

Bożena MICHALSKA<sup>1</sup>, Agnieszka MAKOSZA<sup>2</sup>, Jadwiga NIDZGORSKA-LENCEWICZ<sup>1</sup>

## WSTĘPNE BADANIA NAD ZMIANAMI WARUNKÓW TERMICZNYCH W KRAJOBRAZACH PODMIEJSKIM I ROLNICZYM

### PRELIMINARY STUDIES ON CHANGES OF THERMAL CONDITIONS IN THE LANDSCAPES OF SUBURBAN AND AGRICULTURAL

<sup>1</sup> Zakład Meteorologii i Klimatologii, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin

<sup>2</sup> Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie  
ul. Czesława 9, 71-504 Szczecin

**Abstract.** The study includes the analysis of hourly results of automatic measurements of air temperature measured at the level of 200 cm above the ground according to the real state time within the period from 1 December 2008 to 30 November 2009. The measurements were carried out at the agrometeorological station in Lipki near Stargard Szczeciński (agricultural area) and at the agrometeorological station in Ostoja situated on Gumieniecka Plain (suburban area of Szczecin). To determine the stimulating character of thermal conditions, the frequency of temperature changes from hour to hour and from day to day were calculated using 4 intervals of temperature:  $<2^{\circ}\text{C}$  – changes indifferent to the organism,  $2.1\text{--}4.0^{\circ}\text{C}$  – sensible,  $4.1\text{--}6.0^{\circ}\text{C}$  – considerable and  $>6^{\circ}\text{C}$  – sharp changes, and in the case of air temperature amplitude – 3 intervals – from 0 to  $8.0^{\circ}\text{C}$  – slightly sensible stimuli, from  $8.1^{\circ}\text{C}$  to  $12.0^{\circ}\text{C}$  – strongly sensible stimuli and  $>12.0^{\circ}\text{C}$  – sharp stimuli. In both of the analysed areas, suburban and agricultural, the largest frequency of changes, from day to day as well as from hour to hour, occurred in the temperature interval  $0\text{--}2^{\circ}\text{C}$ . Large changes of air temperature  $>6^{\circ}\text{C}$ , sharply affecting the organism of a human being, occurred mainly from day to day, most frequently in January, with a slightly larger percentage contribution of such days in the suburban area. The temperature changes from hour to hour were most frequently observed during a year in the morning between 8 am and 9 am and in the afternoon and in the evening between 4 pm and 9 pm. The largest number of strongly stimulating days (amplitudes above  $12^{\circ}\text{C}$ ) were recorded in the suburban area in summer and in the agricultural area in spring. The obtained results show that the characteristic feature of the suburban area was larger thermal contrast, expressed by the frequency of interdaily and interhourly changes, as compared to the agricultural area.

**Słowa kluczowe:** odczucia cieplne, temperatura powietrza, zmiany dobowe, zmiany godzinne.  
**Key words:** air temperature, daily changes, hourly changes, warm perception.

## WSTĘP

Położenie Polski w strefie przejściowej klimatu umiarkowanie ciepłego decyduje o dużej zmienności pogody. O bodźcowości klimatu, przejawiającej się właśnie dużą zmiennością różnych elementów meteorologicznych, w największym stopniu decydują czynniki cyrkulacyjne. Duże znaczenie ma również rzeźba terenu i jego użytkowanie, które istotnie kształtują bilans cieplny powierzchni czynnej (Kossowska-Cezak 1987; Bielec 1999; Musiał i in. 2004; Panfil 2007). Ogromną rolę odgrywają także procesy antropogenne,

uważane za jedną z przyczyn współczesnych zmian klimatu. Wpływają one przede wszystkim na wzrost bodźcowości temperatury powietrza, nie tylko w ujęciu czasowym, ale również przestrzennym. Największe kontrasty termiczne uwidaczniają się przy porównaniu temperatury powietrza obszarów miejskich z terenami otaczającymi, powszechnie zdefiniowane jako miejska wyspa ciepła. Wskazują na to wyniki badań między innymi Kaszewskiego i Siwka (1998), Kłysika (1998), Kossowskiej-Cezak (2002), Olejniczaka (2003), Fortuniaka i in. (2006) Dudka i in. (2008), Czarneckiej i in. (2010).

Podstawowym elementem charakteryzującym warunki odczuwalne danego obszaru jest temperatura powietrza, którą cechuje duża zmienność zarówno w cyklu rocznym, dobowym jak i godzinnym. Informacje o dużych zmianach temperatury w krótkim okresie mają znaczenie nie tylko poznawcze, lecz są również istotne z praktycznego punktu widzenia. Gwałtowne ocieplenia czy ochłodzenia mają wpływ na wiele dziedzin gospodarki, a także są silnym bodźcem termicznym dla organizmu człowieka. Bodźcowość temperatury powietrza można wykazać na przykładzie wartości średnich lub w oparciu na wartościach ekstremalnych, bądź też posługując się wskaźnikami zespołowymi, np. temperaturą odczuwalną. Problem ten przedstawiono w wielu pracach, najczęściej w skali mikro – dla pojedynczych miejscowości (Fortuniak i in. 2004; Panfil 2007; Owczarek 2007; Michalska i Małkosza 2008), rzadziej dla większych obszarów (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997; Chabior i Michalska 2009).

Zasadniczym celem pracy była ocena zmian temperatury powietrza z godziny na godzinę oraz z doby na dobę w różnych okresach: miesiące, sezony i rok w terenie podmiejskim i rolniczym na Nizinie Szczecińskiej.

## MATERIAŁ I METODY

W pracy uwzględniono godzinne wyniki automatycznych pomiarów temperatury powietrza mierzonej na 200 cm n.p.g. według rzeczywistego czasu urzędowego w okresie od 1 grudnia 2008 r. do 30 listopada 2009 r. Pomiarów wykonywano na stacji agrometeorologicznej w Lipniku koło Stargardu Szczecińskiego (teren rolniczy) oraz na stacji meteorologicznej w Ostoi, położonej na Równinie Gumienieckiej (teren podmiejski Szczecina). Ograniczenie badań do jednego roku kalendarzowego wynikało z faktu uruchomienia stacji w Ostoi w listopadzie 2008 r. Stacja powstała w ramach Programu INTERREG III A, projekt pt. „Rozbudowa innowacyjnej infrastruktury technicznej Ośrodka Szkoleniowo-Badawczego w Zakresie Energii Odnawialnej w Ostoi położonego w Euroregionie Pomerania”.

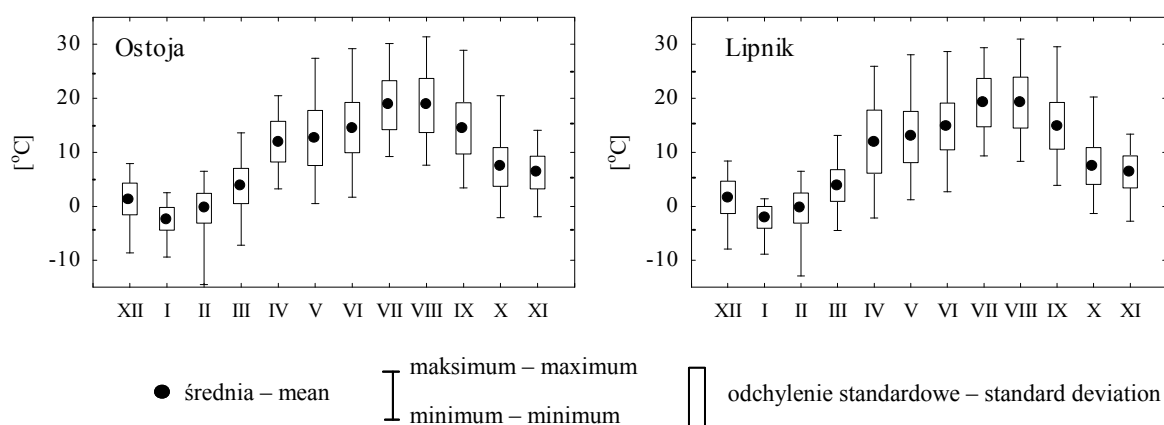
W obliczeniach posługiwano się następującymi wartościami temperatury powietrza: średnie, maksymalne, minimalne, amplituda, a w celu określenia zmienności również odchylenie standardowe.

Do określenia bodźcowości warunków termicznych obliczono częstość zmian temperatury z godziny na godzinę oraz z doby na dobę w różnych okresach – miesiące, sezony, rok. Zastosowano cztery przedziały temperatury:  $\leq 2^{\circ}\text{C}$  – zmiany *obojętne* dla organizmu,  $2,1-4,0^{\circ}\text{C}$  – *odczuwalne*,  $4,1-6,0^{\circ}\text{C}$  – *znaczne* i  $>6^{\circ}\text{C}$  – zmiany *ostre*, działające rozdrażniająco (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997). W przypadku amplitudy temperatury powietrza przyjęto trzy przedziały – od 0 do  $7,9^{\circ}\text{C}$  – bodźce *słabo odczuwalne*, od  $8,0^{\circ}\text{C}$  do  $11,9^{\circ}\text{C}$  – bodźce *silnie odczuwalne* i  $\geq 12,0^{\circ}\text{C}$  – bodźce *ostre*. Dla wyjaśnienia znacznych różnic w ekstremalnych

temperaturach powietrza między dwiema stacjami w kwietniu wykorzystano dodatkowo pomiary kierunków wiatru w Ostoi, wykonując dla kwietnia diagramy częstości występowania wiatru z różnych kierunków tzw. róże wiatrów. Obliczenia i rysunki wykonano w programach Excel® oraz Statistica®.

## WYNIKI I DISKUSJA

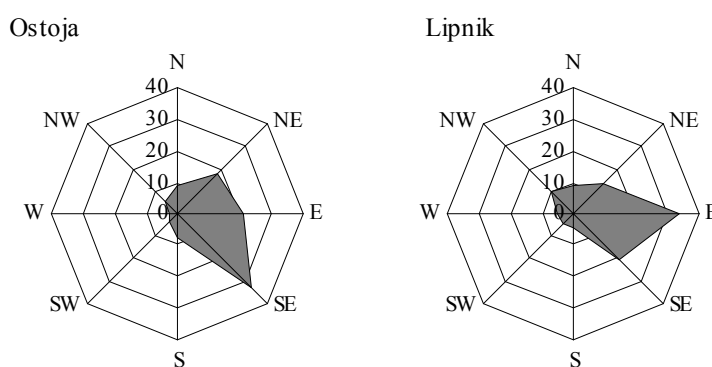
Podstawowe charakterystyki dotyczące przebiegu temperatury powietrza na stacjach w Lipniku i w Ostoi przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Średnia, maksymalna i minimalna temperatura powietrza oraz odchylenie standardowe  
Fig. 1. Mean, maximum and minimum air temperature and standard deviation

W obydwu stacjach najchłodniejszym miesiącem był styczeń 2009 roku, w którym średnia temperatura wyniosła odpowiednio  $-2,1^{\circ}$  i  $-2,3^{\circ}\text{C}$ , ujemna temperatura utrzymywała się również w lutym ( $-0,3^{\circ}$ ,  $-0,4^{\circ}\text{C}$ ) i chociaż średnia temperatura tego miesiąca była znacznie wyższa niż w styczniu, to minimalna spadła w lutym aż do  $-12,9^{\circ}\text{C}$  w Lipniku i  $-14,5^{\circ}\text{C}$  w Ostoi. Najcieplejszymi miesiącami w 2009 roku były lipiec i sierpień – średnia temperatura powietrza w tych dwóch miesiącach była jednakowa, w Lipniku wyniosła  $19,2^{\circ}\text{C}$ , a w Ostoi  $18,7^{\circ}\text{C}$ . Maksymalnie najwyższa temperatura na obydwu stacjach nie wykazała dużej różnicy –  $31,0^{\circ}\text{C}$  Lipnik i  $31,4^{\circ}\text{C}$  – Ostoja. Z porównania przebiegu średnich wartości temperatury powietrza na badanych stacjach wynika, iż niższe temperatury we wszystkich miesiącach wystąpiły na stacji w Ostoi – największe różnice ( $0,5^{\circ}\text{C}$ ) dotyczyły miesięcy letnich – lipiec, sierpień i wrzesień, a najmniejsze, lub ich brak – miesiące wiosennych – marzec, kwiecień. Największa zmienność temperatury wyrażona wielkością odchylenia standardowego wystąpiła w Ostoi w maju ( $5,1^{\circ}\text{C}$ ), a w Lipniku w kwietniu ( $5,8^{\circ}\text{C}$ ). W tym ostatnim miesiącu zmienność temperatury powietrza w terenie podmiejskim była o wiele mniejsza niż w terenie rolniczym reprezentującym centralną część Niziny Szczecińskiej, podczas gdy w pozostałych miesiącach różnice w odchyleniu standardowym nie przekraczały  $0,4^{\circ}\text{C}$ . Wartości średnie temperatury powietrza nie wykazały żadnego zróżnicowania – w kwietniu średnia temperatura na obydwu stacjach wyniosła  $12,0^{\circ}\text{C}$ , a duże różnice dotyczyły wartości ekstremalnych. Temperatura minimalna była w terenie podmiejskim wyższa o  $5,3^{\circ}\text{C}$ , w porównaniu z terenem rolniczym, a maksymalna – odwrotnie, była o  $5,5^{\circ}\text{C}$  niższa. Powszechnie wiadomo,

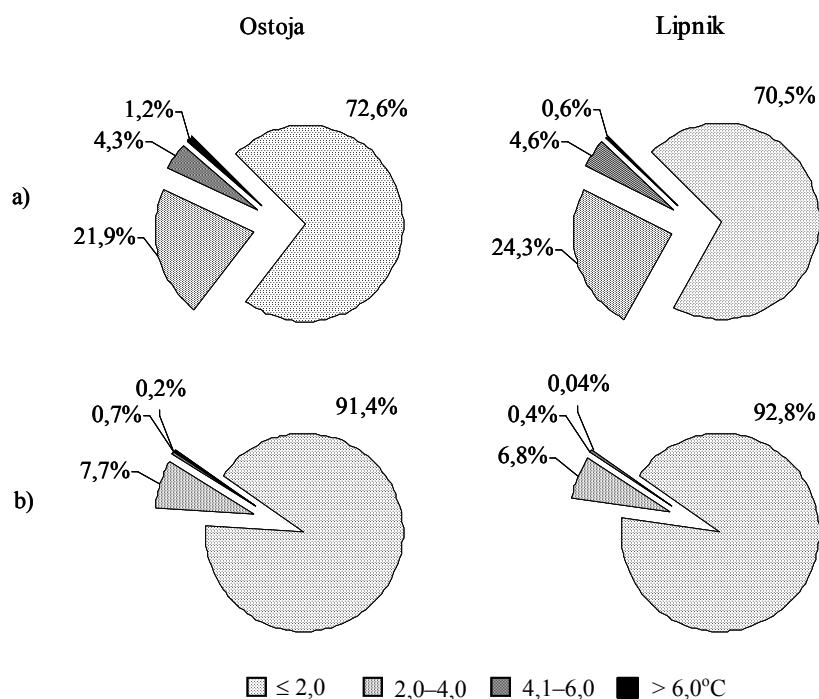
że wartości temperatury powietrza w dużym stopniu generowane są przez czynniki cyrkulacyjne (Kossowska-Cezak 1987), ale zależą również od lokalnych uwarunkowań wynikających ze specyfiki każdego terenu. Z badań Panfil (2007) nad międzydobowymi zmianami temperatur ekstremalnych w Olsztynie wynika, iż duże zmiany najczęściej zachodziły pod wpływem cyrkulacji o składowej północnej i zachodniej, a najrzadziej przy masach powietrza napływających z kierunków południowych. Szukano przyczyn wystąpienia dużych różnic temperatur ekstremalnych między dwiema badanymi stacjami w kwietniu. Jedną z bardziej realnych jest kierunek wiatru w Ostoi. W kwietniu, jak wynika z rys. 2, wiatr wiał z przeważającą częstością (35%) z kierunku wschodniego i południowo-wschodniego (20%), a więc od strony centrum Szczecina, co mogło wpłynąć na złagodzenie spadku minimalnej temperatury oraz zmniejszenia wielkości średniej amplitudy w tym miesiącu.



Rys. 2. Częstość kierunków wiatru w kwietniu 2009 roku w Ostoi i Lipniku  
 Fig. 2. Frequency of wind directions in April 2009 year in Ostoja and Lipnik

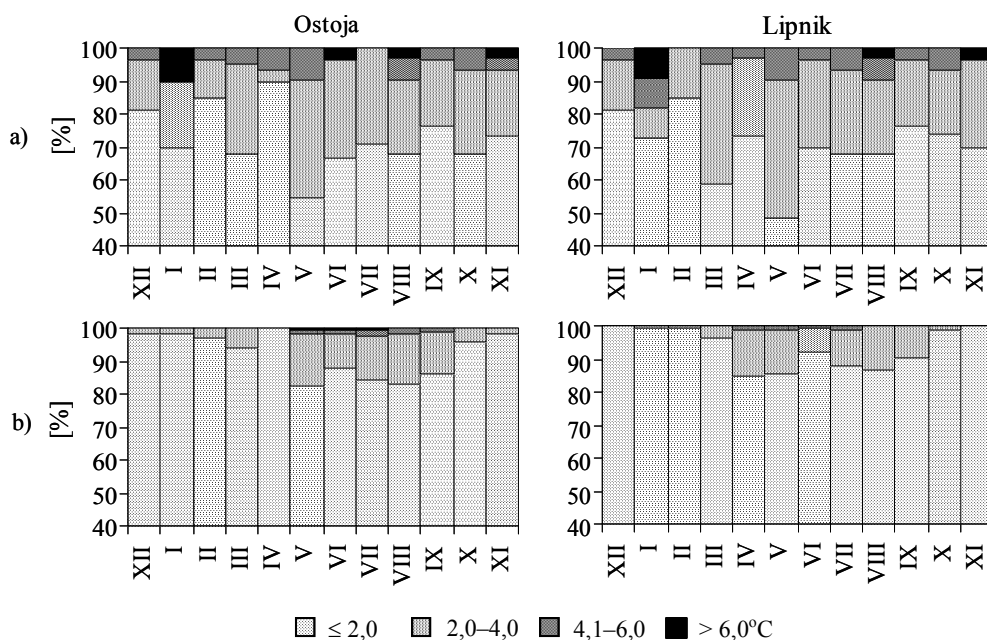
W ciągu roku zarówno w Lipkach (70,5%), jak i w Ostoi (72,6%), zdecydowanie najczęściej notowano dobowe zmiany temperatury powietrza w przedziale 0–2°C – podobne wyniki dla aglomeracji łódzkiej otrzymał Fortuniak i in. (2004). Zmiany *odczuwalne* (2,1–4,0°C) występowały z częstością 24,3 i 21,9%, *znaczne* (4,1–6,0°C) odpowiednio 4,6 i 4,3%, a *ostre* (>6,0°C) z częstością 0,6 i 1,2%. Różnice te nie są duże, ale w Ostoi więcej było zmian *ostrych* (rys. 3). Z porównania zmian z godziny na godzinę wynika, iż w całym roku w obydwu krajobrazach najwięcej (ponad 90%) zmian mieściło się w przedziale 0–2°C, drugą dość znaczącą grupę stanowiły zmiany w zakresie temperatury 2,1–4,0°C – 6,8% w Lipniku i 7,7% w Ostoi. W przypadku zmian w przedziale 4,1–6,0°C procentowy ich udział, zarówno w terenie podmiejskim, jak i rolniczym był niewielki, nie przekroczył 1%. Duże zmiany z godziny na godzinę (>6,0°C) dotyczyły przede wszystkim terenu podmiejskiego. Ogółem w badanym okresie zanotowano 12 takich sytuacji i większość z nich wystąpiła w godzinach popołudniowych – między 16 a 18, w których temperatura spadała. Podobne wyniki, ale dotyczące zmiany temperatury z dnia na dzień, uzyskały Panfil i Dragańska (2009). Należy nadmienić, że w opracowaniu nie uwzględniono synergicznego działania wiatru, który w przypadku niskich temperatur pogłębia uczucie chłodu, potęgując rozdrażniający charakter zmian.

W dalszej części pracy przeanalizowano częstość dobowych zmian temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach (rys. 4).



Rys. 3. Częstość występowania zmian temperatury powietrza z doby na dobę (a) i z godziny na godzinę (b) w okresie od grudnia 2008 roku do listopada 2009 roku

Fig. 3. The frequency of occurrence of air temperature change from day to day (a) and hour to hour (b) in the period from December 2008 year to November 2009 year



Rys. 4. Częstość występowania zmian temperatury powietrza z doby na dobę (a) i z godziny na godzinę (b) w kolejnych miesiącach

Fig. 4. The frequency of occurrence of air temperature change from day to day (a) and hour to hour (b) in the following months

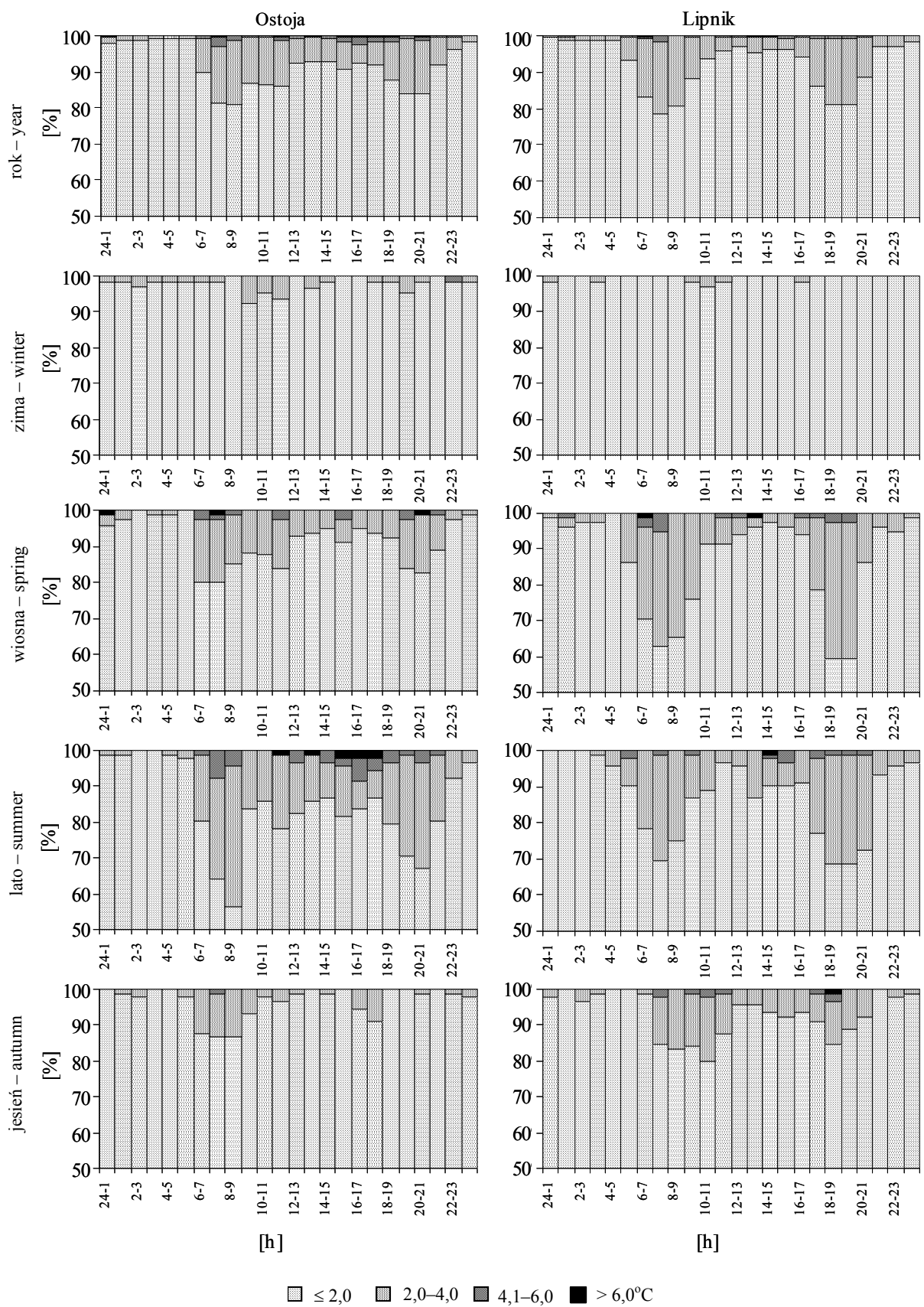
Podobnie do wyżej opisanych, największy odsetek przypadł niemal we wszystkich miesiącach na zmiany nieprzekraczające 2°C (co najmniej *odczuwalne*), jedynie w maju zmiany powyżej tej wartości wystąpiły w Ostoi na granicy 50%, a w Lipniku przekroczyły nawet 50%. Zmiany *ostre* (>6,0°C) występowały głównie w styczniu (9,1% Lipnik i 10,0% Ostoja), a z mniejszą częstością również w sierpniu i listopadzie. Analiza zmian temperatury na podstawie wartości godzinnych potwierdziła zwiększoną bodźcowość w maju i w sierpniu, ale częstość występowania temperatury powietrza w przedziale 2,1–4,0°C, tylko w Ostoi przekroczyła w wyżej wymienionych miesiącach 15%. Duże wahania temperatury (>6°C) występowały epizodycznie (rys. 4).

Zmiany temperatury powietrza w ciągu roku na podstawie godzinnych wartości przedstawia rys. 5. W Ostoi zmiany we wszystkich badanych przedziałach temperatury wystąpiły o godz. 8 rano, a następnie w godzinach popołudniowych od 16 do 21, natomiast w godzinach nocnych przeważały zdecydowanie spadki lub wzrosty temperatury nieprzekraczające 2°C. Podobnie było w Lipniku, z tym, że zaobserwowano mniejszą częstość zmian o charakterze bardziej bodźcowym, a większą obojętnych dla organizmu.

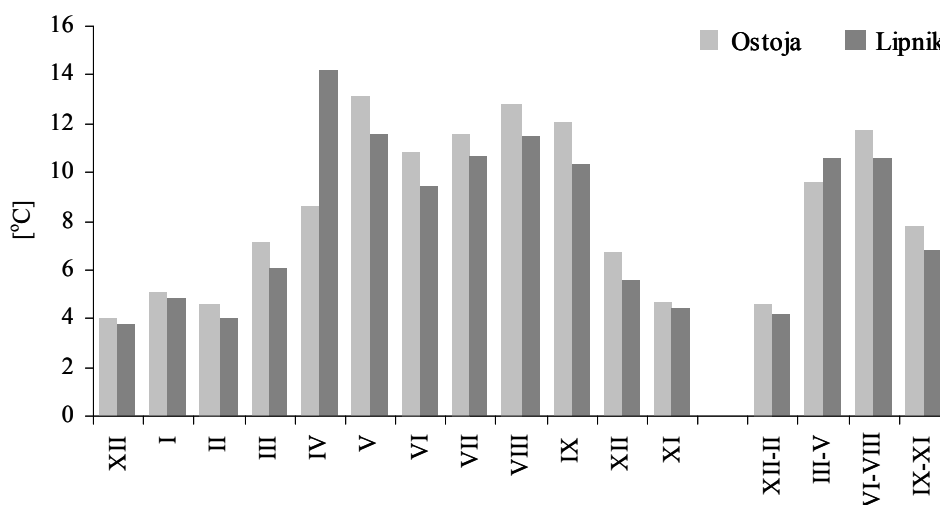
Spośród czterech pór roku najmniejszą zmiennością temperatury powietrza z godziny na godzinę odznaczała się zima. W Lipniku niemal w ciągu całej doby wahania temperatury nie przekraczały 2°C, trochę więcej przypadków zmian w przedziale 2,1–4,0°C zanotowano w Ostoi w godzinach od 10 do 12. Z kolei największą częstość wahań temperatury powietrza stwierdzono wiosną w Lipniku, zwłaszcza między godziną 7 a 10 oraz 18 a 20, natomiast w Ostoi zaobserwowano wydłużenie okresu zmian do godziny 12 przed południem i do 22 wieczorem. Kolejną porą roku, w której notuje się duże i częste wahania temperatury, jest lato. Najwięcej zmian wystąpiło przed południem w godzinach 8–9, a po południu od 16 do 21. Latem większą bodźcowością odznaczał się teren podmiejski, natomiast wiosną przewagę w częstości występowania zmian *odczuwalnych* (2,1°–4,0°C) charakteryzował się teren rolniczy. Jesienią tylko w Ostoi zauważono zwiększoną częstość zmian *odczuwalnych* i *znacznych*, zwłaszcza między godziną 8 a 12 oraz o 18 a 19.

Uzupełnieniem przeprowadzonej analizy jest charakterystyka amplitudy temperatury powietrza, obliczona jako różnica między ekstremalnymi (maksymalna i minimalna) wartościami w ciągu doby. Rysunek 6 przedstawia średnie miesięczne wartości amplitudy temperatury powietrza w Lipniku i Ostoi. We wszystkich miesiącach, poza kwietniem, wyższe wartości amplitudy wystąpiły w Ostoi w terenie podmiejskim. Mniejsze różnice były w miesiącach zimowych od listopada do lutego, a większe w letnich. Najmniejsza średnia miesięczna amplituda temperatury powietrza wystąpiła w grudniu – 3,6°C w Lipniku i 4,0°C w Ostoi. Zwykle najmniejsza zmienność temperatury powietrza występuje właśnie w grudniu, a niniejsze opracowanie pomimo opisu jednorocznych wyników również potwierdza regułę. Najwyższa średnia amplituda na obydwu stacjach wystąpiła w maju – 11,6°C – Lipnik i 13,1°C – Ostoja. Analiza amplitudy temperatury powietrza w porach roku wykazała występowanie najmniejszych wartości zimą i największych latem w Ostoi, natomiast w Lipniku odpowiednio zimą i wiosną, przy czym różnica w wartościach amplitudy między latem a wiosną była w Lipniku bardzo mała.

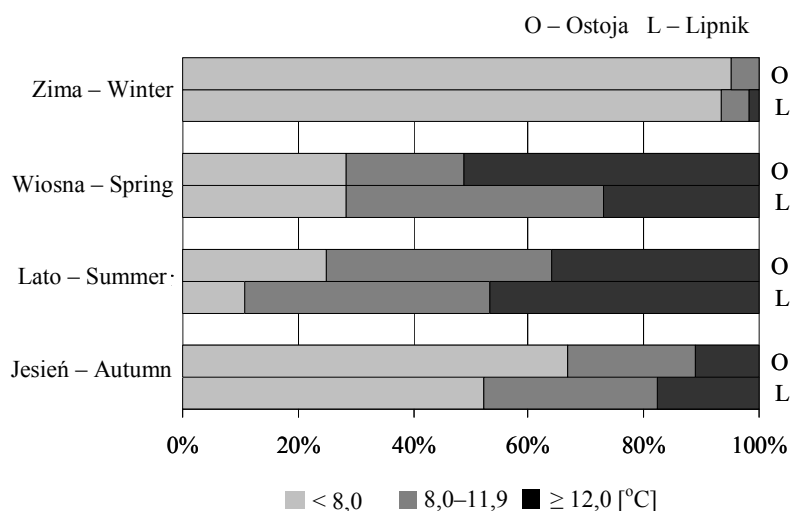
Bodźcowy charakter amplitudy temperatury powietrza zbadano poprzez występowanie w porach roku dni w trzech przedziałach temperatury (rys. 7).



Rys. 5. Częstość występowania zmian temperatury powietrza z godziny na godzinę w ciągu doby  
 Fig. 5. The frequency of occurrence of air temperature change from hour to hour per day



Rys. 6. Średnie amplitudy temperatury powietrza  
Fig. 6. The mean amplitude of air temperature



Rys. 7. Częstość występowania amplitudy temperatury powietrza według zakresów  
Fig. 7. The frequency of occurrence of amplitude of air temperature according to the ranges

Największy procentowy udział amplitudy temperatury powietrza, określanej jako *słabo* bodźcowa, występował zimą. W terenie rolniczym dni z amplitudą poniżej 8°C stanowiły około 95% ogólnej liczby dni w tej porze roku, a w terenie podmiejskim 94%. W pozostałych dniach występowały głównie amplitudy w przedziale 8–12°C, czyli o *silnym* stopniu bodźcowości na organizm człowieka. Drugą porą roku, w której stwierdzono dużo dni z bodźcami *słabo odczuwalnymi* (amplituda poniżej 8°C) była jesień, ale z wyraźną przewagą w terenie rolniczym (67%) nad podmiejskim (52%). Przy czym, w tym drugim obszarze więcej było dni z amplitudą powyżej 12,0°C – bodźce *ostre*. Jednak zdecydowanie największy udział dni o tak dużej amplitudzie zanotowano wiosną w Lipniku (51%) i latem w Ostoi (47%) – rys. 7.



## POSUMOWANIE

Średnie miesięczne temperatury powietrza w analizowanym okresie (grudzień 2008 do listopad 2009) były wyższe w terenie rolniczym (stacja w Lipniku), w porównaniu z terenem podmiejskim (stacja w Ostoi). Największe różnice temperatury powietrza pomiędzy stacjami, nieprzekraczające jednak  $0,5^{\circ}\text{C}$ , wystąpiły w miesiącach letnich, a brak różnic zanotowano w miesiącach wiosennych. Na obydwu analizowanych obszarach podmiejskim i rolniczym największa częstość zmian temperatury powietrza, zarówno z doby na dobę, jak i z godziny na godzinę, wystąpiła w przedziale  $0-2^{\circ}\text{C}$ . Zmiany odczuwalne (powyżej  $2^{\circ}\text{C}$ ) wystąpiły z niewielką przewagą w terenie rolniczym. Duże zmiany temperatury powietrza  $>6^{\circ}\text{C}$ , oddziałujące ostro na organizm człowieka, występowały głównie z doby na dobę najczęściej w styczniu, z nieco większym procentowym udziałem takich dni w terenie podmiejskim. Zmiany temperatury z godziny na godzinę w ciągu roku najczęściej występowały rano między godz. 8 a 9 oraz po południu i wieczorem, między godz. 16 a 21. Najmniej zmian zanotowano zimą, a najwięcej wiosną z przewagą zmian odczuwalnych ( $2,1-4,0^{\circ}$ ) w terenie rolniczym. Największy udział dni z amplitudami temperatury powietrza słabo odczuwalnymi, nieprzekraczającymi  $8^{\circ}\text{C}$ , występował zimą i jesienią, a z uwagi na procentowy udział tych dni korzystniej wyróżniał się teren rolniczy. Najwięcej dni silnie bodźcowych (amplitudy powyżej  $12^{\circ}\text{C}$ ) notowano latem w terenie podmiejskim i wiosną w terenie rolniczym.

Wyniki cegodzinnych automatycznych pomiarów temperatury powietrza prowadzonych w różnych krajobrazach na terenie Niziny Szczecińskiej, skłaniają do wniosku, że teren podmiejski odznaczał się większą kontrastowością termiczną, wyrażoną częstością zmian międzydobowych i międzygodzinnych, w porównaniu z terenem rolniczym. Uzyskane rezultaty na podstawie jednorocznych wyników pomiarów nie przesądzają o jednoznaczności powyższego twierdzenia, co sugeruje prowadzenie dalszych badań nad zmiennością warunków termicznych w różnych krajobrazach.

## PIŚMIENNICTWO

- Bielec Z.** 1999. Wieloletnia zmienność występowania burz w Polsce w latach 1949–1998 [w: Zmiany i zmienność klimatu Polski]. Wydaw. Uniw. Łódź., Łódź, 11–15.
- Chabior M., Michalska B.** 2009. Variability of sensible temperature (STI) in north-east Poland, EJPAU, topic Agronomy 12 (4), 22.
- Czarnecka M., Mąkosza A., Nidzgorska-Lencewicz J.** 2010. Variability of meteorological elements shaping biometeorological conditions in Szczecin, Poland. Theor. Appl. Climatol. Published Online First : [www.springerlink.com/content/4848283k7r65j427/](http://www.springerlink.com/content/4848283k7r65j427/)
- Dudek S., Kuśmierk R., Żarski J.** 2008. Porównanie wybranych elementów meteorologicznych w Bydgoszczy i jej okolicy. Prz. Nauk. Inż. Kształt. Śr., Annal. XVII, 1 (39), 35–41.
- Fortuniak K., Kłysik K., Wibig J.** 2004. Międzydobowa zmienność temperatury powietrza w Łodzi. Acta Univ. Lodz. Folia Geogr. 89, 35–46.
- Fortuniak K., Kłysik K., Wibig J.** 2006. Urban-rural contrasts of meteorological parameters in Łódź. Theor. Appl. Climatol. 84, 91–101.
- Kaszewski B.M., Siwek K.** 1998. Cechy przebiegu dobowego temperatury powietrza w centrum i na peryferiach Lublina. Acta Univ. Lodz. Folia Geogr. Phys. 3, 213–220.
- Kłysik K.** 1998. Struktura przestrzenna miejskiej wyspy ciepła w Łodzi. Acta Univ. Lodz. Folia Geogr. Phys. 3, 385–391.

- Kossowska-Cezak U.** 1987. Duże zmiany temperatury z dnia na dzień, a cyrkulacja atmosferyczna. *Prz. Geofiz.*, XXXII, 3, 289–302.
- Kossowska-Cezak U.** 2002. Zmiany różnicy temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy od 1933 do 2000 roku. *Prz. Geofiz.* 3–4, 203–209.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B.** 1997. *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski.* Monogr. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, 1, 200.
- Michalska B., Mąkosza A.** 2008. Dobowe kontrasty termiczne terenów miejskiego i rolniczego. *Balneol. Pol.* 4/2008, 331–340.
- Musiał E., Gąsiorek E., Rojek M.** 2004. Zmienność temperatury powietrza w obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1964–2001. *Acta Agrophys.* 3 (2), 333–342.
- Olejniczak J.** 2003. The day-to-day variability of air temperature in Cracow and its surroundings. *Pr. Geograf. IGI GP UJ, Kraków z.* 112, 93–103.
- Owczarek M.** 2007. Zmienność warunków biotermicznych w Gdyni (1951–2005) [w:] Red. Piotrowicz K., Twardosz R., *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, 297–305.
- Panfil M.** 2007. Duże zmiany międzydobowe temperatur ekstremalnych w drugiej połowie XX wieku. *Acta Agrophys.* 10 (3), 649–658.
- Panfil M., Dragańska E.** 2009. Zmienność temperatury powietrza z dnia na dzień w Polsce północno-wschodniej w ujęciu przestrzennym. *Acta Agrophys.* 13 (2), 435–444.