

**Stanisław DUDEK, Renata KUŚMIEREK, Jacek ŻARSKI**

Katedra Melioracji i Agrometeorologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy  
Department of Land Reclamation and Agrometeorology, University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz

## **Porównanie wybranych elementów meteorologicznych w Bydgoszczy jej okolicy**

### **Comparison of chosen meteorological elements measured in the centre of Bydgoszcz and its surroundings**

**Słowa kluczowe:** miejska wyspa ciepła, automatyczna stacja pomiarowa

**Key words:** urban heat island, automatic weather station

#### **Wprowadzenie**

Miasto jest przykładem przemian środowiska spowodowanych działalnością człowieka, który sztucznie ukształtował podłoże atmosfery w postaci budynków, ulic, placów i parków. Zmiany wywołane urbanizacją i uprzemysłowieniem występują wyraźnie w środowisku atmosferycznym dużych aglomeracji. Stwarzają one wewnątrz miasta specyficzne właściwości radiacyjne, termiczne, wilgotnościowe i wietrzne. Zabudowa miejska modyfikuje dopływ do przygruntowej warstwy powietrza promieniowania słonecznego (zmniejszając jego ilość o 30–50% w stosunku do poziomu dachów), kierunek i prędkość wiatru (po-

wodując zmiany kierunku i zmniejszenie prędkości nawet o 50–60%) oraz temperaturę powietrza (tworząc nad terenami o zwartej zabudowie tzw. miejską wyspę ciepła, utrzymującą się od godzin popołudniowych do porannych dnia następnego). Klimat jest jednym z elementów środowiska najbardziej wrażliwych na zmiany w sposobie zagospodarowania i użytkowania terenu. Urbanizacja prowadzi do zwiększenia ilości zanieczyszczeń w powietrzu, co ma negatywny wpływ na stan atmosfery nad terenem zabudowanym. Emisja zanieczyszczeń przyczynia się do zmian warunków klimatycznych, tym większych, im większe miasto i lepiej rozwinięty przemysł stanowiący główne, obok komunikacji i ciepłownictwa, źródło skażenia powietrza (Woś 1996, Kłysik 1998, Dworak i in. 2000).

Zasadniczym celem badań było porównanie wielkości podstawowych elementów meteorologicznych mierzonych

w centrum Bydgoszczy z uzyskanymi w warunkach zamiejskich, w Mochełku.

## Material i metody

Pracę przygotowano na podstawie wyników pomiarów elementów atmosferycznych uzyskanych za pomocą automatycznych stacji meteorologicznych zlokalizowanych w centrum Bydgoszczy i w odległym około 20 km w kierunku północno-zachodnim – Mochełku. W porównywanych punktach pomiarowych wykorzystywano automatyczną rejestrację zmian wartości poszczególnych elementów meteorologicznych w jednakowych przedziałach czasowych, a zapisywane w pamięci dataloggera dane pochodziły z kolejnych pełnych godzin. Pomiar natężenia promieniowania całkowitego wykonano przy użyciu pyranometru (SKS), temperaturę i wilgotność powietrza mierzono czujnikiem termistorowym w osłonie przeciwradiacyjnej. Niedosyt wilgotności powietrza wyznaczono za pomocą tablic psychrometrycznych na podstawie pomiarów temperatury i wilgotności powietrza. Do pomiaru opadów atmosferycznych używano deszczomierza korytkowego o powierzchni odbiorczej 507 cm<sup>2</sup>, zainstalowanego na wysokości 34 cm nad powierzchnią gruntu, a pomiar prędkości wiatru wykonywano anemometrem czasowym Robinsona. Wszystkie (poza deszczomierzem) czujniki zainstalowano na wysokości 1,5 m nad gruntem, wewnątrz ogrodzonego siatką ogródka meteorologicznego porośniętego trawą. Materiał badawczy stanowiły wyniki pomiarów, prowadzonych w sposób ciągły w 2006 roku, następujących elementów atmosferycznych:

- natężenia promieniowania całkowitego,
- temperatury powietrza średniej,
- wilgotności względnej powietrza,
- niedosytu wilgotności powietrza,
- sumy opadów atmosferycznych,
- prędkości wiatru.

## Omówienie wyników

Obliczone sumy lub średnie wartości miesięczne poszczególnych elementów meteorologicznych były wyraźnie zróżnicowane w zależności od miejsca pomiaru. Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i niedosytu wilgotności były większe w mieście, a średnia wilgotność względna powietrza, natężenie promieniowania całkowitego, suma opadów atmosferycznych i prędkość wiatru mniejsze. Różnice te były niejednakowe w poszczególnych miesiącach i w odniesieniu do kolejnych parametrów (tab. 1).

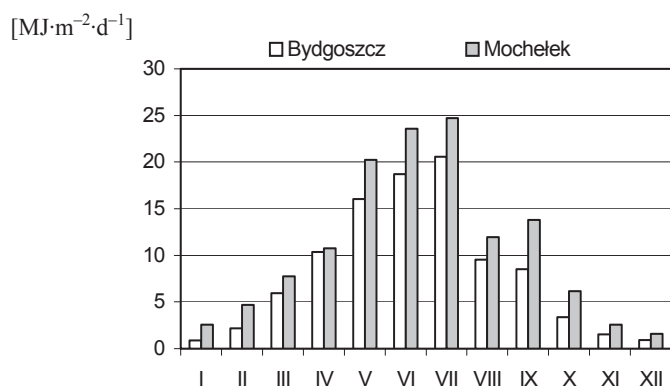
Promieniowanie słoneczne w Mochełku w każdym miesiącu było większe niż w Bydgoszczy, największe różnice wyrażone w liczbach względnych zanotowano w styczniu i lutym oraz w miesiącach wrzesień–grudzień, a wyrażone w liczbach bezwzględnych – w miesiącach półrocza letniego, zwłaszcza we wrześniu i czerwcu. Zdecydowanie najmniejsza różnica wystąpiła w kwietniu. Roczny przebieg natężenia promieniowania w obydwu miejscowościach przedstawia rysunek 1.

Temperatura powietrza średnio dla roku była wyraźnie (o 1,3°C) wyższa w mieście w porównaniu do terenu zamiejskiego (rys. 2). We wszystkich miesiącach roku zanotowano wyższą tempe-

TABELA 1. Różnice między wartościami poszczególnych elementów meteorologicznych w terenie miejskim (Bydgoszcz) i zamiejskim (Mochełek)

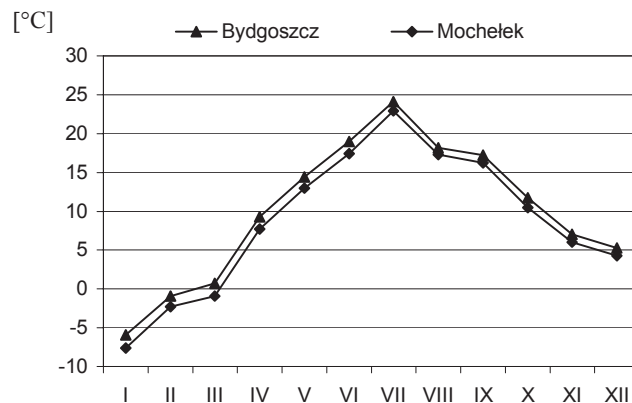
TABLE 1. Distinctions between particular values of meteorological elements in urban area (Bydgoszcz) and its surroundings (Mochełek)

Okres Period	Promienio- wanie całko- wite Global solar radiation	Temperatura powietrza Air tempera- ture	Wilgotność względna Relative humidity	Niedosyt wilgotności Saturation deficit	Opady atmosferycz- ne Precipitation	Prędkość wiatru Wind speed
	MJ·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup>	°C	%	hPa	mm	m·s <sup>-1</sup>
I	-1,70	1,7	-10,2	0,3	10,2	-3,2
II	-2,51	1,4	-10,8	0,5	4,1	-3,5
III	-1,80	1,6	-16,7	1,1	-7,4	-3,1
IV	-0,41	1,6	-14,5	0,9	-15,6	-3,3
V	-4,24	1,4	-7,7	1,8	0,1	-2,3
VI	-4,84	1,6	-10,1	2,8	-7,0	-1,5
VII	-4,17	1,2	-4,4	1,9	21,6	-1,5
VIII	-2,41	0,9	-5,2	1,0	-13,2	-1,9
IX	-5,32	1,0	-4,5	1,2	0,6	-2,1
X	-2,79	1,2	-5,5	0,8	0,5	-2,1
XI	-1,03	1,0	-4,6	0,4	1,3	-2,6
XII	-0,65	1,0	-4,5	0,4	-3,0	-3,0
I-XII	-31,87 (32%)	1,3	-8,3	1,1	-7,8	-2,5



RYSUNEK 1. Roczny przebieg natężenia całkowitego promieniowania słonecznego w terenie miejskim (Bydgoszcz) i zamiejskim (Mochełek)

FIGURE 1. The annual pattern of global solar radiation intensity in urban area (Bydgoszcz) and its surroundings (Mochełek)



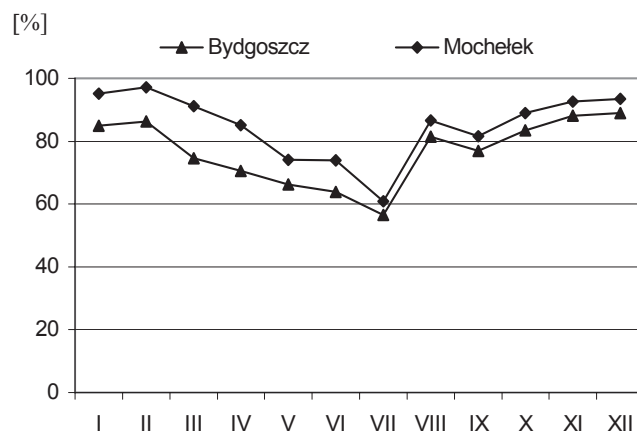
RYSUNEK 2. Roczny przebieg miesięcznej temperatury powietrza w terenie miejskim (Bydgoszcz) i zamiejskim (Mochełek)

FIGURE 2. The annual pattern of mean monthly air temperature in urban area (Bydgoszcz) and its surroundings (Mochełek)

raturę w Bydgoszczy. Szczególnie duże różnice wystąpiły w styczniu ( $1,7^{\circ}\text{C}$ ) oraz w marcu, kwietniu i czerwcu ( $1,6^{\circ}\text{C}$ ). Najmniejsza różnica cechowała sierpień – zaledwie  $0,9^{\circ}\text{C}$  (tab. 1).

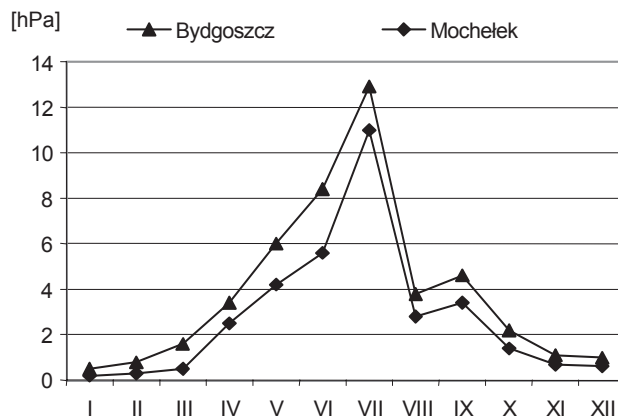
Warunki charakteryzujące zawartość pary wodnej w powietrzu miały w porównywanych miejscowościach podobny przebieg roczny, ale w Bydgoszczy powietrze cechowało się mniejszą wil-

gotnością względną (rys. 3) i większym niedosytem pary wodnej (rys. 4). Średnio w 2006 roku wilgotność względna w mieście była mniejsza o  $8,3\%$ . Największe różnice wystąpiły w marcu ( $16,7\%$ ) i kwietniu ( $14,5\%$ ), natomiast w lipcu, wrześniu, listopadzie i grudniu wielkości te wahały się w granicach  $4,4\text{-}4,6\%$  (tab. 1). Zdecydowanie większe różnice niedosytu wilgotności powietrza pomię-



RYSUNEK 3. Roczny przebieg miesięcznej wilgotności względnej w terenie miejskim (Bydgoszcz) i zamiejskim (Mochełek)

FIGURE 3. The annual pattern of mean monthly relative humidity in urban area (Bydgoszcz) and its surroundings (Mochełek)



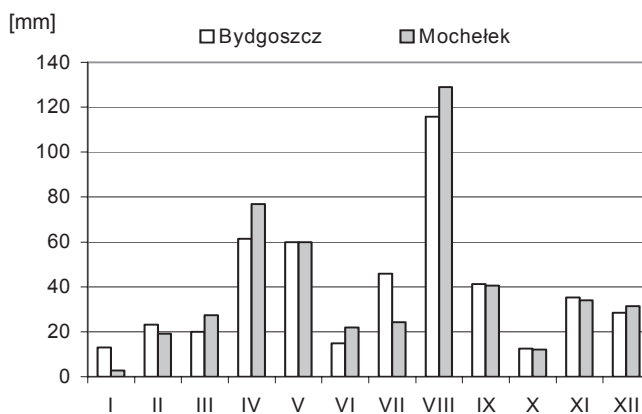
RYSUNEK 4. Roczny przebieg miesięcznego niedosytu wilgotności powietrza w terenie miejskim (Bydgoszcz) i zamiejskim (Mochełek)  
 FIGURE 4. The annual pattern of mean monthly saturation deficit in urban area (Bydgoszcz) and its surroundings (Mochełek)

dzy porównywanymi punktami pomiarowymi zaobserwowano w cieplej porze roku, z maksimum przypadającym w lipcu (2,8 hPa) – tabela 1.

Wyniki pomiarów miesięcznych sum opadów atmosferycznych wykazują brak jednokierunkowych różnic. Obie miejscowości w 2006 roku cechowały podobne ilości opadów atmosferycznych, suma roczna Mochełka była zaledwie

o 7,8 mm większa niż w Bydgoszczy (tab. 1). W lipcu i styczniu większe opady zanotowano w mieście, a w kwietniu, sierpniu oraz w marcu i czerwcu – w terenie otwartym. W pozostałych miesiącach różnice pomiarów w porównywanym punktach były niewielkie i wahały się między -3,0 a 4,1 mm (rys. 5).

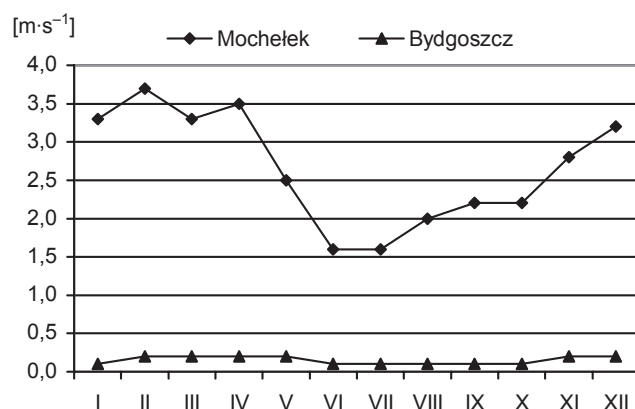
Uzyskane w badaniach różnice między wartościami poszczególnych ele-



RYSUNEK 5. Roczny przebieg miesięcznych sum opadów atmosferycznych w terenie miejskim (Bydgoszcz) i zamiejskim (Mochełek)  
 FIGURE 5. The annual pattern of monthly total precipitation in urban area (Bydgoszcz) and its surroundings (Mochełek)

mentów meteorologicznych okazały się typowe dla porównania klimatu miasta i okolic. Mniejsze, średnio o 32%, natężenie promieniowania całkowitego prawdopodobnie było spowodowane większym zanieczyszczeniem powietrza oraz ograniczeniem dopływu promieni do czujnika pomiarowego w centrum miasta. Są to typowe cechy różnicujące porównywane obiekty, występujące także w innych rejonach Polski (Dworak i in. 2000, Fortuniak 2003). Wyższa w mieście temperatura powietrza, mimo zmniejszonego dopływu energii słonecznej, jest także typowym dla tego miejsca elementem klimatu miasta. Wynika on głównie ze zmniejszenia strat ciepła przez podłoże utwardzonego miasta oraz znacznie większą ilość wracającego ciepła po odbiciu od zanieczyszczonej, w porównaniu do warunków otwartych, atmosfery. Podobne wyniki można znaleźć w pracach innych autorów (Lewińska i in. 1990, Wawer 1995, Kłysik 1998, Kaszewski i Siwek 1998, Fortu-

niak 2003), dotyczących innych rejonów kraju. Rozbieżności między wynikami są zapewne spowodowane lokalnymi uwarunkowaniami wynikającymi ze specyfiki każdego ośrodka miejskiego, zauważonymi przez Kossowską-Cezak (2002). Przebieg wilgotności względnej powietrza, niedosytu wilgotności i opadów atmosferycznych były w badaniu bardzo zgodne. Miasto cechuje z reguły mniejsza wilgotność, a więc większy niedosyt, oraz zazwyczaj większe opady (Fortuniak 2003). Opinia o zwiększonej ilości opadów się nie potwierdziła, ale jak zaznacza Dworak i inni (2000), zdania o większych opadach spowodowanych większą liczbą jąder kondensacji (zanieczyszczenie powietrza) należy traktować ostrożnie. Lokalizacja stacji w centrum miasta, a więc w terenie zamkniętym, w tym przypadku była główną przyczyną braku ruchu powietrza. W związku z tym trudno porównywać prędkość wiatru (rys. 6).



RYSUNEK 6. Roczny przebieg miesięcznych prędkości wiatru w terenie miejskim (Bydgoszcz) i za-miejskim (Mochełek)

FIGURE 6. The annual pattern of mean monthly wind speed in urban area (Bydgoszcz) and its sur-roundings (Mochełek)

## Wnioski

1. W centrum Bydgoszczy w 2006 roku natężenie promieniowania całkowitego było mniejsze o  $31,87 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$  (32%), a wilgotność względna powietrza o 8,3%, wyższa natomiast była temperatura średnia powietrza (o  $1,3^\circ\text{C}$ ) i niedosyt wilgotności powietrza (o 1,1 hPa) w stosunku do porównywanego Mochełka.
2. Wysokość opadów atmosferycznych w porównywanych miejscowościach była bardzo zbliżona, nieco więcej (o 7,8 mm) spadło w Mochełku.
3. Uzyskane w badaniach różnice podstawowych elementów atmosferycznych między terenem miejskim i zamiejskim świadczą o występowaniu „miejskiej wyspy ciepła” w Bydgoszczy.

## Literatura

- DWORAK T.Z., POLAŃSKI B., ZIOBRON A. 2000: Zmiany elementów meteorologicznych w aglomeracjach miejskich pod wpływem zanieczyszczeń atmosferycznych (na przykładzie Krakowa). *Przegląd Geofizyczny* 1: 63–69.
- FORTUNIAK K. 2003: Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne. Studia eksperymentalne. Modele numeryczne i statystyczne. Rozprawy habilitacyjne Uniwersytetu Łódzkiego. Wydaw UŁ, Łódź.
- 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. 2002: Zmiany różnicy temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy od 1933 do 2000 roku. *Przegląd Geofizyczny* 3–4: 203–209.
- LEWIŃSKA J., ZGUD K., BAŚCIK J., WIATRAK W. 1990: Klimat obszarów zurbanizowanych. IGPIK, Warszawa.
- WAWER J. 1995: Wpływ warunków pogodowych na intensywność miejskiej wyspy ciepła w Warszawie. W: *Klimat i bioklimat miast*. Red. K. Kłysik. Wydaw. UŁ, Łódź: 71–78.
- WOŚ A. 1996: *Zarys klimatu Polski*. Wydaw. Nauk. UAM, Poznań.

## Summary

**Comparison of chosen meteorological elements measured in the centre of Bydgoszcz and its surroundings.** The aim of the study was a comparison of selected meteorological elements, measured with automatic weather stations in two localizations: centre of an urban area (Bydgoszcz) and in an open surroundings (Mochełek). The distance between the both places was about 20 km in a line. Results of the investigation confirmed the presence of a heat urban island in Bydgoszcz. The urban area was distinguished by higher (of  $1.3^\circ\text{C}$ ) air temperature higher saturation deficit (1.1 hPa), whereas lower mean monthly relative humidity (8.3%), wind speed ( $2.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ), monthly total precipitation (7.8 mm) and global solar radiation (32%), comparing to the rural location. The distinctions were not equal in particular monthly periods and in particular cases of meteorological elements. Global solar radiation, air temperature, relative humidity and wind speed differ most in the winter time while saturation deficit and precipitation vary in summer.

### Authors' address:

Stanisław Dudek, Renata Kuśmierk,  
Jacek Żarski  
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy  
Katedra Melioracji i Agrometeorologii  
ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz  
Poland  
e-mail: dudek@utp.edu.pl; rkusmier@utp.edu.pl;  
zarski@utp.edu.pl