

DOI 10.2478/v10116-009-0015-z

## **CHARAKTERYSTYKA TOPOKLIMATYCZNA FRAGMENTU WYBRZEŻA KLIFOWEGO W REJONIE BIAŁEJ GÓRY (WOLIŃSKI PARK NARODOWY)**

EWA BEDNORZ, LESZEK KOLENDOWICZ, KATARZYNA SZYGA-PLUTA

### **ZARYS TREŚCI**

W opracowaniu wykorzystano pomiary: albedo, bilansu promieniowania, temperatury i wilgotności względnej z siedmiu stanowisk obserwacyjnych rozlokowanych w profilu poprzecznym do brzegu morskiego od plaży do buczyny na wysoczyźnie morenowej. Stwierdzono zróżnicowany przebieg dobowy analizowanych elementów meteorologicznych, zależny od konfiguracji i pokrycia terenu. Punkty pomiarowe zlokalizowane na obszarze odsłoniętym charakteryzują się większymi amplitudami temperatury i wilgotności powietrza niż usytuowane na terenie zalesionym czy na stokach klifu. Wystawienie na bezpośrednie promieniowanie słoneczne powoduje znaczny wzrost temperatury przy pogodzie bezchmurnej. Odsłonięcie terenu pozwala też na większe wypromieniowanie w zakresie długofalowym w nocy, co obniża poranne minimum temperatury. Specyficzną termiką charakteryzuje się obszar plaży. Wyniki pomiarów potwierdzają oddziaływanie Bałtyku, który znacząco zmniejsza dobową amplitudę temperatury powietrza. Termika analizowanych stanowisk pomiarowych jest ściśle powiązana z wartością bilansu radiacyjnego, która głównie zależy od natężenia bezpośredniego promieniowania Słońca docierającego do podłoża, albedo oraz pojemności cieplnej gruntu.

### **WSTĘP**

W sezonie letnim 2008 r. Zakład Klimatologii Instytutu Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu rozpoczął badania topoklimatyczne i bioklimatyczne w Wolińskim Parku Narodowym (WPN). Ogólne cechy klimatu WPN znane są ze starszych opracowań regionalnych (MŁODZIKOWSKI 1986; PRAWDZIC 1963) oraz aktualnych opracowań w skali kraju. Wyróżniają się łagodną zimą ze średnimi temperaturami  $> 0^{\circ}\text{C}$ , bardzo dużą wilgotnością względną (średniorocznie  $> 84\%$ ), przy stosunkowo niedużych – jak na obszar wybrzeża – opadach ( $< 550$  mm), z niewielką przewagą w miesiącach letnich, oraz dużym udziałem silnych wiatrów z przewagą z sektora południowo-zachodniego (WOŚ 1999; *Atlas klimatu Polski*, 2005). Opracowania cech klimatu WPN w mniejszej skali – topoklimatycznej – są nieliczne i dotyczą najczęściej aspektu bioklimatycznego (BYCA 2003; REJEK, TYLKO-WSKI 2003). Termiczno-wilgotnościowe badania topoklimatyczne prowadzone były w rejonie Grodna (JACHNIK i in. 2003) i na terenie Międzyzdrojów (MUGAJ i in. 1989). TAMULEWICZ (1997) opracował mapę topoklimatów fragmentu WPN.

Podstawą niniejszego opracowania były pomiary prowadzone przez Zakład Klimatologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu (UAM) we współpracy ze Stacją Monito-

ringu Środowiska Przyrodniczego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Białej Górze. Podobne badania topoklimatyczne i bioklimatyczne prowadzone są od wielu lat przez pracowników Zakładu Klimatologii w Wielkopolskim Parku Narodowym i Słowińskim Parku Narodowym (BEDNORZ i in. 2001; BEDNORZ i in. 2004; BEDNORZ, KOLENDOWICZ 2009).

## METODY I ZAKRES BADAŃ

Badania topoklimatyczne prowadzone są w małej skali przestrzennej i pozwalają na wychyceniu indywidualnych cech klimatycznych powierzchni o różnym charakterze. Wśród cech klimatycznych najważniejszy wydaje się obieg ciepła i wilgoci, związany z wymianą energii i pozostający w ścisłym związku z cechami powierzchni czynnej – przede wszystkim ukształtowaniem i pokryciem terenu. Indywidualne warunki termiczne i wilgotnościowe nad różnymi powierzchniami czynnymi są najłatwiejsze do zidentyfikowania w czasie pogody radiacyjnej, czyli bezwietrznej i bezchmurnej lub z małym zachmurzeniem. Wtedy obserwuje się najbardziej intensywną wymianę energii i szybki obieg wilgoci – temperatura i wilgotność powietrza są najbardziej zróżnicowane czasowo i przestrzennie (PASZYŃSKI i in. 1999).

Pomiary, które są podstawą niniejszego opracowania, przeprowadzono na przełomie lipca i sierpnia roku 2008, wykorzystując okres pogody radiacyjnej z bardzo małym zachmurzeniem (0 lub 1 w skali od 0 do 8) i niewielkimi prędkościami wiatru. Do analizy wybrano sześć dob pomiarowych: 25–27.07 i 30.07–01.08.2008. W opracowaniu wykorzystano pomiary z siedmiu stanowisk obserwacyjnych rozlokowanych w promieniu do 300 m od Stacji w Białej Górze, w profilu poprzecznym do brzegu morskiego od plaży do buczyny na zapleczu zabudowań stacji. Punkty pomiarowe reprezentują zróżnicowane ekosystemy WPN o odmiennym pokryciu i morfologii terenu:

1. Pierwszy punkt pomiarowy usytuowano w środkowej części plaży, w odległości 8 m od brzegu morskiego i takiej samej odległości od podstawy 70-metrowego klifu. Określa się go w opracowaniu 1 – Plaża (fot. 1). Piaszczyste podłoże było suche w czasie całego cyklu pomiarowego z wyjątkiem linii brzegowej zalewanej przez fale.

2. Drugi punkt pomiarowy wyznaczono na zboczu aktywnego klifu, 9 m nad poziom plaży, na suchej powierzchni piaszczysto-żwirowej (2 – Klif A) (fot. 1).

3. Trzeci punkt zlokalizowano również na klifie, w 1/3 jego wysokości, tuż pod częścią ustaloną przez roślinność, która częściowo osłania stanowisko pomiarowe (3 – Klif B) (fot. 1).

4. Stanowisko czwarte usytuowano na koronie klifu, w odsłoniętej, bezdrzewnej, najwyższej części krawędziowej (4 – Korona klifu A) (fot. 2).

5. Piąty punkt pomiarowy znajdował się na odsłoniętym przestrzeni 20 m od krawędzi klifu (nieopodal ogródka meteorologicznego), na porośniętym trawą płaskim gruncie (5 – Korona klifu B) (fot. 3).

6. Szóste stanowisko pomiarowe jest jedynym o charakterze antropogenicznym. Zostało zlokalizowane na asfaltowanym parkingu przy budynku stacji. Parking był nieosłonięty koronami drzew, zatem przez całą dobę miała miejsce silna wymiana promieniowania (6 – Parking) (fot. 4).



Fot. 1. Lokalizacja stanowisk pomiarowych 1 Plaża, 2 Klif A i 3 Klif B  
Photo 1. Location of measurement points 1 Beach, 2 Cliff A and 3 Cliff B



Fot. 2. Pomiary na stanowisku 4 Korona klifu A  
Photo 2. Measurements at the point 4 Crown of the cliff A





Fot. 3. Stanowisko 5 Korona klifu B  
Photo 3. Measurement point 5 Crown of the cliff B

7. Ostatnie stanowisko pomiarowe reprezentuje siedlisko rozległych w północnej części parku buczyn pomorskich. W podłożu ściółka, zwarte korony drzew tworzą okap ograniczający dopływ promieniowania słonecznego (7 – Buczyzna) (fot. 5).

Na badania topoklimatyczne składały się pomiary temperatury i wilgotności względnej wykonywane co godzinę przez całą dobę na dwóch wysokościach – 5 cm i 150 cm nad poziom gruntu. Dla uzupełnienia, na wybranych stanowiskach mierzono prędkość i kierunek wiatru oraz – w wybranych terminach – bilans promieniowania. Do pomiarów wykorzystano: termohigrometry HM34 Vaisala, przenośne stacje meteorologiczne Kestrel-4500 oraz albedomierz i bilansomierz z galwanometrem. Przeanalizowano przebieg dobowy temperatury i wilgotności powietrza na obu wysokościach nad poziom gruntu na wszystkich stanowiskach pomiarowych. Wskazano ekstrema temperatury, obliczono dobową amplitudę i pionowe gradienty termiczne (różnica temperatury powietrza na wysokości 5 cm i 150 cm n.p.g.).

Wielkość ochładzającą obliczono na podstawie pomiarów katatermometrem Hilla, które wykonywano na wszystkich stanowiskach co dwie godziny (w godzinach parzystych) na wysokości 150 cm. Dla oceny komfortu cieplnego zastosowano skalę Conrada oraz Petrovića i Kacvinskyego (KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA i in. 1997).

Meteorologiczne tło i rodzaj zachmurzenia prowadzonych pomiarów topoklimatycznych i bioklimatycznych zapewniły rutynowe obserwacje prowadzone w Stacji Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Białej Górze.





Fot. 4. Stanowisko 6 Parking  
Photo 4. Measurement point 6 Parking

## WYNIKI

W czasie wybranych sześciu dni pomiarowych panowała wyżowa (ciśnienie ok. 1012 hPa) pogoda o charakterze radiacyjnym z zachmurzeniem od 0 do 1, sporadycznie 2 (w skali oktantowej 0–8), reprezentowanym przez nieliczne chmury *Cirrus*. Notowano niewielkie prędkości wiatru ( $1\text{--}2\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) ze zmiennych kierunków, niekiedy odpowiadające słabej cyrkulacji bryzowej – w dzień z sektora północnego, w nocy z południowego. Średnia temperatura dobową wynosiła od  $19,3^{\circ}\text{C}$  w pierwszym dniu pomiarowym do  $22,7^{\circ}\text{C}$  w ostatnim dniu. Absolutny zakres zmian temperatury mieścił się w przedziale od  $15,1^{\circ}\text{C}$  do  $29,6^{\circ}\text{C}$ . Dobowa amplituda temperatury pierwszego dnia była niewielka ( $4,5^{\circ}\text{C}$ ), a w ostatnim dniu pomiarowym wzrosła do  $13,3^{\circ}\text{C}$ . Wilgotność względna powietrza wahała się od 82 do 94% w pierwszym dniu pomiarowym i od 32 do 75% w ostatnim, najcieplejszym dniu.

Analizowane stanowiska pomiarowe cechowały się zróżnicowanymi wartościami albedo. Na plaży suchy piasek odbijał około 40% promieniowania słonecznego. Stanowiska zlokalizowane na odsoniętej części klifu (A oraz B) charakteryzowały się jednakowymi wartościami albedo (17%). Trawiaste podłoże korony klifu oraz stanowiska położone nie-



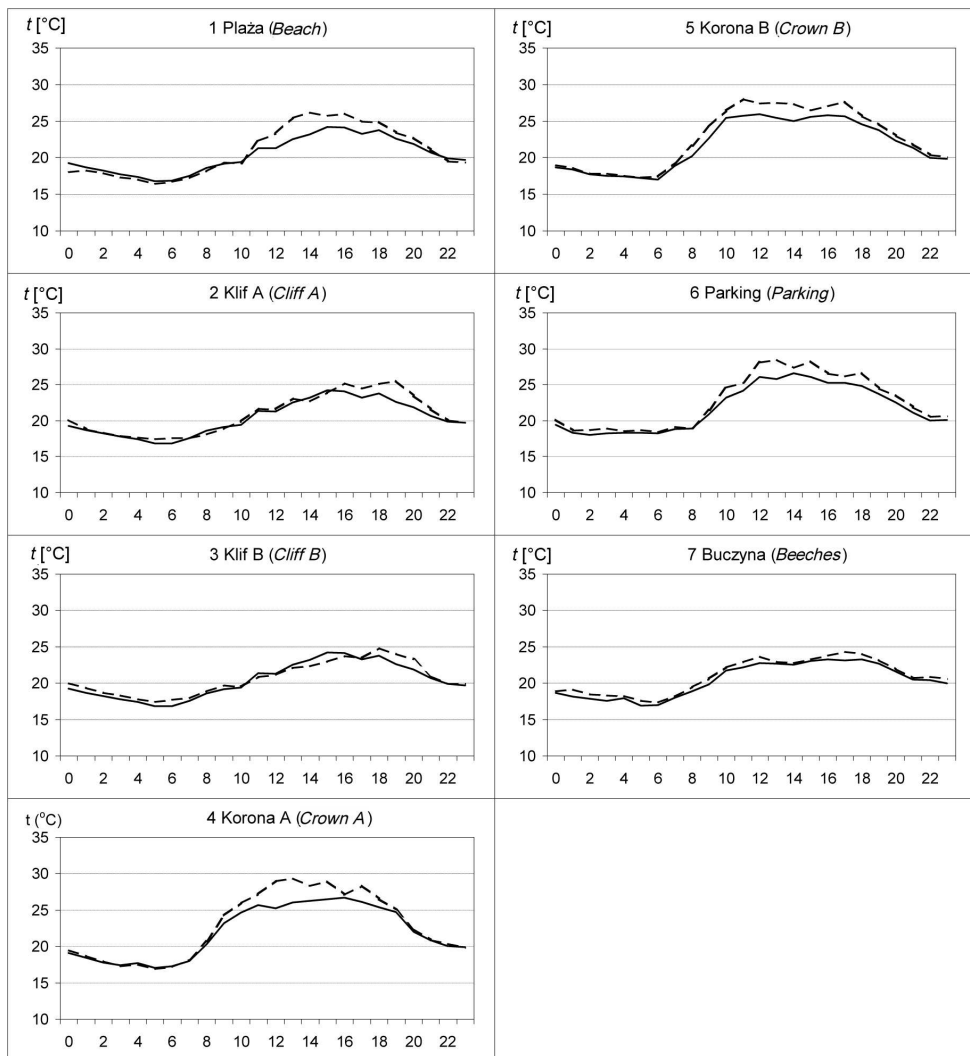
Fot. 5. Stanowisko 7 Buczyna  
Photo 5. Measurement point 7 Beeches

opodal ogródka meteorologicznego odbijały około 25% promieniowania. Najmniejszymi wartościami albedo cechowały się stanowisko 6 zlokalizowane na asfaltowym parkingu oraz 7 – w lesie bukowym, dla których albedo wynosiło odpowiednio 15 i 10%.

Tabela 1. Wartości bilansu promieniowania dla poszczególnych stanowisk pomiarowych [ $W \cdot m^{-2}$ ].

Table 1. The radiation balance for particular measurement points [ $W \cdot m^{-2}$ ]

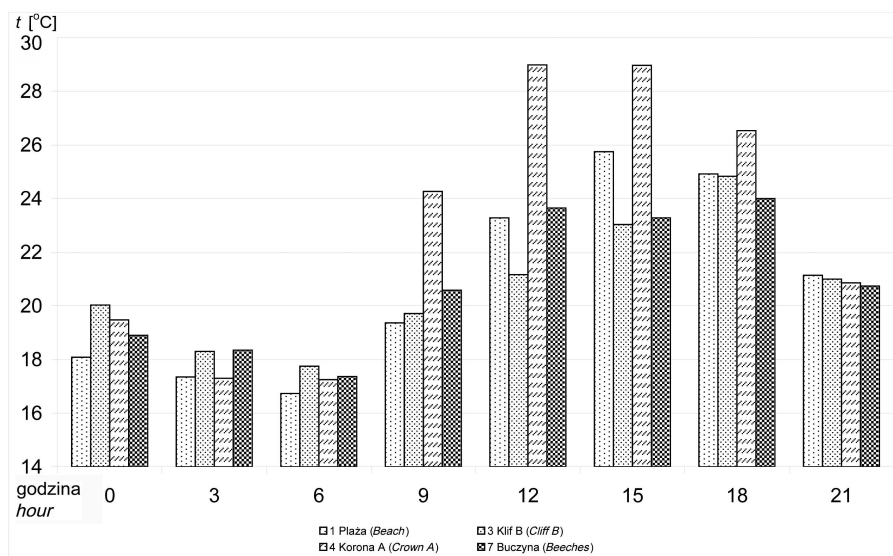
Stanowisko pomiarowe <i>Measurement point</i>	Godziny <i>Hours</i>		
	8.00	14.00	20.00
1. Plaża <i>Beach</i>	335	294	40
2. Klif A <i>Cliff A</i>	53	268	40
3. Klif B <i>Cliff B</i>	53	268	40
4. Korona A <i>Crown A</i>	335	402	40
5. Korona B <i>Crown B</i>	335	402	40
6. Parking <i>Parking</i>	350	388	35
7. Buczyna <i>Beeches</i>	10	15	0



Ryc. 1. Uśredniony dobowy przebieg temperatury powietrza na siedmiu stanowiskach pomiarowych na wysokości 5 cm (linia przerywana) i 150 cm (linia ciągła) nad poziomem gruntu

Fig. 1. Mean daily course of the air temperature at seven measurement points at the height of 5 cm (dotted line) and 150 cm (continuous line) above ground level





Ryc. 2. Zróżnicowanie przebiegu dobowego temperatury powietrza na wysokości 5 cm nad poziom gruntu na wybranych stanowiskach

Fig. 2. Diversity of the daily course of the air temperature at the height of 5 cm above ground level at chosen measurement points

Bilans radiacyjny na poszczególnych punktach mierzono trzy razy na dobę o godzinie 8.00, 14.00 i 20.00 (tab. 1). W godzinach porannych największe wartości bilansu radiacyjnego, około  $350 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , charakteryzowały punkty pomiarowe zlokalizowane na plaży i parkingu. Na zacienionych stanowiskach usytuowanych na stromym klifie bilans radiacyjny wynosił około  $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , a w lesie bukowym zaledwie  $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . O godzinie 14.00 największe wartości bilansu (ponad  $400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ) charakteryzowały punkty na koronie klifu (Klif A i Klif B), a najmniejsze wewnątrz lasu bukowego ( $15 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Zauważa się znaczny wzrost bilansu promieniowania w porównaniu z godziną 8.00 dla stanowisk zlokalizowanych na stromym klifie od około  $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  do niemal  $270 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , na co bezpośredni wpływ miało oświetlenie o tej porze doby eksponowanych na północ stoków klifu przez promieniowanie bezpośrednie słońca. O godzinie 20.00 dla większości stanowisk pomiarowych odnotowano jednakowe wartości bilansu promieniowania wynoszące około  $40 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ . Jedynie na stanowisku zlokalizowanym w lesie bukowym bilans wyniósł  $0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Dobowy przebieg temperatury na poszczególnych stanowiskach był zróżnicowany i odpowiadał ich odmiennemu usytuowaniu oraz pokryciu (tab. 2, ryc. 1, 2).

Tabela 2. Podstawowe charakterystyki temperatury w °C. Gradient obliczony jako różnica temperatury na wysokości 5 i 150 cm nad poziom gruntu

Table 2. Basic temperature characteristics in °C. The gradient calculated as the difference in temperature between the altitudes of 5 and 150 cm above ground level

Stanowisko pomiarowe <i>Measurement point</i>		1 Plaża <i>1 Beach</i>	2 Klif A <i>2 Cliff A</i>	3 Klif B <i>3 Cliff B</i>	4 Korona A <i>4 Crown A</i>	5 Korona B <i>5 Crown B</i>	6 Parking <i>6 Parking</i>	7 Buczyzna <i>7 Beeches</i>
Średnia temperatura dobowa <i>Mean daily temperature</i>	5 cm	20,9	20,9	20,6	<b>22,8</b>	<b>22,7</b>	<b>22,7</b>	21,0
	150 cm	20,3	20,4	20,3	<b>21,9</b>	<b>21,7</b>	<b>21,7</b>	20,4
Średnia maksymalna temperatura dobowa <i>Mean maximal daily temperature</i>	5 cm	27,5	26,7	25,1	<b>31,5</b>	<b>29,4</b>	<b>30,5</b>	25,0
	150 cm	25,0	25,0	24,5	<b>28,0</b>	<b>27,9</b>	<b>27,9</b>	23,8
Absolutne maksimum temperatury <i>Absolute temperature maximum</i>	5 cm	30,3	31,8	27,2	<b>33,5</b>	<b>32,3</b>	<b>34,5</b>	28,0
	150 cm	29,8	27,7	28,0	<b>32,2</b>	<b>30,8</b>	<b>32,2</b>	27,6
Średnia minimalna temperatura dobowa <i>Mean minimal daily temperature</i>	5 cm	15,9	16,8	17,3	16,8	17,0	17,9	17,2
	150 cm	16,7	17,2	16,4	16,9	16,8	16,8	16,7
Absolutne minimum temperatury <i>Absolute temperature minimum</i>	5 cm	14,4	15,3	15,9	14,9	15,2	14,7	15,8
	150 cm	14,6	16,2	13,2	15,4	15,2	14,5	15,5
Średnia dobowa amplituda temperatury <i>Mean daily temperature amplitude</i>	5 cm	11,6	9,9	7,8	<b>14,7</b>	<b>12,4</b>	<b>13,1</b>	7,9
	150 cm	8,3	7,8	8,0	<b>11,1</b>	<b>11,1</b>	<b>11,1</b>	7,1
Maksymalna dobowa amplituda temperatury <i>Maximal daily temperature amplitude</i>	5 cm	14,8	15,5	9,9	<b>17,5</b>	<b>16,2</b>	<b>15,9</b>	10,5
	150 cm	14,0	11,3	10,8	<b>16,0</b>	<b>14,1</b>	<b>16,0</b>	10,7
Minimal daily temperature amplitude <i>Minimalna dobowa amplituda temperatury</i>	5 cm	9,4	6,0	4,2	8,4	9,7	8,2	4,6
	150 cm	4,7	4,1	6,8	6,3	8,2	4,5	4,5
Średni maksymalny dobowy gradient temperatury <i>Mean maximal daily temperature gradient</i>		<b>4,5</b>	3,1	2,3	<b>5,0</b>	4,1	<b>4,5</b>	2,2
Absolutny maksymalny dobowy gradient temperatury <i>Absolute maximal daily temperature gradient</i>		<b>7,2</b>	4,3	5,7	<b>7,2</b>	5,2	<b>7,0</b>	3,2

cd. tab. 2

Stanowisko pomiarowe <i>Measurement point</i>	1 Plaża <i>1 Beach</i>	2 Klif A <i>2 Cliff A</i>	3 Klif B <i>3 Cliff B</i>	4 Korona A <i>4 Crown A</i>	5 Korona B <i>5 Crown B</i>	6 Parking <i>6 Parking</i>	7 Buczyzna <i>7 Beeches</i>
Średni minimalny dobowy gradient temperatury <i>Mean minimal daily temperature gradient</i>	-1,5	-0,9	-0,9	-1,1	-1,2	-0,8	-0,7
Absolutny minimalny dobowy gradient temperatury <i>Absolute minimal daily temperature gradient</i>	-3,5	-1,7	-1,8	-2,5	-2,4	-1,6	-2,0

Trzy największe wartości w danej kategorii wyróżniono pogrubioną czcionką, trzy najmniejsze wartości italiem  
Three maximum values in a given category in bold, three minimum values in italics

Najwyższe temperatury notowano przy gruncie (5 cm n.p.g.) na odsłoniętych stanowiskach 4, 5 i 6. Absolutne zanotowane maksima wynosiły tam ponad od 32,3°C (5 Korona B) aż do 34,5°C nad asfaltowaną powierzchnią parkingu. Zdecydowanie mniejsze absolutne maksima zmierzono na pozostałych stanowiskach; w lesie (7 Buczyzna) nie przekroczyło ono 28,0°C. Średnie maksima temperatury przy gruncie obliczone dla wszystkich dób wynosiły od 31,5°C na stanowisku 4 (Korona klifu) do 25,0°C w lesie (7 Buczyzna). Różnica 6,5°C świadczy o odmiennym bilansie energetycznym ekosystemów wybranych do badania. Minima temperatury przy gruncie osiągały najniższe wartości na plaży – do wartości 14,4°C zanotowanej 31.07. Intensywna nocna radiacja powodowała też niskie temperatury we wczesnych godzinach rannych na odsłoniętym stanowisku 4 (Korona klifu A). Przy takim rozkładzie temperatur ekstremalnych przy gruncie największe amplitudy dobowe notowano na stanowiskach 4 (Korona A), 5 (Korona B) i 6 (Parking), niekiedy przekraczały one 15°C (średnio 13–15°C). Najmniejsze dobowe amplitudy temperatury notowano w lesie (7 Buczyzna) i na obu stanowiskach na klifie (2, 3) – poniżej 10°C.

Temperatura na wysokości 150 cm n.p.g. kształtowała się podobnie jak przy gruncie, z mniejszymi o średnio około 2°C wartościami maksimów i nieznacznie większymi wartościami minimów. Dobowa amplituda temperatury na wysokości 150 cm n.p.g. była więc średnio o około 2,5°C mniejsza niż przy gruncie. Temperatura w warstwie przygruntowej na wszystkich stanowiskach miała w ciągu dnia normalny rozkład pionowy (spadek temperatury wraz z wysokością). Pionowy gradient temperatury, czyli różnica pomiędzy temperaturą przy gruncie a temperaturą na wysokości 150 cm, był dodatni i w godzinach południowych wynosił od 4,5–5°C na eksponowanych na insulację stanowiskach 4 i 6 (Korona klifu i Parking) do 2,2°C na osłoniętym okapem liści stanowisku w lesie (7 Buczyzna). Sytuacje inwersyjne z odwróconym rozkładem temperatury pojawiały się w godzinach nocnych. Najmniejsze ujemne gradienty (poniżej 1°C) obserwowano na plaży i odsłoniętych, a więc narażonych na nocną radiację stanowiskach nr 4 i 5 (Korona klifu A i B).

Oprócz scharakteryzowanych różnic w wartościach temperatura cechuje się także odmiennym przebiegiem dobowym na poszczególnych stanowiskach pomiarowych (ryc. 1 i 2). Na obszarach odsłoniętych, gdzie od wczesnych godzin rannych nie ma przeszkód w dostawie promieniowania słonecznego, w godzinach od 7.00 do 11.00 następował szybki

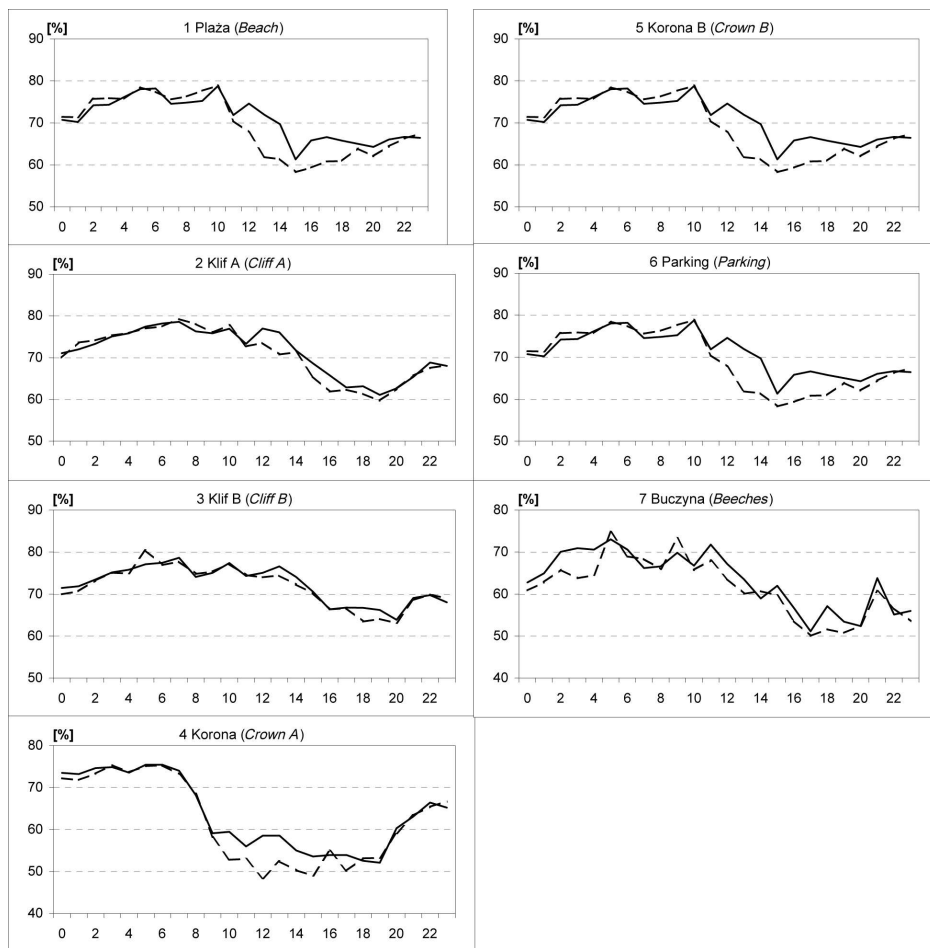


wzrost temperatury, która następnie stabilizowała się na wysokim poziomie aż do godzin wieczornych, osiągając maksymalną wartość między 12.00 a 14.00. Po zachodzie słońca następował najpierw dość szybki, a później bardzo powolny spadek temperatury do wartości minimalnej we wczesnych godzinach rannych. Inny przebieg dobowy temperatury – przede wszystkim ze względu na morfologię terenu – zaobserwowano na klifowym zboczu. Różnica polega przede wszystkim na opóźnionym występowaniu maksimum, które pojawiało się dopiero w godzinach wieczornych (18.00–19.00) po powolnym i wyrównanym wzroście temperatury od wschodu słońca. Ściana klifu jest wystawiona w kierunku północnym i słońce oświetla punkty pomiarowe, zapewniając intensywny dopływ energii dopiero w godzinach popołudniowych. Na plaży dość szybko nagrzewała się powierzchnia piasku i zalegająca nad nią cienka warstwa powietrza, ale na wysokości 150 cm n.p.g. wzrost temperatury podlega oddziaływaniu powietrza z nad morza i jest dość powolny.

Tab e l a 3. Podstawowe charakterystyki wilgotności względnej [%]  
Table 3. Basic relative humidity characteristics [%]

Stanowisko pomiarowe <i>Measurement point</i>		1 Plaża <i>1 Beach</i>	2 Klif A <i>2 Cliff A</i>	3 Klif B <i>3 Cliff B</i>	4 Korona A <i>4 Crown A</i>	5 Korona B <i>5 Crown B</i>	6 Parking <i>6 Parking</i>	7 Buczyna <i>7 Beeches</i>
Średnia wilgotność względna <i>Mean daily relative humidity</i>	5 cm	69,2	70,7	71,8	62,0	63,7	53,1	61,5
	150 cm	70,9	71,4	72,3	63,6	65,3	55,7	63,4
Średnia maksymalna wilgotność względna <i>Mean maximal daily relative humidity</i>	5 cm	78,9	79,3	80,4	75,4	77,6	63,4	74,8
	150 cm	78,8	78,6	78,7	75,4	76,9	66,0	73,0
Absolutne maksimum wilgotności względnej <i>Absolute relative humidity maximum</i>	5 cm	88,0	90,8	91,9	89,5	90,6	74,9	85,1
	150 cm	88,3	90,2	91,5	89,8	89,1	75,6	81,0
Średnia minimalna wilgotność względna <i>Mean minimal daily relative humidity</i>	5 cm	58,3	59,7	63,1	48,4	51,2	40,1	50,0
	150 cm	61,3	61,1	63,9	52,1	53,3	44,4	51,1
Absolutne minimum wilgotności względnej <i>Absolute relative humidity minimum</i>	5 cm	38,4	37,6	45,0	32,0	35,0	32,0	36,0
	150 cm	40,8	40,0	42,0	33,7	38,0	32,5	34,0

Wilgotność powietrza charakteryzowała się mniejszą zmiennością między stanowiskami, natomiast miała wyraźny przebieg dobowy (tab. 3, ryc. 3). Średnia wilgotność względna wahała się od 53% do 72%. Najwyższą wilgotnością charakteryzowały się stanowiska położone na klifie. Na stanowisku na asfaltowym parkingu zanotowano najniższą wartość wilgotności względnej – 32%. Największymi pionowymi gradientami charakteryzuje się stanowisko położone na koronie klifu (4). Najmniejsze zróżnicowanie pionowe wilgotności powietrza zaobserwowano na stanowiskach usytuowanych na klifie (Klif A i B).



Ryc. 3. Uśredniony dobowy przebieg wilgotności powietrza na siedmiu stanowiskach pomiarowych na wysokości 5 cm (linia przerywana) i 150 cm (linia ciągła) nad poziom gruntu

Fig. 3. Mean daily course of the air humidity at seven measurement points at the height of 5 cm (dotted line) and 150 cm (continuous line) above ground level

Na wszystkich stanowiskach pomiarowych największą wilgotność względną na 150 cm n.p.g. zanotowano o godzinie 6.00. Najwcześniejszym spadkiem wilgotności powietrza, około godziny 8.00, cechuje się korona klifu (4). Okres niskiej wilgotności na tym stanowisku trwa najdłużej (do 19.00), co spowodowane jest największym nasłonecznieniem. Na pozostałych stanowiskach okres o najniższych wartościach wilgotności względnej jest znacznie krótszy i przypada na godziny popołudniowe. Minimum zanotowano o godzinie 18.00 we wszystkich punktach pomiarowych poza plażę, gdzie wilgotność względna była najniższa o godzinie 15.00. Przy gruncie wartość maksymalna wilgotności względnej na większości stanowisk występuje również o godzinie 6.00. Tylko na plaży (1) najwyższą

wilgotność zanotowano o godzinie 9.00, a na koronie klifu (4) o 3.00. Na wysokości 5 cm n.p.g. wilgotność względna przyjmuje najniższe wartości w różnych terminach na różnych stanowiskach: najwcześniej, bo o godzinie 12.00 – na stanowiskach 4 (korona klifu) i 5 (ogródek), następnie – o godzinie 15.00 – na plaży (1) i parkingu (6), najpóźniej, bo o 18.00, na stanowiskach 2, 3 (klif) i 7 (las).

Na większości stanowisk pomiarowych nocą oraz rano do godziny 10.00 zauważa się wyraźne zmniejszenie pionowego zróżnicowania wilgotności względnej. Od godziny 10.00 do zachodu słońca natomiast obserwuje się wyraźne zmniejszenie wilgotności przy gruncie w stosunku do wysokości 150 cm nad jego powierzchnią. Zjawisko to tłumaczy wyższa temperatura powietrza w czasie dnia w przygruntowej warstwie (ryc. 1 i 3). Zjawisko to obserwowane jest często. W nocy mamy do czynienia z tzw. mokrym (największa wilgotność przy gruncie), a w dzień z suchym pionowym rozkładem wilgotności względnej (najmniejsza wilgotność przy gruncie) (MOLGA 1983).

## WNIOSKI

Podsumowując rezultaty badań topoklimatycznych, należy zauważyć zróżnicowany przebieg dobowy analizowanych elementów meteorologicznych, zależny od konfiguracji i pokrycia terenu. Punkty pomiarowe zlokalizowane na obszarze odsłoniętym charakteryzują się większymi amplitudami temperatury i wilgotności powietrza niż usytuowane na terenie zalesionym czy na stokach klifu. Wystawienie na bezpośrednie promieniowanie słoneczne powoduje znaczny wzrost temperatury przy pogodzie bezchmurnej. Odsłonięcie terenu pozwala też na większe wypromieniowanie w zakresie długofalowym w nocy, co obniża poranne minimum temperatury. Specyficzną termiką odznacza się obszar plaży. Wyniki pomiarów potwierdzają oddziaływanie Bałtyku, który znacząco zmniejsza dobową amplitudę temperatury powietrza (OKOŁOWICZ 1964, 1969).

Pionowe gradienty temperatury przygruntowej warstwy powietrza również w dużym stopniu zależą od lokalizacji punktów pomiarowych. Największe ich wartości notuje się w punktach położonych na odsłoniętych stanowiskach zlokalizowanych na wysoczyźnie (Korona klifu A i B oraz Parking). Z kolei pionowy gradient wilgotności względnej powietrza przyjmuje największe wartości nad obszarem pokrytym asfaltem, a najmniejsze na obszarze stoków klifu.

Termika analizowanych stanowisk pomiarowych jest ściśle powiązana z wartością bilansu radiacyjnego, która zależy głównie od natężenia bezpośredniego promieniowania słońca docierającego do podłoża, albedo oraz pojemności cieplnej gruntu (PASZYŃSKI i in. 1999).

W czasie pogody radiacyjnej bilans przyjmuje największe wartości w godzinach okołopołudniowych. Znaczna przewaga energii dochodzącej do podłoża nad emitowaną cechuje stanowiska o podłożu trawiastym (4, 5). Podłoże to nie nagrzewa się tak bardzo, jak asfalt czy powierzchnie piaszczyste i przy dużej dostawie promieniowania całkowitego emituje mniej fal długich. Najmniejsza wartość bilansu notowana jest w lesie. Przyczyną jest cień w znacznym stopniu utrudniający dopływ promieniowania słonecznego do wnętrza lasu. Zacienienie wpływa również na bilans radiacyjny powierzchni stokowych ekspozowanych na północ (stanowisko 2 i 3). Nie dociera w te miejsca promieniowanie



bezpośrednie słońca przed godzinami okołopołudniowymi, co obniża znacznie wartość bilansu o tej porze doby. W godzinach wieczornych dochodzi do wyrównania wartości bilansu ze względu na niewielkie natężenie promieniowania słonecznego. Mniejszym bilansem odznacza się stanowisko wewnątrz lasu bukowego oraz na parkingu. Wnętrze lasu cechują specyficzne warunki radiacyjne wynikające zarówno z zacienienia oraz z magazynowania energii cieplnej wewnątrz szaty roślinnej (PASZYŃSKI 1999). Stąd, zarówno dostawa, jak i wypromieniowanie owym okresie doby odbywa się w większości w zakresie długofalowym i jest zrównoważona. Asfaltowy parking z kolei emituje więcej ciepła zgromadzonego w czasie dnia niż na przykład grunt, co wynika z jego dużej pojemności cieplnej, wpływając na obniżenie wartości bilansu w porównaniu z innymi odkrytymi stanowiskami.

## LITERATURA

- BEDNORZ E., KOLENDOWICZ L., 2009: *Wybrane zagadnienia dotyczące klimatu Wielkopolskiego Parku Narodowego*. Morena.
- BEDNORZ E., KOLENDOWICZ L., SZYGA-PLUTA K., 2001: *Typy topoklimatu Słowińskiego Parku Narodowego*. Dokum. Geogr. PAN, Warszawa, 23, 19–31.
- BEDNORZ E., KOLENDOWICZ L., SZYGA-PLUTA K., 2004: *Badania topoklimatyczne i bioklimatyczne w Wielkopolskim Parku Narodowym*. Pr. i Mat. Wielkopolskiego Parku Narodowego. Morena, z. 11, 15–20.
- BYCA M., 2003: *Z badań nad budżetowością klimatyczną Wolińskiego Parku Narodowego*. [W:] A. Kostrzewski (red.), *Woliński Park Narodowy. Środowisko przyrodnicze – kształtowanie i ochrona*, Poznań, 91–96.
- JACHNIK M., KŁOKOWSKA A., REJEK H., SKORACKA K., TYLKOWSKI J., 2003: *Dynamika zmian temperatury i wilgotności w przyziemnej warstwie powietrza w ciągu doby na terenie Wolińskiego Parku Narodowego*. [W:] A. Kostrzewski (red.), *Woliński Park Narodowy. Środowisko przyrodnicze – kształtowanie i ochrona*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, 71–79.
- KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA T., BŁAŻEJCZYK K., KRAWCZYK B., 1997: *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski*. Wyd. UAM, Monogr. PAN IGiPZ, 1.
- MŁODZIKOWSKI Z., 1986: *Klimat Wolińskiego Parku Narodowego*. [W:] A. Kostrzewski (red.), *Woliński Park Narodowy*. Monografia Geograficzna, Wyd. Nauk. UAM, Poznań, 24–31.
- MOLGA M., 1983: *Meteorologia rolnicza*. PWRiL, Warszawa.
- MUGAJ R., POROWSKI D., SZYGA K., 1989: *Zróżnicowanie zmienności dobowej temperatury powietrza i wilgotności względnej na terenie Międzyzdrojów*. [W:] A. Kostrzewski (red.), *Środowisko przyrodnicze i przestrzenna struktura społeczno-ekonomiczna miasta i gminy Międzyzdroje*, Monografia Geograficzna, Wyd. Nauk. UAM, Poznań 211–229.
- OKOŁOWICZ W., 1964: *Zachmurzenie i opad wybranych miesięcy letnich 1962–63 w okolicy Wielkich Jezior Mazurskich*. Pr. i Stud. Kat. Klimat. IG UW.
- OKOŁOWICZ W., 1969: *Klimatologia ogólna*. PWN, Warszawa.
- PASZYŃSKI J., SKOCZEK J., MIARA K., 1999: *Wymiana energii między atmosferą a podłożem jako podstawa kartowania topoklimatycznego*. Dokum. Geogr. PAN IGiPZ, 14.
- PRAWDZIC K., 1963: *Klimat Basenu Szczecińskiego*. Bad. Fizjograf. nad Pol. Zach., t. XI, 61–131.
- REJEK H., TYLKOWSKI J., 2003: *Stosunki klimatyczne Wolińskiego Parku Narodowego w świetle wielkości ochładzającej powietrza*. [W:] A. Kostrzewski (red.), *Woliński Park Narodowy. Środowisko przyrodnicze – kształtowanie i ochrona*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, 81–89.
- TAMULEWICZ J., 1997: *Pogoda i klimat Ziemi. V tom Wielkiej Encyklopedii Geografii Świata*. Wyd. Kurpisz, Poznań.
- WOŚ A., 1999: *Klimat Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.

Recenzent: prof. zw. dr hab. Alojzy Woś

Zakład Klimatologii  
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

## **TOPOCLIMATIC FEATURES OF A PART OF THE CLIFF SHORE IN THE AREA OF BIAŁA GÓRA (WOLIŃSKI NATIONAL PARK)**

### **SUMMARY**

The study was based on measurements carried out by Climatology Department of Adam Mickiewicz University in the area of Biała Góra Station in the territory of Woliński National Park. The research was conducted in July 2009, during the radiative weather. Measurements used in this study were made at observation points located within the radius of 500 m from the station, representing selected ecosystems of Woliński National Park. The 7 observation points were located in the profile from the sea-shore to the beech wood on the moraine hills, i.e. (1) Beach, (2) Cliff A, (3) Cliff B, (4) Crown of the cliff A, (5) Crown of the cliff B, (6) Parking, (7) Beech wood.

Daily changes in solar radiation, air temperature and humidity at all measurement points were analysed. The daily course of the overmentioned parameters was variable and strongly related to the surface configuration and ground cover. The exposed measurement points characterise with high diurnal amplitudes of temperature and humidity, in comparison to the measurement points covered with wood (7) or shaded by the cliff (2 and 3). The direct solar radiation causes rapid rises in the air temperature during the cloudless weather. The exposure also causes strong nocturnal long-wave radiation of the earth surface, which lowers the morning minimum of the air temperature. The measurement point located on the beach has a specific daily course of the air temperature, which indicates the strong influence of the Baltic Sea. Thermal and humidity conditions at all measurement points are strongly related to the balance of solar radiation, which is conditioned by the solar radiation intensity and the ground thermal capacity.

