

Klimat Pienin

Climate of the Pieniny Mountains

Joanna Perzanowska

Joanna Perzanowska, Instytut Ochrony Przyrody PAN,
31-120 Kraków, al. Mickiewicza 33, e-mail: perzanowska@iop.krakow.pl

Abstract: Climate of the Pieniny Mountains belongs to climates of inner-mountain calms. As compared with the climate of the adjacent mountain ranges, it is characterized by much lower precipitation, shorter period with snow cover and thinner snow cover, and higher soil and air temperatures, particularly on south-facing slopes. Thermal and humidity conditions are shaped to a high degree by wind, and especially by the "halny" wind. Great variation in the values of particular climatic parameters is observed; they depend on both aspect and inclination of slopes and terrain forms. All these features determine an individual character of the Pieniny Mountains among the adjacent mountain ranges, as shown by specific diversity of habitat conditions and development of unique biocoenoses.

Key words: climate, Pieniny Mountains, Western Carpathians.

1. Wstęp

Klimat Pienin zaliczany jest według Romera (1949) do klimatów zaciszy śródgórskich. W klasyfikacji rolniczo-klimatycznej Gumińskiego (1951) natomiast włączony jest do dzielnicy karpackiej. W wydzielonych przez Hessa (1965) piętrach klimatycznych polskich Karpat Zachodnich pasmo to znajduje się w zasięgu dwóch pięter: umiarkowanie ciepłego i umiarkowanie chłodnego. W kształtowaniu klimatu Pienin decydujące znaczenie mają czynniki geograficzne (ich położenie wewnątrz łuku Karpat), ukształtowanie terenu i wzniesienie nad poziom morza oraz czynniki cyrkulacyjne.

Pieniny rozdzielają dwie części doliny Dunajca o odmiennych warunkach klimatycznych: chłodną Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, gdzie w sezonie zimowym tworzą się zastoiska zimnych mas powietrza wywołujące inwersję w rozkładzie wysokościowym temperatury, od znacznie cieplejszej części doliny poniżej przetomu, ulegającej wentylacji przez ciepłe wiatry fenowe (wiatry ryterskie). Ogólne rysy rzeźby różnicują elementy klimatu lokalnego tej niewielkiej grupy górskiej. W skali mezoklimatu (Obłęska-Starkłowa 1969), podobnie jak w sąsiednich Gorcach, miejscami zaznaczają się różnice termiczne nocą między chłodnymi, inwersyjnymi dnami dolin a cieplejszymi stokami i wierzchowinami. Rozmaitość ekspozycji i nachyleń decyduje o dużych kontrastach w dopływie promieniowania słonecznego (Olecki 1989) i znacznym zróżnicowaniu termicznym w porze dziennej, zwłaszcza między stokami o ekspozycji południowej i północnej. Wysokość opadów i warunki nasłonecznienia decydują też o kie-

runkach i prędkości ruchu powietrza. Na warunki mikroklimatyczne tego obszaru istotnie wpływa znaczne urozmaicenie typów powierzchni na stokach górskich oraz ukształtowanie dna doliny Dunajca i reżim wodny tej rzeki: typ jej brzegów, bieg rzeki (zakola, przełomy), ilość przepływającej wody. Mikroklimat jest modyfikowany również w wyniku działalności gospodarczej, na największą skalę wskutek przekształcania szaty roślinnej i podłoża, np. poprzez zabudowę techniczną terenu. Szczególne znaczenie w łagodzeniu kontrastów termicznych w zachodniej części Pienin ma prawdopodobnie utworzony w ostatnich latach zbiornik Czorsztyn - Sromowce (Morawska 1969, Zych, Boniecka-Żółcik 1962). Jednak dopiero długotrwałe obserwacje wykażą skalę zmian podstawowych parametrów hydro-meteorologicznych na tym terenie. Ich zasięg i natężenie, a także zgodność z wcześniejszymi prognozami (Morawska 1969, Kostrakiewicz 1979) będzie można w pełni ocenić dopiero po dłuższym okresie rejestrowania danych klimatycznych w bliższym i dalszym sąsiedztwie tego zbiornika zaporowego.

Wszystkie wymienione czynniki przyczyniają się do odrębności klimatycznej obszaru Pienin i przejawiają się wytworzeniem specyficznych, niezwykle zróżnicowanych warunków siedliskowych, co w konsekwencji pozwala na wykształcenie się tu unikatowych biocenoz.

2. Charakterystyka wybranych elementów klimatu

2.1. Masy powietrza

Pośród wszystkich mas powietrza napływających na omawiany obszar w ciągu roku, dominujące znaczenie dla pogody w Pieninach mają masy powietrza polarnomorskiego PPM (około 60% dni w roku)^{*}. Najczęściej są one notowane w lecie i jesienią, a napływają głównie przy sytuacjach niżowych z kierunków W i NW przynosząc ochłodzenie. Zimą, adwekcja tego powietrza następuje zwykle z kierunków S i SW i powoduje ocieplenie.

Rzadziej na obszar Pienin napływają masy powietrza polarno-kontynentalnego PPK (około 25% dni), których spływ w chłodnej porze roku następuje zwykle w sytuacjach wyżowych z kierunków E i SE. Latem przynoszą one wysokie temperatury, a zimą silne mrozy, natomiast w obu porach roku odznaczają się niską wilgotnością powietrza.

Przez około 8% dni w roku w Pieninach pojawiają się masy powietrza zwrotnikowego, związane z układami niżowymi, oraz masy powietrza arktycznego (około 7% dni), napływające głównie w sytuacjach wyżowych (Kostrakiewicz 1979). Masy powietrza arktycznego w ciągu całego roku przynoszą spadek temperatury. Z ich napływem w miesiącach wiosennych i jesiennych wiąże się występowanie przygruntowych przymrozków i małe zachmurzenie.

Opady atmosferyczne, zwłaszcza o dużej wydajności, często występują w okresach przemieszczania się frontów atmosferycznych. Takie zjawiska meteorologiczne są

^{*} Wszystkie wartości liczbowe podano na podstawie cytowanej literatury, głównie z lat 1956-1965; dane pochodzą z kilkunastu stacji klimatycznych i punktów pomiarowych z Pienin i terenów sąsiednich. Od wartości tych nie odbiegają średnie temperatury i wysokość opadów za lata 1987-1998 ze stacji klimatycznej w Krościenku (por. tab. I).

typowe głównie w sytuacjach niżowych i znacznie rzadziej wyżowych (Niedźwiedz 1968). Maksymalne opady przypadają na lato i w wielu przypadkach wywoływane są przez sytuacje północne i północno-wschodnie cyklonalne.

2.2. Wiatry

Sytuację anemologiczną w Pieninach kształtuje częstotliwość i prędkość wiatrów górnych oraz wiatry dolne, silnie zmodyfikowane przebiegiem łańcuchów górskich i dolin rzecznych. Wiatry zwykle dostosowują się do przebiegu dolin, stąd najczęściej występują tu wiatry z kierunków: zachodniego, północno-zachodniego i wschodniego, rzadziej północnego i południowo-zachodniego. W przebiegu rocznym ich prędkość osiąga średnio 1,6-2,1 m/s w obniżeniach i do 2,5 m/s na szczytach i jest silnie uzależniona od formy terenu.

W Pieninach częstość występowania cisz zmienia się od około 20% w terenie otwartym do ponad 40% w osłoniętych dolinach. Ich występowanie w dużym stopniu zależy od ukształtowania terenu, a pojawiają się one tym rzadziej, im wyżej nad poziom morza jest wyniesiony obszar.

Obserwuje się również wyraźne zróżnicowanie prędkości i kierunków wiatrów w poszczególnych porach roku. W okresie od czerwca do października wiatry wieją zwykle z kierunków: W, NW i N ze stosunkowo niewielką siłą, natomiast zimą są silniejsze i wieją głównie z SW i E. Duża prędkość wiatrów w okresie jesieni i wiosny związana jest z występowaniem wiatrów halnych, napływających głównie dolinami rzecznyymi: Białki, Leśnicy i Rieki. Wiatry te regulują stosunki termiczno-wilgotnościowe na terenie Pienin. W okresie zimowym, przy spływie mas zimnego powietrza, charakterystyczne jest występowanie przeciągów w odcinkach przełomowych rzek (Niedźwiedz i in. 1985).

Na obszarze Pienin obserwuje się także zjawisko powstawania tzw. wiatru dolinnego, skierowanego zgodnie z biegiem doliny. W określonych sytuacjach pogodowych, w godzinach rannych, przed nagraniem Kotliny Nowotarsko-Maniowskiej, powietrze przepływa od Zielonych Skalek do Czorsztyna i dalej do przełomu Dunajca. W godzinach popołudniowych, obserwowany jest wiatr z kierunku odwrotnego, a więc z SE (Zych, Boniecka-Żółcik 1962).

Adwekcja zimnych mas powietrza, a następnie wykształcenie się nad Karpatami wyżu, powoduje powstawanie zastoisk wychłodzonego powietrza w dnach dolin rzecznych: Dunajca, Krośnicy, Łapszanki i Grajcarka. Masy chłodnego powietrza o znacznej grubości, nie mogąc wypłynąć przez Bramę Czorsztyńską i przełom Dunajca, spiętrzają się obejmując coraz wyżej położone obszary i wypromieniowują ciepło, a następnie spływają grawitacyjnie obniżeniami terenu. Tworzą się wówczas „rzeki” zimnego powietrza, „wpływające” do Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i przez obniżenia w Czorszynie i Niedzicy do doliny Dunajca, a przy większej miąższości takiej masy powietrza – również do doliny Krośnicy (Zych, Boniecka-Żółcik 1962). Zjawisko to uległo zapewne osłabieniu od momentu istnienia Zbiornika Czorsztyńskiego, ale tylko w okresach, gdy wody zbiornika nie są zamrożone.

2.3. Promieniowanie słoneczne

Natężenie promieniowania słonecznego jest uzależnione od pory roku oraz przejrzystości powietrza i dlatego wykazuje wyraźną zmienność sezonową. Na wiosnę (od marca do maja) jest wyższe o 25-50% w porównaniu do miesięcy jesiennych (IX-XI) i o około 15% mniejsze niż w lecie (VI-VIII), najniższe zaś jest zimą (XII-II). Duże natężenie promieniowania związane jest z najwyższym położeniem Słońca nad horyzontem i przypada na czerwiec. Bardzo wyraźny jest związek natężenia promieniowania z rodzajem napływających mas powietrza. Wysokie wartości osiąga ono przy masach powietrza arktycznego, nieco niższe przy napływie powietrza polarno-morskiego i polarno-kontynentalnego, a najniższe przy napływie powietrza zwrotnikowego.

Średnie miesięczne sumy całkowitego promieniowania słonecznego zwiększają się ze wzrostem wysokości nad poziom morza, ale tylko w okresie od października do kwietnia. Od początku maja do września wartości te maleją wraz z wysokością. Zaznacza się także asymetryczność dopływu promieniowania całkowitego w ciągu dnia, na korzyść godzin przedpołudniowych (Olecki 1989). W ciągu roku na powierzchnię poziomą w rejonie Pienin dociera około $3700 \text{ MJ} \times \text{m}^{-2}$ promieniowania słonecznego. Jednak zależnie od ekspozycji i nachylenia stoków ilość ta może zmieniać się w granicach od poniżej 70% na stokach północnych do ponad 120% na stokach południowych.

Przedstawiony przebieg wielkości promieniowania jest w decydującym stopniu uzależniony od zachmurzenia oraz czynników wpływających na stopień przejrzystości powietrza, takich jak: mgła, para wodna, wiatr itp. Duży wpływ na wielkość promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni terenu mają też pyłowe zanieczyszczenia atmosfery, a zwłaszcza ich koncentracje związane z występowaniem poziomów inwersyjnych, hamujących wymianę powietrza. Zanieczyszczenia te częściowo pochłaniają, a częściowo rozpraszają promieniowanie słoneczne.

Przy wzrastającej wilgotności powietrza, np. w okresie zimowym, lub zwiększającym się zanieczyszczeniu powietrza, zmniejsza się udział promieniowania bezpośredniego, a zwiększa promieniowania rozproszonego w całkowitym dopływie promieniowania do powierzchni gruntu. W takich sytuacjach zmniejsza się dopływ do pokrywy roślinnej i gleby aktywnego biologicznie promieniowania ultrafioletowego (Hess i in. 1980).

2.4. Zachmurzenie

Liczba dni pochmurnych w Pieninach, czyli takich, w których zachmurzenie nieba jest większe lub równe 80%, zwiększa się wraz z wysokością nad poziom morza oraz zależy od ekspozycji terenu, tj. wzrasta na skłonach o wystawie południowej. Największe zachmurzenie w ciągu roku notowane jest od listopada do marca (średnio 11-16 dni w miesiącu), natomiast minimum przypada na wrzesień i wynosi 8-10 dni. Analogicznie kształtuje się liczba dni pochmurnych. Rocznie ich suma wynosi od 135 do 140. Liczba dni pogodnych, czyli o zachmurzeniu mniejszym lub równym 20%, wynosi średnio w ciągu roku 42-44, a najwięcej jest ich we wrześniu, bo przeciętnie 2-6 (Kostrakiewicz 1979).

2.5. Mgła

Mgła jest czynnikiem, który w istotny sposób może ograniczać dopływ energii słonecznej do powierzchni ziemi, ponieważ stanowi zawiesinę (o różnej gęstości) bardzo małych kropelek wody w powietrzu, zmniejszającą widzialność. Mgła na terenie Pienin jest częstym zjawiskiem, zwłaszcza we wklęsłych formach terenowych. W ciągu roku w dolinie Dunajca występuje średnio 56-70 dni mglistych. Najczęściej pojawiają się one w okresie od sierpnia do października, a w wyższych partiach gór od listopada do marca. Obserwuje się także zróżnicowanie częstotliwości tworzenia się mgieł w zależności od ekspozycji terenu – częściej pojawiają się one na stokach o wystawie południowej (Kostrakiewicz 1982).

2.6. Wilgotność powietrza

Wilgotność względna powietrza na obszarze Pienin osiąga stosunkowo wysokie wartości i w okresie rocznym waha się średnio od 78,7% do 81,6%. Najwyższa jest zimą i wiosną (79,7%-87,1%), natomiast w cieplej porze roku osiąga 76,4%-81,9%. Obserwuje się też wzrost wilgotności powietrza wraz ze wzrostem wysokości nad poziom morza.

Wartości niedosytu wilgotności kształtują się odwrotnie w poszczególnych porach roku, tj. najwyższe są latem (2,8-4,8 hPa), a najniższe zimą (0,8-1,6 hPa). Średni roczny niedosyt wilgotności wynosi 1,6-2,7 hPa. Ściśle z niedosytem jest związana intensywność parowania. Zależy ona od wysokości (tzn. maleje wraz z jej wzrostem), form terenu (wyższa jest w formach wklęsłych) oraz ekspozycji stoków – zimą wyższe parowanie jest na stokach o wystawie północnej, latem na stokach eksponowanych na południe (Kostrakiewicz 1979, 1982).

2.7. Temperatura powietrza

Rozkład temperatury powietrza w Pieninach wykazuje zróżnicowanie przestrzenne, na które oprócz warunków cyrkulacyjnych wywiera wpływ ekspozycja terenu i wysokość. Inny jest też jej przebieg w formach wklęsłych, inny w wypukłych. Średnie roczne temperatury w Pieninach wahają się od 6,3°C do 3,9°C. Najcieplejsze są doliny Dunajca i jego dopływów oraz stoki o południowej ekspozycji. Średnie najniższe temperatury powietrza występują przeważnie w styczniu i lutym, a absolutne minima mogą osiągać od -36,3 do -30,2°C. Tworzenie się mrozowisk u podnóża Pienin jest przyczyną inwersji termicznych, którym towarzyszą mgły.

Najwyższe średnie miesięczne temperatury notowane się w lipcu i sierpniu (Tab. 1). Wynoszą one od 13,7 do 16,4°C, przy czym stoki o ekspozycji południowej są cieplejsze o około 1,2°C niż stoki północne. Temperatury te maleją wraz ze wzrostem wysokości. Najwyższe temperatury występują we wklęsłych formach terenu i w dolinie Dunajca, gdzie osiągają od 32,8 do 34,7°C.

Tabela 1. Średnie miesięczne i roczne wartości temperatury i sumy opadów w Krościenku w latach 1987-1998

Table 1. Monthly and annual mean temperature and total precipitation in Krościenko in the years 1987-1998

	Średnie miesięczne – Mean monthly values												Średnia roczna Mean yearly value
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Temperatura [°C] Temperature	-2,7	-1,0	1,4	6,5	11,7	15,1	17,0	16,2	12,1	7,6	2,0	-2,2	7,0
Suma opadów [mm] Total precipitation	40,6	36,7	49,4	74,8	103,6	91,5	104,1	98,9	79,6	47,2	46,8	31,5	823,3

Na omawianym terenie długość okresu bezprzymrozkowego wynosi około 131 dni w roku, wahając się od 123 dni w dolinach do 108 na szczytach. Pierwsze przymrozki notowane są już około 25 września, a ostatnie około 20 maja. Należy podkreślić, że lokalne różnice między dnami dolin i stokami w datach pierwszych i ostatnich przymrozków mogą dochodzić nawet do 20-30 dni. W tym samym okresie występują w Pieninach dni mroźne, czyli o temperaturze mniejszej lub równej 0°C. Średnia ich liczba w ciągu roku wynosi 54-60. Średnia liczba dni bardzo mroźnych (o temperaturze mniejszej lub równej -10°C) w roku waha się w zależności od wysokości nad poziom morza, od 36 (na szczytach) do 44 (w dolinach). Na stokach o wystawie północnej takich dni przypada średnio więcej o trzy. Najniższe temperatury w cyklu rocznym oraz tworzenie się zastoisk zimnego powietrza występują przede wszystkim w miesiącach zimowych, gdy zalega pokrywa śnieżna, więc zjawiska te nie powinny mieć bezpośredniego wpływu na szatę roślinną. W latach z długimi, bardzo mroźnymi zimami może jednak dojść do skrócenia okresu wegetacyjnego, a niekiedy nawet do bezpośrednich zniszczeń spowodowanych przemrożeniem nadziemnych części roślin.

Liczba dni gorących (o temperaturach powietrza wyższych lub równych 25°C) wynosi w Pieninach średnio 22-27 w roku w dolinach rzek; takie sytuacje są notowane w okresie od kwietnia do października. Na szczytach są one rzadsze – występują przeciętnie przez 10 dni w roku, w okresie od maja do września (Kostrakiewicz 1982).

2.8. Opady

Całe Pieniny leżą w granicach cienia opadowego i stąd ich obszar charakteryzuje się małą liczbą dni z opadami w roku i stosunkowo niskimi sumami opadów. Średnia liczba dni z opadem waha się w dolinach od 168-176 w roku, a na kulminacjach 150-200. Roczne sumy opadów w Pieninach wynoszą jedynie około 690-850 mm opadów, co jest ilością niewielką w porównaniu z sąsiednimi pasmami górskimi (Gorce 800-1200 mm, Tatry do 1876 mm). Sumy opadów okresu wegetacyjnego wynoszą od 440 do 750 mm (Kostrakiewicz 1982). Opady atmosferyczne są nierównomiernie rozłożone w czasie. Minimum ich przypada na miesiące zimowe: styczeń lub luty, a maksimum na czerwiec lub lipiec. Podobnie jak w przypadku innych elementów klimatu, zaznacza się zróżnicowanie wysokości opadów w zależności od ekspozycji terenu i wysokości nad poziom morza. Wyższe opady związane są ze stokami północnymi

(w stosunku rocznym i okresie wegetacyjnym), a w okresie zimowym, z południowymi (Kostrakiewicz 1965).

W okresie letnim występują w Pieninach deszcze ulewne i nawalne, o sumach dobowych od 30 do 123 mm. Stanowią one znaczny procent opadów rocznych. Miesiącem najobfitszym w opady jest lipiec, chociaż w niektórych latach maksimum przypada na czerwiec. Wynosi ono średnio około 115 mm opadu. Najniższe opady przypadają na miesiące zimowe, a zwłaszcza grudzień, styczeń i luty. Notuje się wówczas średnio około 30-40 mm opadu (Kostrakiewicz 1965).

2.9. Pokrywa śnieżna

O kształtowaniu się pokrywy śnieżnej, oprócz wielkości opadu w postaci stałej i temperatury, decyduje także wysokość nad poziom morza, ukształtowanie terenu, ekspozycja, wiatr oraz roślinność. Na omawianym terenie liczba dni z opadem śniegu uzależniona jest przede wszystkim od wysokości nad poziom morza i w miarę jej wzrostu zwiększa się. Duże znaczenie biologiczne i klimatyczne ma czas zalegania pokrywy śnieżnej, który wykazuje związek z przebiegiem temperatur miesięcy zimowych oraz z wysokością i pokryciem terenu. Pokrywa śnieżna zalega w Pieninach w ciągu roku średnio od 98 dni w dolinach do 140 w wyższych partiach gór. Dłużej zalega na stokach eksponowanych na północ (choć ma tu mniejszą miąższość), niż na stokach południowych, a różnica może wynosić od 17 do 21 dni w zależności od wysokości nad poziom morza. We wklęsłych formach terenu pokrywa śnieżna zalega dłużej niż na formach wypukłych, przy czym różnica w długości zalegania może sięgać nawet do kilkunastu dni (Leśniak 1980). Przeciętna grubość pokrywy śnieżnej wynosi od 8,9 do 11,7 cm w dolinach, maksymalnie osiąga około 1,0 m. Największe miąższości pokrywy utrzymują się od stycznia do marca i wynoszą około 28-40 cm. Zróżnicowane są także terminy pojawiania się i zanikania pokrywy śnieżnej. Uzależnione są one głównie od ekspozycji terenu i wysokości nad poziom morza, mniejszy wpływ wywierają w tym przypadku formy terenu i pokrycie roślinne.

Najdłużej utrzymuje się pokrywa śnieżna w lesie; zanika tam wolno, szczególnie w jego strefie brzeżnej, gdzie jest największa agradacja śniegu spowodowana zmniejszoną prędkością wiatru w zwartym drzewostanie (Leśniak 1980).

3. Piętra klimatyczne i regiony mezoklimatyczne

Pionowe zróżnicowanie średniej rocznej temperatury powietrza jest jedną z podstaw wyróżniania pięter klimatycznych, które ściśle korespondują z piętrami roślinnymi (Hess 1965). Pieniny, jak już wspomniano, znajdują się w zasięgu dwóch pięter klimatycznych: umiarkowanie ciepłego odpowiadającego piętru pogórza i umiarkowanie chłodnego – reglowi dolnemu. Zakresy wysokościowe tych pięter w porównaniu z piętrami sąsiadujących pasm górskich prezentuje tabela 2.

Zmiana wysokości nad poziom morza pociąga za sobą zróżnicowanie mezoklimatyczne, które w zależności od ukształtowania terenu dodatkowo modyfikowane jest przez cechy rzeźby, jak np. wklęsłe lub wypukłe formy, stoki o różnej ekspozycji.

Tabela 2. Zakresy wysokościowe pięter klimatycznych i roślinnych w Pieninach i sąsiednich pasmach górskich (zestawiono według Hessa 1965, 1996 i Kostrakiewicza 1982)

Table 2. Altitudinal ranges of climatic-vegetation belts in the Pieniny Mountains and adjacent mountain ranges (compiled after Hess 1965, 1996 and Kostrakiewicz 1982)

Piętro klimatyczne Climatic belt	Piętro roślinne Vegetation belt	Temperatura [°C] Temperature	Pieniny [m] n.p.m. a.s.l.	Gorce [m] n.p.m. a.s.l.	Tatry [m] n.p.m. a.s.l.
zimne cold	tumie peaks	od -4 do -2	–	–	>2200
umiarkowanie zimne moderately cold	hale alpine meadows	od -2 do 0	–	–	1850-2200
bardzo chłodne very cold	kosodrzewina dwarf pine	od 0 do 2	–	–	1550-1850
chłodne cool	regiel górny upper montane belt	od 2 do 4	–	>1150 (maks. 1310)	1150-1550
umiarkowanie chłodne moderately cool	regiel dolny lower montane belt	od 4 do 6	>520 (maks. 982)	550-1150 (1200)	<1150
umiarkowanie ciepłe moderately warm	pogórze foothills	od 6 do 8	< 520	<550 (600)	–

W Pieninach, w oparciu o średnie temperatury powietrza i wysokość opadów, można wyróżnić kilka regionów, wyraźnie różniących się pod względem podstawowych wartości charakteryzujących poszczególne elementy klimatu lokalnego. Są to:

- region zboczy i stoków o północnych ekspozycjach, najchłodniejszy i najwilgotniejszy,
- region zboczy i stoków o południowej ekspozycji, najcieplejszy i najsuchszy,
- region den dolin rzek i większych potoków, stosunkowo ciepły i suchy w dzień, natomiast chłodny i wilgotny w czasie pogodnych nocy.

Ze względu na niewielkie w Pieninach wysokości względne, wpływ zróżnicowania wysokościowego na roślinność jest stosunkowo nieznaczny. Istotny wpływ na kształtowanie i lokalne zróżnicowanie szaty roślinnej tego terenu mogą mieć takie charakterystyki klimatyczne, jak: skrajne temperatury powietrza i gleby, sumy opadów atmosferycznych, daty wystąpienia pierwszych i ostatnich dni z przymrozkami, grubość pokrywy śnieżnej. Rozmieszczenie roślin może być też modyfikowane przez wilgotność powietrza, a zwłaszcza przez związany z nią niedosyt wilgotności, gdyż są to wielkości będące miarą zdolności ewaporacyjnej powietrza i potencjalnej transpiracji, a więc bezpośrednio powodujące straty wody z organizmu roślin. Czynnikiem ograniczającym występowanie niektórych roślin może być też niedostateczna ilość opadów, zwłaszcza we wczesnych stadiach wegetacji (Medwecka-Kornaś 1972).

4. Termiczne pory roku i inne okresy termiczne, okres wegetacyjny

O czasie trwania termicznych pór roku i podstawowych okresów termicznych decyduje średnia dobową temperatura powietrza. W Pieninach można wyróżnić 9 termicznych pór roku. Zima termiczna o temperaturach średnich dobowych poniżej 0°C trwa od około 100 dni w dolinie Dunajca do 121 dni na szczytach i można podzielić ją na dwa okresy – zimy surowej o średniej temperatury od -5°C do -10°C i zimy umiarkowanej od -5°C do 0°C.

Długotrwały okres ze średnimi temperaturami dobowymi powyżej 0°C to bezzimie. Jego początek przypada zwykle na koniec pierwszej dekady marca, a schyłek na ostatnie dni listopada. W czasie jego trwania można wyróżnić 7 okresów: przedwiośnie, wiosnę, przedlecie, lato, polecie, jesień i przedzimie, o średnich temperaturach dobowych mieszczących się w kolejnych, 5-stopniowych przedziałach temperatur (tzn. 0-5°C, 5-10°C, 10-15°C, 15-20°C, 10-15°C, 5-10°C, 0-5°C). Czas trwania lata termicznego o średniej temperaturze ponad 15°C przypada na okres od połowy czerwca do połowy sierpnia, i obejmuje około 65 dni. Lato termiczne sięga tylko do wysokości 780 m n.p.m.

Okres wegetacyjny jest ściśle związany z czasem trwania termicznych pór roku. Początek i koniec okresu wegetacyjnego wyznaczają daty przejścia średnich dobowych temperatur powietrza przez próg termiczny +5°C. W Pieninach okres ten zaczyna się w ostatniej dekadzie marca, a kończy w ostatniej dekadzie października. Trwa on średnio około 223 dni w roku w dolinie Dunajca, skracając się w miarę wzrostu wysokości nad poziom morza, do 197 dni na kulminacjach. Jest to wynik nie tylko wzniesienia, lecz również warunków lokalnych, modyfikowanych cyrkulacją powietrza i czynnikami radiacyjnymi.

Czas trwania aktywnych procesów dojrzewania roślin, kiedy średnie temperatury dobowe wynoszą ponad 10°C (okresy przedlecia, lata i polecia), osiąga od 88 do 191 dni w roku. Jest on zależny od ekspozycji terenu i wysokości nad poziom morza. Natomiast okres dojrzewania roślin, równoznaczny z latem termicznym, trwa maksymalnie 65 dni w roku.

5. Mikro- i fitoklimat

Na rozwój roślinności i jej rozmieszczenie bardzo silnie wpływa mikroklimat, czyli klimat przygruntowej (do 2 m nad powierzchnią czynną) warstwy powietrza. Jest on zróżnicowany przestrzennie oraz zmienny w czasie i zależny od wielu czynników, takich jak: pora roku, typ pogody, rzeźba terenu, zbiorowisko roślinne i faza wegetacji. Modyfikowany jest także przez działalność ludzką, która zmienia warunki termiczne i wilgotnościowe, zwłaszcza poprzez odlesianie, zalesianie, a także przez zabudowę terenu. Często najważniejszą w tym względzie rolę odgrywa roślinność pokrywająca dany obszar. Mikroklimat kształtowany pod wpływem roślinności to fitoklimat. Termin ten obejmuje także wykształcenie się nowych warunków siedliskowych w obrębie zbiorowisk roślinnych pod wpływem zmian stosunków termicznych i wilgotnościowych, które wpływają na dobowe amplitudy temperatury, zaleganie pokrywy śnieżnej, wielkość natężenia światła w różnych warstwach roślinności, a poprzez ocienienie również na wilgotność gleby i natężenie parowania.

Badania mikroklimatyczne były prowadzone w różnych pasmach górskich, np. w pobliskich Gorcach (Obrębska-Starkłowa 1969) czy Tatrach (Hess 1970), natomiast brak dotąd syntetycznego opracowania z Pienin. Szczegółowe dane tego typu ułatwiłyby analizę zróżnicowania pokrywy roślinnej i rozmieszczenia specyficznych dla Pienin zbiorowisk roślinnych.

Piśmiennictwo

- Gumiński R. 1951. Meteorologia i klimatologia dla rolników. PWRiL, Warszawa, ss. 250.
- Hess M. 1965. Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich – Vertical climatic zones in the Polish Western Carpathians. *Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr.* 11: 1-258.
- Hess M. 1970. Zróżnicowanie stosunków mikroklimatycznych w profilu pionowym Karpat – Differentiation of the microclimatic conditions in the vertical profile of the Carpathians Mts. *Folia Geogr., Ser. Geogr.-Phys.* 4: 43-61.
- Hess M., Leśniak B., Olecki Z., Rauczyńska-Olecka D. 1980. Wpływ krakowskiej aglomeracji miejsko-przemysłowej na promieniowanie słoneczne dochodzące do powierzchni Ziemi – Impact of the urban-industrial agglomeration on the influx of the solar radiation to earth surface in Cracow. *Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr.* 51: 7-73.
- Kostrakiewicz L. 1965. Hydrografia Pienin – Hydrography of the Pieniny Mts. *Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr.* 12: 77-111.
- Kostrakiewicz L. 1979. Stosunki mezoklimatyczne Pienińskiego Parku Narodowego i jego obrzeża oraz prognoza przypuszczalnych zmian klimatu po wybudowaniu zapory wodnej na Dunajcu w Czorsztynie-Niedzicy – The mesoclimatic conditions in the Pieniny National Park and its border zone, followed by a forecast of the climatic changes expected to occur after the erection of the projected dam reservoir at Czorsztyń-Niedzica. *Ochr. Przyr.* 42: 245-278.
- Kostrakiewicz L. 1982. Klimat. (Climate). W: K. Zarzycki (red.). *Przyroda Pienin w obliczu zmian. Studia Naturae, ser. B*: 53-69.
- Leśniak B. 1980. Pokrywa śnieżna w dorzeczu górnej Wisły – Snow Cover in the Upper Vistula River Basin. *Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr.* 51: 75-125.
- Medwecka-Komaś A. 1972. Czynniki naturalne, wpływające na rozmieszczenie geograficzne roślin w Polsce. W: W. Szafer, K. Zarzycki (red.). *Szata roślinna Polski. t. 1.*
- Morawska M. 1969. Przewidywany wpływ zbiorników wodnych w Pieninach na klimat lokalny – The anticipated effect of the planned water reservoirs in the Pieniny local climatic conditions. *Fol. Geogr. Ser. Geogr.-Phys.* 3: 87-99.
- Niedźwiedz T. 1968. Częstotliwość występowania układów barycznych mas powietrza i frontów atmosferycznych nad Polskimi Karpatami Zachodnimi. *Przegł. Geogr.* 2: 473-478.
- Niedźwiedz T., Orlicz M., Orliczowa J. 1985. Wiatr w Karpatach Polskich – Wind in the Polish Carpathian Mountains. *Dokum. Geogr.* 6: 5-90.
- Obrębska-Starkłowa B. 1969. Stosunki mezo- i mikroklimatyczne na pograniczu pięter leśnych i pól uprawnych w Gorcach – Microclimatic Conditions on the Border of Forest Belts and Arable Land in the Gorce Mts. *Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr.* 23: 3-142.
- Olecki Z. 1989. Bilans promieniowania słonecznego w dorzeczu górnej Wisły. *UJ, Kraków, Prace Habil.* 157: 1-126.
- Romer E. 1949. Regiony klimatyczne Polski – Climatic regions of Poland. *Prace Wrocl. Tow. Nauk., ser. B*, 16: 5-27.
- Zych S., Boniecka-Żółcik H. 1962. Klimat miejscowy Pienin a projektowane zapory na Dunajcu – Possible influence of the projected dammed-lake in the Dunajec Valley on the local climate of the Pieniny region. *Acta Geogr. Lodz.* 13: 7-25.

Summary

According to Romer (1949) the climate of the Pieniny Mountains may be reckoned among the climates of inner-mountain calms. One may distinguish there two climatic belts: warm temperate and cool

temperate. The climate of the Pieniny Mountains is determined first of all by geographic conditions (situation within the Carpathian arch), surface features, elevation above the sea level and circulation.

In the scale of mesoclimate there are differences in temperature between cool inversion valley bottoms and warmer slopes and plateaus. Due to diverse aspects and inclination of slopes there are big differences in insolation and day temperature. Precipitation and insolation determine also directions and velocity of air masses.

Polar-maritime air masses PPM (about 60 days per year) are of major significance for weather conditions in the Pieniny Mountains. They are most often noted in summer and autumn; they flow mostly during lows from W and NW, bringing cooling. In winter, advection of this air occurs mostly from S and SW, bringing warming.

Anemological situation is shaped in the Pieniny Mts by the frequency and velocity of upper and lower winds, strongly modified by the course of mountain ranges and river valleys. Most frequent are westerly, north-westerly and easterly winds, rarer are northerly and south-westerly winds. Their average yearly velocity reaches 1.6–2.1 m/s in depressions and 2.5 m/s on tops. High wind velocity during autumn and spring is connected with the occurrence of "halny" winds. They govern the thermic-humidity conditions of the Pieniny Mountains.

In spring solar radiation is higher by 25–50% as compared with autumn months and lower by 15% as compared with summer values; it is lowest in winter. In the Pieniny Mountains the annual total of solar radiation on a horizontal surface is about 3700 MJm⁻².

The maximum cloudiness is observed from November to March (11–16 days per month on the average), while the minimum, in September (8–10 days). The number of cloudy days varies from 135 to 140. The average number of days with fine weather is 42–44 per year, most sunny days are noted in September (2–6 on the average).

Fog is a frequent phenomenon in the Pieniny Mountains; in the Dunajec River valley the mean number of days with fog is 56–70 per year.

Relative humidity varies in the Pieniny Mountains from 78.7% to 81.6% on the average. It is highest in winter and spring (79.7%–87.1%), while in the warm season reaches 76.4%–81.9%.

The average annual temperatures vary in the Pieniny Mountains from 6.3°C to 3.9°C. Formation of frost pocket at the foot of the Pieniny causes thermic inversions, accompanied by fog. The highest average monthly temperatures (Tab. 1) amount to 13.7–16.4°C. In the investigated area the duration of a period without ground frost is about 131 days per year. Local differences between valley bottoms and slopes in the dates of the first and last ground frost may amount to even 20–30 days. In the Pieniny Mountains one may distinguish 9 thermal seasons. Thermal winter lasts from about 100 days in the Dunajec River valley to 121 days on mountain tops. Duration of thermal summer is about 65 days. It occurs only to an altitude of 780 m a.s.l. Vegetation period in the Pieniny Mountains lasts on the average about 223 days and active processes of the growth of plants, from 88 to 191 days.

The whole Pieniny Mountains lay within the precipitation shadow; that is why their area is characterized by a small number of days with precipitation per year and relatively low total precipitation. The average number of days with precipitation varies between 168 and 176 per year in the valleys, and annual total precipitation in the Pieniny Mountains is only about 690–850 mm. July is a month with the highest precipitation (115 mm on average).

Average snow cover duration in the Pieniny Mountains is from 98 days in valleys to 140 days at higher elevations. Differences between north- and south-facing slopes are from 17 to 21 days, depending on altitude. The average snow cover thickness is from 8.9 do 11.7 cm in valleys, with a maximum of about 1.0 m.

The Pieniny Mountains are within the range of two climatic belts: moderately warm corresponding to the belt of foothills and moderately cool corresponding to the lower mountain belt (Tab. 2). On account of

a small relative height of the Pieniny Mountains, the effect of altitudinal differentiation on vegetation is relatively small. The following climate elements may be of significant importance for the local differentiation of the vegetation in the area: extreme air and soil temperatures, total precipitation, dates of the first and last days with ground frost, snow cover thickness, air humidity (humidity deficit), and total precipitation.

The microclimate of the Pieniny Mountains has not been studied so far. Detailed data of this type would enable analyses of the differentiation of vegetation and distribution of specific plant communities of the Pieniny Mountains.