenetycznych posłużyły jako tzw. „kalendarz zjawisk meteorologicznych” do ustalenia warunków pogodowych występowania i natężenia procesów morfogenetycznych, tzw. „kalendarz procesów” dla 10-lecia. Autor zamieszcza ryciny 2 i 3 jako przykład graficznego przedstawienia „kalendarza zjawisk meteorologicznych” i „kalendarza procesów” dla pory niweoplujalnej z 1963 r.



Ryc. 2. Dzienny przebieg elementów klimatu na Hali Gąsienicowej w porze niweo-pluwialnej (1963)

Diurnal course of climate elements at Hala Gąsienicowa in the niveo-pluvial season (1963)

#### ZALEŻNOŚĆ PROCESÓW MORFOGENETYCZNYCH OD CZYNNIKÓW ATMOSFERYCZNYCH

Przyjęcie w pracy kryteriów występowania procesów morfogenetycznych w „kalendarzu procesów” wymagało ustalenia relacji między czynnikami atmosferycznymi a procesami. Zależność tę uzyskano na podstawie wyników własnych wieloletnich obserwacji terenowych dotyczących mikroklimatu, genezy i rozmiarów procesów kształtujących się w warunkach naturalnych oraz z badań eksperymentalnych procesów w określonych warunkach morfologicznych (Kłapa 1970), w powiązaniu





KRYTERIA WYDZIELENIA  
CZTERECH PÓR MORFOGENETYCZNYCH  
I ICH STOSUNEK DO TERMICZNYCH PÓR ROKU

Podstawę podziału roku na cztery pory morfogenetyczne stanowią odmienne właściwości fizyczne podłoża określane jako „stan gruntu”, a będące odbiciem procesów zachodzących w czasie wymiany energii i materii między atmosferą a litosferą, warunkujące zróżnicowanie jakościowe i ilościowe procesów morfogenetycznych.

Pora niwalna to okres utrzymywania się trwałej pokrywy śnieżnej z ujemnym reżimem termicznym i opadami śnieżnymi.

Pora niweopluwialna to okres od daty zaniknięcia trwałej pokrywy śnieżnej do daty zaniknięcia ostatnich płatów śnieżnych, z przewagą dodatnich temperatur powietrza, jednak z dużymi ich wahaniami i śnieżno-deszczowym reżimem opadowym.

Pora pluwialna to okres bezśnieżny z dodatnimi temperaturami powietrza i gruntu, z opadami deszczu, niekiedy o znacznym natężeniu.

Pora pluwioniwalna to okres rozpoczynający się datą pojawienia się pierwszej pokrywy śnieżnej, a kończący się datą jej utrwalenia, z niewielką przewagą dodatnich temperatur powietrza i gruntu, z deszczowo-śnieżnym reżimem opadowym.

Granice między porami morfogenetycznymi należy uważać jako „strefy przejścia” z jednej pory w drugą, gdzie ma miejsce przenikanie wspólnych cech sąsiednich okresów.

Tabela 4

Srednie daty termicznych i morfogenetycznych pór na Hali Gąsienicowej w okresie 1961–1970

Pory termiczne

Przedwiośnie	Wiosna i jesień	Przedzímie	Zima
0–5°C	5°C	5–0°C	< 0°C
10 IV – 10 V, 31 dni	11 V – 20 X, 165 dni	2 IX – 15 XI, 26 dni	16 XI – 9 IV, 149 dni

Pory morfogenetyczne

Niweopluwialna	Pluwialna	Pluwioniwalna	Niwalna
29 IV – 6 VI, 38 dni	7 VI – 4 X, 121 dni	5 X – 24 XI, 50 dni	25 XI – 28 IV, 156 dni

Ze względu na odmienne kryteria podziału pory morfogenetyczne różnią się od termicznych pór roku: zimy, przedwiośnia, wiosny—jesieni, przedzímia. Pory termiczne wyznaczają wartości progowe temperatur powietrza, mierzonych na wysokości 2 m. Pory morfogenetyczne odnoszą się do warunków geomorfologicznych i opierają się na trwalszych sezo-



nowych zmianach podłoża oraz związanych z nimi procesami morfogenetycznymi. Z porównania terminu występowania pór morfogenetycznych w stosunku do termicznych wynika, że pory niwalna i niweopluralna przesunięte są w kierunku cieplej pory roku. Przyczyna tego zjawiska leży w dużych różnicach temperatur między podłożem i w przyległej mu warstwie powietrza a temperaturami powietrza na wyższych poziomach oraz w tającej z opóźnieniem pokrywie śnieżnej.

Wszystkie pory morfogenetyczne, z wyjątkiem pluwialnej, dłuższe są od odpowiadających im porom termicznym (tab. 4, ryc. 4).

#### WYBÓR PROCESÓW MORFOGENETYCZNYCH I ICH CHARAKTERYSTYKA

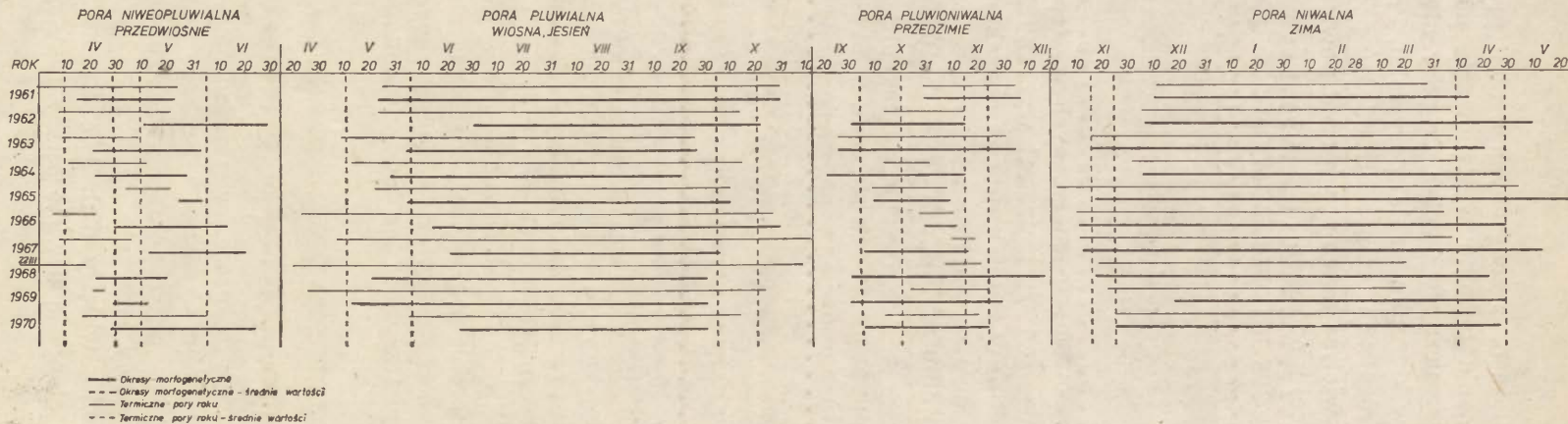
Spośród wielu procesów morfogenetycznych występujących na typowych formach otoczenia Hali Gąsienicowej wybrano 12 procesów podstawowych. Wybrane procesy autor uważa za charakterystyczne dla obszaru powyżej granicy lasu z uwagi na ich powszechność lub ich decydującą rolę w modelowaniu wybranych czterech typów stoków. Są to: 1 — wietrzenie mrozowe, 2 — wietrzenie insolacyjne, 3 — pionowe ruchy gleby, 4 — działalność morfologiczna lodu włóknistego, 5 — odpadanie: a) degradacja, b) agradacja, 6 — spełzywanie pokryw: a) gruzowych, b) ziemnych, 7 — soliflukcja, 8 — transport i korazja lawinowa, 9 — procesy niwacyjne koło płatów śnieżnych, 10 — deflacja, 11 — spłukiwanie powierzchniowe i liniowe, 12 — sufozja i ługowanie.

Istotną cechą procesów morfogenetycznych w Tatrach jest ich złożoność i współdziałanie w modelowaniu rzeźby. Ze względu na dużą energię rzeźby wysokogórskiej, zwłaszcza stromość stoków, dominującą rolę odgrywają procesy grawitacyjne, a ze względu na warunki klimatyczne — działanie zespołu procesów krioniwalnych. Zróżnicowane warunki morfologiczne i klimatyczne, w jakich one występują, różnią gradację natężenia oraz częstotliwość występowania poszczególnych procesów morfogenetycznych w obrębie przyjętych podstawowych elementów rzeźby. Zróżnicowanie procesów zaznacza się również w wydzielonych porach morfogenetycznych, stąd i kryteria ich występowania są tam inne.

#### CZTERY TYPY WYBRANYCH STOKÓW

Charakterystyczne dla tego obszaru elementy rzeźby, do których odnoszono przebieg wybranych procesów morfogenetycznych, ilustrują dwa profile poprzeczne dolin Czarnej i Suchego Potoku (fot. 1).

Profil 1 poprowadzony przez północno-wschodni stok Małego Kościelca reprezentuje typowy stok skalny w obszarze krystalicznym. Posiada on profil wypukło-wklęsły o deniwelacjach około 300 m. Odcięte wypukły (typ 1) stanowią urwiste ściany skalne, miejscami prze-



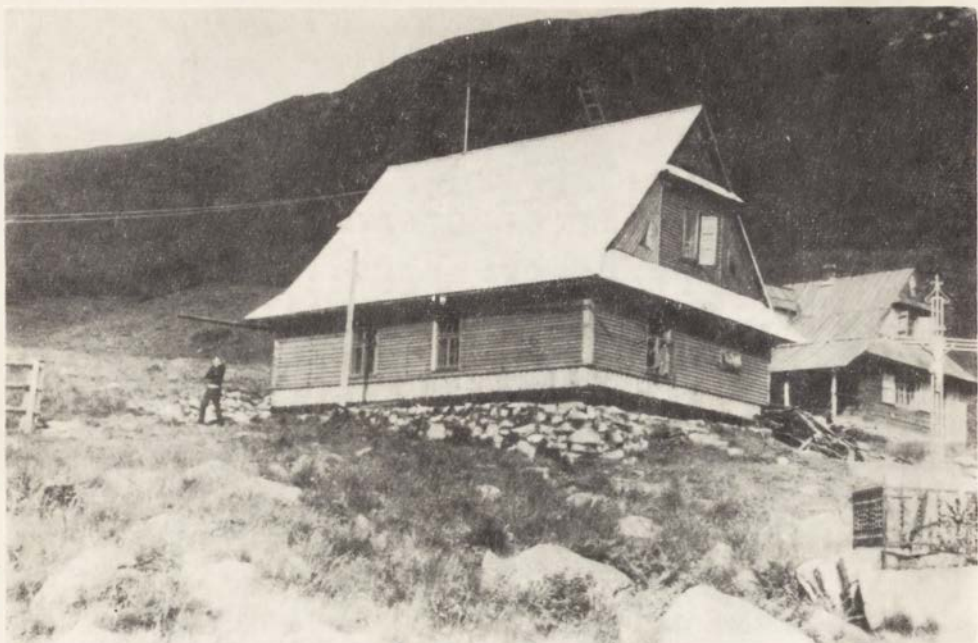
Ryc. 4. Termiczne i morfogenetyczne pory roku  
Thermic and morphogenetic seasons



Fot. 1. Stoki skalne w dolinie Czarnego Stawu Gąsienicowego: ściany — typ 1;  
stoki usypiskowe — typ 2. Fot. St. Berezowski

Roky slopes in the Czarny Staw Gąsienicowy Valley: rock walls — type 1,  
scree slopes — type 2. Photo St. Berezowski





Fot. 2. Stok dojrzały Uhrocia Kasprowego (typ 3) i powierzchnia moreny dennej na Hali Gąsienicowej (typ 4). Fot. 2—11 autor

Matured slope of Uhrocie Kasprowe (type 3) and surface of the Hala Gąsienicowa ground moraine (type 4). Photo 2—11 by Author



Fot. 3. Wietrzenie mrozowe skał  
Frost weathering of rocks



Fot. 4. Akumulacja bloków skalnych na stoku piargowym w wyniku odpadania  
Accumulation of rock blocks on a scree slope as a result of rockfall



Fot. 5. Transport i korazja lawinowa  
Transport and corrosion of snow avalanches





Fot. 6. Ruchomierz Baca zainstalowany na Karczmisku w obrębie tufurów  
Soil motion-meter of the Baca type installed among thufurs at Karczmisko

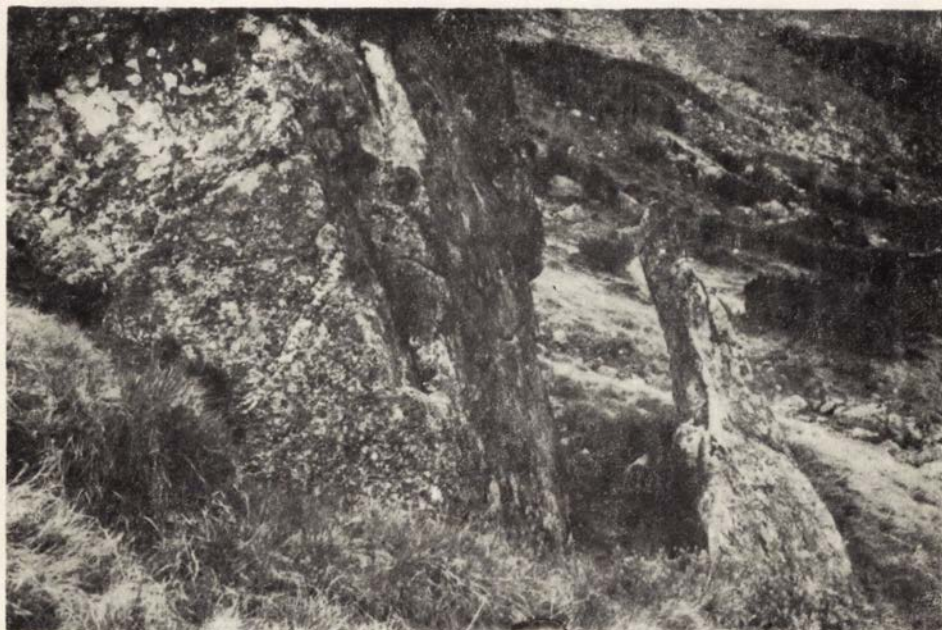


Fot. 7. Świeże rynny erozyjne powstałe po ulewnym deszczu  
Fresh erosion gullies created after a heavy rain





Fot. 8. Świeża akumulacja żwiru na pokrywie roślinnej  
Fresh gravel accumulation on vegetation patches



Fot. 9. Wietrzenie insolacyjne granitu  
Insolation weathering of granite



Fot. 10. Pomiar spływu śródpokrywowego za pomocą rynny  
Through flow measurement using a trough



Fot. 11. Wykroty  
Up-rooted trees



wieszane, osiągające wysokość około 100 m, rozcięte głębokimi żlebami korazyjnymi. Nachylone około  $40^\circ$  ku północy płaszczyzny ciosu pokładowego granitu i prostopadłe do niego ciosu promienistego sprzyjają powstawaniu licznych szczelin ułatwiających dezintegrację blokową skał litych. Makrogeliwacja granitu przy współdziałaniu grawitacyjnego rozluźnienia spójności skał silnie potrzaskanych i zdyslokowanych stwarza warunki dla odpadania i obrywów mas skalnych. Powierzchnie skalne pokrywają mchy i porosty, a jedynie na półkach skalnych, gdzie wytworzyły się płytkie gleby szkieletowe, pojawiają się trawy i kępy kosodrzewiny. Wklęsły odcinek stoku piargowego (typ 2), gruzowo-blokowy o długości około 200 m, nachylony jest ponad  $30^\circ$ . Rozcinają go rynnny wód torencjalnych i lawinowych. Wśród usypisk wyodrębniają się wały i stożki torencjalne i niwalne. Deponowane tu spadające ze ścian bloki i okruchy skalne powodują jego nadbudowę. Siły grawitacyjne przy współdziałaniu wody i śniegu są główną przyczyną przemieszczania się luźnych skał. Produktem wietrzenia fizycznego związanego z mikrostrukturą granitu jest frakcja gruzowa, a rezultatem dezintegracji granularnej zachodzącej na powierzchniach skalnych jest materiał o frakcji żwirowo-piaszczystej. Oprócz porostów naskalnych skąpa roślinność na płatach gleby skalistej stanowią przeważnie trawy i kępy kosówki utrwalające stok piargowy. W przeciwieństwie do ścian skalnych, gdzie przeważa spływ wód powierzchniowy, częściowo szczelinowy, w obrębie piargów dominuje infiltracja i spływ śródpokrywowy. Jedynie w czasie gwałtownych ulew koncentracja wód w rynnach daje spływ powierzchniowy o znacznej sile transportowej i erozji liniowej. Długie zaleganie śniegu i znaczna jego akumulacja pod ścianami skalnymi sprzyja występowaniu lawin śnieżnych.

Profil 2 obejmuje wschodni stok Uhrocia Kasprowego (3 typ stoku) reprezentujący stok dojrzały (fot. 2) o nachyleniu około  $40^\circ$ , zbudowany z odpornych na wietrzenie piaskowców kwarcytowych, pokryty rumoszem i pokrywą zwietrzelinową gruzowo-gliniastą z cienką warstwą kamienistej gleby, porośniętej kosodrzewiną i trawą. Homogeniczność i odporność materiału skalnego sprawiła, że stok pierwotny o profilu prostym jest słabo rozcięty. Nachylenie dolnej części stoku złagodzone jest pokrywami soliflukcyjnymi i koluwalnymi. Deniwelacja między doliną a grzbietem wynosi około 250 m. Przepuszczalne podłoże sprzyja infiltracji i spływowi śródpokrywowemu i związanej z nim sufozji. Wietrzenie fizyczne w postaci makrogeliwacji daje ostrokrawędzisty gruz skalny. Spełzywanie pokryw zwietrzelinowych w znacznej mierze hamowane jest przez dość zwartą roślinność. W płytkich żlebach nagromadzony gruz przemieszczany jest głównie przez lawiny. Oprócz niwacji typu lawinowego panujące tu warunki sprzyjają procesom krioniwalnym.

Wspólnym elementem obu omawianych profili są słabo nachylone



powierzchnie utworów morenowych i fluwioglacjalnych wyścielające dna dolin, stanowiące 4 typ wydzielonych podstawowych elementów rzeźby. Do tej kategorii zaliczono również płaskie fragmenty powierzchni zrównań. Mało nachylone powierzchnie są miejscem akumulacji drobnego materiału namywanego ze stoków. Wśród procesów większe znaczenie posiada działanie procesów krioniwalnych występujących wokół długo utrzymujących się płatów śnieżnych oraz aktywność lodu włóknistego. Na powierzchniach bardziej nachylonych obserwuje się pełnienie pojedynczych głazów z udziałem soliflukcji. Na ogół dość dobra przepuszczalność podłoża daje przewagę spływowi śródpokrywowemu i sufozji nad spływem powierzchniowym i erozją liniową.

## PROCESY MORFOGENETYCZNE

### ZAGADNIENIE PROCESÓW MORFOGENETYCZNYCH W ŚWIETLE LITERATURY TATRZAŃSKIEJ

Warunki wietrzenia fizycznego i odpadania produktów wietrzenia ze ścian skalnych analizował Klimaszewski (1971). W nawiązaniu do badań Hessa (1965) określił on przedziały wysokościowe, w których procesy te przebiegały najaktywniej w poszczególnych fazach holocenu, co uzależnione było od położenia izotermi rocznej 0°. Procesami kriogenicznymi i niwalnymi w Tatrach zajmował się Jahn (1949, 1958, 1965, 1970). Szczególną uwagę poświęcił on występowaniu i genezie gleb strukturalnych, soliflukcji i krioturbacji, wydzielając w zależności od wysokości odpowiednie piętra krioniwalne. Warunki występowania lodu włóknistego w rejonie Hali Gąsienicowej i wpływ jego na przemieszczanie zwietrzeliny na stoku przedstawił Gerlach (1959). Zajmował się on również genezą tufurów (1972). Obserwacje procesów krioniwalnych prowadził także Kłapa (1963, 1966, 1968). Rozmiary denudacji na wylesionych stokach doliny Jaworzynki przedstawił Dobija (1973). Wielokierunkowe badania procesów morfogenetycznych w wapiennych Tatrach Zachodnich prowadził Kotarba (1967, 1970, 1971, 1972, 1976). Badał on rozmiary denudacji chemicznej wyjaśniając m. in. genezę żłobków krasowych, warunki fizycznego i chemicznego wietrzenia skał, współczesny rozwój stoków piargowych. Określił również rozmiary przeobrażeń morfologicznych spowodowanych katastrofalnym w skutkach wiatrem halnym. Wspólnie ze Starklem (1972) scharakteryzował piętra morfogenetyczne Karpat w holocenie. Bzowski i Dziewolski (1973) ustalili powierzchnię zniszczeń obszarów leśnych wywołanych przez wiatr halny na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego. Kaszowski (1973, 1975) prowadził obserwacje procesów korytowych potoku Białego w powiązaniu z warunkami pogodowymi. Współpraca zespołów polsko-słowackich (Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn IG i PZ PAN w Krakowie łącznie ze Stacją Obserwacyjną IG i PZ PAN na Hali Gąsienicowej i Vyskumný ustav lesneho hospodarstva w Zwoleniu) nad rozwojem i tempem degradacji stoków w rejonie Hali Gąsienicowej, przy zastosowaniu jednolitej metody pomiarów fotogrametrycznych, pozwoli na porównanie wyników odnośnie do mechanizmu i rozmiarów denudacji na południowych i północnych stokach Tatr.



Elementy i wskaźniki klimatu na Hali Gąsienicowej w porze niwalnej w okresie 1961–1970

Początek		Koniec		Długość		Temperatura powietrza							Wiatr		Uślon.	Opad							Pokrywa śnieżna				Odwilże		Zamarzanie gruntu								
data	odch.	data	odch.	dni	odch.	średnie				skrajne		liczba dni		liczba dni		suma godz.	suma mm	odch.	max. dob. mm	liczba dni					liczba dni				dni	ciągi	liczba dni na głęb.						
						dob.	odch.	max.	min.	max.	min.	dob. > 0°	max. > 0°	> 10 m/s	> 15 m/s					ciąg opad.			ciąg bezop.		grubość w cm												
																				> 0.1 mm	> 10 mm	6–10	> 10	max.	6–10	> 10	max.	< 30			30–100	> 100	max.	5 cm	10 cm	20 cm	> 20 cm
11 XII 1960		14 IV 1961	-14	125	-31	-2,8	-1,6	-1,2	-7,2	13,1	-20,2	34	63	16	3	548,0	385,6	-94	23,2	74	12	4	-	8	4	-	9	35	87	3	122	65	10	78	70	-	-
7 XII 1961	-17	10 IV 1962	+13	155	0	-4,6	+0,4	-1,3	-8,3	15,4	-24,7	39	58	19	5	433,1	604,7	+128	55,6	104	22	8	2	15	3	-	10	11	65	76	180	62	13	99	67	-	-
16 XI 1962	-13	20 IV 1963	-8	157	+2	-5,9	+0,5	-2,7	-9,5	11,6	-26,6	16	56	15	3	424,9	440,7	-36	54,0	105	13	4	1	12	2	-	8	8	72	77	197	53	17	113	108	90	-
6 XII 1963	+9	21 IV 1964	-7	137	+18	-5,2	+0,8	-1,6	-8,3	12,2	-21,8	28	43	11	1	432,1	257,1	-220	31,0	78	5	1	1	14	2	2	13	45	60	33	162	53	13	134	135	142	80
17 XI 1964	-12	24 V 1965	+26	189	+34	-3,4	-1,0	-0,5	-5,4	14,5	-21,5	56	104	26	4	406,8	767,2	+290	55,0	136	22	7	2	15	-	-	9	7	155	27	155	107	13	96	81	86	-
11 XI 1965	+8	28 IV 1966	0	169	+14	-3,5	-0,9	-0,4	-6,7	13,2	-20,4	71	110	29	3	483,6	583,1	+106	42,4	120	16	5	1	11	1	-	6	15	95	59	168	86	16	140	123	104	5
12 XI 1966	+14	12 V 1967	+14	182	+27	-3,4	-1,0	-0,8	-6,0	14,5	-20,5	41	79	33	7	384,1	669,4	+192	3,52	127	24	8	1	13	2	-	8	15	60	107	185	83	21	121	40	22	-
17 XI 1967	+13	21 IV 1968	-7	157	+2	-5,5	+1,1	-1,2	-8,6	14,7	-23,1	33	65	34	4	378,4	400,6	-76	18,4	106	9	6	2	12	1	-	7	18	38	101	179	65	15	144	99	97	-
18 XII 1968	+8	28 IV 1969	0	132	-23	-4,5	+0,1	-0,4	-0,6	17,0	-19,4	22	53	16	6	327,1	268,4	-209	42,1	68	9	1	-	6	2	1	16	9	119	4	123	53	15	140	134	122	-
25 XI 1969	-23	26 IV 1970	-2	153	-2	-5,5	+1,1	-3,4	-8,7	11,2	-20,6	45	51	27	10	307,8	393,2	-84	25,6	110	9	2	-	9	1	-	8	28	120	5	115	55	14	148	132	150	96
25 XI	±11,9	28 IV	±9,1	155	±15,3	-4,4	±1,0	-1,4	-7,7	17,0	-26,6	39	70	22,7	4,2	421,8	477,0	±143	55,6	102,8	14,1	4,6	1,0	15	1,8	0,3	16	19,1	82,1	48,5	185	68	15	121	99	81	18

Procesy morfogenetyczne



Tabela 6

Częstotliwość potencjalnych warunków występowania procesów morfogenetycznych w otoczeniu Hali Gąsienicowej w porze niwalnej w okresie 1961–1970. Liczba dni

Rok	Ściany skalne						Stoki usypiskowe							Stoki wyrównane							Powierzchnie płaskie			
	wietrzenie mrozowe	wietrzenie insolacyjne	odpadanie degradacja	korazja lawinowa	deflacja	splukiwanie	pionowe ruchy gleby	odpadanie – akumulacja	spełzywanie gruzu	soliflukcja	korazja lawinowa	deflacja	sufozja	pionowe ruchy gleby	spełzywanie pokryw	soliflukcja	korazja lawinowa	deflacja	splukiwanie	sufozja	pionowe ruchy gleby	spełzywanie pokryw	deflacja	splukiwanie
1960/61	62	8	62	3	17	17	30	62	10	16	3	17	17	30	10	16	3	17	17	17	30	10	17	17
1961/62	68	4	68	46	20	20	30	68	—	37	46	20	20	30	—	37	46	20	20	21	30	—	20	20
1962/63	42	9	42	46	18	15	30	42	—	11	46	18	15	20	4	11	46	18	15	13	20	4	18	17
1963/64	39	12	39	17	10	22	29	39	—	20	17	10	22	29	—	20	17	10	22	22	29	—	10	22
1964/65	92	27	92	62	26	2	48	92	—	22	62	26	13	48	—	22	62	26	13	13	48	—	26	13
1965/66	69	5	70	42	29	21	28	69	—	24	42	29	21	8	—	10	32	40	21	21	38	—	40	21
1966/67	67	4	67	33	40	21	38	67	—	10	32	40	21	38	—	10	33	40	21	21	38	—	40	21
1967/68	55	17	55	41	38	16	50	55	—	17	41	38	16	50	—	17	41	38	16	16	50	—	38	16
1968/69	58	19	58	8	22	12	40	58	—	6	8	22	12	40	—	6	8	22	12	12	40	—	22	12
1969/70	38	4	38	11	27	10	26	38	—	10	11	27	10	26	—	10	11	27	10	10	26	—	27	10
10—lecie	596	109	590	309	248	156	349	590	10	173	309	248	156	349	14	173	309	248	156	166	349	14	248	156

TYPOWE PROCESY I WARUNKI ICH WYSTĘPOWANIA  
W PORACH MORFOGENETYCZNYCH

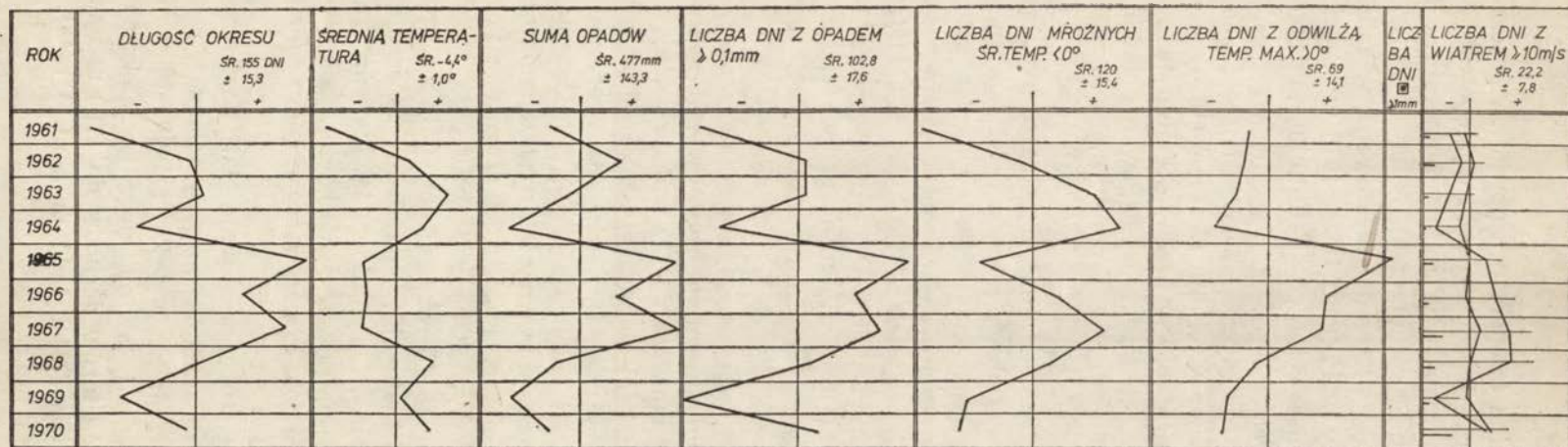
Dla każdej pory morfogenetycznej charakterystyczny jest inny zespół procesów rzeźbotwórczych, a wśród nich wyodrębnia się grupa procesów przewodnich. Odmienne są wówczas warunki ich występowania, toteż trzeba przyjąć inne kryteria dla określenia potencjalnych warunków poszczególnych procesów w porach morfogenetycznych. O aktywności morfologicznej danej pory morfogenetycznej świadczy nie tylko jej długość, ale stosunek liczby dni z potencjalnymi procesami morfogenetycznymi do liczby dni całego okresu. Natomiast rodzaj występujących procesów oraz ich intensywność stanowi o funkcji morfologicznej danej pory morfogenetycznej. Przebieg i natężenie procesów w poszczególnych porach morfogenetycznych nie są jednakowe na przestrzeni lat, bowiem zależą od dynamiki zjawisk atmosferycznych w danym roku, jak również od procesów przygotowujących odpowiednie warunki dla ich działania w poszczególnych okresach.

PORA NIWALNA

Pora niwalna, najdłuższa ze wszystkich pór morfogenetycznych, stanowiąca 42% całego roku, kwalifikuje się jako mało aktywna w sensie morfologicznym, na co wpływa izolacja podłoża od czynników zewnętrznych przez grubą warstwę śniegu.

Powoduje to stopniowe, a nawet całkowite, wygasanie procesów. Akumulacja energii śniegu i lodu w większej części sezonu zimowego ma znaczenie bierne. Jedynie lokalna działalność śniegu w postaci niwacji lawinowej ma większe znaczenie w modelowaniu stoków. Klimat pory niwalnej charakteryzujący się ujemnym bilansem temperatur powietrza, jednak z dość częstymi odwilżami, stwarza możliwość występowania wietrzenia mrozowego, ograniczonego tylko do stromych ścian skalnych oraz miejsc pozbawionych śniegu (tab. 5 i 6, ryc. 5). Dość często wiejące silne wiatry kształtują przestrzenne zróżnicowanie rozmieszczenia grubości pokrywy śnieżnej i jej morfologię, tworząc w miejscach deflacji warunki dla głębszej penetracji mrozu w gruncie oraz przesuwanie się w głąb izotermy  $0^{\circ}$ . Wietrzenie mrozowe w obrębie skał zwięzłych zachodzi wskutek zamarzania wody z tającego śniegu lub pary wodnej w szczelinach i fugach międzywarstwowych. Efektem rozpadu skał jest odpadanie bloków skalnych i depozycja ich na stokach piargowych. Wyraźne skutki tego procesu obserwuje się często dopiero pod koniec zimy, a nawet później, gdy lód cementujący już luźne bloki rozmarza, oddzielając je od ścian skalnych (fot. 3, 4).

Przyjęto, że potencjalne warunki występowania wietrzenia mrozowego w porze niwalnej zachodzą w obrębie ścian skalnych pozbawionych



Ryc. 5. Średnie odchylenie standardowe elementów klimatu na Hali Gąsienicowej w porze niwalnej  
 Mean standard deviation of climate elements at Hala Gąsienicowa in the nival season



śniegu, gdy maksymalna temperatura powietrza przekracza  $0^{\circ}$  (warunek konieczny). Stopień prawdopodobieństwa występowania procesu zwiększa się i natężenie jego wzrasta, gdy średnia temperatura dobowa powietrza jest powyżej  $0^{\circ}$  (warunek sprzyjający).

Potencjalne warunki wietrzenia mrozowego, w zależności od charakteru zim, występowały w 10-leciu 1960—1970 w okresie od 38 do 90 dni w roku, średnio 59 dni w roku, co w stosunku do długości całego okresu zimowego stanowi 38%.

Działalność lawin śnieżnych powoduje korazję podłoża przez transport materiału skalnego (ryc. 5). Kotarba (1976) przypisuje mokrym lawinom śnieżnym dużą rolę w przemieszczaniu luźnych skał na stoku piargowym. Tatry są obszarem występowania lawin ze względu na znaczne wysokości n.p.m., dużą energię rzeźby oraz warunki klimatyczne (gruba pokrywa śnieżna, częste wahania temperatur). Szczególnie korzystne warunki dla gromadzenia się śniegu panują na gładkich zawietrznych stokach, w żlebach i kotłach. Nie sprzyjają natomiast gromadzeniu śniegu zbyt łagodne ( $< 20^{\circ}$ ) i bardzo strome ( $> 50^{\circ}$ ) stoki oraz tereny zalesione. Przeważająca liczba lawin w Tatrach (Kłapowa 1970) występuje przy nachyleniu stoku  $36\text{—}48^{\circ}$ . Midriak (1976) za potencjalne orograficzne czynniki lawinotwórcze uważa: nachylenie stoków  $30\text{—}35^{\circ}$ , ekspozycję w stosunku do przeważających kierunków wiatrów, ekspozycję solarną oraz formy akumulacji śniegu, jak nawisy i zasypy śnieżne.

Niskie temperatury i znaczne opady śnieżne sprzyjają długiemu zaleganiu grubej warstwy śniegu, a częste występowanie różnych typów pogody wpływa na kształtowanie się zróżnicowanej budowy wewnętrznej pokrywy śnieżnej i jej akumulacji, zależnej od reżimu wiatru. Bardzo niskie temperatury ( $< -10^{\circ}$ ) sprzyjają tworzeniu się luźnych kryształów (mała kohezja i adhezja śniegu), zaś dodatkowo temperatury powodujące tajanie, a następnie przy ich spadku zamarzanie wody w śniegu, zwiększają jego ciężar, a także są przyczyną powstawania zlodzonych warstw poślizgowych. Opady deszczu poza wzrostem wagi śniegu przyczyniają się również do rozluźnienia spójności kryształów i warstw (zmniejszenie kohezji i adhezji). Wiatr halny poprzez działanie termiczne i dynamiczne jest ważnym czynnikiem lawinotwórczym. Ze studiów nad lawinami wiadomo, że na powstawanie lawin rzadko wpływa tylko jeden czynnik, ale decyduje ich zespół, który dopiero w kompleksie stwarza zagrożenie lawinowe.

Według Kłapowej (1970) w rejonie Hali Gąsienicowej najwięcej lawin obserwowano przy grubości warstwy śniegu  $150\text{—}200$  cm. Najwięcej lawin powstaje w przedziale wysokości  $1400\text{—}1800$  m n.p.m. W Dolinie Suchej Wody najczęściej lawiny biorą początek na wysokości około  $2000$  m n.p.m., a zasięg torów dochodzi do  $1700$  m n.p.m. Znacznie mniej lawin powstaje na wysokości  $1600$  m n.p.m. i niżej, obejmując strefę

Tabela 7

Lawiny w dolinie Suchej Wody w okresie 1959—1968 (wg Kłapowej)

Zima	XII		I		II		III		IV		V		Ogółem
	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	
1958/59						1		1					2
1959/60								35					35
1960/61								1					1
1961/62					4			6		2		2	14
1962/63	1		1					3		6			11
1963/64					1			6		2		3	12
1964/65				1	2		4	21		4		6	38
1965/66			2	2				8		3			15
1966/67			3		1	5	3	1		30			43
1967/68			1	13				4		10			28
Ogółem	1		7	16	8	6	54	39		57		14	199

S — lawiny suche, M — lawiny mokre.

regli. Dolina Suchej Wody zajmuje drugie miejsce w Tatrach Polskich, jeśli chodzi o częstość spadłych lawin (okres 1959—1968). Tory lawin, którymi najczęściej schodzą lawiny w tym rejonie, to: z Przełęczy Świnnickiej, ze Skrajnej Turni, z Kościelca i Małego Kościelca. Przeciętna miąższość stożka lawinowego wynosi 2—4 m, najczęściej kubatura lawiniska szacowana jest na 200—1000 m<sup>3</sup>. Na ogólną liczbę 1204 zaobserwowanych w 10-leciu, 27,2% stanowią lawiny suche, a 72,8% lawiny mokre (tab. 7). W miesiącach grudniu i styczniu przeważają lawiny suche, zaś od lutego do kwietnia lawiny mokre.

Lawiny suche, oprócz dużej siły burzącej wywołanej różnicą ciśnień powietrza w czasie ich spadania, mogą też spowodować duże zniszczenia drzewostanu, natomiast na ogół nie erodują podłoże. Lawiny wilgotne i mokre, przeważnie typu gruntowego (gruzowo-śnieżne), transportują materiał skalny koradują podłoże. Według bardzo ogólnego szacunku ilość materiału transportowanego przez pojedynczą lawinę ocenia się na kilkaset kilogramów, rzadko na ponad tonę. Materiał ten akumulowany jest w środkowej lub dolnej części stoków piargowych, a niekiedy dopiero w dnie doliny. Wpływ lawin na środowisko przyrodnicze, oprócz korazji (złęby lawinowe), zaznacza się lokalnym obniżeniem górnej granicy lasu (Myczkowski 1962), niszczeniem kosodrzewiny i traw na szlakach lawinowych (fot. 5).

Warunki występowania lawin śnieżnych przyjętych w „kalendarzu procesów” przedstawia tabela 8.

Potencjalne warunki występowania lawin śnieżnych w rejonie Hali Gąsienicowej zaistniały w latach 1960—1970 w ciągu 309 dni, co stanowi 84% liczby dni, w których występowały lawiny w Dolinie Suchej Wody w okresie 1961—1972. Liczba dni, w których rejestrowano spadające



Elementy i wskaźniki klimatu na Hali Gąsienicowej w porze niweoplupalnej w okresie 1961–1970

Początek		Koniec		Długość		Temperatura powietrza °C										Wiatr		Uślon.		Opad										pokrywa śnieżna	
data	odch.	data	odch.	dni	odch.	średnie				skrajne		liczba dni				liczba dni		suma godz.	suma mm	odch.	max. dob. mm	liczba dni			liczba dni			ciągła	platy		
						dob.	odch.	max.	min.	max.	min.	dob. <0°	min. <0°	min. gruntu <0°	min. <0 max. >0	≥10 m/s	≥15 m/s					ciągły opad.			ciągły bezop.						
																						≥0,1 mm	≥10 mm	6–10	>10	max.	6–10			>10	max.
15 IV 1961	-14	23 V 1961	-14	39	+1	3,3	-2,3	6,1	0,5	14,6	-5,4	3	16	31	14	1	0	125,9	213,0	-56,6	36,4	26	7	2	0	7	1	0	6	14	23
11 V 1962	+12	30 VI 1962	-24	50	+13	5,7	+0,1	9,1	2,3	20,6	-4,7	10	17	27	11	1	0	145,7	495,7	+225,1	54,6	38	16	2	2	15	0	0	5	18	32
21 IV 1963	-8	3 VI 1963	-3	44	+7	5,9	+0,3	9,2	2,9	16,9	-2,2	2	11	14	11	0	0	141,9	160,3	-109,3	14,5	34	8	1	0	7	0	0	2	3	41
22 IV 1964	-7	29 V 1964	-8	38	0	3,8	-1,8	7,6	0,9	15,8	-7,6	0	2	4	2	2	1	40,1	113,0	-156,6	77,5	9	2	1	0	8	0	0	2	1	9
25 V 1965	-26	3 VI 1965	-3	10	-27	5,6	0,0	8,6	2,4	13,6	-4,4	5	10	13	7	1	0	227,1	358,0	+88,4	74,0	24	13	7	0	1	4	4	6	10	36
29 IV 1966	0	13 VI 1966	+7	46	+9	6,4	+0,8	9,7	3,1	16,5	-4,4	5	10	13	7	1	0	227,1	358,0	+88,4	74,0	24	13	7	0	1	4	4	6	10	36
13 V 1967	+15	20 IV 1967	+14	39	+2	6,4	+0,8	9,4	3,2	16,1	-1,5	0	6	14	6	3	1	154,7	557,6	+288,0	60,9	27	12	1	0	6	0	0	3	5	34
22 IV 1968	-7	20 V 1968	-16	29	-9	3,7	-1,9	11,3	3,1	19,6	-3,5	2	7	11	7	3	1	161,4	116,3	-153,3	24,5	12	5	0	0	5	0	0	5	2	27
29 IV 1969	0	12 V 1969	+23	14	-23	9,9	+4,3	13,9	6,1	18,7	1,1	0	0	1	0	1	0	81,6	32,0	-237,1	12,2	6	1	0	0	4	0	0	3	0	14
27 IV 1970	-2	24 VI 1970	+18	59	+22	5,3	-0,3	7,5	0,9	17,7	-9,0	7	17	29	13	0	0	219,5	457,6	+188,0	82,6	44	20	3	1	12	0	0	5	13	46
27 IV	±9,1	6 VI	±13,0	38	±11,4	5,6	±1,3	9,2	2,5	20,6	-9,0	3,5	10	17	8,5	1,1	0,2	145,4	269,6	±158,0	82,6	24,3	9,3	1,8	0,3	15	0,5	0,4	7	8	27

Procesy morfogenetyczne



Częstotliwość potencjalnych warunków występowania procesów morfogenetycznych w otoczeniu Hali Gąsienicowej w porze niweoplujalnej w okresie 1961–1970. Liczba dni

Rok	Ściany skalne							Stoki usypiskowe									Stoki wyrównane							Powierzchnie piaskie								
	wietrzenie fizyczne	wietrzenie insolacyjne	odpadanie	transport lawinowy	niwacja	deflacja	splukiwanie	wietrzenie fizyczne	wietrzenie insolacyjne	ruchy gleby	akumulacja	spełzywanie gruzu	soliflukcja	transport lawinowy	niwacja	deflacja	splukiwanie	wietrzenie fizyczne	ruchy gleby	łód włóknisty	spełzywanie pokryw	soliflukcja	niwacja	deflacja	splukiwanie	sufozja	ruchy gleby	łód włóknisty	spełzywanie pokryw	niwacja	deflacja	splukiwanie
1961	31	5	31	—	23	1	6	31	5	16	31	5	15	—	23	1	2	31	16	16	5	15	23	1	2	2	16	16	5	23	1	2
1962	24	11	24	8	32	1	18	24	11	15	21	15	22	8	32	1	18	24	15	15	22	32	1	18	20	15	15	15	32	1	18	
1963	13	12	13	—	41	—	3	13	12	16	13	12	10	—	41	—	3	13	16	13	12	10	41	—	3	25	16	13	12	41	—	3
1964	29	12	29	—	25	—	26	29	12	22	29	3	7	—	25	—	26	29	12	15	3	7	25	—	26	25	12	15	3	25	—	26
1965	4	4	4	—	9	3	4	3	4	4	4	—	5	—	9	3	4	4	4	3	—	5	9	3	4	10	4	3	—	9	3	4
1966	14	21	14	—	36	1	7	14	21	36	14	—	30	—	36	1	7	14	36	4	—	30	36	1	7	—	36	4	—	36	1	7
1967	15	6	15	—	34	4	7	15	6	16	15	—	20	—	34	4	7	15	16	7	—	20	34	4	7	21	16	7	—	34	4	7
1968	12	8	12	—	25	4	2	12	8	11	12	10	5	—	25	4	2	12	11	12	10	5	25	4	2	16	11	12	10	25	4	2
1969	2	5	2	—	14	1	—	2	5	5	2	2	—	—	14	1	—	2	5	2	—	14	1	—	8	5	2	2	14	1	—	
1970	28	20	28	—	46	—	7	28	20	15	15	10	5	—	46	—	7	28	15	15	10	5	46	—	7	22	15	15	10	46	—	7
10-lecie	172	104	172	8	285	15	80	172	104	156	172	57	119	8	285	15	80	172	156	102	57	119	285	15	80	149	156	102	57	285	15	80

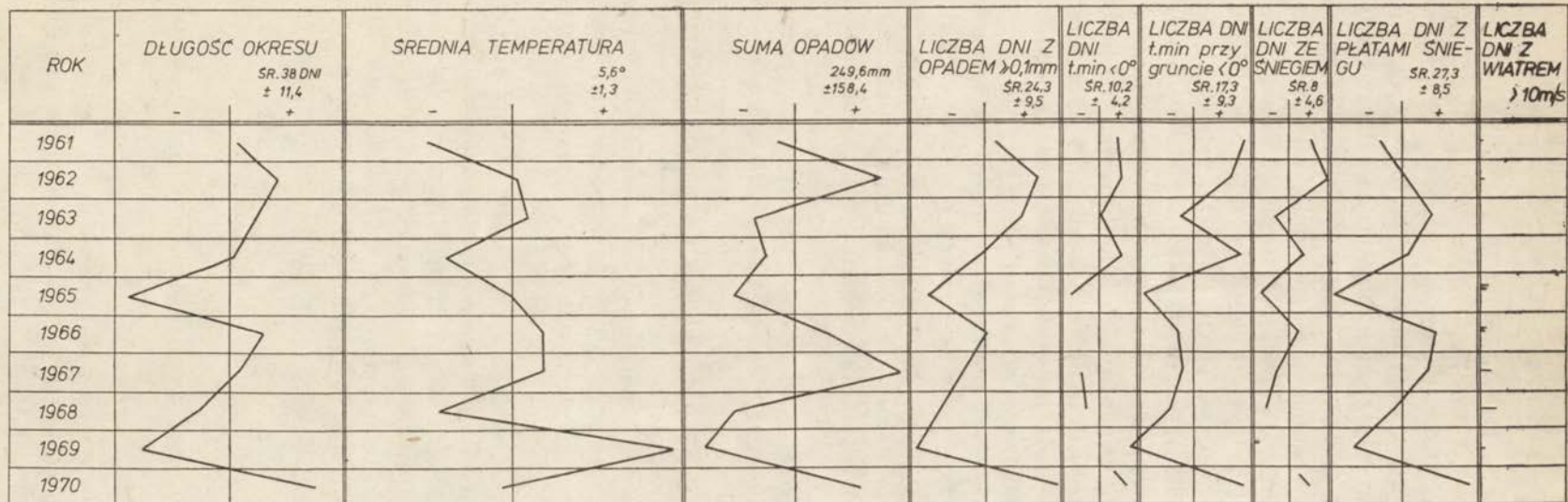
Potencjalne warunki występowania lawin śnieżnych

Pora morfogenetyczna	Obszar występowania lawin	Warunki pogodowe			Grubość pokrywy śnieżnej		Prawdopodobieństwo występowania lawin
		temperatura powietrza °C	opad deszcz mm/dobę	wiatr m/s	ogólna	świeżego	
Nivalna i niweopluralna	ściany skalne stoki usypiskowe stoki dojrzałe	śr. dobowa i mak. 0°	—	< 10	> 50	< 30	możliwe na stokach S
		śr. dob. 0°	< 10	≥ 10	> 100	30–50	umiarkowane
		śr. dob. –10°					
		śr. dob. i minimalna 0°	≥ 10	≥ 15	> 100	> 50	duże

lawiny, wynosiła w tym czasie 348 (Kłapowa 1974). Największa liczba lawin zaobserwowanych w okresie 1961—1972 przypadała na trzy kolejne zimy. W zimie 1964/65 zanotowano 300 lawin, co stanowi 22% wszystkich lawin spadłych w 12-leciu. Tak duża ilość lawin wiąże się z wyjątkowo długą zimą (189 dni na Hali Gąsienicowej), choć umiarkowanie śnieżną (27 dni z pokrywą śnieżną powyżej 100 cm, maksymalna grubość 155 cm), ale za to aż z 107 dniami odwilży. Dużą również liczbę lawin, bo ponad 200 (14% ogólnej liczby), zaobserwowano podczas kolejnej długiej zimy (169 dni) i śnieżnej (59 dni z pokrywą śnieżną ponad 100 cm, maksymalna 168 cm) 1965/66, z dość częstymi odwilżami (86 dni). W długiej i bardzo śnieżnej zimie 1966/67 (157 dni, w tym 107 dni z pokrywą śnieżną powyżej 100 cm, maksymalna 185 cm) zaobserwowano 163 lawiny (11% z ogólnej liczby), przy 83 dniach z odwilżą. Najmniej lawin, bo tylko 5, zarejestrowano w bardzo krótkiej (125 dni) i małośnieżnej (3 dni z grubością pokrywy śnieżnej ponad 100 cm, maksymalna 122 cm) zimie 1960/61, podczas której wystąpiło 65 dni z odwilżą.

## PORA NIWEOPLUWIALNA

Najkrótsza ze wszystkich pór morfogenetycznych pod względem dynamiki procesów jest najaktywniejszą. Wpływa na to duża zmienność temperatur powietrza (od –9 do +20°) i gruntu oraz występowanie znacznych kontrastów termiczno-wilgotnościowych między obszarami pokrytymi śniegiem a beśnieżnymi. W tych warunkach występują niemal wszystkie podstawowe procesy, działające często jednocześnie, jak również wykorzystana jest wówczas energia wody zakumulowanej w śniegu i procesy rozpoczęte w porze niwalnej (działalność wód roztopowych,



Ryc. 6. Średnie odchylenie standardowe elementów klimatu na Hali Gąsienicowej w porze niweoplujalnej  
 Mean standard deviation of climate elements at Hala Gąsienicowa in the niveo-pluvial season



wietrzenie mrozowe). Warunki meteorologiczne i występowanie procesów morfogenetycznych w porze niweoplujalnej przedstawiają tabele 9, 10 i rycina 6. Za przewodnie procesy morfogenetyczne pory niweoplujalnej należy uważać przede wszystkim zespół procesów krioniwalnych występujących w środowisku płatów śnieżnych. Tajanie śniegu i regelacja odsłoniętej powierzchni, a następnie stopniowe rozmarzanie głębszych warstw, sprzyjają występowaniu procesów, jak: wietrzenie mrozowe, soliflukcja i mikrosoliflukcja, splukiwanie i sufozja. Typowe w tych warunkach są pionowe ruchy gleby oraz działanie lodu włóknistego. W okresie tajania i zanikania starej, a niekiedy świeżej pokrywy śnieżnej, stopniowo zmniejsza się zasięg i miąższość płatów śnieżnych, jednak przesuwanie się w górę piętra krioniwalnego nie przebiega liniowo, ale zmniejsza się w zależności od ekspozycji i form terenu. Ze zjawiskiem tym wiąże się zróżnicowanie przestrzenne zasięgu i aktywności procesów oraz ich stopniowe wygasanie.

W „kalendarzu procesów” założono, że wietrzenie mrozowe w porze niweoplujalnej obejmuje wszystkie cztery podstawowe formy w miejscach odsłoniętych spod śniegu, a warunkiem koniecznym jest występowanie temperatury minimalnej przy powierzchni gruntu poniżej 0°, zaś warunkiem sprzyjającym jest ujemna temperatura minimalna na wysokości 2 m.

Warunki sprzyjające dla wietrzenia mrozowego w porze niweoplujalnej zachodzą w 10-leciu w ciągu 2—31 dni w roku, średnio przez 17 dni w roku. Wynikający z wietrzenia mrozowego proces odpadania okruchów i bloków skalnych nie wykazuje jednak większej korelacji, wzrasta bowiem w proporcji znacznie większej niż wskazuje na to częstotliwość wietrzenia w omawianych piętrach klimatycznych. Ma to wytłumaczenie w odmarzaniu wcześniej rozsadzonych przez lód skał (proces przygotowawczy w porze niwalnej), a także w dostawie materiału z wyższych partii stoków. Zespół procesów krioniwalnych, określanych jako niwacja płatów śnieżnych, należy do najdłużej działających procesów rzeźbotwórczych w porze niweoplujalnej. Średnio występuje przez 28 dni. Oprócz intensywnego wietrzenia mrozowego w zasięgu mikroklimatu peryniwalnego (Hess 1963) działa tu mikrosoliflukcja związana z częstą regelacją podłoża oraz lód włóknisty. Obfitość wód roztopowych, w wyniku tajania śniegu i lodu, niekiedy przy współdziałaniu opadów atmosferycznych powoduje splukiwanie i erozję liniową w ciekach stałych i okresowych. Warunki konieczne i sprzyjające, jakie przyjęto w „kalendarzu procesów” dla splukiwania i erozji w porze niweoplujalnej zawiera tabela 11. Częstotliwość tego procesu występuje średnio w tej porze morfogenetycznej przez 8 dni. Niemal dwukrotnie częściej (ok. 15 dni) może zachodzić sufozja mechaniczna i chemiczna, gdyż infiltracja wody z pokrywy śnieżnej odbywa się także przy mniej intensywnym tajaniu śniegu i mniejszych opadach. Ze wpływem i transportem wód roztopowych wiąże się geneza efemerycznych form kopczyków

Tabela 11

Potencjalne warunki występowania spływu i spłukiwania powierzchniowego oraz liniowego na stokach wysokogórskich w porze niweoplujalnej

Obszar występowania	Typ pogody	Warunki śnieżne	Opad mm/dobę	Natężenie spływu i spłukiwania
Ściany skalne	odwilż solarna	pląty firnowe	brak	umiarkowane na stokach S i W
		tająca świeża pokrywa śnieżna		silne na stokach S i W
	odwilż adwekcyjna bez opadów deszczu	pląty firnowe	brak	słabe na całym obszarze
		tająca świeża pokrywa śnieżna		umiarkowane na całym obszarze
	odwilż adwekcyjna z opadem deszczu	pląty firnowe	< 10	umiarkowane na całym obszarze
			> 10	silne na całym obszarze
		tająca świeża pokrywa śnieżna	< 10	silne na całym obszarze
		tająca świeża pokrywa śnieżna	> 10	bardzo silne na całym obszarze

ablacyjnych i języków gruzowo-błotnych występujących na powierzchni śniegu. Niwacja typu lawinowego występuje o tej porze tylko sporadycznie przy schodzeniu lawin z wyższych pięter gór, wyjątkowo tylko po obfitych opadach śnieżnych także w omawianym obszarze.

Charakterystyczne są natomiast spływy gruzowo-śnieżne w żlebach. W przypadku całkowicie rozmarznętego i dobrze nawilżonego podłoża wodami roztopowymi i opadowymi (opad  $> 20$  mm/dobę) na stokach piargowych i stokach pokrytych roślinnością może występować zjawisko pełnienia gruzu i pokryw darniowych. Warunki sprzyjające pełnieniu pokryw zwietrzelinowych mogą występować przeciętnie w ciągu 6 dni. Dwukrotnie częściej ruchy pokryw wywołane są przez soliflukcję, gdyż przeważająca część podłoża posiada wówczas przemarznęte głębsze warstwy gleby. Przy pogodzie solarnej soliflukcja obejmuje stoki południowe, przy pogodzie adwekcyjnej natężenie jej wzrasta i obejmuje stoki o różnej ekspozycji. W tym okresie zaznacza się również końcowa faza ruchów gleby, obejmująca stoki usypiskowe, dojrzałe i powierzchnie płaskie, a wynikająca z osiadania rozmarzającego podłoża, trwająca średnio około 16 dni (ryc. 7). Bac (1950) przyjmuje, że w czasie wiosennego rozmarzania gruntu tworzy się nowy układ w glebie charakteryzujący się zacieśnieniem warstw powierzchniowych, a rozluźnieniem głębszych poziomów, co prowadzi do rozbicia struktury gruntu. Na stokach piargowych, stokach wyrównanych oraz na powierzchniach płaskich, w miejscach gdzie grunt jest dostatecznie porowaty, umożliwiając ruch wody kapilarnej w górę, a teren nie jest pokryty śniegiem, przy temperaturach w warstwach przypowierzchniowych  $0^{\circ}$  i poniżej, panują warunki



Elementy i wskaźniki klimatu na Hali Gąsienicowej w porze pluwalnej w okresie 1961–1970

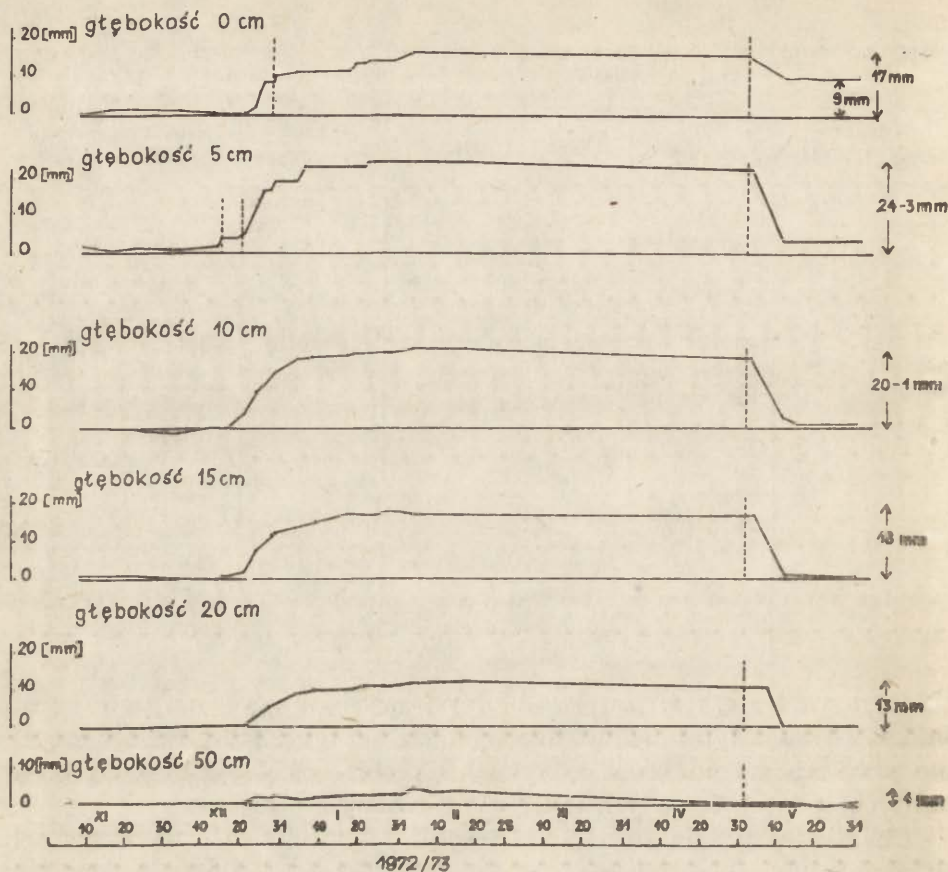
Początek		Koniec		Długość		Temperatura powietrza								Wiatr		Ustón.	Opad																			
data	odch.	data	odch.	dni	odch.	średnie				skrajne		liczba dni				liczba >10 m/s	dni >15 m/s	suma godz.	suma mm	odch.	max. dob. mm	liczba dni						częstość natężenia opadów mm/min								
						dob.	odch.	max.	min.	max.	min.	dob. <0°	min. <0°	min. gruntu <0°	min. <0° max. >0°							ciągi opadowe			– ciągi bezop.			–0,05 –0,10	0,10 –0,30	–0,20 –0,40	–0,40 –0,60	–0,60 –0,80	–0,80 –100	<100		
24 V 1961	–14	29 X 1961	–31	158	+38	9,3	–0,5	12,9	5,6	22,4	–2,2	1	5	48	5	16	2	775,4	664,5	–130,7	62,7	99	27	2	0	7	4	1	15	58	54	19	8	5	1	2
1 VII 1962	+24	20 IX 1962	–14	82	–39	10,8	1,0	13,5	5,7	21,2	–3,4	1	9	40	9	6	2	364,0	524,5	–270,7	173,0	55	17	0	0	5	2	0	10	56	46	24	6	5	0	3
4 VI 1963	+3	26 IX 1963	–8	114	–7	10,4	0,6	14,9	7,8	21,0	–3,4	2	5	10	5	6	1	504,1	619,7	–175,5	53,4	64	22	5	0	8	0	1	10	77	52	22	5	3	2	0
29 V 1964	–6	20 IX 1964	–14	115	–6	10,0	0,2	13,4	6,7	22,2	–1,6	0	3	24	3	7	0	511,6	703,7	–91,5	79,6	66	23	4	0	10	1	0	6	70	62	32	14	3	1	1
4 VI 1965	+3	9 X 1965	+4	128	–7	8,7	–0,9	12,1	6,9	22,6	–4,4	1	4	29	4	18	2	686,7	1161,0	+365,8	96,9	95	42	4	1	11	1	0	8	82	58	16	4	2	1	4
14 VI 1966	+7	29 X 1966	+25	138	+17	9,1	–0,7	12,3	5,7	21,4	–8,5	1	6	31	6	15	1	542,8	742,4	–52,8	66,3	77	23	2	0	9	3	0	10	69	41	21	11	3	1	1
21 VI 1967	–14	5 X 1967	+1	107	–14	10,9	1,1	14,2	6,4	22,4	0,3	0	0	5	0	7	1	499,3	612,3	–182,9	66,6	50	23	0	0	5	3	0	8	63	42	28	10	4	2	2
21 V 1968	+17	30 IX 1968	–4	133	+12	9,1	–0,7	12,3	5,6	22,4	–1,1	1	2	22	1	11	1	482,8	1072,2	+277,0	120,1	82	36	2	1	14	2	0	7	53	74	36	9	4	4	1
13 V 1969	–25	30 IX 1969	–4	141	+20	8,6	–1,2	12,4	4,9	22,4	–3,9	0	8	14	8	6	0	583,6	978,4	+183,2	91,5	78	29	2	0	9	1	1	12	47	57	15	6	5	3	1
25 VI 1970	+18	30 IX 1970	–4	98	–23	8,8	–1,0	12,4	4,9	19,4	–6,0	5	10	12	10	5	0	366,4	873,1	+77,9	124,9	74	24	5	0	10	0	0	4	101	51	36	11	1	1	3
7 VI	±13,7	4 X	±10,8	121	±18,3	9,8	±0,8	13,8	6,2	22,6	–8,5	1,2	5,2	26,7	5,1	9,5	1,3	531,6	795,2	±181,0	173,0	74	27	2,6	0,2	14	1,7	0,3	15	67,6	53,7	25	8	4	1,4	1,8

Procesy morfogenetyczne



Częstotliwość potencjalnych warunków występowania procesów morfogenetycznych w otoczeniu Hali Gąsienicowej w porze pluwialnej w okresie 1961–1970. Liczba dni

Rok	Ściany skalne					Stoki usypiskowe							Stoki wyrównane					Powierzchnie płaskie					
	wietrzenie fizyczne	wietrzenie insolacyjne	odpadanie	deflacja	splukiwanie	wietrzenie fizyczne	wietrzenie insolacyjne	akumulacja	spelywanie gruzu	deflacja	splukiwanie	sufozja ługowanie	wietrzenie fizyczne	lód włóknisty	spelywanie ziemne	deflacja	splukiwanie	sufozja ługowanie	lód włóknisty	spelywanie ziemne	deflacja	splukiwanie	sufozja ługowanie
1961	17	43	17	16	9	17	43	17	14	16	9	40	17	48	14	16	9	40	48	14	16	9	40
1962	15	26	15	6	10	15	26	15	5	6	10	13	15	31	5	6	10	13	31	5	6	10	13
1963	2	47	2	6	10	2	47	2	28	7	16	45	2	9	28	7	16	45	9	28	7	10	45
1964	12	44	12	7	7	12	44	12	16	7	7	35	12	16	16	7	7	35	16	16	7	7	35
1965	11	41	11	18	18	11	41	11	15	18	18	35	11	22	15	18	18	35	22	15	18	18	35
1966	16	23	16	15	12	16	23	16	9	15	12	24	16	27	9	15	12	24	27	9	15	12	24
1967	—	43	—	7	8	—	43	—	—	8	8	19	—	5	—	8	8	19	5	5	8	8	19
1968	11	37	11	11	21	11	37	11	—	11	21	32	11	24	3	11	21	32	24	3	11	21	32
1969	24	48	24	6	23	24	48	24	—	6	23	27	24	9	39	6	23	27	39	—	6	23	27
1970	13	26	13	5	21	13	26	13	—	5	21	22	13	22	—	5	21	22	22	—	5	21	22
10-lecie	121	378	121	97	145	121	378	121	87	99	145	292	121	243	87	99	145	292	243	87	99	145	292

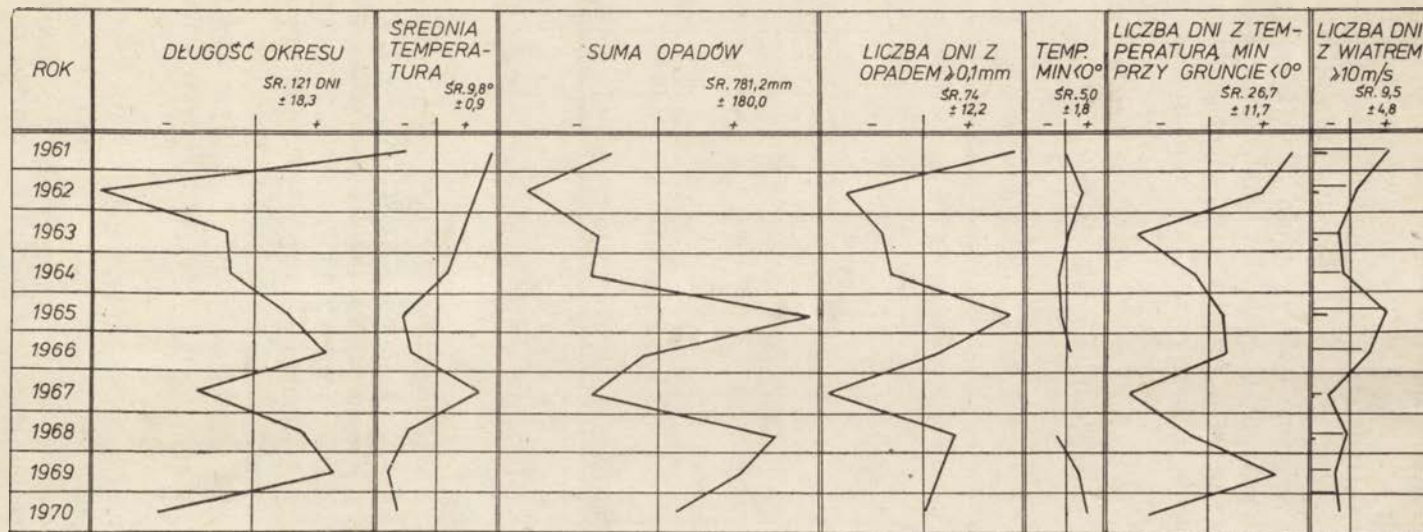


Ryc. 7. Mrozowe ruchy gleby na stacji Hala Gąsienicowa  
Frost movements of soil at the Hala Gąsienicowa Station

dla występowania lodu włóknistego, powodującego rozluźnienie i przemieszczanie agregatów glebowych na stokach (fot. 6). Zjawisko to badał w Tatrach Gerlach (1959). Ciśnienie i ruch niektórych długoleżących płatów śnieżnych na tokach usypiskowych i wyrównanych ze względu na przeważnie ślizgowy ruch śniegu po podłożu nie daje większych efektów morfologicznych. Większą rolę odgrywa ciśnienie śniegu leżącego na powierzchni bardziej płaskiej, zwłaszcza gdy regulacja warstw powierzchniowych i znaczne ich nawilgocenie czyni je bardzo plastycznymi. Przykładowo podaję ciśnienie śniegu mierzone na stoku Uhrocia Kasprowego (nachylenie ok. 30°), które osiągnęło w zimie 1976 r. 2800 kg/m<sup>2</sup>.

#### PORA PLUWIALNA

Pora pluwiialna, druga co do długości, może być uważana zarówno jako aktywna, jak i bardzo aktywna, co zależy od typu lata, a przede wszystkim od występowania opadów ekstremalnych. Wówczas inten-



Ryc. 8. Średnie odchylenie standardowe elementów klimatu na Hali Gąsienicowej w porze pluwialnej  
 Mean standard deviation of climate elements at Hala Gąsienicowa in the pluvial season



sywna działalność procesów fluwialnych ogranicza się do godzin lub kilku dni, dając jednak ogromne efekty rzeźbotwórcze (tab. 12 i 13, rys. 8). Istnieją natomiast w ciągu lata kilku- lub kilkunastodniowe okresy słabej działalności procesów, a nawet ich zaniku. Wśród letnich procesów morfogenetycznych wyróżnić należy: spłukiwanie i erozję liniową oraz sufozję i ługowanie pokryw. Przy braku szczegółowej obserwacji ogólnie można ustalić, że w rejonie Hali Gąsienicowej w obrębie skał litych występuje spływ powierzchniowy, zaś w utworach pokrywowych przeważa infiltracja i spływ śródpokrywowy. Potencjalne warunki, w jakich może występować spływ i spłukiwanie powierzchniowe oraz liniowe na stokach w porze pluwialnej, przedstawia tabela 14.

Tabela 14

Potencjalne warunki występowania spływu i spłukiwania powierzchniowego oraz liniowego na stokach wysokogórskich w porze pluwialnej

Obszar występowania	Typ pogody	Opad		Natężenie spływu i spłukiwania
		mm/dobę	mm/godz.	
Ściany skalne Stoki usypiskowe Stoki wyrównane Dna dolin	adwekcyjny	< 20	< 10	bez skutków morfologicznych
		> 20	< 10	słabe lub umiarkowane
		≥ 100	≥ 10	silne
	konwekcyjny	< 10	< 10	bez skutków morfologicznych
		> 10	< 10	słabe lub umiarkowane
		≥ 50	> 10	silne
		> 100	> 10	bardzo silne

Określając ogólnie zróżnicowanie erozji w obrębie stoku wysokogórskiego można powiedzieć, że w obszarze wododziałowym i w górnych odcinkach stoku, wyłączając ściany skalne, przeważa spłukiwanie powierzchniowe rozproszone w rozgałęzionym systemem bruzd, natomiast w środkowym i dolnym odcinku stoku przeważa już spływ skoncentrowany w obrębie równoległych do linii spadku żłobin oraz rynien. W czasie ulewnych deszczów występuje gwałtowny spływ wód powierzchniowych o dużej sile transportowej i erozyjnej. W tych warunkach w obrębie stoków usypiskowych pogłębiane są stare oraz powstają świeże rynny erozyjne, a na ich obrzeżach usypane są wały i stożki torencjalne (fot. 7). Na stokach dojrzałym spłukiwaniu podlega materiał koluwalny, jego osady w postaci stożków napływowych i jezorów gruzowych zalegają na pokrywie roślinnej. Erozja pogłębia istniejące żłobiny i tworzy ich nową sieć. Przy opadach ekstremalnych duża energia wód powierzchniowych uruchamia i wyprząta nagromadzony w ciągu kilku lat ma-

teriał rezydualny, osłabiając tym samym warstwy zwietrzliny niżej leżące (fot. 8). W czasie ulewnych deszczów wzmożone są procesy korytowe (Kaszowski 1969) i oprócz materiału zwirowo-piaszczystego w transporcie udział biorą również duże bloki skalne. Erozja boczna powodująca podcinanie zboczy ożywia stare i wywołuje świeże osuwiska gruzowo-ziemne. Przesycone wodą podłoże wpływa na upłynnienie i spływanie mas ziemnogruzowych. Spłukiwanie i erozja linijna w sezonie letnim charakteryzują się dużą zmiennością występowania w poszczególnych latach, od 7 do 23 dni w roku (12% liczby dni pory pluwalnej, a 35% liczby dni okresu całorocznego). Ze względu na małe natężenie opadów rozlewnych i przepuszczalny charakter podłoża przeważa wsiąkanie i spływ śródpokrywowy. Z tym zjawiskiem wiąże się sufozja mechaniczna i ługowanie pokryw zwietrzelinowych. Według ogólnego szacunku proces ten może przebiegać w ciągu 13—45 dni, co stanowi 24% okresu pluwalnego, a 43% z sufozją w roku (fot. 9, 10). Przy silnym nasiąknięciu warstw w czasie opadów deszczu występuje na stokach piargowych spełzywanie pokryw gruzowych, a na stokach dojrzałych spełzywanie pokryw ziemnych. Za potencjalne warunki zaistnienia spełzywania w porze pluwalnej przyjęto w „kalendarzu procesów” przy opadach długotrwałych sumę dobową ponad 20 mm — natężenie umiarkowane, a przy opadach ponad 50 mm — natężenie silne (tab. 10). Takie warunki występują w lecie w ciągu około 10 dni. W warunkach klimatu wysokogórskiego nawet w lecie sporadycznie występować może wietrzenie mrozowe. Przeciętnie w porze pluwalnej proces ten może występować w ciągu 12 dni. Jako kryterium występowania tego procesu za warunek konieczny przyjęto spadek temperatury minimalnej przy powierzchni gruntu poniżej  $-2^{\circ}$ , w przypadku temperatury ujemnej na wysokości 2 m możliwość wietrzenia mrozowego zwiększa się. Najkorzystniejsze warunki panują przy pogodnym niebie w czasie nocnego wypromieniowania.

Dezintegracja skał zwięzłych w wyniku wietrzenia insolacyjnego w okresie letnim osiąga największe nasilenie. Wskutek nagłych i dużych zmian temperatury, przy zróżnicowanym przewodnictwie cieplnym minerałów i warstw o różnej wewnętrznej strukturze i teksturze, wywołane znaczne napięcie w masach skalnych powoduje warstwowe łuszczenie powierzchni skał. Natomiast rozluźnienie minerałów wskutek insolacji na powierzchniach skalnych, szczególnie granitowych, daje zwietrzelinę ziarnistą tzw. „kaszę granitową”. Wietrzenie insolacyjne występuje w obrębie ścian skalnych i stoków usypiskowych.

Jako kryterium występowania wietrzenia insolacyjnego przyjęto sumę dziennego usłonecznienia  $> 5$  godzin i amplitudy dobowej temperatury  $> 10^{\circ}\text{C}$  mierzone na stacji Hala Gąsienicowa. Na podstawie obserwacji uważam, że tego rzędu usłonecznienie wywołuje odpowiednie różnice gradientów temperatur, koniecznych do warstwowej i ziarnistej



Elementy i wskaźniki klimatu na Hali Gąsienicowej w porze pluwioniwalnej w okresie 1961–1970

P oczątek		K oniec		Długość		Temperatura powietrza °C										Wiatr		Uślon.	Opad										Pokrywa śnieżna		
data	odch.	data	odch.	dni	odch.	średnie				skrajne		liczba dni				liczba dni		suma godz.	suma mm	odch.	max dob. mm	liczba dni			liczba dni			ciągła	płaty		
						dob.	odch.	max.	min.	max.	min.	dob. <0°	min. <0°	min. gruntu <0°	min. <0° max. <0°	≥10 m/s	≥15 m/s					ciągły opad.			ciągły bezop.						
																						≥0,1	≥10	6–10	>10	max.	6–10			>10	max.
30 X 1961	+25	7 XII 1961	+13	38	-12	1,1	-1,7	4,2	-2,6	8,5	-13,3	10	32	34	30	8	0	77,5	194,2	+ 26,5	46,0	23	7	0	0	11	0	0	4	21	6
21 IX 1962	-14	15 XI 1962	-9	55	+5	4,4	+1,6	7,8	1,6	13,6	-4,6	6	17	32	17	2	0	219,6	132,1	-36,6	13,6	20	5	1	2	7	2	1	11	8	7
26 IX 1963	-9	5 XII 1963	+11	71	+21	2,3	-0,5	4,4	-2,0	13,9	-13,4	17	38	15	36	19	12	164,3	239,4	+70,7	50,8	44	10	2	0	6	0	0	5	27	15
21 IX 1964	-14	16 XI 1964	-8	57	+7	3,1	+0,3	6,1	-0,2	16,9	-8,1	13	26	35	23	7	3	187,5	389,6	+220,9	43,6	32	12	2	0	9	2	0	8	18	12
10 X 1965	+5	11 XI 1965	-13	32	-18	2,2	-0,6	6,5	-1,3	13,7	-7,9	7	21	30	21	2	0	147,8	184	-150,3	3,6	9	0	0	0	4	1	1	12	3	7
30 X 1966	+23	11 XI 1966	-13	13	-37	2,3	-0,5	5,4	-0,4	13,8	-10,1	5	6	5	2	6	4	29,1	12,5	-156,5	4,8	4	0	0	0	3	0	0	4	6	7
6 X 1967	+1	16 XI 1967	-8	41	-9	6,1	3,3	9,8	2,3	17,2	-7,4	4	11	15	10	11	5	150,8	101,2	-67,5	17,2	16	4	1	0	6	0	0	5	5	5
1 X 1968	-4	17 XII 1968	+23	78	+28	1,5	-1,3	5,6	-2,2	14,5	-13,0	28	48	62	11	10	3	206,8	157,7	-10,0	22,9	32	20	2	0	7	2	1	21	22	7
1 X 1969	-4	24 XI 1969	0	55	+5	3,6	+0,8	7,6	0,2	15,8	-9,6	9	23	42	5	13	3	174,2	169,9	+1,2	27,0	26	5	1	0	10	0	1	17	16	5
1 X 1970	-4	30 XI 1970	+6	61	+11	1,8	-1,0	5,5	-1,7	17,1	-9,3	25	38	44	38	11	0	141,1	272,6	+103,9	31,7	41	8	1	0	10	2	0	7	24	17
5 X	±10,2	24 XI	±10,4	50	±14	2,8	±1,2	6,3	-0,6	17,2	-13,3	12	26	31	18	8,4	2,2	149,8	168,7	±84,4	46,0	25	6	1	0,3	7	0,9	0,4	9	9	14

Procesy morfogenetyczne



Tabela 16

Częstotliwość potencjalnych warunków występowania procesów morfogenetycznych w otoczeniu Hali Gąsienicowej w porze pluwioniwalnej w okresie 1961–1970. Liczba dni

Rok	Ściany skalne						Stoki usypiskowe										Stoki wyrównane						Powierzchnie płaskie								
	wietrzenie fizyczne	wietrzenie insolacyjne	odpadanie	niwacja	deflacja	splukiwanie	wietrzenie fizyczne	wietrzenie insolacyjne	ruchy gleby	akumulacja	spełzywanie gruzu	lawiny	niwacja	deflacja	splukiwanie	sufozja	wietrzenie fizyczne	ruchy gleby	lód włóknisty	spełzywanie pokryw	soliflukcja	niwacja	deflacja	splukiwanie	sufozja	ruchy gleby	lód włóknisty	spełzywanie pokryw	niwacja	deflacja	splukiwanie
1961	31	2	31	6	8	1	31	2	33	31	—	—	6	8	1	5	31	35	19	—	—	6	8	1	5	33	19	—	6	8	1
1962	22	22	22	7	2	2	22	22	25	22	16	—	7	2	1	5	22	25	34	16	—	7	2	1	5	25	34	16	7	2	1
1963	47	14	47	15	16	8	47	14	40	47	12	—	15	16	8	19	47	40	13	12	—	15	16	8	19	40	13	12	15	16	8
1964	39	16	39	12	10	11	39	16	26	39	13	—	12	10	11	18	39	26	27	13	—	12	10	11	18	26	27	13	12	10	11
1965	29	17	29	7	2	—	29	17	—	29	—	—	7	2	—	—	29	—	26	—	—	7	2	—	—	—	26	—	7	2	—
1966	5	—	5	7	6	—	5	—	2	5	—	—	7	6	—	1	5	2	1	—	—	7	6	—	1	2	1	—	7	6	—
1967	16	15	16	5	11	1	16	15	17	16	2	—	5	11	1	3	16	17	12	2	—	5	11	1	3	17	12	2	5	11	1
1968	48	12	48	7	10	—	48	12	56	48	—	—	7	10	—	8	48	56	32	—	—	7	10	—	8	56	32	—	7	10	—
1969	37	13	37	5	13	2	37	13	35	37	3	—	5	13	2	4	37	35	33	3	—	5	13	2	6	35	33	3	5	13	2
1970	33	9	33	17	11	3	33	9	16	33	9	—	17	11	3	7	33	16	18	9	—	17	11	3	7	16	18	9	17	11	3
10-lecie	307	120	307	88	89	28	307	120	250	307	55	—	88	89	28	70	307	250	215	55	—	88	89	28	70	250	215	55	88	89	28

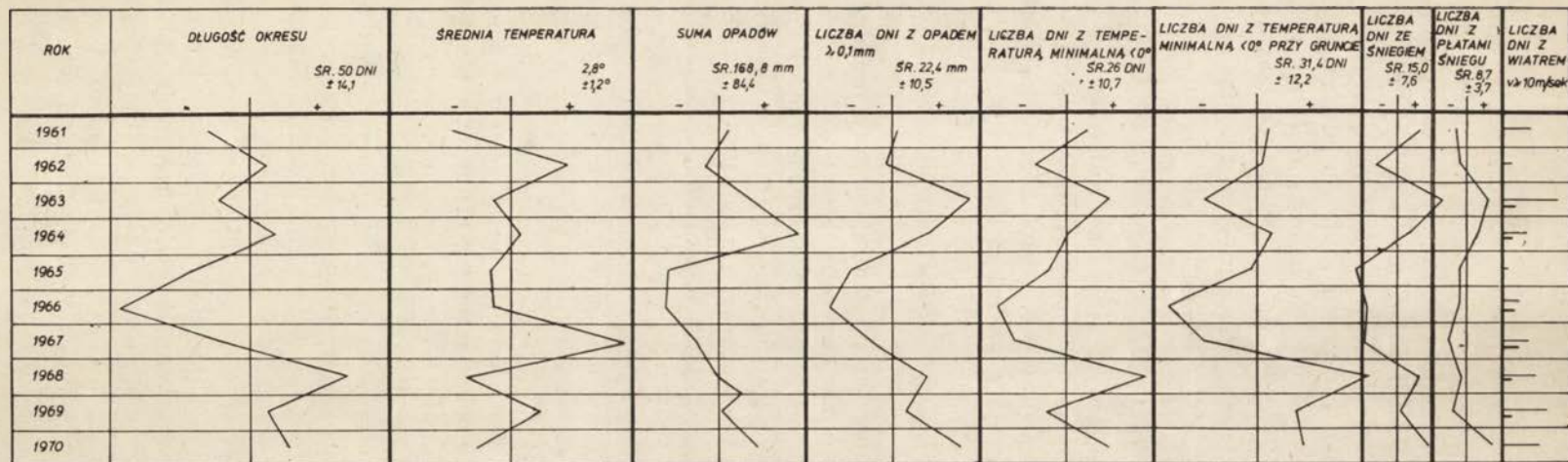
dezintegracji skał. Optymalne warunki dla tego procesu występują na stokach o ekspozycji południowej. W zależności od typu lata korzystne warunki dla wietrzenia insolacyjnego występują od 13 do 45 dni; średnio w ciągu 38 dni (fot. 9).

Bardzo zróżnicowana jest w poszczególnych latach liczba dni, w których panują w porze pluwialnej potencjalne warunki dla występowania lodu włóknistego. Rozbieżność w poszczególnych latach waha się od 5 do 48 dni, a przeciętna wartość wynosi 24 dni (28% liczby dni pory pluwialnej). Warunkiem występowania lodu włóknistego jest odpowiednia struktura gruntu (porowatość) oraz dłuższe nocne przymrozki.

#### PORA PLUWIONIOWALNA

Porę pluwioniową, której długość i warunki klimatyczne ilustrują tabela 15 i rycina 9, jako przejściową między latem a zimą, cechuje występowanie wielu wspólnych dla wymienionych pór procesów morfogenetycznych (tab. 16). Typowymi jednak są procesy krioniwalne. W grupie tej większą jednak rolę odgrywają procesy kriogeniczne niż niwalne. Pokrywa śnieżna jest jeszcze wówczas na ogół cienka i nie-trwała, o małej gęstości śniegu, nie występują lawiny śnieżne. Jedynie niwacja płatów śnieżnych o słabym natężeniu może działać w skrajnych przypadkach od 5 do 17 dni; średnio 9 dni. Natomiast charakterystyczne dla tej pory zwykle dłuższe okresy słonecznej antycyklonalnej pogody sprzyjają występowaniu znacznych amplitud między temperaturą na poziomie 2 m a temperaturą w warstwach przygruntowych, które często posiadają wartości ujemne wskutek silnego nocnego wypromieniowania. Toteż powierzchnia gruntu zamarza w nocy, a rozmarza w ciągu dnia. W wyniku regelacji podłoża zachodzą ruchy podnoszenia i osiadania gruntu na stokach piargowych, a przede wszystkim na pokrywach ziemnogruzowych stoków dojrzałych i powierzchni płaskich. Jest to pierwsza faza rocznego cyklu pionowych ruchów gleby. Największa częstotliwość tego zjawiska w 10-leciu mogła zachodzić w ciągu 56 dni; średnio w ciągu 25 dni. W jesieni najkorzystniejsze warunki dla występowania lodu włóknistego panują wtedy, gdy temperatura minimalna przy gruncie waha się około 0°. Lód włóknisty występuje lokalnie na stokach piargowych, częściej jednak w pokrywach ziemistych wyrównanych stoków i na terenach płaskich.

Wietrzenie mrozowe i związane z nim odpadanie materiału ze ścian skalnych oraz akumulacja jego na stokach piargowych wynikają z wahań temperatury około 0°. W założeniu przyjęto, że warunkiem koniecznym wietrzenia mrozowego w jesieni jest temperatura minimalna przy gruncie poniżej 0°, a warunkiem bardziej sprzyjającym, gdy również wartość ujemna temperatury jest na wysokości 2 m. Warunki takie spełnione były w porze niweoplujalnej w okresie 10-lecia od 5 do 48 dni. Destrukcja podłoża przez działanie śniegu i lodu, dająca sporo rozdrob-



Ryc. 9. Średnie odchylenie standardowe elementów klimatu Hali Gąsienicowej w porze pluwioniwalnej  
 Mean standard deviation of climate elements at Hala Gąsienicowa in the pluvio-nival season



nionego materiału, sprzyja deflacji. Częstotliwość silnych wiatrów w omawianym okresie wzrasta i wynosi maksymalnie dla wiatrów silnych ( $\geq 10$  m/s) 19 dni, średnio 8 dni, a dla wiatrów bardzo silnych ( $\geq 15$  m/s) odpowiednio 12 i 2 dni. Deflacji sprzyja również na ogół sucha pora roku, a więc deflacja w jesieni jest najaktywniejsza. Brak na ogół większych rozmiarów transportu wodnego powoduje, że mimo działania wielu procesów destrukcyjnych znaczna część „przerobionego” materiału pozostaje na miejscu. Stopniowe wychładzanie gruntu, coraz częstsze pojawianie się i zanikanie śniegu i lodu to zjawiska typowe zachodzące na podłożu pod koniec pory pluwioniwalnej.

#### AMPLITUDA ZJAWISK W ŚWIETLE KLIMATU WIELOLECIA

Pod względem klimatycznym stację na Hali Gąsienicowej charakteryzuje w porze niwalnej średnia temperatura 10-lecia  $-4,4^\circ$ . Średnie odchylenie standardowe wynosi 1,0. Absolutne wartości skrajne temperatury w tym okresie osiągały od  $-26,6$  do  $+17,0^\circ$ . Średnia suma opadów okresu zimowego wynosiła 477 mm, a w skrajnych przypadkach 257—767 mm. Najdłuższy okres utrzymywania się zwartej pokrywy śnieżnej wynosił 189 dni, co w stosunku do najkrótszego okresu 125 dni daje znaczne zróżnicowanie. Średnia długość pory niwalnej wynosi 155 dni. Intensywność uśnieżenia mierzona liczbą dni z pokrywą śnieżną powyżej 1 m kształtuje się w poszczególnych zimach od 3 do 107. Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej na stacji w omawianym 10-leciu osiągnęła 185 cm, co w porównaniu z zimą 1954 r., kiedy akumulacja śniegu osiągnęła 237 cm, jest stosunkowo niską.

Z długością zimy, a zwłaszcza z uśnieżeniem, wiąże się ilość i rozmiary lawin. Najwięcej ich wystąpiło w latach 1961—1970 w trzech kolejnych zimach: 1964/65 — 300 lawin, 1965/66 — ponad 200 lawin, 1966/67 — 163 lawiny. Jedną z największych lawin z tego okresu zsunęła się ze stoków Pośredniego Goryczkowego w dniu 19 kwietnia 1970 r., a jej objętość szacowano na około 2400 m<sup>3</sup> śniegu, natomiast wysokość niektórych seraków osiągała 12 m. Ze względu na rodzaj i genezę na uwagę zasługuje znacznych rozmiarów lawina śnieżno-kamienna na stoku Skrajnej Turni w dniu 10/11 czerwca 1976 r. Jest prawdopodobne, że impulsem wprowadzającym w ruch masy śnieżno-kamienne było trzęsienie Ziemi, które w tym czasie rejestrowane było na terenie kraju, a także i we Włoszech. Według wstępnego szacunku waga samego materiału skalnego przemieszczonego przez śnieg wynosiła kilka ton (zebrany materiał obserwacyjny jest w opracowaniu).

Zapiski i kroniki tatrzańskie (m. in. TOPR) zawierają liczne wiadomości o niszczycielskiej działalności lawin śnieżnych (Kłapa 1959), której efekty poza burzeniem szałasów, obiektów turystycznych, niszczeniem mostów i ścieżek, a niekiedy zasypywaniem turystów (lawina z Kondratowego Wierchu 2 marca 1956 r. zburzyła schronisko i szałas)

grzebiąc 5 osób), obserwuje się w postaci degradacji pokryw glebowych przez korazję, niszczenia lasu i obniżenie jego górnej granicy (Myczkowski 1962).

Działalność wód roztopowych pod koniec zimy w obszarze powyżej granicy lasu nie wywołuje na ogół skutków katastrofalnych ze względu na selektywne tajanie pokrywy śnieżnej oraz zwolnione tempo spływu w ciągu nocy i nawrotem chłodu. Przy gwałtownym jednak tajaniu grubej pokrywy śnieżnej, przyspieszonym opadami deszczu, występuje obfity spływ powierzchniowy i śródpokrywowy. Takie warunki w okresie 10-lecia wystąpiły u schyłku zimy 1962/63, wówczas ubytek pokrywy śnieżnej o grubości ponad 1 m przekraczał 20 cm/dobę. Podobne gwałtowne zanikanie pokrywy śnieżnej obserwowano pod koniec zimy 1967 r. Natomiast w zimie 1962 r. początkowo intensywne tajanie i zanikanie śniegu zostało zahamowane przez spadek temperatury powietrza i wystąpienia opadów śnieżnych, a następną fazą roztopowa przebiegała już normalnie.

Porę niweopluwialną cechują zmienne warunki atmosferyczne. Średnia temperatura powietrza 10-letniego okresu pory niweopluwialnej wynosi  $5,5^{\circ}$ , przy średnim odchyleniu standardowym  $\pm 1,3$ , a częste wahania w skrajnych przypadkach osiągają amplitudy od  $-9$  do  $+20,6^{\circ}$ . Śnieżno-deszczowe opady osiągają średnią wartość dla okresu 259,6 mm, o dużym zróżnicowaniu w poszczególnych latach, od 557,6 mm do 32,5 mm. Duże zróżnicowanie dotyczy również długości okresu, od 14 do 59 dni, przy średniej wartości 38 dni.

W porze niweopluwialnej, bardzo aktywnej morfologicznie, rzadko występują zjawiska o nasileniu katastrofalnym. Za wyjątek należy uważać nietypowe ze względu na porę roku i obszar występowanie lawin obserwowane w piętrze kosodrzewiny i reglowym w połowie czerwca 1962 r. Związane one były ze znacznym spadkiem temperatury (do ok.  $-10^{\circ}$ ) i obfitymi opadami śniegu w dniach 3—15 VI tworzącymi około 1 m świeżą warstwę śniegu. Nagłe ocieplenie spowodowało schodzenie wielu lawin mokrego śniegu. Obfita okiść i ruchy śniegu były przyczyną znacznych szkód w drzewostanie lasów tatrzańskich. Gwałtowne zaś tajanie grubej pokrywy śnieżnej wywołało nagły spływ powierzchniowy i wezbranie potoków górskich.

Nietypowy także był dla tej pory roku największy w bieżącym stuleciu huragan w Tatrach w dniach 4—7 maja 1968 r. Największe nasilenie osiągnął 6 maja, ponad 70 m/s. Genezę tego wiatru wyjaśniła Budziszewska i Horawska (1969), zaś jego skutki morfologiczne opisał Kotarba (1970). Według jego obliczeń, wyrwanie drzew z korzeniami i przemieszczenie masy glebowej w dolinie Małej Łąki wynosiło  $49\,342,08\text{ m}^3$ , co w przeliczeniu na powierzchnię  $1\text{ km}^2$  daje wartość  $51\,729,5\text{ m}^3$ . Skalę zniszczeń drzewostanu na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego według opracowania Bzowskiego i Dziewolskiego (1973)



obrazuje powierzchnia powalonego lasu wynosząca 375 ha i masa powalonych drzew oszacowana na 14 661 m<sup>3</sup>.

Pora pluwialna charakteryzuje się pod względem klimatycznym w 10-leciu średnią temperaturą powietrza 9,8°, z odchyleniami średnimi standardowymi  $\pm 0,8$ , skrajnymi temperaturami absolutnymi od +22,6 do -8,5°, średnią sumą opadów 795,2 mm, z wahaniami w poszczególnych latach od 524,5 mm do 1161,0 mm. Długość okresu pluwialnego średnio wynosi 121 dni, najkrótsza 82 dni, najdłuższa 158 dni.

Największe rozmiary zjawisk o skutkach katastrofalnych występują w porze pluwialnej i związane są z ekstremalnymi opadami deszczu (Starkel 1976). Ulewy o wielkich rozmiarach, powodujące znaczne przeobrażenie rzeźby przez procesy fluwialne, występują co kilka lat. Opady dobowe powyżej 100 mm na Hali Gąsienicowej w wieloleciu kształtowały się następująco:

data występowania	ilość mm/dobę
16 VII 1934	255,0
22 VII 1949	108,8
10 V 1951	107,7
21 VII 1955	105,8
29 VII 1958	140,7
13 VIII 1960	146,2
18 V 1962	173,0
18 VIII 1968	120,1
18 VIII 1970	124,9
30 VI 1973	300,0

Opad 30 czerwca 1973 r. był najwyższym opadem dobowym 100-lecia i stanowił część opadu trwającego 36 godzin o łącznej sumie 400 mm, co stanowi 38% rocznej sumy opadów na Hali Gąsienicowej.

Płynąca w czasie ulew woda oprócz erozji i transportu korytowego wywołuje i ożywia procesy stokowe w postaci zmywów, osuwisk skalnych i gruzowoziemnych. Ulewne deszcze naruszają stabilność spękanych skał i luźnych głazów wywołując obrywy skalne i „lawiny kamieni”, niekiedy znacznych rozmiarów. Do tej kategorii zjawisk należy zaliczyć oberwanie się zwietrzałych skał na południowym stoku Giewontu w dniu 6 kwietnia 1953 r., kiedy to kilkutonowy głaz uszkodził schronisko na Hali Kondratowej. Z ekstremalnymi opadami w lipcu 1962 r. (18 i 19 — 223 mm, 22 i 23 VII ok. 50 mm) wiąże się wielki obryw skalny w dniu 23/24 VII z Roztockiej Czuby. Powstało wówczas „lawinisko” kamieni długości około 1/2 km o kilkumetrowej grubości. Kilkutonowe głazy zniszczyły i zatarasowały szosę powyżej Wodogrzmotów Mickiewicza, wycięły las, wyrrywając drzewa z korzeniami. W tym to czasie powstał obryw na zachodniej ścianie Kościelca. Przemieszczanie głazów wielkości do 4 m<sup>3</sup> wynosiło 40—60 m (zaklinowane z żlebie



zostały w ten sposób unieruchomione). Wskutek transportu głazów powstały liczne wyrwy w podłożu oraz ścięte zostały płyty darni i kosówki. Erozyjne rozcięcie stożka piargowego sięgało miejscami 1 m. Akumulacja materiału zaznaczyła się usypanymi wałami kamiennymi i powierzchniami pokrytymi dużymi blokami i okruchami skalnymi. Według ogólnego szacunku przemieszczone masy skalne przez transport grawitacyjny i wodny przekraczały wagę 20 ton. Z podobnymi procesami należy wiązać kilkutonowe obrywy skalne zaobserwowane dnia 13 VI 1963 r. na północno-wschodnim stoku Skrajnej Turni. Częściowo rozkruszone bloki skalne i różnej frakcji gruz zdeponowane zostały na powierzchni sfirniałego śniegu, gdzie wyraźnie zaznaczyły się tory transportu sięgającego na odległość do 150 m od ściany. Bezpośrednim impulsem wyzwalającym spękane i rozluźnione bloki skalne był opad deszczu, którego suma z dwu dni, 11 i 12 VI 1963 r. wynosiła około 30 mm. Inny przykład to znacznych rozmiarów lawina kamieni, która dnia 9 VII 1963 r. runęła ze stoków Żabiego. Zasięg pokruszonych bloków skalnych przekraczał ścieżkę turystyczną prowadzącą z Morskiego Oka do Czarnego Stawu. Obryw poprzedzał deszcz o dużym natężeniu, którego suma dobową wynosiła 40 mm. Inną genezę miał obryw na wschodniej ścianie Małego Kościelca dnia 26 IX 1965 r. Duża masa skalna, której tor sięgał niemal dna doliny Czarnego Potoku, zsunęła się pod wpływem silnego wiatru. Na stoku powstały głębokie rynny korazyjne. Jeden z większych bloków granitowych posiadał rozmiary  $390 \times 160 \times 100$  cm. Wielkość odpadniętego i przemieszczonego materiału oszacowano na kilkadziesiąt ton. Mniej więcej w tym czasie powstały również dwa obrywy na północno-zachodniej ścianie Skrajnego Granatu. Ilość przemieszczonego materiału sięgała kilku ton.

Z przytoczonych powyżej przykładów można wnioskować, że niemal w każdej dolinie tatrzańskiej co kilka lat zdarzają się większe obrywy skalne, będące następstwem długotrwałego wietrzenia mrozowego, a siłą motoryczną uwalniające masy skalne są ulewne deszcze w porze pluwialnej.

Pora pluwioniwalna posiada znamiona przejściowości warunków klimatycznych od lata do zimy. Średnia długość okresu wynosi 50 dni, najdłuższy 78 dni, najkrótszy 13 dni. Średnia temperatura powietrza z okresu 10-lecia wynosi  $2,8^\circ$  o odchyleniu średnim standardowym  $\pm 1,2$ . Skrajne amplitudy temperatury osiągają od  $+17,2$  do  $-13,4^\circ$ . Pełna jesień tatrzańska bywa na ogół sucha, ale niekiedy i bardzo dżdżysta. Deszczowo-śnieżne opady kształtują się w skrajnych przypadkach od 389,6 mm do 12,5 mm, co daje średnią sumę w 10-leciu 168,7 mm. Maksymalne opady dobowe są bardzo zróżnicowane i wynoszą od 50,8 mm do 3,6 mm. Pokrywa śnieżna występowała w ciągu od 3 do 27 dni, średnio 9 dni. Płyty śnieżne utrzymywały się od 5 do 17 dni, średnio w ciągu 14 dni.

W porze pluwioniwalnej na obszarze powyżej górnej granicy lasu nie obserwowano zjawisk o dużym natężeniu, co wiąże się przeważnie z suchym okresem.

Wzmożona w jesieni deflacja, której sprzyja zwykle suche podłoże, martwiejąca roślinność trawiasta i rozluźnione przez procesy kriogeniczne agregaty glebowe, powoduje degradację pokryw zwietrzelinowych oraz tworzenie się i rozwój form eolicznych. Natomiast w piętrach reglowych dość często w tym okresie zniszczony jest przez silne wiatry drzewostan, a największe skutki morfologiczne wywołują wykroty (fot. 11). Z tym zjawiskiem wiąże się powstawanie zagłębień i wałów akumulacyjnych, przekształcających się z czasem w zbiorowisko kopczyków ziemnych.

#### ROLA PÓR MORFOGENETYCZNYCH

Rolę i znaczenie wydzielonych pór morfogenetycznych w modelowaniu rzeźby na obszarze powyżej górnej granicy lasu można określić następująco:

**P o r a n i w a l n a**, najdłuższa ze wszystkich pór morfogenetycznych (średnio 155 dni), charakteryzuje się słabą aktywnością procesów, na co wpływa izolacja podłoża przez grubą warstwę śniegu od czynników zewnętrznych. Jedynie niedostatecznie chronione przez śnieg ściany skalne podlegają wówczas niszczeniu, głównie wskutek wietrzenia mrozowego o słabym natężeniu. Wskazuje na to stosunkowo niewielka ilość zdeponowanego luźnego materiału skalnego na stokach usypiskowych. Lokalnie działające transport i korazja lawinowa, obejmujące przede wszystkim stoki skaliste a w mniejszym stopniu stoki dojrzałe, ograniczają się w zasadzie do stromych żlebów. Większe znaczenie rzeźbotwórcze posiadają procesy te dopiero w drugiej połowie zimy (III—IV), tj. w czasie zsuwania się lawin gruntowych. Potencjalna energia w postaci retencji śnieżnej i lodowej wyzwalamana jest dopiero pod koniec okresu jako kinetyczna energia wód roztopowych (erozja, transport, akumulacja).

Odnosząc długość okresu aktywnych procesów i ich powierzchni czynnej do całego okresu zimowego i całego obszaru można twierdzić, że w porze niwalnej zdecydowanie przeważa czynnik konserwujący podłoże (tab. 17, ryc. 10).

**P o r a n i w e o p l u w i a l n a**, najkrótsza (średnio 38 dni) wykazuje intensywność działania niemal wszystkich podstawowych procesów morfogenetycznych na całym obszarze. Decydujące znaczenie posiada zespół procesów krioniwalnych, występujący w otoczeniu długotrwałych płatów śnieżnych utrzymujących się zwłaszcza w miejscach zacienionych. Warunki klimatu peryniwalnego sprzyjają znacznemu wietrzeniu mrozowemu. Duża ilość odpadniętego materiału ze ścian skalnych pochodzi

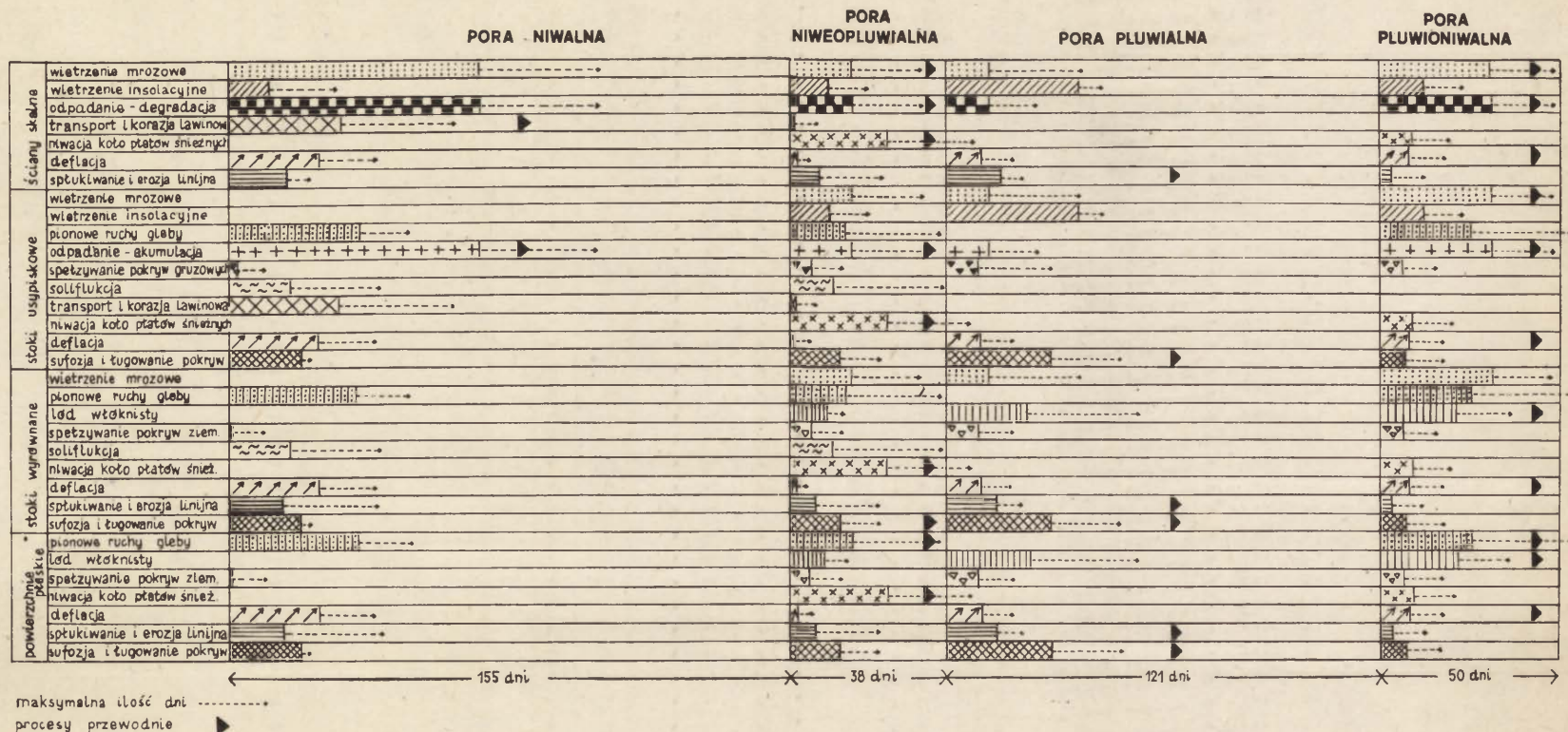


Częstotliwość potencjalnych warunków występowania procesów morfogenetycznych w otoczeniu Hali Gąsienicowej. Liczba dni w okresie 1961–1970

Rodzaj procesów morfogenetycznych	Typ stoków																			
	ściany skalne					stoki usypiskowe					stoki dojrzałe					powierzchnie płaskie				
	pory morfogenetyczne																			
	N	Np	P	Pn	suma	N	Np	P	Pn	suma	N	Np	P	Pn	suma	N	Np	P	Pn	suma
Wietrzenie mrozowe	590	172	121	307	1190		172	121	307	600		172	121	307	600		172	121	307	600
Wietrzenie insolacyj- ne	109	104	378	120	711		104	378	120	602							s			
Odpadanie degradacja akumulacja	590	172	121	307	1190	590	172	121	307	1190										
Transport i korazja	309	8			407	309	8			407	309				309					
Niwacja płatów śnie- żnych		285		88	373		285		88	373		285		88	373		285		88	373
Deflacja	248	15	97	89	449	248	15	97	89	449	248	15	97	89	449	248	15	97	89	449
Splukiwanie i erozja	156	80	145	28	409		80	145	28	253	156	80	145	28	409	156	80	145	28	409
Sufozja i ługowanie						156	149	292	70	667	166	149	292	70	677	166	149	292	70	677
Pionowe ruchy gleby						349	156		250	755	349	156		250	755	349	80	145	28	602
Działanie lodu włók- nistego									215	215		102	243	215	560		102	243	215	560
Spelzwanie gruzu						10	51	87	55	203										
ziemi											10	51	87	55	203					
Soliflukcja						173	119			292	173	119			292					

N — pora niwalna, Np — pora niweopluiwalna, P — pora pluwiwalna, Pn — pora pluwiwniwalna.





Ryc. 10. Procesy morfogenetyczne w obrębie czterech podstawowych elementów rzeźby w 10-leciu (1961—1970)  
Morphogenetic processes in a decade within four basic elements of relief

z wietrzenia mrozowego okresu zimowego, uwolnionego przez rozmarzanie rozkruszonych skał litych. Również rozpoczęte w porze niwalnej spłukiwanie powierzchniowe i linijne oraz sufozja kontynuowane jest w porze niweopluwialnej z większą częstotliwością i natężeniem. Ilość, rodzaj i intensywność procesów morfogenetycznych oraz obszar ich działania wskazują na dużą wagę pory niweopluwialnej w rozwoju rzeźby.

Pora pluwialna, długotrwała (średnio 121 dni), posiada jednak dłuższe okresy o słabej aktywności procesów rzeźbotwórczych, a nawet ich wygasanie w okresach stabilnej pogody. Przewodnikami są procesy fluwialne obejmujące w różnej formie i natężeniu wszystkie podstawowe elementy rzeźby. Największy wpływ na rozwój rzeźby mają procesy fluwialne podczas opadów ulewnych. Opady ekstremalne o wartościach ponad 100 mm/dobę, występujące zwykle co kilka lat, wywołują procesy o szczególnie dużym natężeniu, tworzące nowe wyraźne formy erozyjne, zaś intensywne spłukiwanie wyprząta nagromadzony w ciągu kilku lat materiał drobnoziarnisty odsłaniając tym samym głębsze warstwy zwietrzeliny. Długotrwałe opady ożywiają ruchy masowe na stokach.

Procesy fluwialne decydują więc o rozmiarach modelowania rzeźby obszaru wysokogórskiego.

Pora pluwioniwalna, dość krótka (średnio 50 dni), wyróżnia się dużą aktywnością procesów kriogenicznych działających destrukcyjnie na podłoże. Szczególnie częste występowanie lodu włóknistego powoduje rozluźnienie i rozdrobnienie pokryw glebowych i przemieszczanie zwietrzeliny na stokach. Drobny materiał i suche przeważnie o tej porze roku podłoże podatne jest szczególnie na deflację, zwłaszcza że zwiększa się wówczas częstotliwość i nasilenie wiatrów. Brak na ogół w tym czasie większych sił destrukcyjnych i transportowych, toteż przerobiony materiał pozostaje w znacznej części na miejscu.



## TYPY STOKÓW A WSPÓŁCZESNA MORFOGENEZA

Jednym z istotnych zagadnień dotyczących rozwoju rzeźby w obszarze wysokogórskim jest udział poszczególnych procesów morfogenetycznych i ich intensywność w modelowaniu podstawowych typów stoków.

Ściany skalne są jedynym typem stoku degradowanym niemal przez cały rok. Na czoło procesów wysuwa się odpadanie okruchów i obrywy bloków skalnych, będące następstwem intensywnego wietrzenia mrozowego przy współdziałaniu znacznej siły grawitacyjnej. Rozmiary i tempo odpadania zmieniają się w poszczególnych porach, najaktywniejsze jest w porze niweoplujalnej. Rezultatem odpadania jest cofanie się ścian skalnych oraz powstawanie osobliwych formacji skalnych (przewieszki, półki, grzędy i żebra skalne). Tylko z sezonem zimowym związana jest niwacja lawinowa, ograniczająca się głównie do stromych żlebów. Wymiatany przez ruchy śniegu czasowo gromadzony gruz skalny powoduje korazję podłoża, tj. pogłębianie i poszerzanie rynien. Żleby są również miejscem transportu i erozji torencjalnej w czasie letnich deszczów ulewnych.

Inne typy wietrzenia, jak eksfoliacja i dezintegracja ziarnista, odgrywają prawdopodobnie mniejszą rolę.

Stoki usypiskowe, w przeciwieństwie do ścian skalnych, są terenem agradacji materiału pochodzącego ze ścian skalnych w wyniku odpadania oraz transportu lawinowego i wodnego. W porze niwalnej podłoże chronione jest przez grubą warstwę śniegu, a działanie lawin ograniczone jest do ich torów. Degradacyjno-agradacyjną funkcję spełniają charakterystyczne dla tych stoków spływy gruzowo-śnieżne.

W okresie bezśnieżnym zasadniczym czynnikiem modelującym stoki piargowe są procesy fluwialne związane z deszczami ulewnymi, tworzące formy erozji (rynny) i akumulacji torencjalnej (wały, stożki). Częściej jednak występuje w obrębie stoków piargowych spływ śródpokrywowy, powodujący wymywanie i namywanie drobnej frakcji przygotowanej przez mikrogeliwację. Długo leżące w żlebach i pod ścianami płyty śnieżne są miejscem działalności aktywnych procesów krioniwalnych dających formy destrukcyjne (niecki i nisze niwalne) i konstrukcyjne (wały i stożki niwalne). Mniejsze znaczenie posiada soliflukcja i spływanie



gruzu. W ogólnym bilansie denudacyjnym przeważa akumulacja nad denudacją.

Stoki dojrzałe w długim okresie zimowym konserwowane są przez pokrywę śnieżną. Korazja i transport lawinowy w płytkich żlebach w porównaniu ze stokami skalistymi ze względu na mniejszą częstotliwość lawin i ich rozmiary jest słabsza. Również niwacja płatów śnieżnych trwa tu krócej i daje mniejsze efekty morfologiczne. Z uwagi na bardziej zwartą roślinność spłukiwanie i erozja powierzchniowa są hamowane, większe znaczenie posiada sufozja i ługowanie pokryw zwietrzelinowych. Do degradacji stoków przyczynia się soliflukcja związana i pełnienie pokryw gruzowoziemnych. Drobniejsza i porowata struktura gruntu stwarza warunki do występowania lodu włóknistego, powodującego przemieszczanie się cząstek zwietrzliny na stoku. W terenach dowietrznych i na grzbietach działa deflacja niszcząca pokrywy roślinne i tworząca formy eoliczne.

Przy braku dostawy materiału skalnego przeważają na stokach wyrównanych procesy degradacyjne.

Powierzchnie wyrównane (płaskie) osłaniane są w okresie zalegania pokrywy śnieżnej. Z uwagi na charakter powierzchni są miejscem agradacji materiału deluwialnego i koluwialnego. Wśród czynników destrukcyjnych wymienić należy erozję i spłukiwanie powierzchniowe o słabym ze względu na nachylenie i zwartą roślinność natężeniu. Większe rozmiary osiąga sufozja i ługowanie pokryw zwietrzelinowych. Aktywne są procesy krioniwalne wokół płatów śnieżnych i działanie lodu włóknistego.

Bilans denudacyjny powierzchni płaskich kształtuje się blisko stanu równowagi czynników agradacyjnych i degradacyjnych.

## ZESTAWIENIE WYNIKÓW

Przebieg procesów morfogenetycznych w ciągu roku w obszarze powyżej górnej granicy lasu uzależniony jest od całokształtu warunków mezo- i mikroklimatycznych w wysokich piętrach oraz układów makrocyrkulacji powietrza i związany z nimi reżimu termiczno-opadowego.

Sezonowe zmiany czynników meteorologicznych w ciągu roku, zwłaszcza zaś temperatury i opadów, oraz wynikające stąd zróżnicowanie procesów w zależności od „stanu gruntu”, pozwala na wydzielenie czterech pór morfogenetycznych: 1 — pory niwalnej, 2 — pory niweopluwialnej, 3 — pory pluwialnej, 4 — pory pluwioniwalnej.

Każdą porę morfogenetyczną cechują wyróżniające się zespoły procesów, odgrywające istotną rolę co do kierunku rozwoju rzeźby. Dla pory niwalnej typowym procesem jest oddziaływanie grubej warstwy śniegu na podłoże, szczególnie zaś niwacja wywołana przez lawiny śnieżne. W porze niweopluwialnej główną rolę odgrywają procesy krioniwalne, zwłaszcza zaś niwacja wokół długo utrzymujących się płatów śnieżnych oraz rozpoczęte już pod koniec zimy procesy związane ze spływem wód roztopowych. W porze pluwialnej przeważają procesy fluwialne — splukiwanie powierzchniowe i linijne oraz sufozja i ługowanie pokrywy. Z nasiąknięciem pokryw zwietrzelinowych wiążą się ruchy masowe. Dla pory pluwioniwalnej charakterystyczne są procesy kriogeniczne, zwłaszcza zaś działanie lodu włóknistego.

W związku z przejściowym charakterem klimatu Polski obserwujemy duże wahania z roku na rok tak w czasie trwania pór morfogenetycznych, jak i wydajności procesów.

Najwięcej różnorodnych procesów morfogenetycznych o dużym natężeniu występuje w okresie przejścia od zimy do wiosny (pora niweopluwialna), co wynika z częstych wahań temperatury powietrza i gruntu od plus do minus oraz tajania śniegu.

Największą rolę morfogenetyczną odgrywają zjawiska ekstremalne w okresie letnim (pora pluwialna) związane z opadami ulewnymi i rozlewnymi.

Typ stoku decyduje o rodzaju występujących procesów (niszczących

oraz budujących) i bilansie denudacyjnym stoku. Ściany skalne są degradowane głównie przez odpadanie.

Stoki usypiskowe są miejscem agradacji materiału pochodzącego ze ścian skalnych.

Stoki dojrzałe podlegają procesom denudacyjnym, przede wszystkim spłukiwaniu, erozji i ruchom masowym.

Powierzchnie wyrównane modelowane są zarówno przez procesy agradacyjne (deluwia, koluwia) jak i degradacyjne (spłukiwanie, sufozja, procesy krioniwalne).



## LITERATURA

- Bac S., 1950, *Ruchy warstw gleby wskutek zamarzania i tajania*, Wiad. Służ. Hydr. Meteorol., t. 2, z. 1.
- Budziszewska E., Morawska-Horawska M., 1969, *Przyczynki niskotroposferycznego prądu strumieniowego u powierzchni ziemi w Karpatach Zachodnich*, Przegl. Geof., t. 14, z. 1.
- Bzowski M., Dziewolski J., 1973, *Zniszczenia w lasach TPN spowodowane przez wiatr halny*, Ochr. Przyr., R. 38.
- Dobja A., 1973, *Present-day gravitation processes on the slopes of the Jaworzynka valley (the Polish Tatra Mountains)*, *Studia Geomorph. Carp.-Balkanica*, vol. 7.
- Gerlach T., 1959, *Lód włóknisty i jego rola w przemieszczaniu pokrywy zwierzelinowej w Tatrach*, Przegl. Geogr., t. 31, z. 3—4.
- 1972, *Contribution à la connaissance du développement actuel des buttes gazonnées (thufurs) dans les Tatras Polonaises*, Abs. Les Congrès et Colloques de L'Université de Liège.
- Hess M., 1963, *Problems of the Perinival Climate in the Tatra Mountains*, Bull. de L'Acad. Pol. des Sci., Ser. Geol. et Géogr. vol. 11, nr 11, z. 4.
- 1965, *Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich*, Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr., z. 11.
- 1968, *Metoda określania ilościowego zróżnicowania mikroklimatycznego w terenach górskich*, Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr., z. 18.
- 1970, *Zróżnicowanie stosunków mikroklimatycznych w profilu pionowym Karpat*, Folia Geogr., vol. 4.
- Jahn A., 1949, *Gleby strukturalne w polskiej części Tatr (Polygonal soils in the Tatra Mts.)*, Przegl. Geogr., t. 22.
- 1958, *Mikrorelief peryglacjalny Tatr i Babiej Góry*, Biul. Perygl., nr 4.
- 1965, *Grunty strukturalne*, Wszechświat, z. 3.
- 1969, *Niveo-eoliczne procesy w Sudetach i ich działanie na glebę*, Komit. Zagosp. Ziem Górskich PAN, z. 5 (18).
- 1970, *Najniższe stanowisko czynnych gruntów strukturalnych w Tatrach i problem dolnej granicy występowania zjawisk peryglacjalnych w górach*, Acta Geogr. Lodziensia, nr 24.
- Kaszowski L., 1969, *Z badań nad transportem rumowiska wlezonego w Dolinie Białego Potoku w Tatrach*, Spraw. z Posiedz. Kom. Nauk. PAN w Krakowie (lipiec-grudzień).
- 1973, *Morphological Activity of the Mountain Streams (with Biały Potok in the Tatra Mts. as example)*, Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr., nr 31.
- Klimaszewski M., 1971, *A Contribution to the Theory of Rock-Face Development*, *Studia Geomorph. Carp.-Balkanica*, vol. 5.
- Kłapa M., 1959, *Lawiny*, Wierchy, t. 28.
- 1963, *Prace Stacji Badawczej Instytutu Geografii PAN na Hali Gąsienicowej w latach 1960 i 1961*, Przegl. Geogr., t. 35, z. 2.

- 1966, *Prace Stacji Badawczej Instytutu Geografii PAN na Hali Gąsienicowej w latach 1962—1964*, Przegl. Geogr., t. 38, z. 2.
- 1968, *Procesy i formy ablacji pokrywy śnieżnej w Wysokich Tatrach*, *Studia Geomorph. Carp.-Balcanica*, vol. 2.
- 1970, *Problématique et méthodes de la Station Scientifique de l'Institut de Géographie de l'Académie Polonaise des Sciences à Hala Gąsienicowa dans les Tatras*, *Studia Geomorph. Carp.-Balcanica*, vol. 4.
- Kłapowa M., 1970, *Lawiny śnieżne w Tatrach Polskich*, *Wierchy*, t. 38.
- 1974, *Szata śnieżna w Tatrach*, *Czas. Geogr.*, t. 45, z. 1.
- Konček N., Rein F., 1971, *Katalog der Witterungstypen für Mitteleuropa*, *Acta Facultatis Rerum Naturalium Univers. Comeniana, Meteorologia IV*, Sloven. Pedagog. Naklad., Bratislava.
- Kotarba A., 1967, *Żłobki krasowe w Tatrach*, *Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr.*, z. 16.
- 1970, *The morphogenetic Role of foehn Wind in the Tatra Mts.*, *Studia Geomorph. Carp.-Balcanica*, vol. 4.
- 1971, *The Course and Intensity of Present-day Superficial Chemical Denudation in the Western Tatra Mts.*, *Studia Geomorph. Carp.-Balcanica*, vol. 5.
- 1972, *Powierzchniowa denudacja chemiczna w wapienno-dolomitowych Tatrach Zachodnich*, *Pr. Geogr. IG PAN*, nr 96.
- 1976, *Współczesne modelowanie węglanowych stoków wysokogórskich na przykładzie Czerwonych Wierchów w Tatrach Zachodnich*, *Pr. Geogr. IGiPZ PAN*, nr 120.
- Kotarba A., Starkel L., 1972, *Holocene Morphogenetic Altitudinal Zones in the Carpathians (Holoceńskie piętra morfogenetyczne)*, *Studia Geomorph. Carp.-Balcanica*, vol. 6.
- Midriak R., 1976, *Denudation of High-Mountain slope by Nivation in the Czechoslovak Carpathians*, *Studia Geomorph. Carp.-Balcanica*, vol. 10.
- Myczkowski S., 1962, *Wpływ lawin śnieżnych na lasy Tatrzańskiego Parku Narodowego w dolinach: Rybiego Potoku, Roztoki, Waksmundzkiej i Pańszczycy*, *Ochr. Przyr.*, t. 28.
- Orlicz M., 1962, *Klimat Tatr, Tatrzański Park Narodowy*, Kraków.
- Starkel L., 1976, *The Role of Extreme (Catastrophic) Meteorological events in Contemporary Evolution of Slopes*.
- Wit-Jóźwik K., 1974, *Hydrografia Tatr Wysokich. Objasnienia do mapy hydrograficznej „Tatry Wysokie” 1:50 000*, *Dokument. Geogr. IG PAN*, z. 5.

MORPHOGENETIC PROCESSES AND THEIR CONNECTION  
WITH SEASONAL WEATHER CHANGES  
IN THE ENVIRONMENT OF HALA GAŚIENICOWA  
IN THE TATRA MOUNTAINS

Summary

This work has aimed at the elaboration of a method which would allow us to give a characteristics of the course of morphogenetic processes typical for the area above the upper timber line in the Tatra Mts. in a yearly cycle and in the 10 years' period (1961—1970), on the basis of our knowledge of meteorological elements. It should also demonstrate differentiation of those processes in particular morphogenetic seasons and within four basic relief elements.

The method consisted in a detailed analysis of climate elements at the Hala Gaśienicowa Station situated just above the timber line (1520 m a.s.l.) and representing conditions of the cool and very cool zone climate (mean annual  $t = 2-4^{\circ}$  and  $0-2^{\circ}$  respectively), cf. table 1, 2, 3.

Some interdependencies were stated which hold between atmospheric and morphogenetic processes. They are useful in stating weather and morphological conditions necessary for occurrence and intensity of processes, the so-called "calendar of meteorological phenomena" (fig. 2) and "calendar of processes" (fig. 3). Criteria were also established for distinguishing four morphogenetic seasons, i.e. nival, niveo-pluvial, pluvio-nival and pluvial.

Because of different criteria of division, morphogenetic seasons are not identical with thermic ones (table 4, fig. 4).

12 typical morphogenetic processes were analysed: frost weathering, insolation weathering, vertical soil movements, needle-ice activity, rockfall, creep, gelifluction, snow avalanche transport and corrasion, nivation processes around snow patches, deflation, surface wash and concentrated wash, piping and chemical denudation of debris.

All those processes were referred to four basic types of slopes: rock walls, scree slopes, mature slopes and flat surfaces.

The study has demonstrated that each morphogenetic season has its own corresponding set of modelling processes which determine a morphological function of a given morphological season. Typical for the nival season are cryonival processes and especially the avalanche action. In the niveo-pluvial season dominate cryonival processes, especially nivation around long-lasting snow patches and activity of snow-melt water. In the pluvial season fluvial processes predominate. The pluvio-nival season can be characterized by cryogenic processes, particularly needle-ice activity and deflation.

On the basis of the course of processes in the morphogenetic seasons it was stated that majority of various high-intensity morphogenetic processes occur in the transitional period between winter and summer, i.e. in the niveo-pluvial



season and that the least active, in the morphological sense, is the nival season (table 17).

On the other hand, the greatest morphological part is played by extreme phenomena in the summer time (the pluvial season), connected with heavy and long-lasting rains. The relief morphogenesis is determined by a slope type. Rock walls are destroyed most intensely and for the longest time, mainly by rockfall.

Scree slopes are places of accumulation of material coming from rock walls.

Mature slopes undergo denudation processes, mainly through rill-wash, erosion and mass movements.

Smooth surfaces are modelled by aggradation (deluvium, colluvium) and degradation processes (piping, wash and cryonival processes).

The present work demonstrates that, in connection with a transitional character of the Polish climate, high amplitudes of values of meteorological elements occur from year to year, thus causing changeability of duration of the morphogenetic seasons and intensity of processes.

Every few years phenomena of catastrophic intensity happen in the Tatra Mts., as shown by given examples from a many-years' period referring to snow avalanches, big rockfall, erosion, surface wash and the activity of strong winds (table 7, fig. 5, 6, 8, 9).

*Translated by Elżbieta Chrzanowska*

## МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ИХ СВЯЗЬ С СЕЗОННЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ ПОГОДЫ В РАЙОНЕ ГАЛИ ГОНСЕНИЦОВОЙ В ТАТРАХ

### Резюме

Задача работы состояла в разработке метода, по которому на основании знания метеорологических элементов можно бы определить ход типичных для территорий, расположенных над верхней границей леса в Татрах, морфогенетических процессов в их годовом цикле и за 10-летие (1961—1970), а также их дифференциацию в отдельные морфогенетические периоды и в пределах основных элементов рельефа.

Метод работы заключался в подробном анализе элементов климата в районе станции на Гале Гонсеницовой, расположенной непосредственно над границей леса, на высоте 1520 м н. у. м., где преобладают климатические условия холодного (ср. темп. ° года 2—4) и очень холодного (ср. темп. ° года 0—2) яруса (таблицы 1, 2, 3).

Следовало определить зависимость между атмосферными факторами и морфогенетическими процессами и на этом основании — погодные и морфологические условия, необходимые для выступления и интенсификации процессов, так называемый „календарь метеорологических явлений” (рис. 2) и „календарь процессов” (рис. 3). Были определены критерии выделения четырех морфогенетических периодов: нивального, нивео-плювиального, плювиального, плювио-ниального.

Из-за иных критериев деления морфогенетические периоды отличаются от термических времен года (таблица 4, рис. 4).

Было проанализировано 12 типичных морфогенетических процессов: морозное выветривание, инсоляционное выветривание, вертикальные движения почвы, действие волокнистого льда, обвалы, сползание покровов, солифлюкция, лавинный перенос и коррозия, нивационные процессы около снежных пластов, дефляция, поверхностный и линейный смыл, суффозия и выщелачивание покровов.

Эти процессы относились к четырем основным типам склонов: скальным утесам; к склонам, образованным осыпью; зрелым склонам; плоским поверхностям.

В настоящей работе доказывается, что каждому морфогенетическому периоду соответствует иной комплекс рельефообразующих процессов, решающих о морфологической функции данного морфогенетического периода. Для нивального периода характерны нивальные процессы, в частности — лавинная нивация. В нивео-плювиальное время преобладают крионивальные процессы, в частности — нивация вокруг долго сохраняющихся пластов снега и действие талых вод. В плювиальный период доминируют флювиальные процессы. Для плювио-ниального периода характерны криогенные процессы, в частности — действие волокнистого льда и дефляция.

На основании хода процессов в морфогенетические периоды было констатировано, что больше всего разнообразных морфогенетических процессов большой интенсивности наблюдается в период перехода от зимы к лету, т. е. в нивео-плювиальное время; наименее активным в морфологическом отношении является нивальное время (табл. 17).

Самую большую морфогенетическую роль играют экстремальные явления в летнее время (плювиальный период), связанные с ливневыми и разливными осадками.

О морфогенезе рельефа решает тип склона. Дольше всего и самым интенсивным образом разрушаются скальные утесы, прежде всего — вследствие обвалов.

Склоны, покрытые каменной осыпью, это место агградации материала, обрывающегося от скальных утесов.

Зрелые склоны подвергаются процессам денудации, прежде всего в результате смывания, эрозии и массовых движений.

Ровные поверхности моделируются вследствие как агградационных (делювии, коллювии), так и деградационных процессов (суффозия, смывание, крионивальные процессы).

В работе доказывается, что в связи с переходным характером климата Польши, с каждым годом наблюдаются большие амплитуды в значениях метеорологических элементов, — отсюда и изменения в продолжительности морфогенетических периодов и интенсивности процессов.

Через каждые несколько лет выступают в Татрах явления катастрофической интенсивности. Это иллюстрируется примерами за многолетие относительно снежных лавин, скальных обвалов, эрозии и смывания, а также действия сильных ветров.

*Перевел Данель Хорович*





**WYDAWNICTWO IG i PZ PAN  
VARIA**

B. OLSZEWICZ — **Dorobek polskiej historii geografii i kartografii w latach 1945—1969**, 1973, s. 172, zł 48,—

J. MISZALSKI — **Współczesne procesy eoliczne na Pobrzeżu Słowińskim. Studium fotointerpretacyjne**, 1973, s. 150 + nlb., zł 30,—

Z. CIĘTAK, S. PIETKIEWICZ — **Słownik geograficzny angielsko-polski**, 1974, s. 422, zł 120,—

**CENTRALNY KATALOG ZBIORÓW KARTOGRAFICZNYCH W POLSCE**

Zeszyt 1. **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1482—1800**, 1961, s. 247, zł 72,—

Zeszyt 2 (uzupełniająca). **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1402—1800**, 1963, s. 112, zł 28,—

Zeszyt 3. **Katalog atlasów 1801—1919**, 1965, s. 342, zł 76,—

Zeszyt 4. **Katalog atlasów i dzieł geograficznych 1528—1945**, 1968, s. 160, zł 48,—

Zeszyt 5. **Wieloarkuszowe mapy topograficzne Polski 1576—1870** (w druku).

**Katalog dawnych map Rzeczypospolitej Polskiej w kolekcji Emeryka Hutten Czapskiego i w innych zbiorach**. Oprac. W. Kret, 1978, s. 164, 37 map, zł 140,—

**WAŻNIEJSZE DOSTRZEŻONE BŁĘDY DRUKU**

Stronica	Wiersz	Jest	Powinno być
18	10 od d.	5°C	> 5°C
	9 od d.	165 dni, 2 IX	153 dni, 21 X
19	5 od d.	Czarnego i Suchego Potoku (fot. 1)	Czarnego (fot. 1) i Suchego Potoku (fot. 2)
28	6 od g.	śr. dobową i maks 0°	śr. dobową i maks. > 0°
28	11 od g.	śr. dob. i minimalna 0°	śr. dob. i minimalna > 0°

Procesy morfogenetyczne...

**WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ**  
za ostatnie lata

## 1977

- 1 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1975, s. 85, zł 24,—
- 2-3 M. PULINA — Zjawiska krasowe w Sudetach polskich, s. 48 + nlb., zł 48,—
- 4 PRACA ZBIOROWA — Problemy bioklimatologii uzdrowiskowej, Cz. II, s. 85, zł 24,—
- 5 L. MAZURKIEWICZ — Zastosowanie metody symulacji w badaniu zmian przestrzennej struktury miasta (na przykładzie Wałbrzycha), s. 68, zł 24,—  
R. SOJA, K. WIT-JÓŻWIK, A. WELC — Opady atmosferyczne i deflacja w okolicach Szymbarku, s. 83, zł 24,—

## 1978

- 1 W. TYSZKIEWICZ — Struktura agrarna Polski 1945-1975. Analiza przestrzenno-czasowa, s. 87, zł 24,—
- 2-3 R. GLAZIK — Wpływ zbiornika wodnego na Wiśle we Włocławku na zmiany stosunków wodnych w dolinie, s. 119 + nlb., zł 40,—
- 4 S. KOZARSKI, J. SZUPRYCZYŃSKI — Formy i osady glacialne na przedpolu lodowca Sidu (Islandia), s. 59 + nlb., zł 24,—
- 5 A. MAKSIMIUK-PAZURA — Aglomeracje miejskie w Polsce jako bieguny rozwoju społeczno-gospodarczego, s. 80, zł 24,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1976, s. 85, zł 24,—

## 1979

- 1 PRACA ZBIOROWA — Kampinoski Park Narodowy i jego problematyka, s. 60, zł 24,—
- 2 PRACA ZBIOROWA — Problemy bioklimatologii uzdrowiskowej, Cz. III, s. 83, zł 24,—
- 3 PRACA ZBIOROWA — Metody analiz geograficznych w planowaniu przestrzennym, s. 100, zł 24,—
- 4 PRACA ZBIOROWA — Tendencje rozwoju i zmiany w organizacji przestrzeni krajów Trzeciego Świata, s. 94, zł 24,—
- 5 E. GIL — Typologia i ocena środowiska naturalnego okolic Szymbarku, s. 91 + nlb., zł 24,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1977, s. 79, zł 24,—

## 1980

- 1 S. CHMIELEWSKI — Zmiany środowiska geograficznego w strefie oddziaływania wielkiego miasta (na przykładzie północno-wschodniej części warszawskiego zespołu miejskiego), s. 85, zł 24,—
- 2 D. GOSPODAROWICZ — Osadnictwo rolnicze a gospodarka wielkoobszarowa na terenie woj. koszalińskiego w latach 1950-1977, s. 74, zł 24,—
- 3 PRACA ZBIOROWA — Metody opracowań topoklimatycznych (w druku)
- 4 M. KLAPA — Procesy morfogenetyczne i ich związek z sezonowymi zmianami pogody w otoczeniu Hali Gąsienicowej w Tatrach, s. 54 + nlb., zł 24,—
- 5 M. ZAMELSKA — Wpływ uprzemysłowienia na procesy urbanizacyjne w regionie bydgoskim (w druku).
- 6 PRACA ZBIOROWA — Streszczenia prac habilitacyjnych i doktorskich — 1978 (w druku)