



## Dobowy przebieg temperatury i wilgotności powietrza w Polsce w kolejnych dekadach roku

### *The diurnal course of air temperature and humidity in Poland in consecutive ten-day periods of the year*

**Monika Okoniewska**

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, Instytut Geografii  
85-033 Bydgoszcz, pl. Kościeleckich 8  
[monika.okoniewska@ukw.edu.pl](mailto:monika.okoniewska@ukw.edu.pl)

**Zarys treści.** Artykuł przedstawia charakterystykę dobowej zmienności temperatury powietrza i ciśnienia pary wodnej w Polsce. Do analizy wykorzystano dane z 8 terminów obserwacyjnych z lat 1991–2000 z Koszalina, Białegostoku, Poznania, Warszawy, Wrocławia i Rzeszowa. Obliczono średnie dobowe wartości obu parametrów meteorologicznych, ukazano ich przebieg dobowy oraz przebieg wartości ekstremalnych, wraz z godzinami występowania, a także amplitudy. Analizy przeprowadzono dla kolejnych dekad roku. Badania wykazały zróżnicowanie przebiegu dobowego warunków termiczno-wilgotnościowych zarówno w odniesieniu do czasu, jak i rozkładu przestrzennego. Stwierdzono, że sezon letni cechuje się mniejszą stabilnością warunków pogodowych w ciągu doby, niż okres zimowy. Ponadto wykazano, że występowanie minimów dobowych temperatury znacznie bardziej niż maksimum uzależnione jest od pory roku. W przypadku ciśnienia pary wodnej potwierdzono występowanie w sezonie ciepłym dwóch maksimum i minimów dobowych, przy czym wykazano, iż czas pojawiania się pierwszego maksimum dobowego jest najbardziej zależny od pory roku.

**Słowa kluczowe:** przebieg dobowy, temperatura powietrza, ciśnienie pary wodnej, Polska.

### Wstęp

Warunki klimatyczne wpływają w znaczący sposób na funkcjonowanie człowieka w środowisku społecznym, oddziałując między innymi na procesy gospodarcze, migracje, sport, rekreację i turystykę, a także zdrowie (Ballester i inni, 2003; Błażejczyk i Kozłowska-Szczęsna, 2010; Błażejczyk i Kunert, 2011; Brenner i Lee, 2014; Freitas, 2003, 2005; Gómez, 2005, Matzarakis i inni 2007; Smith, 1993). Szczególnie duży wpływ wywierają dobowe i sezonowe zmiany warunków pogodowych, które w przeciwieństwie do zmienności wieloletniej są przez człowieka dość mocno odczuwalne (Błażejczyk i Matzarakis, 2007; Maras i inni, 2016; Okoniewska, 2016a). Spośród oddziałujących na organizm ludzki elementów pogody, jednymi

z najważniejszych są: temperatura powietrza oraz jego wilgotność. Kształtują one bowiem nie tylko odczucia cieplne, oddziałując na organizm hartująco lub obciążająco, ale także mogą stanowić czynnik wywołujący stany chorobowe, np. przeziębienia czy uciążliwe zwłaszcza dla osób starszych stany parności (Diaz i inni, 2002; Donaldson i Keatinge, 2002; Kozłowska-Szczęśna i inni, 2004; Leszczyński, 1973). W artykule przedstawiono dobową zmienność warunków termicznych i wilgotnościowych w Polsce wykorzystując dwa podstawowe parametry meteorologiczne, czyli temperaturę powietrza oraz ciśnienie pary wodnej.

Badania charakterystyki warunków termiczno-wilgotnościowych na terenie Polski, jakie można znaleźć w literaturze klimatologicznej, często obejmują analizy na podstawie wartości średnich dobowych, amplitud, ekstremów dobowych, czy wybranych dni o określonych cechach termicznych i wilgotnościowych (np. Kejna i inni, 2009; Araźny i Smukała, 2011). Natomiast prace obejmujące charakterystykę przebiegu dobowego różnych parametrów meteorologicznych do tej pory w znacznej mierze dotyczyły badań w skali lokalnej (np. Roguski i inni, 2004) lub pojedynczych miejscowości (Kaszewski i Siwek, 1998; Więclaw, 2011). W niniejszym opracowaniu wzięto pod uwagę sześć stacji synoptycznych, zlokalizowanych w różnych częściach Polski, a analizy przeprowadzono uwzględniając podział roku na dekady, co może być przyczynkiem do szczegółowych badań nad dobową zmiennością warunków termiczno-wilgotnościowych w skali całego kraju.

Celem opracowania było ukazanie specyfiki dobowej zmienności temperatury powietrza oraz ciśnienia pary wodnej. W szczególności podjęto próbę zbadania ekstremów dobowych obu elementów meteorologicznych, zarówno pod względem samych wartości, jak i godzin ich pojawiania się, a na ich podstawie określenia kontrastów dobowych.

## **Materiał i metoda badań**

W pracy wykorzystano dane z ośmiu terminów obserwacyjnych temperatury powietrza (°C) i ciśnienia pary wodnej (hPa), z okresu 1991–2000, ze stacji meteorologicznych zlokalizowanych w sześciu miastach Polski – w Koszalinie, Białymstoku, Poznaniu, Warszawie, Wrocławiu oraz Rzeszowie (tab. 1).

Na podstawie uśrednionych dla wielolecia danych obliczono średnie dobowe wartości temperatury powietrza i ciśnienia pary wodnej. Ponadto przedstawiono zmienność dobową obu parametrów meteorologicznych, wartości ekstremalne wraz z godzinami ich występowania oraz amplitudy. Wszystkie wymienione charakterystyki opracowano dla kolejnych dekad roku. Amplitudy obliczone zostały jako różnice między aproksymowanymi wcześniej wartościami maksymalnymi i minimalnymi, przy czym w przypadku ciśnienia pary wodnej, ze względu na występowanie dwóch maksimów i dwóch minimów dobowych, wybrano wartości odpowiednio najwyższe i najniższe. Dzieląc rok na dekady przyjęto, iż pierw-

sze dwie dekady danego miesiąca mają po 10 dni, a dekada trzecia składa się ze wszystkich pozostałych dni tego miesiąca.

**Tabela 1.** Położenie geograficzne stacji meteorologicznych wykorzystanych w opracowaniu  
*The geographical locations of meteorological stations referred to in this paper*

Stacja Station	$\phi$	$\lambda$	hs (m n.p.m.)
Białystok-Dojlidy	53°06'N	23°10'E	148
Koszalin	54°12'N	16°09'E	32
Poznań-Ławica	52°25'N	16°50'E	86
Rzeszów-Jasionka	50°06'N	22°03'E	200
Szczawno-Zdrój	50°48'N	16°14'E	420
Warszawa-Okęcie	52°10'N	20°58'E	106
Wrocław-Strachowice	51°10'N	16°88'E	123

Źródło: Kozłowska-Szczęsna i inni (2002), <http://www.weatheronline.pl/weather/maps>.

Source: Kozłowska-Szczęsna et al. (2002), <http://www.weatheronline.pl/weather/maps>.

Ze względu na brak dostępu do wszystkich danych pomiarowych, w szczególności godzin występowania minimów i maksimów badanych parametrów meteorologicznych, wartości ekstremalne temperatury powietrza i ciśnienia pary wodnej oraz godziny ich występowania zostały aproksymowane przy użyciu funkcji asymetrycznej o postaci podobnej jak w teoretycznym modelu transportu ciepła, wykorzystywanym do przewidywania dobowego przebiegu temperatury gleby (Lei i inni, 2010):

$$y = a \sin(bx - c) \exp \frac{d(x - e)^2}{f} + g$$

gdzie:

$y$  – dana zmienna meteorologiczna jako funkcja czasu  $x$  (temperatura lub ciśnienie pary wodnej),

$a-g$  – parametry dopasowania danych pomiarowych do powyższej funkcji.

Funkcja ta została zastosowana z tego względu, iż zmiany badanych zmiennych w ciągu doby są nierównomierne (np. temperatura szybciej wzrasta po wschodzie, niż maleje po zachodzie słońca). Jak wskazują badania M. Rojek i M. S. Rojek (2004), modelowanie jest dobrą metodą odtworzenia przebiegu dobowego parametrów meteorologicznych już przy znajomości wartości z kilku terminów pomiarowych.

## Wyniki

### Ogólne cechy przebiegu dobowego temperatury powietrza w kolejnych dekadach roku

Przebieg dobowy temperatury powietrza wykazuje pewne zróżnicowanie w skali Polski, przede wszystkim większe ochłodzenie zimą we wschodniej części kraju, szczególnie w godzinach nocnych. W tym okresie najchłodniejszy jest Białystok, ze średnią dobową temperaturą w dekadach: 1., 3–5. oraz w 36. (na początku i pod koniec stycznia, oraz w pierwszej połowie lutego i pod koniec grudnia), nie przekraczającą  $-1,8^{\circ}\text{C}$ , o najniższej wartości w dekadzie 36. (pod koniec grudnia), wynoszącej  $-4,3^{\circ}\text{C}$  (tab. 2). Między godziną 3:00 a 6:00 rano w ostatniej dekadzie roku wartości temperatury powietrza spadają tam do nieco poniżej  $-5,0^{\circ}\text{C}$ , a w dekadach 3. i 4. (na przełomie stycznia i lutego) do poniżej  $-4,0^{\circ}\text{C}$  (ryc. 1). W pozostałych stacjach położonych we wschodniej Polsce wartości temperatury zimą są tylko nieco wyższe. W Rzeszowie średnia dobowa temperatura powietrza w ostatniej dekadzie roku jest o około  $1,0^{\circ}\text{C}$  wyższa niż w Białymstoku, a średnia wartość z godzin nocnych (między 3:00 a 6:00) w tej i 3. dekadzie (na początku i pod koniec stycznia), kształtuje się na poziomie nieco poniżej  $-4,0^{\circ}\text{C}$ . W Warszawie średnie dobowe w tym czasie nie przekraczają  $-3,0^{\circ}\text{C}$ , spadając poniżej tej wartości jedynie w godzinach nocnych w najchłodniejszych dekadach: 3., 4. i 36. (pod koniec stycznia i grudnia oraz na początku lutego). Na tym tle Poznań, Wrocław i Koszalin są znacznie cieplejsze. W Poznaniu i Wrocławiu, zimą, wartości temperatury w analogicznych dekadach między 3:00 w nocy a 6:00 nad ranem wahają się od  $-2,4^{\circ}\text{C}$  do  $-1,9^{\circ}\text{C}$ , a średnie dobowe nie spadają poniżej  $-1,6^{\circ}\text{C}$ . W Koszalinie natomiast, ze względu na bliskość Morza Bałtyckiego, wartości temperatury powietrza w godzinach nocnych są jeszcze wyższe, wahając się między  $-1,3^{\circ}\text{C}$  w 36. dekadzie roku (pod koniec grudnia) a  $-0,7^{\circ}\text{C}$  w dekadzie 3. (w ostatniej dekadzie stycznia), natomiast najniższa średnia dobowa, odnotowana w ostatniej dekadzie roku, wynosi  $-0,8^{\circ}\text{C}$  (ryc. 1). Należy także zauważyć, że dekady 3., 4. i 36. (przełom stycznia i lutego oraz koniec grudnia), są najchłodniejszymi, podczas gdy w dwóch pierwszych dekadach roku notuje się niewielki wzrost temperatury powietrza, przejawiający się zarówno w wartościach średniej dobowej temperatury, jak i w wielkościach obliczonych dla godzin nocnych.

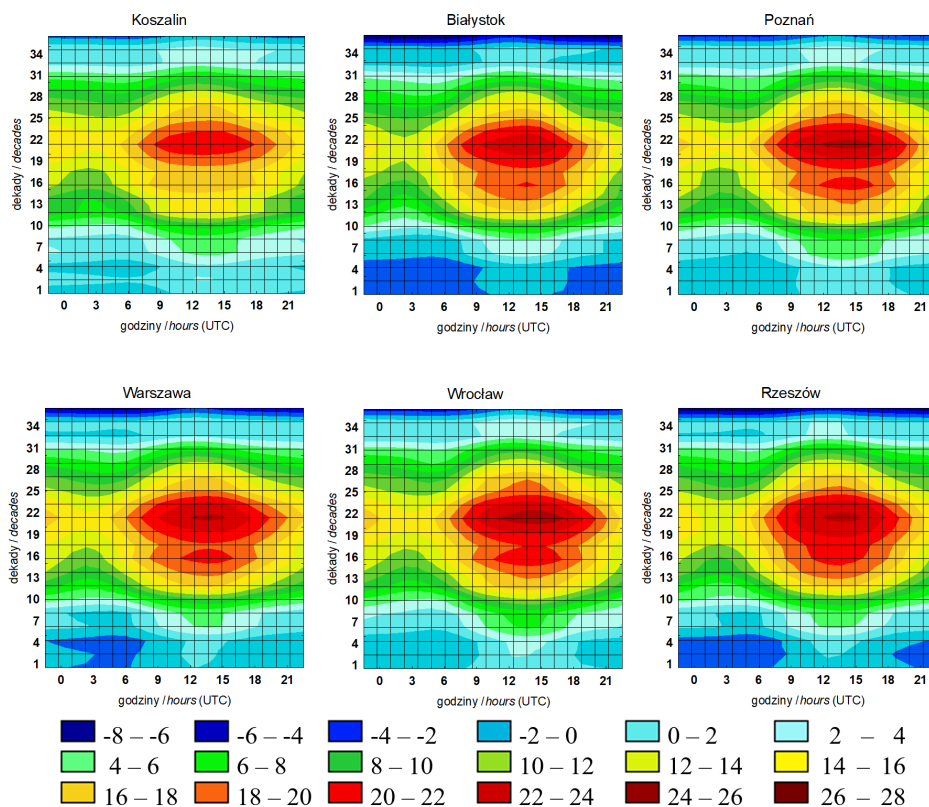
**Tabela 2.** Średnie dobowe wartości temperatury powietrza (°C) w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)  
*Average diurnal values for air temperature (°C) in consecutive ten-day periods of the year at the stations investigated (1991–2000)*

Dekady roku <i>Decades of the year</i>	Miesiące <i>Months</i>	Koszalin	Białystok	Poznań	Warszawa	Wrocław	Rzeszów
1	styczeń	0,52	-2,00	0,25	-0,80	0,34	-1,21
2	styczeń	1,47	-1,43	0,57	-0,53	0,45	-0,85
3	styczeń	-0,10	-3,21	-1,21	-2,32	-0,97	-3,19
4	luty	-0,01	-2,82	-0,76	-1,69	-0,50	-2,05
5	luty	0,62	-1,82	0,41	-0,49	0,94	-0,65
6	luty	2,49	0,19	2,19	1,32	2,55	1,28
7	marzec	3,06	0,71	3,28	2,09	3,54	2,24
8	marzec	2,76	0,62	2,98	1,65	3,51	1,87
9	marzec	3,86	2,61	4,46	3,83	4,85	3,89
10	kwiecień	5,95	5,36	6,94	6,50	7,30	6,56
11	kwiecień	6,03	6,72	7,10	7,32	7,26	7,17
12	kwiecień	11,79	10,91	13,11	12,12	12,69	11,45
13	maj	10,58	11,20	12,13	12,42	12,48	12,64
14	maj	11,99	13,64	14,43	14,67	14,52	14,45
15	maj	12,92	13,04	14,26	14,04	14,31	13,53
16	czerwiec	15,30	16,36	17,15	17,49	17,37	16,96
17	czerwiec	14,41	16,09	15,76	16,41	16,25	16,98
18	czerwiec	15,26	15,91	16,60	16,88	17,11	17,03
19	lipiec	16,59	17,31	18,16	18,40	18,46	18,47
20	lipiec	16,98	17,28	17,96	18,07	18,34	18,12
21	lipiec	18,10	18,29	19,42	19,42	19,72	18,98
22	sierpień	18,50	18,71	20,10	19,90	20,27	19,29
23	sierpień	17,21	16,60	18,17	18,25	18,77	18,10
24	sierpień	16,41	15,63	16,80	17,00	17,10	16,55
25	wrzesień	14,72	13,53	14,79	14,57	15,07	14,35
26	wrzesień	12,84	11,73	13,08	12,88	13,75	13,06
27	wrzesień	12,69	10,59	12,75	11,99	13,21	12,01
28	październik	10,96	9,50	10,85	10,53	11,29	10,62
29	październik	9,13	7,50	8,57	8,55	9,15	9,01
30	październik	6,84	4,61	6,27	5,38	6,74	5,68
31	listopad	5,83	3,85	5,51	4,86	6,16	5,62
32	listopad	3,36	1,07	2,96	1,93	3,26	2,81
33	listopad	1,56	-0,91	0,80	-0,03	0,85	-0,01
34	grudzień	1,86	-1,00	1,23	-0,24	1,23	-0,77
35	grudzień	1,40	-0,89	1,04	0,14	1,34	0,06
36	grudzień	-0,75	-4,27	-1,64	-2,97	-1,62	-3,38

Opracowanie własne, podobnie pozostałe ryciny i tabele / *Author's own elaboration, like remaining figures and tables.*

W czasie zimowych dni różnicowanie termiczne analizowanych stacji jest nieco mniejsze niż nocą. W godzinach okołopołudniowych, najniższe wartości temperatury powietrza występują ponownie w Białymstoku, nie przekraczając w tym czasie  $0^{\circ}\text{C}$ . Najchłodniej jest w ciągu ostatnich 10 dni roku, kiedy w południe średnio wartość temperatury powietrza kształtuje się na poziomie  $-2,6^{\circ}\text{C}$ . Na północnym-wschodzie niskie wartości temperatury powietrza notowane są także w godzinach: 9:00 i 18:00, w ostatniej dekadzie grudnia kształtując się na poziomie poniżej  $-3,0^{\circ}\text{C}$  i na nieco wyższym poziomie na początku roku, podczas gdy w pozostałych miejscowościach o tej porze doby jest nieco cieplej. Nieznacznie tylko wyższe, niż w Białymstoku, wartości temperatury powietrza w ciągu dnia, w dekadach od 1. do 6. i w 36. (od końca grudnia do końca lutego), występują w Rzeszowie i Warszawie, gdzie średnia temperatura w południe waha się od  $-1,8^{\circ}\text{C}$  do  $0,6^{\circ}\text{C}$ . W Poznaniu natomiast temperatura powietrza o godzinie 12:00 wzrasta nawet do  $2,2^{\circ}\text{C}$  w połowie stycznia (2. dekada), najniższe wartości ( $-0,3^{\circ}\text{C}$ ) przyjmując w ostatniej dekadzie roku. Jednak najcieplej zimą w godzinach okołopołudniowych jest we Wrocławiu, gdzie temperatura powietrza w drugiej dekadzie (połowa stycznia) może wzrosnąć do  $3,0^{\circ}\text{C}$ , a w najchłodniejszej, 36. dekadzie (ostatniej w roku), nie spada poniżej  $0^{\circ}\text{C}$ , a także w Koszalinie, gdzie w terminie południowym w żadnej z dekad zimowych nie pojawiają się jej ujemne wartości (ryc. 1).

Latem różnicowanie dobowej zmienności temperatury powietrza w badanych miejscowościach jest bardziej wyraźne niż w okresie zimowym. We Wrocławiu, Warszawie, Rzeszowie i Poznaniu średnie dobowe wartości w dekadach od 16. do 24. (od czerwca do sierpnia) kształtują się na poziomie od około  $17,0$  do  $20,0^{\circ}\text{C}$ , a temperatura godzin okołopołudniowych waha się od  $21,0$  do  $21,7^{\circ}\text{C}$ . Spośród tych stacji najwyższą temperaturę w tym czasie notuje się w Poznaniu, gdzie na początku sierpnia o godzinie 15:00 kształtuje się ona na poziomie około  $25,0^{\circ}\text{C}$ . W Białymstoku średnia temperatura dobowa w letnich dekadach roku mieści się w zakresie  $15,6$ – $18,7^{\circ}\text{C}$ , a wartość temperatury o godzinie 12:00 wynosi średnio około  $20,7^{\circ}\text{C}$ . Jednakże najchłodniejszą stacją o tej porze roku w ciągu dnia jest Koszalin, gdzie średnia z godzin okołopołudniowych wynosi  $19,4^{\circ}\text{C}$ , a wartość średniej dobowej temperatury nie wzrasta powyżej  $18,5^{\circ}\text{C}$  (ryc. 1, tab. 2). W nocy, latem, najcieplej jest we Wrocławiu i Warszawie, gdzie średnia wartość temperatury z godzin 3:00–6:00 wynosi nieco powyżej  $14,5^{\circ}\text{C}$ , a o północy nie spada poniżej  $13,0^{\circ}\text{C}$ . Chłodniejszymi stacjami są w tym czasie Koszalin i Poznań, natomiast najniższa średnia temperatura w miesiącach letnich, nocą, notowana jest w Białymstoku, gdzie w analogicznych godzinach kształtuje się na poziomie nieprzekraczającym  $14,0^{\circ}\text{C}$ , spadając o 3:00 nad ranem niekiedy nawet do  $10,0^{\circ}\text{C}$  (ryc. 1).



**Ryc. 1.** Przebieg dobowy temperatury powietrza ( $t$ , °C) w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)

*Diurnal course followed by air temperature ( $t$ , °C) in consecutive ten-day periods of the year at the stations investigated (1991–2000)*

Z przeprowadzonych analiz wynika, że najchłodniejszą w Polsce jest 3. dekada grudnia (36. dekada roku), kiedy to temperatura powietrza w godzinach okołopołudniowych waha się od  $-2,6^{\circ}\text{C}$  w Białymstoku do  $0,4^{\circ}\text{C}$  w Koszalinie, a w godzinach wczesnorannych (godz. 3:00) wynosi od  $-5,0^{\circ}\text{C}$  w Białymstoku do  $-1,1^{\circ}\text{C}$  w Koszalinie. Najcieplejsza jest natomiast 1. dekada sierpnia (22. dekada roku). Wówczas wartość temperatury o godzinie 12:00 kształtuje się od  $22,0^{\circ}\text{C}$  w Koszalinie do  $24,5^{\circ}\text{C}$  w Rzeszowie, o 3:00 nad ranem waha się między  $13,4^{\circ}\text{C}$  (Białystok) a  $15,0^{\circ}\text{C}$  (Warszawa). Ponadto w Białymstoku, Poznaniu, Warszawie i Wrocławiu w dekadzie 16., czyli na początku czerwca, w godzinach okołopołudniowych zaznacza się drugie maksimum roczne temperatury powietrza, niższe od sierpniowego o około  $2,0$ – $3,0^{\circ}\text{C}$  (ryc. 1).

Latem, stacją z najdłużej obserwowaną dużą wartością temperatury powietrza, jest Rzeszów. W godzinach 9:00–12:00 jej wartości przekraczają tam  $20,0^{\circ}\text{C}$  w 13 dekadach roku, podczas gdy we Wrocławiu i Warszawie – w 12 dekadach,

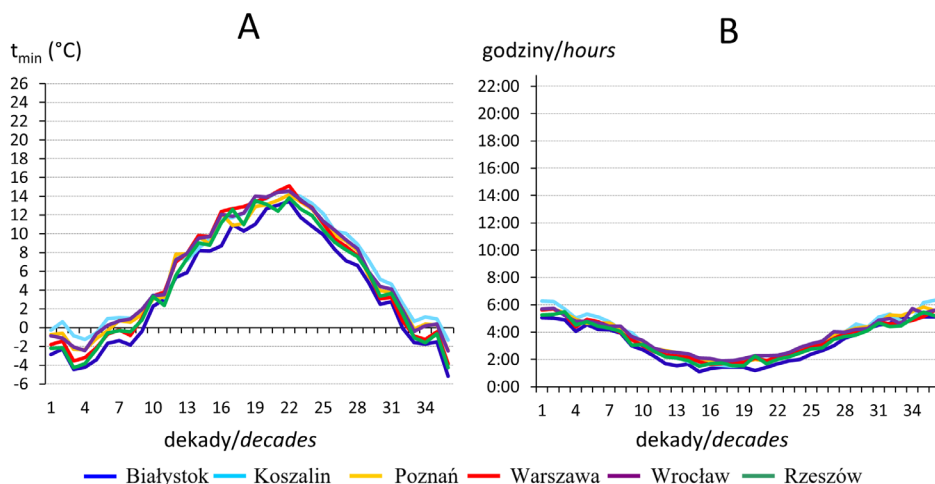
w Poznaniu – w 11, a w Białymstoku i Koszalinie odpowiednio w 10 i 4 dekadach (ryc. 1). Ponadto w Rzeszowie duże wartości temperatury notowane są nieustannie między 13. a 25. dekadą, czyli od maja do połowy września, natomiast w pozostałych stacjach w dekadzie 17., czyli w połowie czerwca, zaznacza się w godzinach okołopołudniowych nieznaczny spadek temperatury (tab. 2, ryc. 1).

Z danych terminowych wynika, że o ile godziny okołopołudniowe (12:00 i 15:00) są najcieplejszą porą doby, o tyle najniższe wartości temperatury występują około 3:00 nad ranem. Zaznacza się to szczególnie wyraźnie między kwietniem a październikiem (od 10. do 30. dekady roku), kiedy w prawie wszystkich stacjach temperatura powietrza o godzinie 3:00 jest niższa od temperatury panującej o północy o około 1,0–2,0°C i od 2,0 do nawet 4,0°C, w zależności od stacji, od temperatury o godzinie 6:00 nad ranem. Następuje więc powolny spadek temperatury powietrza po zachodzie słońca i stosunkowo szybszy jej wzrost po wschodzie, czego przyczyną jest znacznie szybsze nagrzewanie się warstwy powietrza (spowodowanej dopływem promieniowania słonecznego), niż jej wychłodzenie na skutek wypromieniowania.

#### **Dobowe wartości ekstremalne temperatury powietrza, godziny ich występowania oraz amplituda w kolejnych dekadach roku**

Średnie wartości minimalne temperatury powietrza wahają się od około -5,0°C zimą do 15,0°C latem. Najniższe minima w ciągu doby, kształtujące się poniżej 0°C, obserwuje się w dekadach od 33. do 8., czyli od końca listopada do połowy marca na wschodzie Polski. W pozostałych stacjach ujemne wartości temperatury minimalnej występują tylko między końcem grudnia a połową lutego (odpowiednio: 36. dekada i od 1. do 5. dekady roku). W Białymstoku minima są najniższe spośród analizowanych stacji przez cały rok, spadając pod koniec grudnia średnio do -5,0°C, latem natomiast nie przekraczając 13,5°C. Od 23. do 10. dekady (od połowy sierpnia do początku kwietnia) najwyższe wartości minimum dobowego notowane są w Koszalinie. W okresie zimowym, ze względu na ocieplający wpływ Morza Bałtyckiego, nie spadają one tam tak bardzo jak w innych stacjach i w najchłodniejszej, 36. dekadzie roku, wynoszą -1,3°C. W pozostałych dekadach zimy minima dobowe na Pobrzeżu Koszalińskim kształtują się na poziomie od -1,0 do 1,0°C, są więc o około 3,0–4,0°C wyższe od wartości notowanych w Białymstoku, Warszawie czy Rzeszowie. Pod koniec lata i jesienią dobową wartość minimalną temperatury powietrza na tym obszarze jest od 0,2 do 0,7°C wyższa od tej notowanej we Wrocławiu, który cechuje się w tym czasie drugim po Koszalinie najwyższym minimum dobowym. Od 11. do 22. dekady, czyli od połowy kwietnia do początku sierpnia, najwyższe dobowe wartości minimalne występują w Warszawie i Wrocławiu, gdzie przekraczają 14,0°C (ryc. 2A).



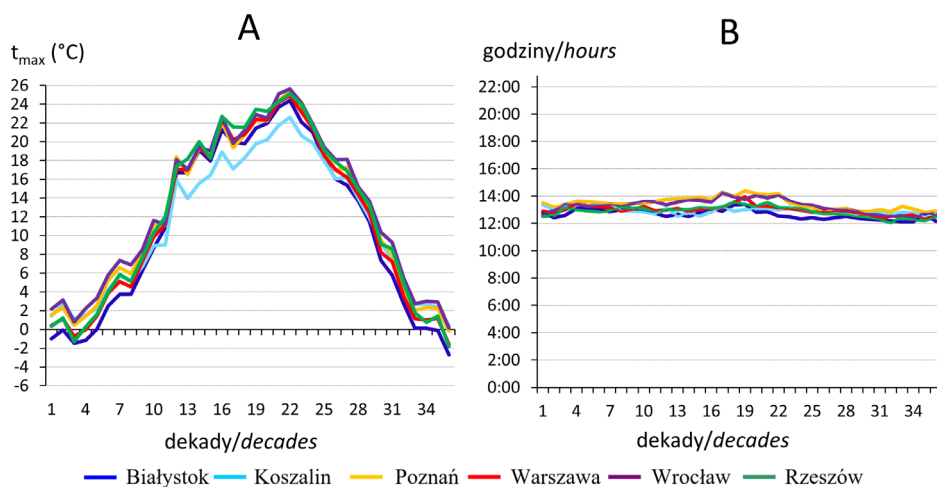


**Ryc. 2.** Przebieg dobowych wartości minimalnych temperatury powietrza ( $t_{\min}$ , °C) (A) oraz godzin ich występowania (B) w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)  
*Course followed by the diurnal minimum air temperature ( $t_{\min}$ , °C) (A) and its hours of occurrence (B) in consecutive ten-day periods of the year at the stations investigated (1991–2000)*

Przebieg roczny czasu występowania dobowych wartości minimalnych temperatury powietrza jest dość regularny. W okresie zimowym (w dekadach od 36. do 6., czyli od końca grudnia do końca lutego), występują one między godziną 4:00 a 6:20. Latem obserwowane są wcześniej, bowiem już między 01:00 a 2:00. Na jesieni i wiosną najniższe dobowe wartości temperatury notowane są z kolei między godzinami 2:00 a 4:00. Wcześniejsze letnie minima temperatury powietrza związane mogą być z występującym w godzinach od 22:00 do północy spadkiem zachmurzenia (Okoniewska, 2016b), które sprzyja w tym czasie szybszemu wypromieniowaniu energii cieplnej. Jest to uśredniony przebieg i w niektórych stacjach minimum w danej porze roku może wystąpić kilka minut przed lub kilka minut po wymienionych godzinach. Stacją z najwcześniejszymi minimami dobowymi temperatury powietrza jest Białystok. Na początku roku w tej stacji notowane są one w przybliżeniu między 4:00 a 5:00, latem z kolei – między 1:10 a 2:40. Trudno jednoznacznie określić, w której ze stacji wartości minimalne temperatury powietrza występują najwcześniejsze w ostatnich dekadach roku, najpóźniej natomiast pojawiają się w Koszalinie – w godzinach od około 5:00 nad ranem do nawet 6:20. W okresie letnim stacją z najpóźniej notowanymi wartościami minimalnymi temperatury jest Wrocław, w którym mogą one pojawić się kilka minut przed godziną 2:00, jak i kilkanaście minut po godzinie 3:00 (ryc. 2B).

Dobowe wartości maksymalne temperatury powietrza wahają się w badanych stacjach od  $-2,7$  do  $25,5^{\circ}\text{C}$ . Zimą najniższe ich wartości notuje się w Białymstoku, gdzie średnio kształtują się na poziomie od  $-2,7$  do około  $4,0^{\circ}\text{C}$ , w zależności od dekady. W sezonie letnim stacją o najniższych maksimach dobowych jest

natomiast Koszalin, w którym najwyższa wartość maksymalna badanego parametru, notowana w 22. dekadzie (na początku sierpnia), wynosi 22,6°C. Z kolei zimą, Koszalin i Wrocław są miejscowościami z obserwowanymi najwyższymi wartościami maksymalnymi temperatury powietrza w ciągu doby. Te zimowe maksima dobowe kształtują się na poziomie od 1,0 do 6,0°C, z tym że nieznacznie wyższe są we Wrocławiu. Latem najwyższe maksima temperatury występują zarówno we Wrocławiu, jak i w Rzeszowie. W Rzeszowie są one obserwowane już od 13. aż do 20. dekady, czyli od maja do połowy lipca, gdy dochodzą do 23,0°C. We Wrocławiu natomiast zaznaczają się dopiero od dekady 21. (pod koniec lipca), by w 22. dekadzie osiągnąć najwyższą wartość w roku, wynoszącą 25,6°C (ryc. 3A).

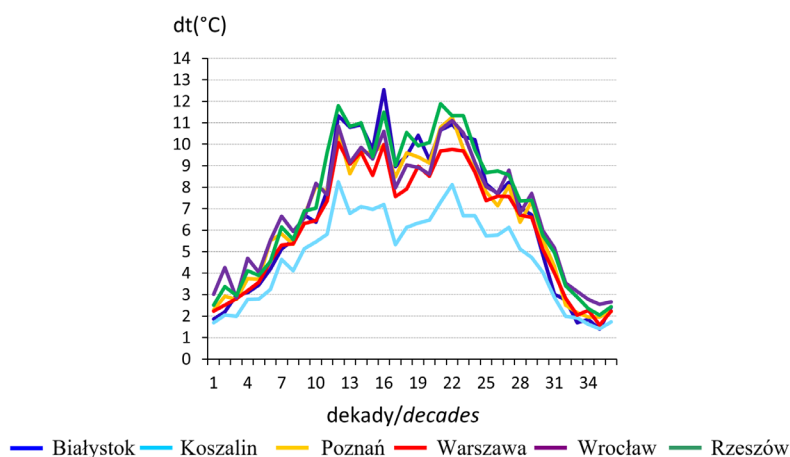


**Ryc. 3.** Przebieg dobowych wartości maksymalnych temperatury powietrza ( $t_{max}$ , °C) (A) oraz godzin ich występowania (B) w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)  
*Course followed by diurnal maximum air temperature ( $t_{max}$ , °C) (A) and its hours of occurrence (B) in consecutive ten-day periods of the year at the stations investigated (1991–2000)*

Dobowe wartości maksymalne temperatury powietrza występują w godzinach od 12:00 do mniej więcej 14:30. W okresie zimowym obserwuje się je wcześniej, bliżej południa. Latem maksima te przesuwają się w kierunku 14:00. Zimą najwcześniej notowane są w Białymstoku i Rzeszowie, gdzie mogą pojawić się między godziną 12:10 a 13:10. Najpóźniej z kolei występują w Poznaniu, bo dopiero około 13:30. Latem natomiast maksymalne wartości temperatury powietrza w ciągu doby najwcześniej można obserwować w Koszalinie i Białymstoku, gdzie notowane są kilka minut przed 13:00 w Koszalinie i kilka minut po 13:00 w Białymstoku. Dobowe maksimum temperatury latem najpóźniej występuje w Poznaniu – około godziny 14:30 (ryc. 3B).

Zróżnicowanie dobowe temperatury powietrza jest znacznie większe w cieplej połowie roku niż w okresie chłodnym. Dotyczy to zarówno samych wartości,

jak i różnic między stacjami. Amplitudy temperatury powietrza przyjmują zimą wartości od 2,0 do 4,0°C, przy niewielkich różnicach pomiędzy poszczególnymi miejscowościami dochodzącymi do 2,0–3,0°C. W sezonie letnim wzrastają one nawet do ponad 12,0°C, a różnice między stacjami sięgają 6,0°C. Najmniejszymi wartościami amplitud cechuje się Koszalin, gdzie w okresie letnim wynoszą one od 6,0 do 8,0°C, zimą nie osiągają nawet 2,0°C. Taki przebieg wskazuje na w miarę stabilne dobowe warunki termiczne rejonu północnego nadbrzeża przez cały rok. Najwyższe amplitudy zimą występują we Wrocławiu, gdzie wynoszą od 2,5 do 6,0°C, latem w Rzeszowie, gdzie osiągają 10,0–12,0°C. W ciągu całego roku najwyższe różnice między dobowym maksimum i minimum temperatury powietrza notowane są na początku lata – w 16 dekadzie roku, kiedy maksymalna występująca w Białymstoku wartość amplitudy wynosi 12,5°C. Między 17. a 20. dekadą (czyli między połową czerwca a połową lipca) amplitudy nieco spadają, by potem ponownie wzrosnąć, nie przekraczając już jednak wartości z 16. dekady (ryc. 4). Podobne wyniki wskazujące na spadek dobowej amplitudy temperatury w okresie chłodnym i wzrost w sezonie ciepłym otrzymali J. Szmyd i P. Milewski (2015) porównujący amplitudę temperatury w Polsce i Bułgarii, A. Araźny i K. Smukała (2011), którzy analizowali dobowe kontrasty termiczne w aspekcie ich wpływu na organizm człowieka, a także D. Baranowski (2005), który za przyczynę obniżania amplitudy zimą uznał częste przemieszczanie się w tym czasie nad Polską układów o charakterze cyklonalnym.



**Ryc. 4.** Przebieg amplitudy dobowej temperatury powietrza ( $dt$ , °C) w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)  
*Course followed by diurnal amplitude of air temperature ( $t$ , °C) in consecutive ten-day periods at the stations investigated (1991–2000)*

## Ogólne cechy cyklu dobowego ciśnienia pary wodnej w kolejnych dekadach roku

Zmienność dobowa ciśnienia pary wodnej cechuje się znacznie mniejszym zróżnicowaniem zarówno przestrzennym, jak i czasowym, niż temperatura powietrza, niemniej jednak zaznaczają się pewne różnice zarówno w przypadku wartości, jak i rozkładu ciśnienia pary wodnej w poszczególnych stacjach. Przebieg dobowy ze spadkiem wartości w godzinach nocnych i rannych oraz wzrostem w godzinach okołopołudniowych jest charakterystyczny dla tego elementu meteorologicznego. Zaznacza się też typowy przebieg roczny, charakteryzujący się większymi wartościami w okresie letnim (spowodowanymi zwiększonym parowaniem) i znacznie mniejszymi w sezonie zimowym.

W okresie od 1. do 12. i od 30. do 36. dekady (czyli między końcem października a kwietniem) średnie dobowe wartości ciśnienia pary wodnej nie przekraczają 10,0 hPa. W okresie letnim, zwłaszcza między 17. a 23. dekadą (od połowy czerwca do połowy sierpnia), wzrastają one powyżej 13,0 hPa, a w lipcu i na początku sierpnia (między 19. a 23. dekadą roku) przekraczają już 15,0 hPa, osiągając najwyższe wartości w dekadzie 22., kiedy we wschodniej części kraju zbliżają się do 17,0 hPa (tab. 3).

Zimą największe nasycenie powietrza parą wodną występuje w Poznaniu i Koszalinie, co zgadza się z badaniami innych autorów, wskazujących na spadek zawartości pary wodnej w sezonie zimowym z zachodu na wschód (Limanówka i inni, 2012). W dekadach od 1. do 6. i od 34. do 36. (czyli w grudniu, styczniu i lutym) średnia dobowa wartość ciśnienia pary wodnej w tych stacjach wynosi od 5,1 do 6,5 hPa, a w 34. i 35. dekadzie (tj. w pierwszych dwóch dekadach grudnia), przekracza 6,0 hPa. Najniższe wartości zaznaczają się natomiast w Rzeszowie, gdzie średnia dobowa w dekadach 1–6 i 34–36 (od grudnia do lutego) wynosi około 5,0 hPa, przy czym w 35. dekadzie, czyli w połowie grudnia, osiąga zaledwie 5,5 hPa (tab. 3).

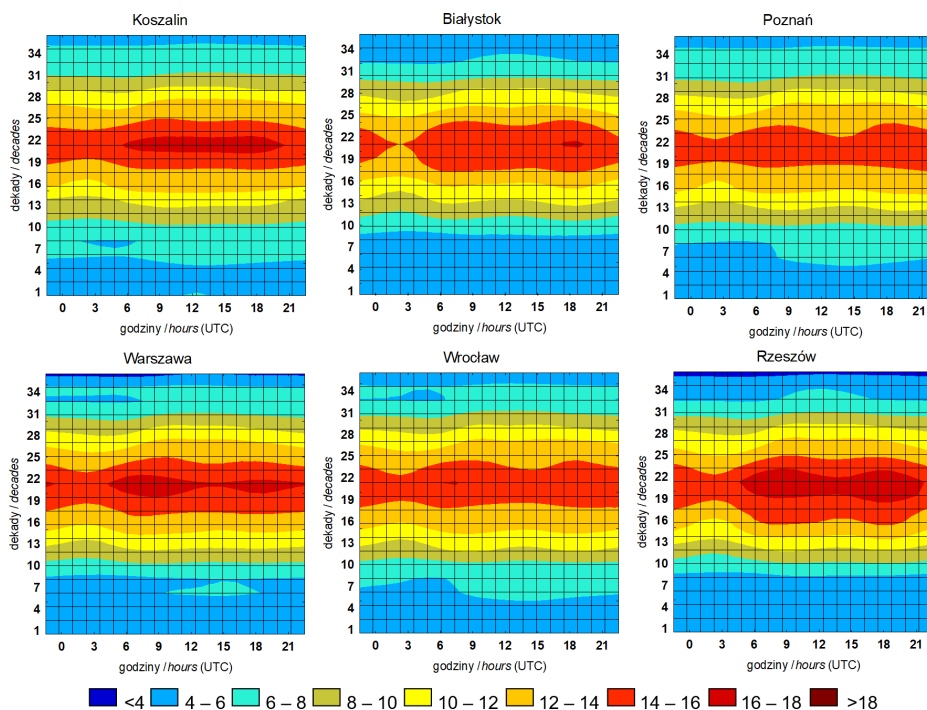
W okresie letnim najwyższa zawartość pary wodnej w powietrzu notowana jest w Rzeszowie, gdzie średnie dobowe ciśnienie pary wodnej od 17. do 24. dekady (od połowy czerwca do końca sierpnia) nie spada poniżej 14,5 hPa, a najwyższe wartości, obserwowane w 22. dekadzie roku (na początku sierpnia), kształtują się na poziomie 16,8 hPa. Najniższe ciśnienie pary wodnej występuje w Poznaniu, gdzie w dekadach 17–24 wynosi średnio 14,5 hPa, a w najcieplejszej 22. dekadzie, zaledwie 15,5 hPa (tab. 3).

**Tabela 3.** Średnie dobowe wartości ciśnienia pary wodnej (hPa) w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)  
*Average diurnal values for vapour pressure (hPa) in consecutive ten-day periods of the year at the stations investigated (1991–2000)*

Dekady roku <i>Decades of the year</i>	Miesiące <i>Months</i>	Koszalin	Białystok	Poznań	Warszawa	Wrocław	Rzeszów
1	styczeń	5,93	5,11	5,73	5,50	5,62	4,99
2	styczeń	5,96	5,13	5,59	5,44	5,48	5,07
3	styczeń	5,37	4,51	5,09	4,81	5,02	4,39
4	luty	5,51	4,63	5,26	5,03	5,17	4,68
5	luty	5,72	4,91	5,59	5,35	5,50	5,05
6	luty	6,33	5,45	6,04	5,79	6,12	5,49
7	marzec	6,28	5,53	6,26	5,96	6,30	5,93
8	marzec	6,15	5,24	6,11	5,69	6,27	5,57
9	marzec	6,47	5,87	6,48	6,34	6,72	6,26
10	kwiecień	7,44	7,09	7,20	7,46	7,39	7,61
11	kwiecień	7,27	7,29	7,11	7,53	7,25	7,48
12	kwiecień	9,34	8,95	9,41	9,52	9,87	9,68
13	maj	9,37	9,10	9,27	9,58	9,82	10,05
14	maj	10,48	10,93	10,79	11,43	11,42	12,03
15	maj	11,49	10,93	11,25	11,43	11,66	11,99
16	czerwiec	13,12	12,89	13,02	13,52	13,41	14,23
17	czerwiec	13,12	13,68	12,88	14,14	13,26	14,74
18	czerwiec	13,66	13,73	13,19	14,17	13,62	14,56
19	lipiec	14,68	14,71	14,42	15,21	15,10	15,80
20	lipiec	15,21	14,80	14,82	15,47	15,22	15,66
21	lipiec	15,86	15,14	14,91	15,94	14,95	16,00
22	sierpień	16,34	15,85	15,51	16,59	15,59	16,76
23	sierpień	15,20	14,32	14,41	14,72	14,47	15,17
24	sierpień	14,75	13,72	14,19	14,57	14,14	14,57
25	wrzesień	13,55	12,66	13,17	13,46	13,22	13,11
26	wrzesień	12,04	11,53	12,02	12,39	12,23	12,25
27	wrzesień	12,30	10,85	11,87	11,84	11,87	11,62
28	październik	11,26	10,17	11,02	11,06	11,22	10,94
29	październik	10,02	8,95	9,60	9,72	9,73	9,69
30	październik	8,57	7,49	8,12	7,97	8,18	7,77
31	listopad	8,13	7,32	7,91	7,83	7,97	7,69
32	listopad	7,08	6,34	6,85	6,70	6,85	6,75
33	listopad	6,45	5,43	6,10	5,86	6,01	5,62
34	grudzień	6,50	5,50	6,10	5,76	5,88	5,18
35	grudzień	6,30	5,53	6,11	5,92	5,96	5,53
36	grudzień	5,39	4,40	5,14	4,79	5,00	4,46

Przebieg dobowy ciśnienia pary wodnej w okresie zimowym jest dość wyrównany. Wartości w ciągu doby nie zmieniają się zazwyczaj o więcej niż 1,0 hPa, wahając się w godzinach nocnych głównie między 5,0 a 6,0 hPa, w ciągu dnia wzrastając przeważnie do nieco powyżej 6,0 hPa. Najniższe wartości występują w Rzeszowie i Warszawie pod koniec roku, kiedy w nocy spadają średnio do 4,5 hPa, a w godzinach dziennych nie przekraczają 5,0 hPa. Najwyższą wartość tego elementu można zaobserwować w Koszalinie, kiedy pod koniec lutego (6. dekada) osiąga ona w godzinach okołopołudniowych 6,6 hPa. Spośród analizowanych stacji Koszalin wyróżnia się także tym, że już od 6. dekady roku wartości ciśnienia pary wodnej wzrastają, przekraczając w ciągu całej doby 6,0 hPa, podczas gdy w pozostałych stacjach kształtują się w godzinach nocnych poniżej tej wartości. Zróżnicowanie wartości ciśnienia pary wodnej w godzinach nocnych okresu zimowego najbardziej widoczne jest w Warszawie i Wrocławiu w 4. dekadzie roku (na początku lutego) oraz w Koszalinie w dekadzie 7. (na początku marca), ze względu na wyraźniej zaznaczające się w tym czasie minima dobowe. W pozostałych stacjach kontrasty te są znacznie mniej zauważalne.

Podobnie mało zróżnicowany przebieg dobowy występuje wiosną i jesienią, kiedy ciśnienie pary wodnej osiąga wartości w granicach 8,0–12,0 hPa. Znacznie bardziej zawartość pary wodnej w powietrzu w ciągu doby zmienia się w okresie letnim. W nocy w dekadach od 16. do 22., czyli od czerwca do 1. dekady sierpnia (od 3:00 do 6:00), ciśnienie pary wodnej waha się w zakresie od 12,2 do 17,2 hPa, wyższe wartości przyjmując o godzinie 6:00 nad ranem. Warunki z wartościami przekraczającymi 14,0 hPa o godzinie 3:00 występują zazwyczaj od początku lipca do połowy sierpnia (między 19. a 23. dekadą). Wyjątkiem jest Białystok, gdzie są one obserwowane tylko w 22. dekadzie roku, czyli na początku sierpnia. W ciągu dnia wartość ciśnienia pary wodnej wzrasta, średnio wahając się w zakresie od około 13,0 do 17,0 hPa w godzinach okołopołudniowych. Szczególnie dużą zawartością pary wodnej w tym czasie cechuje się Koszalin, Warszawa i Rzeszów, gdzie w dekadach od 19. do 23., a więc od lipca do połowy sierpnia w Rzeszowie i od 21. do 22. (na przełomie lipca i sierpnia) w pozostałych dwóch stacjach, wartości ciśnienia pary wodnej przekraczają 16,0 hPa (ryc. 5).



**Ryc. 5.** Przebieg dobowy ciśnienia pary wodnej ( $e$ , hPa), w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)

*Diurnal course followed by vapour pressure ( $e$ , hPa) in consecutive ten-day periods of the year at the stations investigated (1991–2000)*

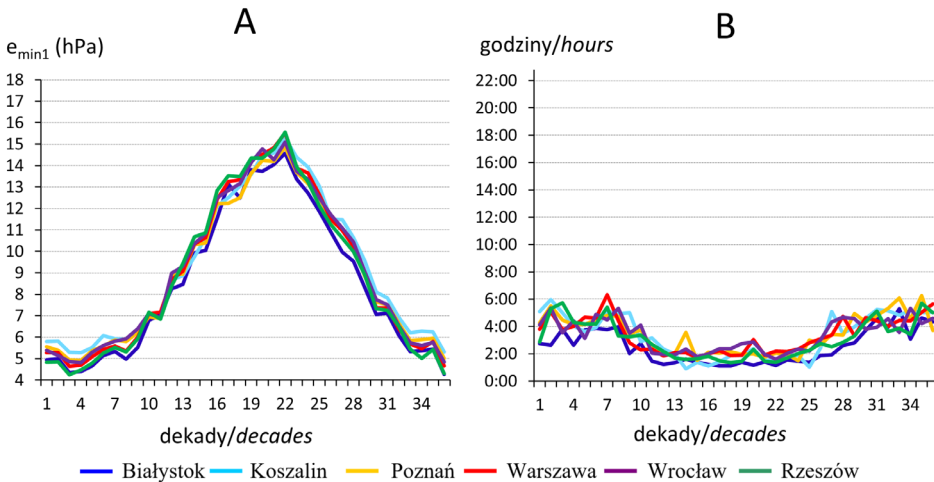
### Dobowe wartości ekstremalne ciśnienia pary wodnej, godziny ich występowania oraz amplituda w kolejnych dekadach roku

W przypadku ciśnienia pary wodnej występują dwa minima i dwa maksima dobowe. Spowodowane jest to pionową wymianą pary wodnej, na skutek turbulencji i konwekcji, szczególnie w miesiącach letnich (Kaczorowska, 1986). W związku z tym notuje się jedno minimum wczesnym rankiem i jedno po południu. Pierwsze maksimum występuje z kolei w późnych godzinach rannych, drugie – wczesnym wieczorem.

Dobowe wartości minimalne ciśnienia pary wodnej, notowane rano, wahają się od 4,3 do blisko 15,6 hPa w zależności od pory roku. Najniższe minima praktycznie przez cały rok obserwowane są w Białymstoku. Wynoszą one od 4,3 hPa zimą do 14,6 hPa na początku sierpnia. Najwyższe minimum badanego elementu meteorologicznego w okresie zimowym występuje w Koszalinie i wynosi 6,0 hPa. Latem najwyższe poranne minima dobowe obserwowane są w Warszawie i Rzeszowie, gdzie osiągają odpowiednio 15,5 i 15,6 hPa (ryc. 6A).

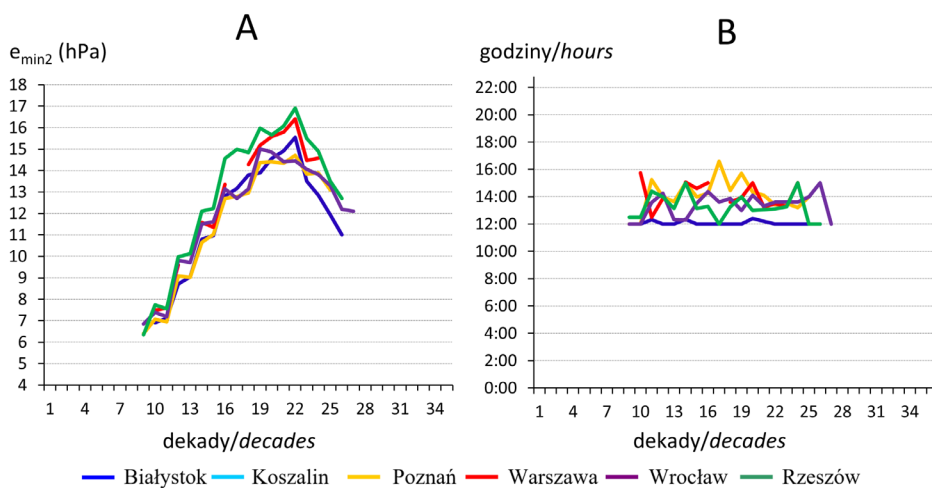
Drugie minimum dobowe, nieco niższe niż pierwsze, notowane w godzinach okołopołudniowych (we wszystkich stacjach oprócz Koszalina), w dekadach między 9. a 27., czyli od końca marca do końca września, mieści się w przedziale wartości od 6,5 do 16,9 hPa. Cechuje się ono nieco większym zróżnicowaniem przestrzennym w okresie letnim, wiosną zaś różnice między stacjami są nieznaczne. Najwyższe wartości badanego minimum występują w Rzeszowie, osiągając w 22. dekadzie roku (czyli w pierwszych dniach sierpnia) blisko 17,0 hPa, najniższe są w Poznaniu, Białymstoku i Wrocławiu, gdzie w tym samym okresie wynoszą zaledwie około 14,0 hPa (ryc. 7A).

Godziny wystąpienia pierwszego minimum dobowego przypadają między godziną 1:00 w Białymstoku w 18. dekadzie (pod koniec czerwca), a 6:20 w 7. dekadzie (na początku marca) w Warszawie. Występują więc znacznie wcześniej w ciepłym okresie roku i później w chłodnym. Zimą najwcześniej minima ciśnienia pary wodnej występują w Białymstoku, gdzie na początku roku obserwowane są kilkadziesiąt minut przed godziną 3:00. Latem najwcześniej notuje się je w Białymstoku – kilka minut po godzinie 1:00, najpóźniej we Wrocławiu – około 2:30 (ryc. 6B). Drugie dobowe minimum ciśnienia pary wodnej występuje przeciętnie między godziną 12:00 a 15:00, choć w pojedynczych dekadach może pojawić się około godziny 16:00, a nawet kilka minut po niej. Najwcześniej obserwuje się je w Białymstoku, najpóźniej zazwyczaj w Poznaniu i Warszawie (ryc. 7B).



**Ryc. 6.** Przebieg wartości pierwszego dobowego minimum ciśnienia pary wodnej ( $e_{min1'}$  hPa) (A), oraz godzin jego występowania (B) w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)  
*Course followed by the first diurnal minimum of vapour pressure ( $e_{min1'}$  hPa) (A) and its hours of occurrence (B) in consecutive ten-day periods of the year at the stations investigated (1991–2000)*

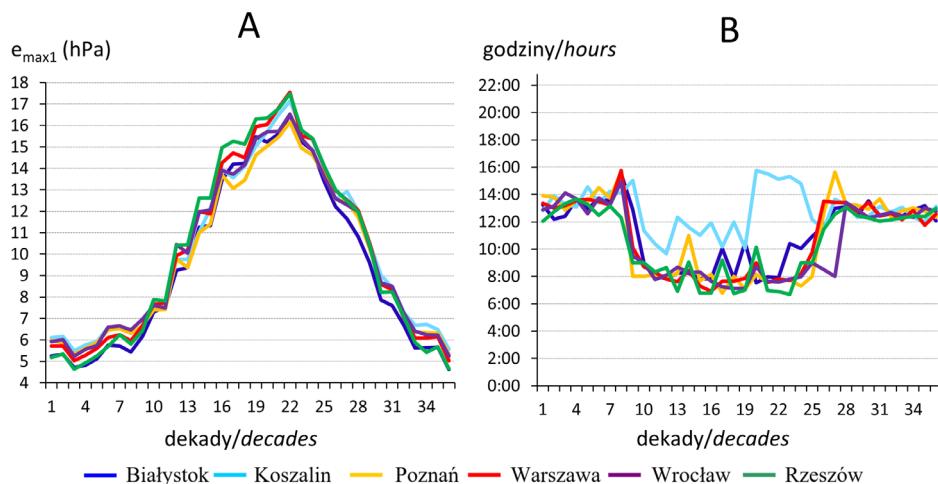




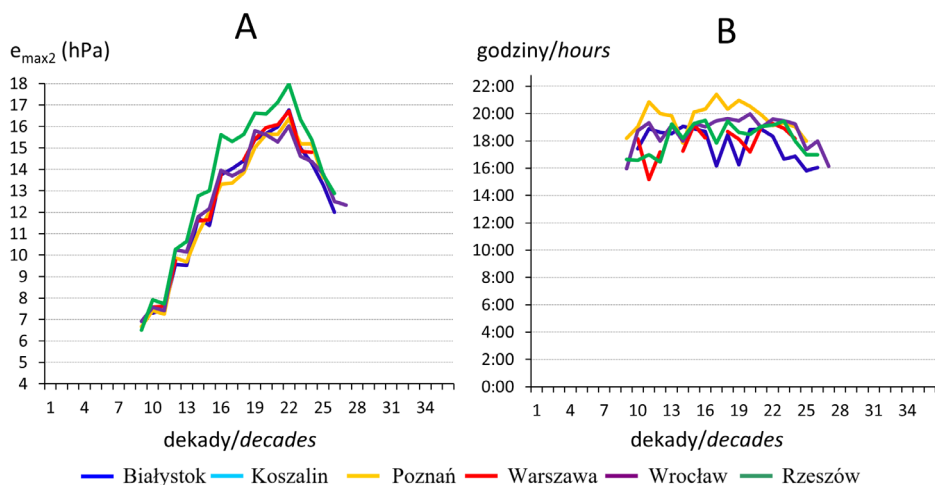
**Ryc. 7.** Przebieg wartości drugiego dobowego minimum ciśnienia pary wodnej ( $e_{\min 2}$ , hPa) (A), oraz godzin jego występowania (B) w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000). *Course followed by the second diurnal minimum of vapour pressure ( $e_{\min 2}$ , hPa) (A) and its hours of occurrence (B) in consecutive ten-day periods of the year at the stations investigated (1991–2000)*

Dobowa wartość maksymalna ciśnienia pary wodnej, występująca w godzinach rannych i okołopołudniowych, mieści się w przedziale 4,6–17,5 hPa. W okresie zimowym najniższe pierwsze maksima notuje się w Rzeszowie i Białymstoku, gdzie kształtują się od 4,6 do około 6,0 hPa. Najwyższe natomiast w tym czasie osiągają 7,0 hPa i notowane są w Koszalinie. Latem, najniższe maksymalne ciśnienie pary wodnej występuje w Poznaniu, gdzie nie przekracza 16,2 hPa. Najwięcej pary wodnej latem zawiera powietrze w Warszawie i Rzeszowie, a ciśnienie jakie ono wywiera wynosi tam 17,5 hPa (ryc. 8A). Drugie maksimum – wieczorne, podobnie jak minimum dobowe, obserwowane jest w okresie od końca marca do końca września (między 9. a 27. dekadą roku). Wartości ciśnienia pary wodnej mieszczą się w tym czasie w przedziale od 6,5 do 18,0 hPa. Szczególnie wyróżnia się Rzeszów, w którym występują najwyższe wartości badanego parametru w prawie całym wymienionym okresie (ryc. 9A). Należy zauważyć, że otrzymane uśrednione wartości w żadnej stacji nie przekraczają 18,8 hPa, tym samym nie osiągają poziomu, przy którym można by mówić o występowaniu zjawiska parności.

Pierwsze dobowe maksimum ciśnienia pary wodnej w okresie letnim może pojawić się już kilka minut przed 7:00 (w Rzeszowie), najpóźniej notowane jest kilkanaście minut przed 16:00 (w Koszalinie), choć najczęściej występuje ono około godziny 8:00. W okresie zimowym maksimum to najwyraźniej zaznacza się około godziny 13:00 (ryc. 8B). Drugie maksimum dobowe występuje natomiast po 16:00 i najwcześniej notowane jest w Białymstoku (kilka minut po 16:00), a najpóźniej występuje w Poznaniu – około 21:30 (ryc. 9B).



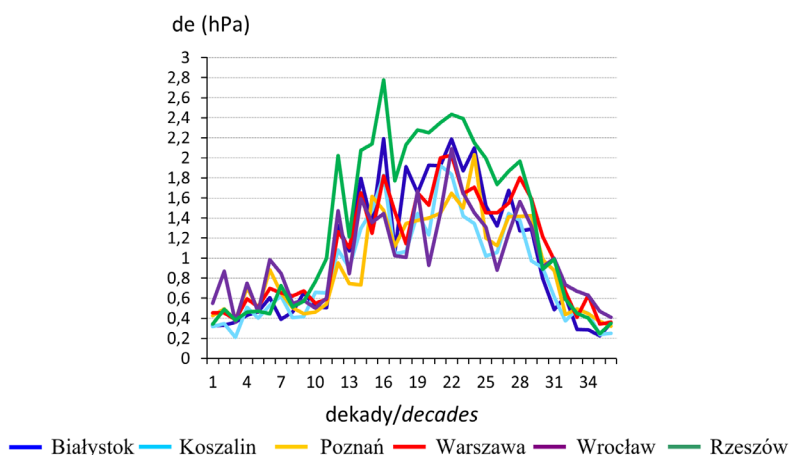
**Ryc. 8.** Przebieg wartości pierwszego dobowego maksimum ciśnienia pary wodnej ( $e_{\max 1}$ , hPa) (A), oraz godzin jego występowania (B) w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)  
*Course followed by the first diurnal maximum of vapour pressure ( $e_{\max 1}$ , hPa) (A) and its hours of occurrence (B) in consecutive ten-day periods of the year at the stations investigated (1991–2000)*



**Ryc. 9.** Przebieg wartości drugiego dobowego maksimum ciśnienia pary wodnej ( $e_{\max 2}$ , hPa) (A), oraz godzin jego występowania (B) w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)  
*Course followed by the second diurnal maximum of vapour pressure ( $e_{\max 2}$ , hPa) (A) and its hours of occurrence (B) in consecutive ten-day periods of the year at the stations investigated (1991–2000)*

Najniższe wartości amplituda dobowa ciśnienia pary wodnej ( $d_e$ ) przyjmuje w sezonie zimowym, kiedy waha się w niewielkim zakresie od 0,3 do około 0,7 hPa. W tym okresie jej wartości zmieniają się nieregularnie w poszczególnych dekadach, w związku z czym trudno określić, która stacja ma większą, a która

mniejszą amplitudę. Latem kontrasty dobowe ciśnienia pary wodnej wzrastają od około 1,0 do nieco ponad 2,5 hPa. Również w tym okresie trudno jest określić stację z najniższą wartością amplitudy, natomiast wyraźnie większe zróżnicowanie dobowe ciśnienia pary wodnej obserwowane jest w Rzeszowie, gdzie amplituda zmienia się od 1,2 hPa w 13. dekadzie (na początku maja) do 2,8 hPa w 16. dekadzie – na początku czerwca (ryc. 10).



**Ryc. 10.** Przebieg amplitudy dobowej ciśnienia pary wodnej ( $de$ , hPa), w kolejnych dekadach roku w badanych stacjach (1991–2000)  
*Course followed by the diurnal amplitude of vapour pressure ( $de$ , hPa) in consecutive ten-day periods at the stations investigated (1991–2000)*

## Podsumowanie

Przeprowadzone analizy pozwoliły na stwierdzenie, że dobowy przebieg temperatury powietrza i ciśnienia pary wodnej w Polsce cechuje się pewnym zróżnicowaniem zarówno w aspekcie czasowym, jak i przestrzennym. Stwierdzono, że sezon letni odznacza się znacznie mniejszą stabilnością warunków termicznych w ciągu doby, niż okres zimowy, ze względu na większe maksima dobowe temperatury powietrza. Przejawia się to w znacznie większej wartości amplitudy dobowej, która latem jest średnio o około  $7,0^{\circ}\text{C}$  wyższa niż zimą.

Badania wskazują, że najcieplejszym regionem w okresie letnim w godzinach dziennych jest Polska południowo-wschodnia, gdzie wysokie temperatury powietrza utrzymują się najdłużej, podczas gdy najniższą temperaturą w tym czasie cechuje się północno-wschodnie wybrzeże. Letnie noce z kolei najcieplejsze są we Wrocławiu i Warszawie, a najchłodniejsze na północnym wschodzie kraju. Zimą uprzywilejowaną stacją pod względem termicznym jest w ciągu dnia Wrocław, nocą natomiast – Koszalin. Najzimniej w tym czasie, zarówno w nocy, jak i za dnia, jest w północno-wschod-

niej Polsce. O stosunkowo chłodnych warunkach w części północno-wschodniej i ciepłych na południu świadczą także dobowe ekstrema temperatury powietrza. Najniższe minima występują bowiem przez cały rok w Białymstoku, zimą osiągając średnio  $-5,0^{\circ}\text{C}$ , a największe wartości maksymalne, dochodzące latem przeciętnie do  $26,0^{\circ}\text{C}$ , obserwowane są w Rzeszowie, a także we Wrocławiu. Godziny występowania minimów temperatury uzależnione są od pory roku. W ciepłej połowie roku notowane są około 2:00, natomiast zimą występują znacznie później, około godziny 5:00–6:00 rano. Maksima dobowe z kolei przez cały rok pojawiają się mniej więcej o tej samej porze doby, najczęściej około godziny 13:00.

Ciśnienie pary wodnej cechuje się mniejszym zróżnicowaniem przestrzennym i czasowym niż temperatura powietrza. W przebiegu dobowym wartość tego elementu wzrasta w ciągu dnia i spada w godzinach nocnych, zmienność roczna natomiast cechuje się znacznym wzrostem w okresie letnim i obniżeniem w sezonie zimowym. Podobnie jak w przypadku temperatury powietrza większa jest zmienność dobowa ciśnienia pary wodnej latem, kiedy amplituda dobową sięga około 2,0 hPa, zimą spadając do zaledwie 0,5 hPa lub poniżej.

Rozkład przestrzenny ciśnienia pary wodnej wskazuje na jego większe wartości w części zachodniej kraju w chłodnej połowie roku, latem natomiast bardziej uprzywilejowana pod tym względem jest południowo-wschodnia Polska. Wartości zimą wahają się w granicach od około 5,0 do około 6,0 hPa, z uśrednionymi maksimami dochodzącymi do 7,0 hPa. Latem ciśnienie pary wodnej zmienia się w ciągu doby od mniej więcej 12,0 do 17,0 hPa, a najwyższą wartość – 18 hPa – osiąga w Rzeszowie. Chociaż w analizowanym okresie w badanych stacjach pojawiały się dni parne, które według kryterium Scharlau'a występują, jeśli ciśnienie pary wodnej przynajmniej w jednym terminie obserwacyjnym przekroczy wartość 18,8 hPa (Kozłowska-Szczęsna i inni, 1997), to występowanie zjawiska parności na podstawie uśrednionych danych maksymalnych nie zaznaczyło się.

Ze względu na rozwój w godzinach okołopołudniowych w okresie letnim prądów konwekcyjnych, przenoszących pewne ilości pary wodnej w wyższe warstwy atmosfery, przebieg dobowy ciśnienia pary wodnej cechuje się występowaniem w ciągu doby dwóch minimów i dwóch maksimów. W analizowanych stacjach pierwsze dobowe minimum notuje się zazwyczaj w godzinach nocnych i wczesnorannych, między 2:00 a 6:00, przy czym nieco później ma ono miejsce w sezonie zimowym, drugie minimum natomiast obserwowane jest w ciepłej połowie roku w godzinach 12:00–16:00. Pierwsze maksimum dobowe uzależnione jest od pory roku, zimą pojawia się między południem a godziną 16:00, latem najczęściej około 8:00 rano. Drugie maksimum natomiast notuje się między 16:00 a 20:00. Najniższe minimum ciśnienia pary wodnej najczęściej zaznacza się w Białymstoku, a najwyższe maksimum – w Rzeszowie.

## Piśmiennictwo

- Arażny A., Smukała K., 2011, *Ocena bodźcowości warunków termiczno-wilgotnościowych w Polsce w przekroju południkowym w okresie 1976–2005*, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*, 66, 2, Lublin, s. 77–90.
- Ballester F., Michelozzi P., Iniguez C., 2003, *Weather, climate and public health*, *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57, s. 759–760.
- Baranowski D., 2005, *Dobowe amplitudy temperatury powietrza w Polsce i ich zależność od typów cyrkulacji atmosferycznej*, *Słupskie Prace Geograficzne*, 2, Słupsk, s. 171–180.
- Błażejczyk K., Kozłowska-Szczęśna T., 2010, *Wpływ środowiska atmosferycznego na społeczeństwo, jako przedmiot badań biometeorologii społecznej*, *Przegląd Geograficzny*, 82, 1, s. 5–48.
- Błażejczyk K., Kunert A., 2011, *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, Monografie, 13, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Błażejczyk K., Matzarakis A., 2007, *Assessment of bioclimatic differentiation of Poland based on the human heat balance*, *Geographia Polonica*, 8, 1, s. 63–82.
- Brenner T., Lee D., 2014, *Weather Conditions and Economic Growth – Is Productivity Hampered by Climate Change?*, *Working Papers on Innovation and Space*, 6.
- Diaz J., Garcia R., Velazquez de Castro F., Hernandez E., Lopez C., Otero A., 2002, *Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986–1997*, *International Journal of Biometeorology*, 46, 1, s. 145–149.
- Donaldson G.C., Keatinge W.R., 2002, *Excess winter mortality: Influenza or cold stress? Observational Study*, *British Medical Journal*, 324, s. 89–90.
- Freitas C.R., 2003, *Tourism climatology: Evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector*, *International Journal of Biometeorology*, 48, s. 45–54.
- Freitas C.R., 2005, *The climate-tourism relationship and its relevance to climate change impact assessment*, [w:] C.M. Hall, J. Higham (red.), *Tourism, Recreation and Climate Change: International Perspectives*, Channelview Press, UK, s. 29–43.
- Gómez M., 2005, *Weather, Climate and Tourism. A Geographical Perspective*, *Annals of Tourism Research*, 32, 3, s. 571–591.
- Kaczorowska Z., 1986, *Pogoda i klimat*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- Kaszewski B., M., Siwek K., 1998, *Cechy przebiegu dobowego temperatury powietrza w centrum i na peryferiach Lublina*, *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica Physica*, 3, Łódź, s. 213–220.
- Kejna M., Arażny A., Maszewski R., Przybylak R., Uscka-Kowalkowska J., Vizi Z., 2009, *Daily minimum and maximum air temperature in Poland in the years 1951–2005*, *Bulletin of Geography – Physical Geography Series*, 2, s. 35–56.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka*, Monografie, 1, IGiPZ PAN, Warszawa.

- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002, *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie*, Monografie, 3, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, Monografie, 4, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Lei S., Daniels J. L., Bian Z., 2010, *Improved soil temperature modelling*, *Environmental Earth Sciences*, 62, 6, s. 1123–1130.
- Leszczyński B., 1973, *Badania nad wpływem prężności pary wodnej i temperatury powietrza ze szczególnym uwzględnieniem wpływu dni parnych, gorących i upalnych na ciśnienie tętnicze krwi*, *Problemy Uzdrowiskowe*, 5, 71, s. 181–184.
- Limanówka D., Biernacik D., Czernecki B., Farat R., Filipiak J., Kasprowicz T., Pyrc R., Urban G., Wójcik R., 2012, *Zmiany i zmienność klimatu od połowy XX wieku*, [w:] J. Wibig, E. Jakusik (red.), *Warunki klimatyczne i oceanograficzne w Polsce i na Bałtyku Południowym. Spodziewane zmiany i wytyczne do opracowania strategii adaptacyjnych w gospodarce krajowej*, IMGW-PIB, Warszawa, s. 7–33.
- Maras I., Schmidt T., Paas B., Ziefle M., Schneider C., 2016, *The impact of human-biometeorological factors on perceived thermal comfort in urban public places*, *Meteorologische Zeitschrift*, 25, 4, s. 407–420.
- Matzarakis A., Freitas C.R., Scott D. (red.), 2007, *Developments in Tourism Climatology*, Commission on Climate, Tourism and Recreation International Society of Biometeorology, Freiburg.
- Okoniewska M., 2016a, *Dobowy przebieg zachmurzenia w Polsce w kolejnych dekadach roku (na przykładzie lat 1990–2000)*, *Journal of Education, Health and Sport*, 6, 10, s. 730–740.
- Okoniewska M., 2016b, *Zmienność dobową i sezonową warunków biotermicznych w Polsce w świetle wybranych wskaźników*, Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz.
- Roguski W., Łabędzki L., Kasperska-Wołowicz W., 2004, *Dobowa zmienność temperatury i wilgotności powietrza na wysokości 2,0 i 0,5 m w siedlisku wilgotnym w dolinie Noteci i siedlisku suchym w Bydgoszczy*, *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 4, 2a (11), IMUZ, Bydgoszcz, s. 137–156.
- Rojek M., Rojek M.S., 2004, *Modelowanie dobowej zmienności temperatury gleby i powietrza przy pomocy funkcji wielomianowych*, *Acta Agrophysica*, 3, 2, s. 367–373.
- Smith K., 1993, *The influence of weather and climate on recreation and tourism*, *Weather*, 48, s. 398–404.
- Szmyd J., Milewski P., 2015, *Daily amplitude of air temperature in Poland and Bulgaria – a comparative study*, *Europa XXI*, 29, s. 85–94.
- Więclaw M., 2011, *Dobowy przebieg temperatury powietrza w Bydgoszczy w czasie wiosennych i jesiennych przymrozków w zależności od rodzaju masy powietrza*, *Prace i Studia Geograficzne UW*, 47, s. 425–431.

## Summary

The purpose of the work detailed here was to reveal the diurnal variability characterising values for air temperature and vapour pressure in Poland. To this end, reference was made to meteorological data – concerning air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and water vapour pressure (hPa) – derived from eight observation terms over the period 1991-2000, and from the Polish cities of Koszalin, Białystok, Poznań, Warsaw, Wrocław and Rzeszów. These data were used to calculate average diurnal values for each of these meteorological elements, with graphs constructed to show the averaged daily courses for air temperature and water vapour pressure, as well as the course of averaged diurnal extreme values and amplitudes in regard to both elements, together with the hours associated with them. All analyses were carried out for consecutive ten-day periods of the year. Because of the uneven changes in the variables throughout the daytime, extreme values for air temperature and water vapour pressure were approximated using an asymmetric function.

The diurnal courses to thermal and humidity conditions in the Polish cities under study are found to be characterised by a certain variability, both temporally and spatially. In particular, there are significantly fewer instances of stable weather conditions during the summer season, than in winter.

The hours of occurrence of air temperature minima depend on the season. In winter they occur much later, about 5-6 a.m., while in the warm half of the year they are noted at approximately 2 a.m. Diurnal maxima for air temperature appear around the same time of day, usually at about 1 p.m. year-round.

Analysis of the spatial structure characterising variability in diurnal air temperature showed SE Poland (Rzeszów) to be the warmest region in summer during daytime hours. Summer nights are hottest in the south-west (Wrocław) and middle part of Poland (Warsaw). In winter, the privileged stations in respect of thermal conditions are Wrocław and Koszalin, during daytime hours and at night respectively.

The diurnal course sees water vapour pressure rise during the hours of daytime, and decrease at night. In turn, annual variability is characterised by significant summer increases and winter decreases.

In the summer, the diurnal courses for water vapour pressure are characterised by the presence of two minima and two maxima per day. The first diurnal minimum is usually recorded in the morning, between 2 a.m. and 6 a.m., albeit slightly later in winter, while the second, appearing in the warm season, is observed between 12 a.m. and 4 p.m. In the case of the diurnal maximum, the first, is more seasonally dependent than the minimum, in that it occurs between noon and 4 p.m. in winter, most often around 8 a.m. A second one is noted between 4 and 8 p.m.

The spatial range of occurrence of different values for water vapour pressure points to a rise in the western part of the country in the cool half of the year, while south-eastern Poland is more privileged in this regard in the summer.

