

ZRÓŻNICOWANIE TEMPERATURY POWIETRZA W DOLINIE KOBYLAŃSKIEJ

Wstęp

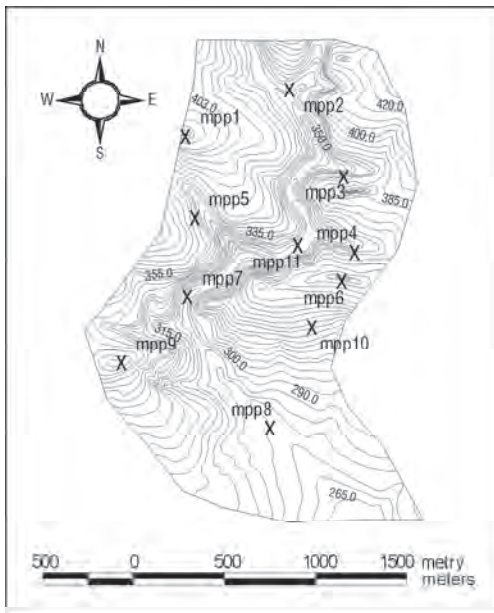
Informacje o klimacie lokalnym stanowią ważne kryterium kształtowania krajobrazu i tworzenia planów zagospodarowania przestrzennego. Na tym tle interesującym obiektem badań stały się tereny masowego wypoczynku ludności, szczególnie te znajdujące się w zasięgu aglomeracji miejskich.

W krajobrazie Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej wpływ działalności człowieka na przyrodę ma wymiar wielopłaszczyznowy. Obszar ten jest wykorzystywany gospodarczo oraz turystycznie dla rekreacji i wypoczynku mieszkańców aglomeracji krakowskiej. Tereny rekreacyjne wokół Krakowa, ze względu na wysokie walory środowiskowe, stwarzają duże możliwości różnych form wypoczynku w ciągu całego roku. Obserwowane zmiany w strukturze zagospodarowania, w tym powstawanie nowych obiektów bazy turystycznej, skłaniają do wykonania badań mogących służyć waloryzacji mikroklimatycznej i bioklimatycznej terenów wokół Krakowa. Prace badawcze z tego zakresu są istotne także ze względów ekologicznych, dostarczają bowiem informacji niezbędnych do rozpoznania reakcji środowiska na nowe kierunki w jego użytkowaniu (Obreńska-Starkłowa 1980; Vysoudil 1988; Wyszkowski i in. 1990; Durło 2003, 2004b).

Celem pracy jest przedstawienie zróżnicowania temperatury powietrza w Dolinie Kobylańskiej, położonej w Parku Krajobrazowym Dolinki Krakowskie, obszarze o podstawowym znaczeniu rekreacyjnym dla Krakowa.

Teren badań

Teren badań położony jest w województwie małopolskim, gminie Krzeszowice, na obszarze Parku Krajobrazowego Dolinki Krakowskie. Należy on do VI Krainy Małopolskiej, dzielnicy 8 – Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (Tramplera i in. 1990). Dolina Kobyłańska, o długości około 3,8 km, leży na obszarze Wyżyny Olkuskiej w obrębie monokliny śląsko-krakowskiej, na górnopaleozoicznej płycie wapiennej. Płytki początek doliny na wysokości 390 m n.p.m. w rejonie miejscowości Będkowice posiada nieliczne niskie formy skalne. W dalszej części dolina pogłębia się stopniowo przechodząc w głęboki, kręty kanion (ryc. 1). Przebieg doliny jest zbliżony do południkowego. Strome zbocza porośnięte są głównie przez grądy i lasy mieszane, w dnie doliny grądy oraz brzeziny, ponadto znaczny jest udział pól, pastwisk oraz łąk i polan rekreacyjnych (ryc. 2, 3). Zbocza Doliny Kobyłańskiej charakteryzują się bardzo dużymi spadkami, dochodzącymi miejscami do 70°. Niektóre zbocza tworzą strome skalne ściany. Wylot doliny położony jest na wysokości 265 m n.p.m. w pobliżu miejscowości Kobyłany. Najwyższe wzniesienie (Kopiec Bzowskich) znajduje



Ryc. 1. Dolina Kobyłańska – mapa warstwowa wraz z rozmieszczeniem powierzchni badawczych

Fig. 1. Kobyłańska Valley – topography and localization of experimental surfaces

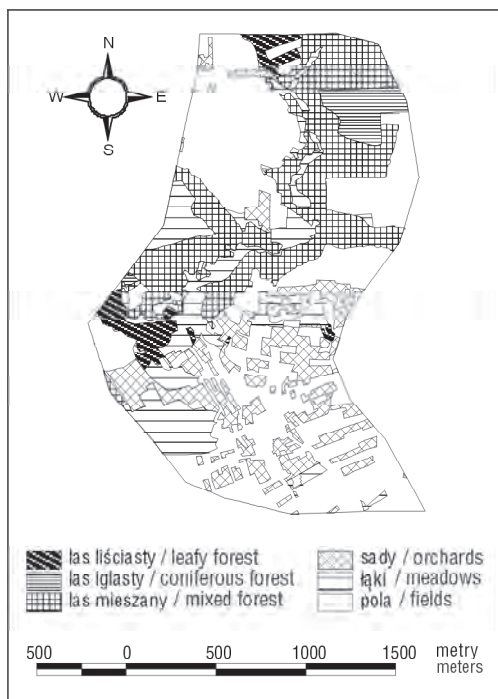
się w północno-zachodniej części doliny na wysokości 418 m n.p.m. Największa bezwzględna różnica wysokości pomiędzy dnem doliny a jej górną krawędzią wynosi 87 metrów (Skała Kula), średni spadek terenu wynosi 10°, natomiast średni spadek zboczy kanionu – 38°. Całkowita powierzchnia terenu badań wynosi 3,16 km². Największy udział mają tereny o ekspozycji południowo-zachodniej (26,4%), najmniejszy zaś o ekspozycji północnej i północno-wschodniej (łącznie 6,0%) (ryc. 4, 5). Dolina Kobyłańska zawiera liczne unikatowe formy przyrody nieożywionej, do których można między innymi zaliczyć: skały wapienne Żabi Koń, Zjazdową Turnię, Wronią Basztę, a także źródło Kobyłanki, zwane też Brynią (fot. 1). W dolinie znajduje się stanowisko reliktywego gatunku arktyczno-alpejskiego – skalnicy gronowej, ponadto stanowiska krzewiastej brzozy Szafera uznawanej za polski endemit.



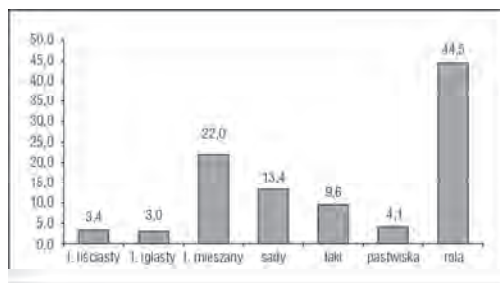
Fot. 1. Dolina Kobyłańska (fot. M. Rawluk)
Phot. 1 Kobylańska Valley (phot. M. Rawluk)

Metodyka

W latach 2002–2003 w Dolinie Kobyłańskiej prowadzono pomiary mikroklimatyczne na jedenastu stałych powierzchniach doświadczalnych (ryc. 1). Wykonano sześć 40-godzinnych serii pomiarowych w ciepłej części roku (czerwiec, lipiec). Pomiary mikroklimatyczne wykonywano co godzinę. Posterunki pomiarowe (mpp) oznaczono trwale w terenie, w celu przeprowadzenia kolejnych serii pomiarów w tych samych miejscach. Stanowiska wyposażono w maszt wolnostojący o wysokości 220 cm, na którym umieszczono psychrometr aspiracyjny TB19AI z napędem elektrycznym do pomiaru temperatury powietrza na wysokości 150 cm nad glebą. Na szczycie (Kopiec Bzowskich) równoległe z pomiarami wykonywanymi ręcznie pracowała automatyczna stacja meteorologiczna firmy Davis Instruments z zestawem standardowych urządzeń pomiarowych (temperatura powietrza, wilgotność względna powietrza, kierunek i prędkość wiatru, ciśnienie atmosferyczne, opad atmosferyczny). Odczyty ze stacji automatycznej wykonywano co 60 minut. Obserwacje pogodowe wykonywano w trakcie każdej serii pomiarowej na posterunkach zlokalizowanych na otwartej przestrzeni.



Ryc. 2. Mapa rozmieszczenia zbiorowisk roślinnych w Dolinie Kobylańskiej
 Fig. 2. Map of plant communities in the Kobylańska Valley



Ryc. 3. Procentowy udział typów zbiorowisk roślinnych w dolinie Kobylańskiej
 Fig. 3. Percentage share of plant community types in the Kobylańska Valley

Powierzchnie badawcze rozmieszczono w miarę równomierne, aby reprezentowały możliwie najbardziej charakterystyczne typy środowiska. Lokalizacja stanowisk pomiarowych uwzględniała ponadto profile wysokościowe i zróżnicowanie fitosocjologiczne. Do prezentacji wyników analiz w postaci map zastosowano metodę interpolacji IDW (*Inverse Distance Weighting*). Średnia odległość pomiędzy wszystkimi stanowiskami wynosiła 540 m i pozwalała na odzwierciedlenie miejscowego zróżnicowania interpolowanej powierzchni (Vysoudil 1988; Gaździcki 1990; Kraak, Ormeling 1998; Magnuszewski 1999, Durło 1999, 2004a)

Stanowiska pomiarowe na otwartej przestrzeni (mpp1, mpp6, mpp7, mpp8, mpp9, mpp10, mpp11) ustawione były nad jednakową powierzchnią czynną, którą była trawa o wysokości 10 cm. Stanowiska podokapowe w drzewostanach (mpp3, mpp4, mpp5) umieszczone były nad powierzchnią ściółki i niskim runem. Stanowisko w gnieździe leśnym (mpp2) znajdowało się w centralnej jego części w odległości 15-20 m od ściany lasu. Zestaw przyrządów umieszczony był nad powierzchnią czynną, którą stanowiła roślinność zielna o wysokości około 30 cm (tab. 1).

Rozkład przestrzenny temperatury powietrza na wysokości 150 cm nad gruntem z godziny 7:00, 13:00, 19:00 i 1:00 oraz amplitudę dobową przedstawiono dla wybranej serii pomiarowej, w której zarysowały się najwyraźniejsze kontrasty mikroklimatyczne na badanym obszarze. W tym celu

Tab. 1. Położenie posterunków pomiarowych w Dolinie Kobylańskiej
 Tab. 1. Measurement stations in the Kobylańska Valley

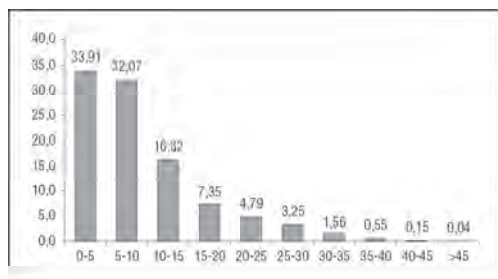
Posterunek / Station	Wysokość n.p.m. / Height (a.s.l. (m))	Spadek (°) / Inclination	Ekspozycja / Exposure	Powierzchnia / Surface	Lokalizacja / Localisation
mpp1	421,0	0,0	terena płaski	trawa	szczyt wzniesienia
mpp2	372,0	10,0	SS E	trawa	łąka, dno doliny
mpp3	365,0	22,0	WW	korony drzew	las mieszany Bk-So
mpp4	355,0	11,0	W	korony drzew	las mieszany Bk-So
mpp5	358,0	16,0	ESE	korony drzew	las mieszany Bk-Gh
mpp6	347,0	0,0	terena płaski	trawa	szczyt wzniesienia
mpp7	307,0	0,0	terena płaski	trawa	łąka, dno doliny
mpp8	310,0	0,0	terena płaski	trawa	dno doliny, zabudowania
mpp9	355,0	0,0	terena płaski	trawa	szczyt wzniesienia
mpp10	349,0	10,0	S	trawa	łaka, pastwisko, złocza
mpp11	315,0	0,0	terena płaski	trawa	łąka, dno doliny

Explanation: teren płaski – flat area, trawa – grass, korony drzew – tree canopy, szczyt wzniesienia – hill top, łąka – meadow, dno doliny – valley bottom, las mieszany – mixed forest, zabudowania – buildings, pastwisko – pasture, zbocze – slope

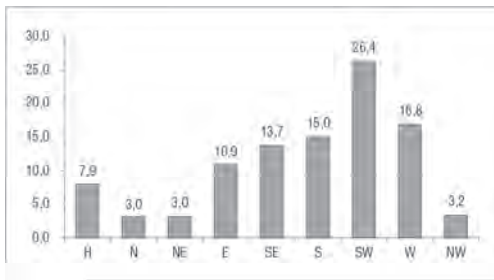
wybrano doby 18 i 19 czerwca 2002 r., w których słoneczną, stagnacyjną pogodę kształtował rozległy wyż z centrum nad południową Polską (Niedźwiedz 2003). Przeważał wówczas wiatr wschodni i północno-wschodni o średniej prędkości na wzniesieniach $1,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a w dolinie $0,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Średnie zachmurzenie wyniosło w tych dniach 10%.

W trakcie analizowanej serii pomiarowej nie wystąpiły opady atmosferyczne, w godzinach późnowieczornych i rannych zaobserwowano rosę na posterunkach zlokalizowanych na otwartej przestrzeni, rosa utrzymywała się dłużej w dnie doliny.

Zróżnicowanie temperatury powietrza w poszczególnych terminach pomiarowych uzupełniono wynikami względnych różnic wartości temperatury powietrza, opracowanych na podstawie wszystkich sześciu serii pomiarowych z czerwca 2002 oraz czerwca i lipca 2003 r. Jako stację bazową przyjęto posterunek zlokalizowany na szczycie najwyższego wzniesienia (mpp1) i względem niego porównywano wartości temperatury powietrza z poszczególnymi stanowiskami. Do opracowań kartograficznych wykorzystano komputerową bazę danych o warunkach geograficznych środowiska. Informacje na temat atrybutów uzyskano z mapy fitosocjologicznej, operatu geodezyjnego, charakterystyki powierzchni



Ryc. 4. Procentowy udział klas spadków w Dolinie Kobylańskiej
 Fig. 4. Percentage share of slope classes in the Kobylańska Valley



Ryc. 5. Procentowy udział ekspozycji w Dolinie Kobyłańskiej

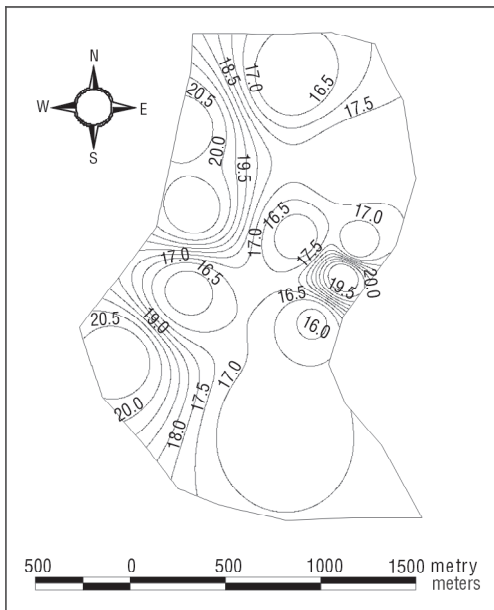
Fig. 5. Percentage share of aspects in the Kobyłańska Valley

Kriging) opracowano wzór mapy numerycznej do prezentacji przestrzennego zróżnicowania temperatury (Durło 2004a, b).

Wyniki

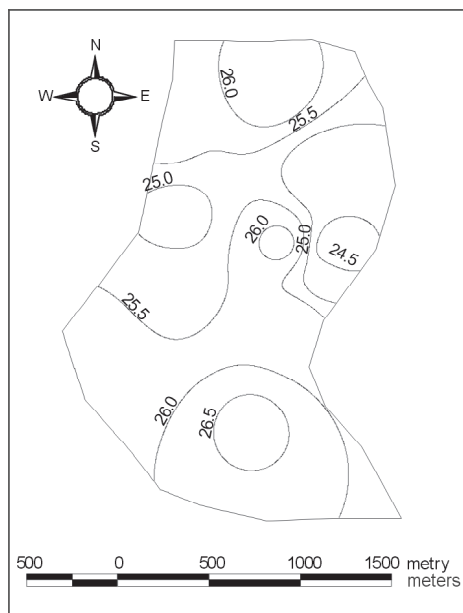
W oparciu o wyniki pomiarów temperatury powietrza na wysokości 150 cm podczas serii pomiarów przeprowadzonych 18 i 19 czerwca 2002 r. ustalono, że rankiem (7:00) przy bezchmurnej pogodzie i słabym wietrze najcieplejszymi rejonami były szczytowe, odkryte partie wzniesień, natomiast naj-

chłodniej było w tym czasie w dnie doliny (ryc. 6). Przy tym cieplej było w otwartej końcowej części doliny. W dnie doliny najwyższe temperatury powietrza zanotowano w lesie (mpp3), gdyż dolna warstwa koron drzew skutecznie ograniczała nocne wypromieniowanie. Największe różnice temperatury w tym czasie wyniosły 4,5°C.



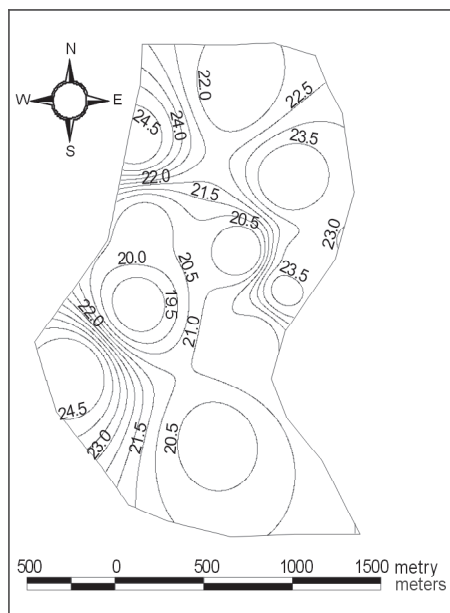
Ryc. 6. Mapa przestrzennego zróżnicowania temperatury powietrza na wysokości 150 cm nad gruntem o godzinie 7:00 w trakcie serii pomiarowej 18-19 czerwiec 2002 r.

Fig. 6. The map of spatial differentiation of air temperature at 150 cm above ground level at 7 am in measurement series 18-19 June 2002



Ryc. 7. Mapa przestrzennego zróżnicowania temperatury powietrza na wysokości 150 cm nad gruntem o godzinie 13:00 w trakcie serii pomiarowej 18-19 czerwiec 2002 r.

Fig. 7. The map of spatial differentiation of air temperature at 150 cm above ground level at 1 pm in measurement series 18-19 June 2002

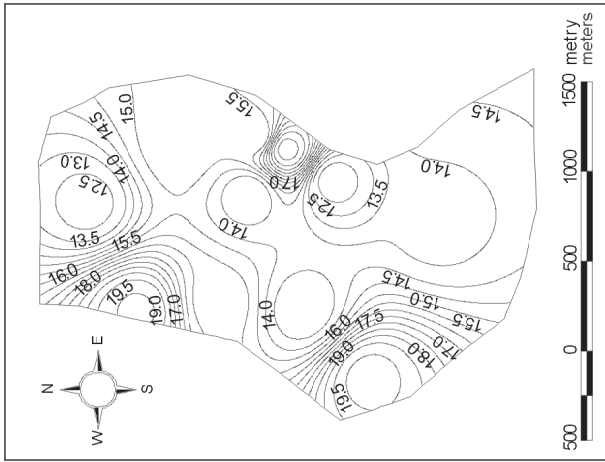


Ryc. 8. Mapa przestrzennego zróżnicowania temperatury powietrza na wysokości 150 cm nad gruntem o godzinie 19:00 w trakcie serii pomiarowej 18-19 czerwiec 2002 r.

Fig. 8. The map of spatial differentiation of air temperature at 150 cm above ground level at 7 pm in measurement series 18-19 June 2002

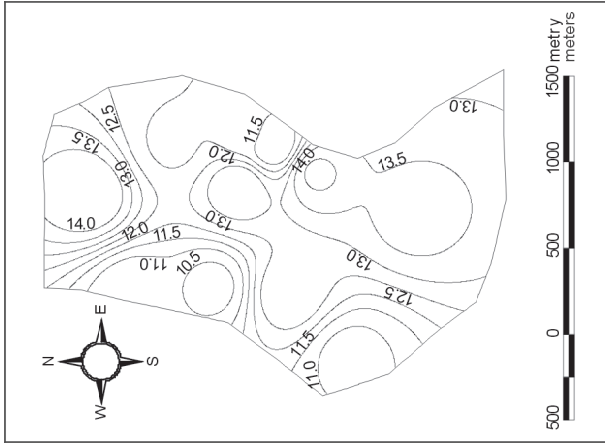
Wraz z upływem czasu coraz więcej promieniowania docierało do kolejnych części głębokiej doliny, co spowodowało początkowo wyrównanie temperatury w profilu pionowym doliny, a następnie odwrócenie pionowego układu temperatury powietrza na korzyść powierzchni położonych w dnie doliny. O godzinie 13:00 najcieplejsze okazały się miejsca na powierzchniach otwartych, płaskich i osłoniętych fragmentach dna doliny (ryc. 7). Szczególnie ciepło było u wylotu doliny oraz w gnieździe leśnym. Zróżnicowanie temperatury między punktami było zdecydowanie mniejsze niż o godzinie 7:00. Największe różnice sięgały około $2,0^{\circ}\text{C}$ (ryc. 7).

W godzinach wieczornych ponownie zwiększyły się kontrasty termiczne pomiędzy poszczególnymi stanowiskami, a o godzinie 19:00 różnice temperatury powietrza wynosiły $6,0^{\circ}\text{C}$ (ryc. 8). Najcieplejsze w tym czasie ponownie stały się tereny odkryte, najwyżej położone, szczególnie ekspozycje południowo-zachodnie i zachodnie. Natomiast najchłodniej było w dnie doliny, która była odcięta od dopływu promieniowania słonecznego. W profilu podłużnym chłodniejszy okazał się



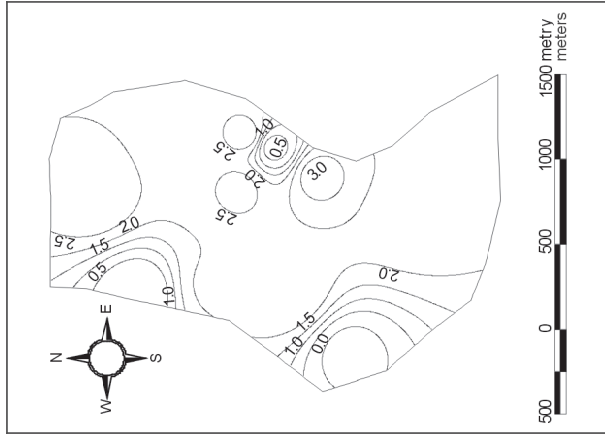
Ryc. 9. Mapa przestrzennego zróżnicowania temperatury powietrza na wysokości 150 cm nad gruntem o godzinie 1:00 w trakcie serii pomiarowej 18-19 czerwca 2002 r.

Fig. 9. The map of spatial differentiation of air temperature at 1 am above ground level at 150 cm above ground level at 1 am in measurement series 18-19 June 2002



Ryc. 10. Mapa przestrzennego zróżnicowania amplitudy dobowej temperatury powietrza na wysokości 150 cm nad gruntem w trakcie serii pomiarowej 18-19 czerwca 2002 r.

Fig. 10. The map of spatial differentiation of amplitude of air temperature at 150 cm above ground level in measurement series 18-19 June 2002



Ryc. 11. Mapa przestrzennego zróżnicowania względnych różnic temperatury powietrza na wysokości 150 cm nad gruntem w trakcie serii pomiarów czerwiec, lipiec 2002, 2003

Fig. 11. The map of spatial differentiation of relative difference of air temperature at 150 cm above ground level at measurement series June, July 2002, 2003

Tab. 2. Temperatura powietrza na mikroklimatycznych posterunkach pomiarowych w czasie serii pomiarów w dniach 18-19 czerwca w Dolinie Kobyłańskiej

Tab. 2. Air temperature at measurement stations in the period 18-19 June in the Kobyłańska Valley

Posterunek Stacja	tp 1:00	tp 7:00	tp 13:00	tp 19:00	DIES	Amplituda Amplitude
mpp1	19,6	20,7	25,6	24,8	22,5	10,5
mpp2	12,3	16,1	26,3	21,7	19,6	14,5
mpp3	15,3	17,9	24,6	23,9	20,1	11,9
mpp4	15,0	16,6	23,3	23,1	19,8	11,7
mpp5	15,7	20,8	24,8	20,3	20,4	10,3
mpp6	19,2	21,0	24,9	23,7	22,2	11,0
mpp7	13,6	16,3	25,4	19,2	19,9	12,9
mpp8	13,8	16,6	26,6	20,3	20,2	13,7
mpp10	12,2	15,9	15,9	21,3	19,3	14,1
mpp11	13,6	16,2	26,1	19,9	19,9	13,5

Explanation: tp1:00 - measurements at 1 p.m., DIES - mean daily air temperature, amplitude - daily temperature range

koniec doliny, odwrotnie niż w godzinach porannych. Wieczorem powietrze w lesie na ekspozycji zachodniej okazało się zdecydowanie cieplejsze od tego na ekspozycji wschodniej, aż o 3,0°C. Zdecydował o tym czas insolacji na obu wystawach.

Po zachodzie słońca, temperatura powietrza obniżała się stopniowo na całym obszarze. Jednak w dalszym ciągu przestrzenne zróżnicowanie temperatury powietrza utrzymywało się bardzo wyraźnie. O godzinie 1:00 różnice pomiędzy temperaturą powietrza na posterunkach wynosiły 7,0°C (ryc. 9). Najcieplejsze ponownie stały się tereny najwyżej położone, najchłodniej było w dnie doliny. Taka stratyfikacja pionowa temperatury powietrza trwała do wczesnych godzin porannych.

Przestrzenny rozkład amplitudy dobowej temperatury powietrza na wysokości 150 cm odznaczał się także dużym zróżnicowaniem (ryc. 10). Najwyższą amplitudą temperatury powietrza charakteryzowało się gniazdo leśne oraz łagodne stoki południowe w końcowej otwartej części doliny, w dalszej kolejności powierzchnie otwarte w dnie doliny, słabo przewietrzane z uwagi na prostopadły do osi doliny kierunek wiatru. Były to powierzchnie, które najbardziej nagrzewały się w ciągu dnia oraz intensywnie wychładzały się nocą. Najmniejsze amplitudy zanotowano na silnie przewietrzanych wzniesieniach nad doliną oraz w izolowanych przez roślinność powierzchniach leśnych (ryc. 10, tab. 2).

Najwyższą średnią dobową temperaturę powietrza (22,7°C) badanej serii miał punkt mpp9 zlokalizowany na szczycie wzniesienia Kula, najniższą zaś (19,3°C) punkt mpp10 położony na stoku o południowej ekspozycji (tab. 2). Zdecydowało o tym bardzo silne nocne wychłodzenie w tym miejscu. Generalnie

najwyższą średnią dobową temperaturą charakteryzowały się formy wypukłe, położone w sąsiedztwie krawędzi doliny, najniższą zaś dno doliny (tab. 2). Względne różnice temperatury, obliczone dla wszystkich serii pomiarowych, wskazują, że najwyraźniejsze kontrasty temperatury występowały pomiędzy stanowiskami na szczytach a dnem doliny, łagodnymi stokami o wystawie południowej i małymi gniazdami leśnymi (ryc. 11).

Podsumowanie

Prowadzenie badań mikroklimatycznych przy wykorzystaniu sieci punktów pomiarowych dostarcza wielu cennych informacji na temat przestrzennego zróżnicowania warunków panujących w przygruntowej warstwie powietrza. Krótki interwał czasowy oraz synchronizacja pomiarów pozwalają dodatkowo uzyskać obraz dynamicznie zmieniających się w ciągu doby warunków wymiany ciepła między atmosferą i powierzchnią czynną. Przedstawione w pracy względne i bezwzględne różnice temperatury powietrza wskazują miejsca cieplejsze oraz chłodniejsze, co ułatwi wykonanie waloryzacji mikroklimatycznej badanego terenu w przyszłości.

Wykorzystana w badaniach liczba stanowisk (11) była wystarczająca do uzyskania informacji o wpływie rzeźby terenu na rozkład pionowy i poziomy temperatury powietrza. Jednak nie była ona wystarczająco liczna, by w pełni odwzorować zmienność warunków temperaturowych w dolinie o dużym przestrzennym zróżnicowaniu typów roślinności. Wydaje się jednak, iż współczesne zmiany w organizacji badań mikroklimatycznych, zmierzające do automatyzacji pomiarów, spowodują, że w najbliższym czasie zaistnieje możliwość dokładnego monitorowania zjawisk meteorologicznych w skali lokalnej, bez względu na charakter i typ badanego obiektu.

LITERATURA

- Durło G., 1999, *Wykorzystanie metod GIS w opracowaniach klimatologicznych*, Annales UMCS, Sekcja B Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia, 55, 119-126.
- Durło G., 2003, *Typologia mikroklimatyczna Jaworzyny Krynickiej i Doliny Czarnego Potoku*, Sylwan, 2, 58-66.
- Durło G., 2004a, *Metody geoinformatyczne w opracowaniach klimatologicznych*, Acta Agrophysica, 105, 2, 235-246.
- Durło G., 2004b, *Waloryzacja mikroklimatyczna i bioklimatyczna – metody badań [w:] Zróżnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*, 1, Przyroda, 157-162.
- Gaździcki J., 1990, *Systemy Informacji Przestrzennej*, PPWK im. E. Romera, Warszawa, Wrocław, ss. 183.
- Kraak M.J., Ormeling F., 1998, *Kartografia, wizualizacja danych przestrzennych*, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa, ss. 274.

- Magnuszewski A., 1999, *GIS w geografii fizycznej*, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa, ss. 187.
- Niedźwiedź T., 2003, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1873-2002)*, Materiały niepublikowane, Kraków.
- Obrębska-Starkłowa B., 1980, *Z zagadnień metodycznych kartowania stosunków klimatycznych w Beskidach w skali szczegółowej*, Dokumentacja Geograficzna IGiPZ PAN, 3, 35-48.
- Trampl T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A., 1990, *Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizyczno-geograficznych*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, ss. 158.
- Vysoudil M., 1988, *Topoclimatic maps construction and its use for lanscape research*, Sbornik pracu Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, Ostrava, 174, Geografie-Geologie, 6, 165-172.
- Wyszkowski A., Trapp J., Korzeniowski J., 1990, *Zróźnicowanie przestrzenne warunków klimatycznych aglomeracji gdańskiej ze szczególnym uwzględnieniem obszarów leśnych*, Conference Papers, 4, IGiPZ PAN, Warszawa, 147-152.

AIR TEMPERATURE DIFFERENTIATION IN THE KOBYLAŃSKA VALLEY

SUMMARY

Applied studies concerning microclimatic description are an important element in the spatial planning. The objective of the studies was to determine the air temperature differentiation of Kobylańska Valley. The study area is located in Dolinki Krakowskie Landscape Park in VI Malopolska Natural Forest Region, 8 – Cracow-Częstochowa Upland Subregion.

The data used are the results of two years, (2002-2003) short series of microclimatic measurements carried out in 11 stations situated at a varying height above the valley bottom, in various landforms and plant communities. Sunny and calm weather discloses well the twenty-four hours variability of air temperature. Large air temperature contrasts in the Kobylańska Valley occurred between hilltops and valley bottom, forested and treeless slopes in its lower and middle part. A detailed characteristic of air temperature distribution in this area allowed developing a map illustrating spatial distribution (fig. 6-11).

Translated by Author

