

*Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

**Katedra Klimatologii, Uniwersytet Śląski w Sosnowcu

***Katedra Ochrony Lasu i Klimatologii Leśnej, Akademia Rolnicza w Krakowie

....Katedra Meteorologii i Klimatologii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Krakowie

Anita **BOKWA***, Zbigniew CAPUTA.., Grzegorz DURŁO****,
Wojciech MACIEJOWSKI*, Jakub WOJKOWSKI****

*Zróżnicowanie warunków aktynometrycznych i termicznych
w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*

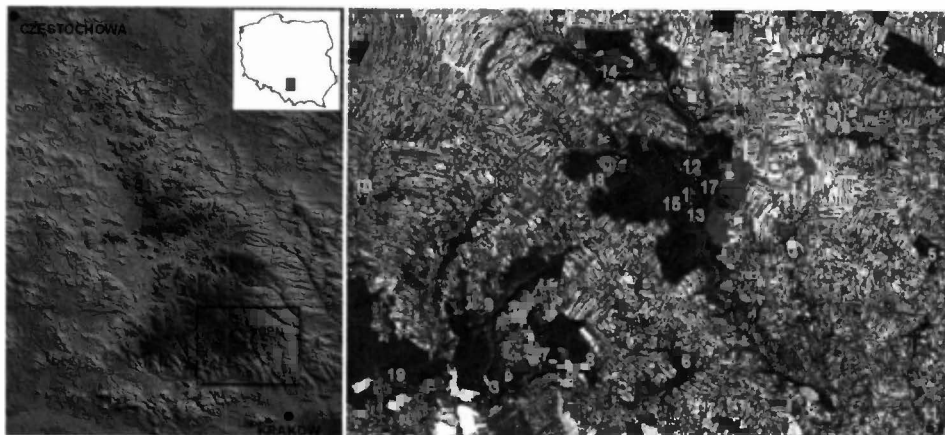
*Spatial variability of solar radiation and air temperature in the southern part
of the Cracow-Częstochowa Upland*

WSTĘP

Na południu Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej położone są Park Krajobrazowy Dolinki Krakowskie oraz Ojcowski Park Narodowy. Obszar OPN cechuje się dużym urozmaiceniem form terenu i ekspozycji, co powoduje wyraźną zmienność topoklimatów. Występują tam duże doliny o charakterze jarów (wcięte około 100 m), małe doliny krasowe: wąwozy i wciosa, a także terasy, stożki napływowe i usypiskowe. Na wierzchołkach jurajskiej rozsiane są ostańce otoczone utworami czwartorzędowymi (Partyka 1979). Głównym ciekim na terenie OPN jest Prądnik. Jedynym stałym jego dopływem na terenie Parku jest Sąpówka (Partyka 1990). Celem niniejszej pracy jest ukazanie przede wszystkim wpływu rzeźby terenu na zróżnicowanie dopływu promieniowania słonecznego i pola temperatury w mikroskali na podstawie najnowszych badań przeprowadzonych w pd. części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (ryc. 1) przez kilka ośrodków naukowych.

PROMIENIOWANIE SŁONECZNE

Pracownicy Katedry Klimatologii Uniwersytetu Śląskiego prowadzili w dniach 5-15.09.1999 r pomiary struktury bilansu promieniowania w dwóch punktach OPN (Caputa 2001): na stacji meteorologicznej OPN ($p = 50^{\circ} 13'N$, $\lambda = 19^{\circ} 50'E$), w dolinie Prądnika, w Parku Zamkowym (320 m n.p.m.), oraz w od-



Ryc. 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych na obszarze badań.

1 - Chelmowa Góra, 2 - Będkowice, 3 - Łączki Kobyłańskie, 4 - Dzika Turnia Mamutowa, 5 - Narama, 6 - Dolina Kluczwody, 7 - Dolina Kobyłańska, 8 - Dolina Bolechowicka, 9 - Dolina Będkowska, 10 - Dolina Raclawki (KOLiKL), 11 - Garlica Murowana, 12 - Ojców, 13 - Dolina Sąspówki, 14 - Kaliski, 15 - Chelmowa Góra, 16 - Skala (KMiKR), 17 - Ojców (KK), 18 - Jerzmanowice (KK), 19 - Dolina Szklarki (JGiGP). KOLiKL - Katedra Ochrony Lasu i Klimatologii Leśnej AR w Krakowie; KMiKR - Katedra Meteorologii i Klimatologii Rolniczej AR w Krakowie; KK - Katedra Klimatologii US w Sosnowcu; IGiGP - Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ w Krakowie

Localisation of measurement sites in the research area.

1 - Chelmowa Mt, 2 - Będkowice, 3 - Łączki Kobyłańskie, 4 - Dzika Turnia Mamutowa, 5 - Narama, 6 - Kluczwoda valley, 7 - Kobyłańska valley, 8 - Bolechowicka valley, 9 - Będkowska valley, 10 - Raclawka valley (KOLiKL), 11 - Garlica Murowana, 12 - Ojców, 13 - Sąspówka valley, 14 - Kaliski, 15 - Chelmowa Mt, 16 - Skala (KMiKR), 17 - Ojców (KK), 18 - Jerzmanowice (KK), 19 - Szklarka valley (JGiGP). KOLiKL - Department of Forest Protection and Forest Climatology, Agricultural University, Cracow; KMiKR - Department of Agricultural Meteorology and Climatology, Agricultural University, Cracow; KK - Department of Climatology, University of Silesia, Sosnowiec; IGiGP - Institute of Geography and Spatial Management, Jagiellonian University, Cracow

ległości 3170 m na WSW od stacji dolinnej, na wierzcholinie w Jerzmanowicach (482 n.p.m.). W obu punktach rejestrowano (za pomocą CR23X firmy Campbell) wartości średnie IO-minutowe składników bilansu promieniowania ($K \uparrow$, $K \downarrow$, $L \uparrow$, $L \downarrow$), mierzone na wysokości 150 cm n.p.g. bilansomierzem CNR I firmy Kipp&Zonen.

Dolina charakteryzuje się płaskim dnem i stromymi zboczami o ekspozycji wsch. i zach., jest wąska (50-150), głęboka (100 m), o generalnym przebiegu z pn. na pd. Od strony zach. osłonięta jest Żłotą Górą (458 m n.p.m.) i Chelmową Górą (473 m n.p.m.), a od strony wsch. Górą Smardzewską (438 m n.p.m.). Stacja wierzchowinowa została usytuowana na powierzchni lekko wypukłej, zaoranej, bez roślinności, aby dobrze oddawała rolniczy charakter wierzchowin OPN. Różnica wysokości 162 m między obiema stacjami w przybliżeniu odpowiadała różnicom wysokości dla wielu dolin i wierzchowin OPN.

Przebieg dzienny natężenia promieniowania całkowitego ($K \uparrow$) na wierzcholinie nawiązywał do zmian wysokości Słońca w ciągu dnia ze względu na brak

przesłonięcia horyzontu. W pogodnego dnia (13.09.1999) natężenie promieniowania Słońca osiągnęło wartość 600-700 W·m⁻². Natężenie promieniowania w dniu doliny miało nieregularny przebieg, spowodowany zasłonięciem horyzontu przez strome wzniesienia Góry Smardzewskiej i Złotej Góry, jak również przez rozłożyste konary drzew pokrytych liśćmi. Średnio dla całego dnia dolina otrzymywała o ponad 2 MJ·m⁻² mniej energii niż wierzchowina. *Promieniowanie pochłonięte* (K^*) osiągnęło wartość 12,3 MJ·m⁻² dla powierzchni trawiastej i 13,6 MJ·m⁻² dla pola zaoranego w czasie dni pogodnych i o zmiennym zachmurzeniu. Również ze względu na zasłonięcie horyzontu zarejestrowano mniejsze sumy dobowe salda K^* w dolinie, średnio o 1,29 MJ·m⁻², niż na wierzchowinie. Zaobserwowano wyraźne różnice w przebiegu dobowym *promieniowania długofalowego* ($L^!$, L^f) w dolinie i na wierzchowinie. Największe natężenie $L^!$ obserwowano w godzinach nocnych i okołopołudniowych, co było konsekwencją silnego nagrzewania i wypromieniowania w zakresie długofalowym. Obserwowano również silny wpływ prędkości wiatru na wychładzanie powierzchni pozbawionej roślinności. Najwyższe wartości promieniowania długofalowego stwierdzono w godzinach wieczornych, gdy prędkość wiatru spadała do wartości 0,6 m·s⁻¹. W dniu doliny wartości składników bilansu L^* promieniowania długofalowego wykazywały niewielkie zmiany nocą, co było związane z ciszą lub wiatrem nieprzekraczającym prędkości 0,2 m·s⁻¹, a to z kolei pozwalało na powstawanie i zaleganie mgieł.

Przebieg dobowy *salda promieniowania* Q^* w dolinie różni się znacznie od przebiegu na wierzchowinie. W nocy notowano ujemne jego wartości, znacząco niższe na wierzchowinie (-100 W·m⁻²) niż w dolinie (-30 W·m⁻²). W dzień (Q^*_d) wyraźnie zaznacza się wpływ ukształtowania terenu na wartości salda Q^* w godzinach porannych i wieczornych. Również zmiany rodzaju zachmurzenia mają decydujący wpływ na Q^* (mniejsze o 30% w czasie dni o zmiennym zachmurzeniu w stosunku do dni pogodnych). Składniki bilansu promieniowania (K^* , L^*_d) przyjmują większe wartości dla powierzchni zaoranej na wierzchowinie niż dla powierzchni trawiastej w sumie dziennej (odpowiednio o 1,0 MJ·m⁻², 1,1 MJ·m⁻²) i jeszcze większe w zakresie długofalowym w porze nocnej ($Q^*_n = 2,2$ MJ·m⁻²). Natomiast różnice te powiększają się w sumie dobowej, co wyraża się w saldzie w pełnym zakresie widma większym dla doliny o 2,3 MJ·m⁻². Powierzchnia czynna w dolinie otrzymuje w dni bezchmurne więcej energii niż wypromieniowuje, czego rezultatem jest dodatnie saldo energii. Decyduje to o bilansie cieplnym i warunkach mikroklimatycznych.

TEMPERATURA POWIETRZA

J. Partyka, na podstawie niepublikowanych danych, wyznaczył średnią roczną temperaturę powietrza dla doliny Prądnika na podstawie pomiarów z lat 1990-2005 na stacji OPN Ojców - Park Zamkowy; wyniosła ona 6,9 °C. Średnie miesięczne wartości temperatury kształtowały się od - 2,5 °C w styczniu do 16,7 °C w lipcu (dane niepublikowane). Zróżnicowanie mikroklimatyczne stosunków termicznych ba-

dali pracownicy Akademii Rolniczej w Krakowie. Katedra Ochrony Lasu i Klimatologii Leśnej prowadziła pomiary meteorologiczne w okresie I.Ol. 1997-31.12.1999, w trzech punktach na terenie OPN, na NE zboczach Góry Chełmowej od strony Doliny Sąspowskiej, na wysokości 300-450 m n.p.m. W latach 2000 i 2001 wykonywano jedynie pomiary patrolowe od maja do października na obszarze Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie. Wiosną 2002 r. założono cztery stałe punkty pomiarowe. W cieplej porze roku wykonywane są serie pomiarów mikroklimatycznych na 50 stanowiskach pomiarowych, położonych na terenie Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie. We wszystkich punktach mierzone są temperatura i wilgotność względna powietrza, na wysokości 5, 50 i 200 cm n.p.g., za pomocą rejestratorów HOBO firmy Onset Corp. typu HOBO H8 RH/Temp/External oraz Hobo Pro Series RH/Temp, wyposażonych w zewnętrzne czujniki temperatury, a także psychrometrów aspiracyjnych Assmanna TB I9AI.

Katedra Meteorologii i Klimatologii Rolniczej Akademii Rolniczej w Krakowie od lat 60. XX w. prowadzi stałe obserwacje i pomiary meteorologiczne na stacji klimatologicznej w Garlicy Murowanej. Stacja położona jest na wierzchołku na wysokości 281 m n.p.m. ($\varphi = 50^{\circ}08'N$, $A = 19^{\circ}56'E$). Od 1995 r. wykonywane są również pomiary ciągłe przy użyciu automatycznych stacji meteorologicznych firmy Lambrecht, ELE-International oraz Ecoclima. W latach 2001-2003 wykonano pomiary topoklimatyczne w OPN (łącznie 520 dni). Stanowiska pomiarowe usytuowano w 5 punktach reprezentujących charakterystyczne typy środowiska OPN. Zainstalowano tam elektroniczne czujniki temperatury i wilgotności względnej powietrza firmy Stow Away w osłonach antyradiacyjnych na standardowej wysokości 200 cm n.p.g.; rejestracja co 30 minut. Warunki termiczne w OPN wykazują ścisłe powiązania z rzeźbą terenu oraz zależą od jego pokrycia i użytkowania (Wojkowski 2004). Odmienne kształtują się one na dnie doliny i na wierzchołku. W OPN rzeźba terenu odgrywa znacznie większą rolę niż wysokość bezwzględna i związane z nią zjawisko spadku temperatury wraz z wysokością.

Latem nad powierzchnią łąki, w czasie występowania ujemnego salda promieniowania, utrzymywała się inwersja temperatury, która zanikała przed południem. Dobowe wahania temperatury największe były w dnach dolin. Zimą wierzchołki były wyraźnie chłodniejsze o średnio $3,0^{\circ}C$ niż dna dolin. Latem w lesie przez całą dobę panowała inwersja temperatury pomiędzy dnem doliny a wierzchołkiem, gdzie temperatury były wyższe o średnio $2,5^{\circ}C$. Wahania temperatury w ciągu doby zarówno na wierzchołku, jak i w dnie doliny były bardzo podobne. Zimą na terenie zalesionym wierzchołki były wyraźnie chłodniejsze niż dna dolin, panował tu przez całą dobę typowy układ insolacyjny. Duży wpływ na warunki termiczne ma pokrycie terenu. Latem po wschodzie słońca różnice w wartościach temperatury powietrza pomiędzy łąką a lasem szybko malały i w ciągu dnia, do godzin popołudniowych, temperatura na łące była dużo wyższa niż w lesie. W zimie najniższą średnią dobową temperaturę obserwowano na łące, szczególnie na wierzchołku. Las zarówno w lecie, jak i w zimie zatrzymuje otrzymaną w ciągu dnia energię cieplną i wil-

niej ją wypromieniowuje, wskutek izolującego działania roślinności, stąd wartości temperatury minimalnej były stosunkowo wysokie, amplitudy dużo mniejsze niż gdzie indziej.

Latem, w pogodny dzień, różnica średniej dobowej temperatury między wierzchową a dnem doliny wynosiła $3,6^{\circ}\text{C}$. Najwyższe wartości inwersji obserwowano w lecie w nocy, kiedy to dzięki sprzyjającym warunkom pogodowym najsilniej wychładzały się dna dolin. W zimie zjawisko inwersji zanikało. W dolinach wieczorny spadek temperatury następował szybciej niż na wierzchowach, na skutek krótszego czasu dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego. Na wierzchowie spadek temperatury następował po zachodzie słońca, a wychłodzone powietrze z przyziemnej warstwy atmosfery jako „cięższe” spływało w dół licznymi wąwozami i jarami, gromadząc się w dnach dolin. Następnego dnia inwersje najwcześniej ustępowały w formach wklęsłych ze względu na dopływ promieniowania słonecznego. W dnach dolin amplitudy dobowe temperatury były wyższe niż na wierzchowach, latem średnio o $5,0^{\circ}\text{C}$, a zimą o $2,0^{\circ}\text{C}$. Świadczą one o bardziej surowym reżimie temperaturowym dolin niż wierzchowin.

O dużym zróżnicowaniu stosunków termicznych w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej świadczą również termiczne pory roku (Wojkowski, Skowera 2004). Zaobserwowano znaczne różnice w terminach początku i końca, jak i też w długości trwania poszczególnych okresów termicznych dla typowych form terenu. Stwierdzono wyraźny wzrost surowości warunków termicznych na dnie doliny w porównaniu z pozostałym obszarem. Przejawiało się to znacznym skróceniem pory letniej średnio o 33 dni, a wydłużeniem pory zimowej o 34 dni (tab. 1).

Tab. 1. Początek (P) i koniec (K) oraz czas trwania (D - dni) poszczególnych okresów termicznych (1990–2000)

The beginning (P), the end (K) and duration of several) thernal periods (1990–2000)

Okresy termiczne Thermal periods	Teren płaski Flat area			Formy wypukłe Convex landform			Formy wklęsłe Concave landform		
	p	K	D	p	K	D	p	K	D
Zima / Winter	7 XII	13 I	67	5 XII	8 I	64	25 XI	3 III	98
Przedwiośnie / Early spring	14 II	25 III	41	9 II	25 III	46	4 III	5 IV	33
Wiosna / Spring	26 III	22 IV	28	26 III	21 IV	27	6 IV	4 V	29
Przedlecie / Early summer	23 IV	26 V	34	22 IV	30 V	39	5 V	13 VI	40
Lato / Summer	27 V	5 IX	102	31 V	8 IX	101	14 VI	20 VIII	68
Polecie / Late summer	6 IX	6 X	31	9 IX	8 X	29	21 VIII	21 IX	33
Jesień / Autumn	7 X	2 XI	27	9 X	3 XI	27	22 IX	24 X	32
Przedzime / Forewinter	3 XI	7 XII	35	4 XI	5 XII	31	25 X	25 XI	32
Okres wegetacyjny / Growing season	26 III	2 XI	222	26 III	3 XI	224	6 IV	24 X	202

G. Durło (2005) opracował model zróżnicowania temperatury minimalnej (t_{\min}) w różnych formach terenu na terenie Dolinek Krakowskich. Dla górnych, środkowych i dolnych części stoków o różnej ekspozycji i nachyleniu, a także dla szczytów wzniesień i den dolin, obliczone zostały odchylenia t_{\min} od wartości dla terenu płaskiego, osobno na wiosnę, latem i jesienią. Największe odchylenia dodatnie ($+5,2^{\circ}\text{C}$) występują wiosną na szczycie wzniesień, zaś największe ujemne ($-6,2^{\circ}\text{C}$) wiosną w dnie zamkniętej doliny. Najmniejsze odchylenia (do $1,0^{\circ}\text{C}$) występują w środkowych częściach łagodnych stoków, bez względu na ekspozycję i mają znak dodatni.

TYPY MEZO- I MIKROKLIMATU

Południowa część Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej to obszar o bardzo zróżnicowanej rzeźbie terenu, przy czym z topoklimatycznego punktu widzenia istotne jest to, że Dolinki Krakowskie mają przebieg N-S, zaś Rów Krzeszowicki, położony wzdłuż pd. granicy regionu, ma przebieg W-E. Powoduje to znaczące różnice w dopływie energii słonecznej, kształtowaniu się temperatury, kierunku i prędkości wiatru, zaleganiu pokrywy śnieżnej itd. Różnice te zaś warunkują w znacznym stopniu zróżnicowanie topoklimatyczne. Maciejowski (2004), bazując na pracach Nowaka (1966, 1968), opracował typologię mikroklimatyczną południowego krańca Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej i wyróżnił 20 typów mikroklimatu na podstawie analizy rzeźby, obserwacji zanikania pokrywy śnieżnej, występowania zespołów roślinnych oraz rodzaju użytkowania. Ponadto wykonał mapę nasłonecznienia względnego, zakładając, że suma rocznego nasłonecznienia na powierzchnię poziomą (płaską) wynosi 100% (Struzka 1959). Najwięcej jednostek mikroklimatycznych - aż 11 typów - zostało wyróżnionych w obrębie typu mezoklimatu obniżen dolinnych (I). W typie mezoklimatu zboczy (II) opisano 6 typów mikroklimatu, różniących się wielkością nasłonecznienia oraz długością zalegania pokrywy śnieżnej. Najwyższe partie Wyżyny Olkuskiej i Garbu Tenczyńskiego znajdujące się w typie mezoklimatu wierzchowin (III) charakteryzują się najmniejszą różnorodnością mikroklimatyczną.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania powierzchni czynnej OPN wykazały jej zróżnicowanie pod względem salda promieniowania w pełnym zakresie widma. W terenie o urozmaiconej rzeźbie istotne znaczenie ma nie tylko nachylenie i ekspozycja terenu, lecz także zasłonięcie $h_{r,y,zontu}$. Prowadzi ono do zmniejszenia sumy dziennej dochodzącego promieniowania słonecznego, np. w wąskiej dolinie Prądnika. Późną wiosną i wczesną jesienią zasłonięcie $h_{r,y,zontu}$ odgrywa większą rolę w odniesieniu do dolin o przebiegu południkowym niż o przebiegu równoleżnikowym. Przy stosunkowo niskim położeniu Słońca, we wczesnych godzinach rannych i późnych

popołudniowych następuje zacinienie dolin i niedobór promieniowanie słoneczne, który dla *promieniowania całkowitego* sięgał maksymalnie 1,0 MJ·m⁻² dla godzin porannych i 1,6 MJ·m⁻² dla godzin popołudniowych, dla jednego pogodnego dnia. Stanowi to odpowiednio 47% i 37% wartości K ! zanotowanych na wierzchowinie. Średnio dla całego dnia dolina otrzymywała o ponad 2 MJ·m⁻² (42%) mniej energii promienistej niż wierzchowiną. Największe zróżnicowanie przestrzenne K* powodowały cechy powierzchni czynnej: geometria (nachylenie, ekspozycja i ewentualne zacinienie) oraz albedo. Przesłona horyzontu z jednej strony ograniczała K ! , z drugiej absorbowała zarówno L ! jak i L † i emitowała część z powrotem do podłoża.

Podobnie jak dla promieniowania, decydującą rolę w kształtowaniu się temperatury powietrza omawianego obszaru odgrywa rzeźba terenu. Największe różnice temperatury w profilu pionowym obserwuje się nocą, kiedy to często w dolinach tworzą się inwersje termiczne wskutek grawitacyjnego spływu chłodnego powietrza. Południowa część Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej jest zatem zróżnicowana topo- i mezoklimatycznie w podobnym stopniu jak obszar Pogórza Karpackiego. Badania tego typu dla obszaru Pogórza dokumentują np. prace Hessa (1965), Niedźwiedzia (1973), Obrębskiej-Starkłowej (1975). Zaprezentowane próby kartowania mikro- i mezoklimatycznego nawiązują do metody wypracowanej w krakowskim ośrodku klimatologicznym (Hess i in. 1975). Poszczególne jednostki są wyróżniane przede wszystkim w nawiązaniu do rzeźby terenu. Zastosowanie dla tego obszaru metody J. Paszyńskiego (Paszyński i in. 1999) mogłoby dać interesujące rezultaty, lecz podstawową trudnością w tym przypadku jest ogromna zmienność przestrzenna elementów środowiska decydujących o bilansie cieplnym danego miejsca. Przedstawione w niniejszej pracy badania dowodzą, że południowa część Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej jest znacznie zróżnicowana topo- i mezoklimatycznie, co powinno zostać uwzględnione przy planowaniu przestrzennym na tym terenie.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują panu Dyrektorowi OPN dr. Józefowi Partyce za udostępnienie danych meteorologicznych z posterunku Park Zamkowy. Wojciech Maciejowski dziękuje serdecznie Pani Prof. dr hab. Barbarze Obrębskiej-Starkłowej za cenne uwagi i konsultacje udzielone mu w trakcie prowadzenia badań w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej.

LITERATURA

- Caputa Z., 2001: Pomiary bilansu promieniowania różnych powierzchni czynnych przy wykorzystaniu automatycznych stacji pomiarowych. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*, t LV/LVI (11): 95-103.
- Durło G., 2005: Zmiany temperatury minimalnej powietrza w różnych formach rzeźby terenu na obszarze Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie. *Woda Środowisko-Obszary Wiejskie*, t 5 (14): 137-146.
- Hess M., 1965: Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne*, z 11.

- Hess M., Niedźwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., 1975: The methods of constructing climatic maps of various scales for mountainous and upland territories, exemplified by the maps prepared for Southern Poland. *Geographia Polonica*, t 31: 163-187.
- Maciejowski W., 2004: Wpływ cech środowiska przyrodniczego na rozmieszczenie wybranych grup chrząszczy (*Coleoptera*) w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. *Rozpr. doki.*, Archiwum Zakładu Geografii Fizycznej IGiGP UJ, Kraków.
- Niedźwiedz T., 1973: Temperatura i wilgotność powietrza w warunkach rzeźby pogórskiej Karpat (na przykładzie doliny Raby koło Gaika-Brzezowej). *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne*, z 32: 7-88.
- Nowak A., 1966: Mezoklimat Rowu Krzeszowickiego. *Praca mag.*, Archiwum Zakładu Klimatologii IGiGP UJ, Kraków.
- Nowak A., 1968: Mezoklimat Rowu Krzeszowickiego. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne*, z 18: 87-103.
- Obrębska - Starkłowa B., 1975: Stosunki mezo- i mikroklimatyczne w Szymbarku. *Dokumentacja Geograficzna IG i PZ PAN*, z 5.
- Partyka J., 1979: Ojcowski Park Narodowy. *Sport i Turystyka*, Warszawa.
- Partyka J., 1990: Ogólna charakterystyka Ojcowskiego Parku Narodowego - presje i zagrożenia. *Prądnik, Prace Muzeum Szafera*, t I: 19-25.
- Paszyński J., Miara K., Skoczek J., 1999: Wymiana energii między atmosferą a podłożem jako podstawa kartowania topoklimatycznego. *Dokumentacja Geograficzna IG i PZ PAN*, z 14.
- Strużka V., 1959: Metody badań bioklimatycznych. *Przegląd zagranicznej literatury geograficznej, Zagadnienia klimatologii*, z 3: 170-195.
- Wojkowski J., 2004: Zróżnicowanie topoklimatyczne w charakterystycznych typach środowiska Ojcowskiego Parku Narodowego. [w:] *Zróżnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*, t I: Przyroda, OPN, Ojców: 139-142.
- Wojkowski J., Skowera B., 2004: Termiczne pory roku w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*, z 412: 337-345.

SUMMARY

The complicated relief of the study area causes diminishing of the daily sums of incoming solar radiation, e.g. in the Prądnik valley it is 2 MJ·m⁻² (42%) less than on the flattened hill top. Also the air temperature is mainly controlled by the relief. The largest differences among the landforms are observed at night when the inversions form often in the valleys, due to the gravitational flow of the cold air. In winter hill tops were cooler by 3.0 °C on average than valley floors. In summer, on clear days, the temperature difference is 3.6 °C. The study of the thermal seasons (Tab. 1) shows more severe thermal conditions in the valley bottom than in other areas; summer is shorter by 33 days and winter longer by 34 days. The largest positive deviation of the minimum temperature from the value for a flat area (+5.2 °C) occurs in spring on hill tops, and the largest negative one (-6.2 °C) in spring in the valley bottom. Twenty types of microclimate units were distinguished in the study area due to the analysis of landforms, snow cover thawing, occurrence of plant communities and land use.