



OCENA WARUNKÓW TERMICZNYCH W CENTRUM BYDGOSZCZY NA TLE DZIELNICY PERYFERYJNEJ FORDON I TERENU ZAMIEJSKIEGO

Stanisław Dudek, Renata Kuśmierk-Tomaszewska, Jacek Żarski
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy

ASSESSMENT OF THERMAL CONDITIONS IN THE CENTER OF BYDGOSZCZ VERSUS THOSE OF THE FORDON PERIPHERY ZONE AND RURAL AREA

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów temperatury powietrza przeprowadzone w roku 2012 przy użyciu automatycznych stacji meteorologicznych w trzech lokalizacjach terenowych. Pierwsza rejestrowała warunki termiczne w centrum Bydgoszczy, drugą reprezentującą teren obrzeża miasta zainstalowano w dzielnicy peryferyjnej Fordon, a trzecią reprezentatywną dla okolic Bydgoszczy usytuowano na terenie stacji badawczej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w miejscowości Mochle. Na podstawie porównania wartości średnich rocznych, sezonowych i miesięcznych stwierdzono, że najwyższe temperatury powietrza występowały w centrum miasta, chłodniej było w dzielnicy peryferyjnej, a najchłodniej za miastem. Największe różnice zanotowano w lecie, a najmniejsze zimą. Stwierdzone zróżnicowanie temperatury powietrza między centrum miasta, dzielnicą peryferyjną i obszarem zamiejskim, wpływało na terminy początku, końca i długość trwania meteorologicznych pór roku, termicznego okresu wegetacyjnego oraz frekwencję dni charakterystycznych pod względem termicznym. Największe rozbieżności dotyczyły centrum miasta i terenu zamiejskiego. W Fordonie notowano zazwyczaj terminy i wartości pośrednie. We wszystkich lokalizacjach stwierdzono zbliżoną liczbę

dni ciepłych, liczba dni przymrozkowych była największa w centrum miasta, a liczba dni mroźnych zdecydowanie największa na terenie zamiejskim.

Słowa kluczowe: warunki termiczne, temperatura powietrza, miejska wyspa ciepła, automatyczna stacja meteorologiczna

Summary

The paper presents results of air temperature measurements carried out in 2012 using automatic weather stations in three locations. The first station records thermal conditions in the center of Bydgoszcz, the second is installed in the periphery area of the city – in Fordon, and the third station represents the rural area surrounding Bydgoszcz works in the Research Station of the Faculty of Agriculture and Biotechnology, UTP in Mochle. Based on the comparison of temperature records it was found that the highest temperature was registered in the city center, slightly cooler was in the periphery area, and the coldest was outside the city in the rural area. The largest differences were recorded in the summer, and the lowest in the winter. Identified differences in air temperature between the center of the city, peripheral zone and rural area, affected the dates of the beginning, the end and the length of meteorological seasons, the thermal vegetation period and also the attendance of days in terms of thermal conditions. The biggest discrepancies related to the city center and rural area. In Fordon usually were recorded dates in between and intermediate values. In all the locations were found similar number of warm days, the number of days with frost was the largest in the city center, and the number of ice days was by far the largest in the rural area.

Key words: thermal conditions, air temperature, urban heat island, automatic weather station

WSTĘP

Pogoda i klimat należą do elementów środowiska, które w dużym stopniu kształtowane są pod wpływem sposobów użytkowania i zagospodarowania terenu. Przewidywane w skali globalnej zmiany klimatu i stanów pogodowych przypisuje się w największym stopniu działalności człowieka, jednak wielkość i skala tych zmian budzą nadal sporo wątpliwości. Zwolennicy antropogenicznych zmian klimatycznych eksponują znaczenie wzrastającej zawartości CO₂ w powietrzu atmosferycznym we wzmaganiu efektu cieplarnianego, przyczyniającej się do globalnego ocieplenia i wynikających z tego ujemnych skutków dla środowiska przyrodniczego, w tym także warunków produkcji rolniczej (Kun-

dzewicz i Kozyra 2011, Łabędzki 2006). Sceptycy, także wywodzący się ze środowiska klimatologów, nie są jednoznacznie przekonani do przyczyn i zakresu zmian klimatycznych (Kožuchowski 2011, Woś 2010).

Na tym tle zmiany klimatu obszarów miejskich i kształtowanie się w ten sposób typowego, wyjątkowego klimatu miasta nie podlegają wątpliwości (Fortuniak 2003, Szymanowski 2004). Postępujący wraz z rozwojem technologii i przemysłu proces urbanizacji prowadzi do powstawania zwiększonej ilości produkowanych zanieczyszczeń. Ich zwiększona koncentracja w atmosferze powoduje zakłócenia bilansu termicznego i wodnego środowiska oraz zmiany lokalnej cyrkulacji powietrza (Fortuniak 2003, Kłysik i Fortuniak 1998, Kossowska-Cezak 2002).

Miejska wyspa ciepła jest zaliczana do zjawisk powstałych na skutek negatywnego wpływu działalności człowieka na lokalny klimat i środowisko. Jest to zjawisko występowania różnic klimatycznych między terenem zurbanizowanym czy silnie rozwiniętym przemysłowo, a obszarem wiejskim albo terenem położonym na obrzeżach miasta, który jest wolny od jego niekorzystnego wpływu lub wpływ ten jest częściowo ograniczony, na przykład odległością od ścisłego centrum miasta (Dudek i in. 2010, Szymanowski 2004, Wawer 1997). Jest to zjawisko o dużym znaczeniu, ponieważ za sprawą bardzo szybkiego i dynamicznego rozwoju terenów zurbanizowanych, jego zahamowanie staje się praktycznie niemożliwe. Rozwój ten skutkuje także pogorszeniem jakości powietrza atmosferycznego w centrum miasta, stwarzając realne zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi narażonych na jego wpływ (Błażejczyk 2009, Kuśmierk-Tomaszewska i in. 2010).

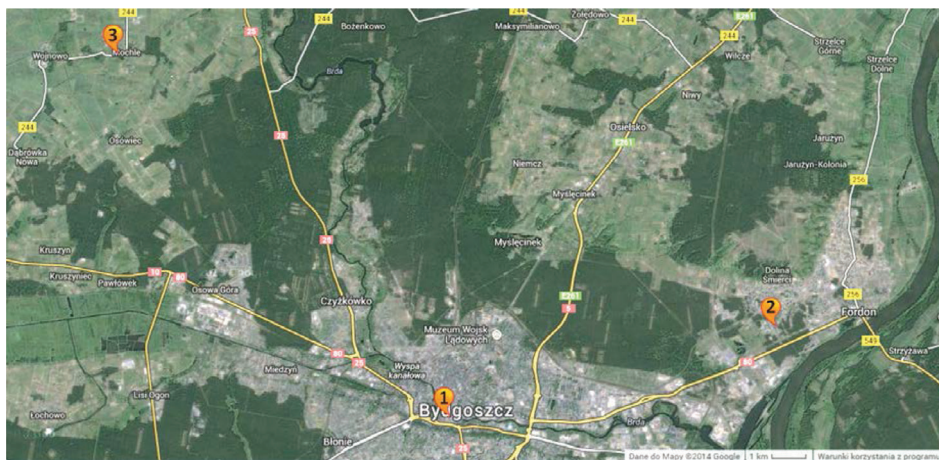
Celem pracy było porównanie warunków termicznych powietrza mierzonych w trzech punktach pomiarowych zlokalizowanych w centrum Bydgoszczy, na obrzeżach miasta (dzielnica peryferyjna Fordon) oraz poza terenem zurbanizowanym w miejscowości Mochle. Przeprowadzone badania pozwoliły na wyznaczenie termicznych pór roku, okresu wegetacyjnego oraz liczby dni charakterystycznych dla każdego punktu pomiarowego. Hipoteza badawcza zakładała, że temperatura powietrza i obliczone na jej podstawie wskaźniki termiczne w centrum miasta znacznie różnią się, w porównaniu z notowanymi w dzielnicy peryferyjnej, a zwłaszcza w terenie poza miastem reprezentatywnym dla charakterystyk makroklimatycznych. W badaniach chodziło o poznanie charakteru tych różnic i ich ocenę ilościową.

MATERIAŁ I METODY

Pracę przygotowano na podstawie wyników pomiarów temperatury powietrza, prowadzonych w 2012 roku w trzech punktach zlokalizowanych w Bydgoszczy i jej najbliższej okolicy. Pierwszy z punktów pomiarowych znajduje się

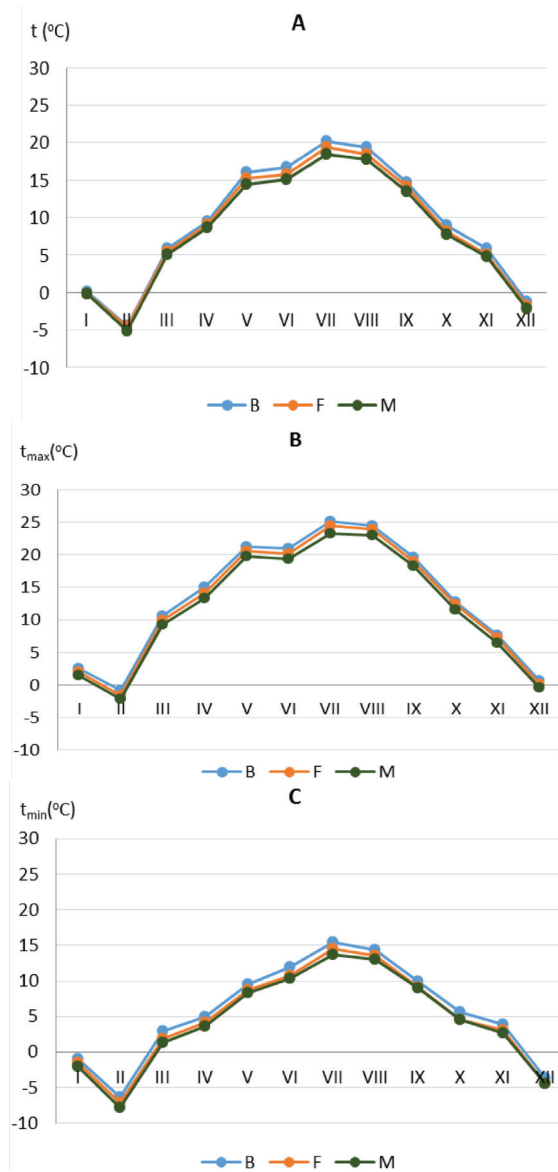
w centrum Bydgoszczy, drugi na obrzeżach miasta w dzielnicy Fordon odległej o około 11 km na wschód od centrum miasta, zaś trzeci w odległym o około 15 km w kierunku północno-zachodnim Mochełku, stanowiącym część wsi sołectkiej Mochle, gmina Sicienko (fot.1).

Pierwszy punkt pomiaru temperatury powietrza obejmował ściśle centrum miasta Bydgoszczy. Automatyczna stacja pomiarowa została zainstalowana na dziedzińcu rektoratu Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego przy ul. Ks. Kordeckiego 20 (17°59' długości geograficznej wschodniej i 53°07' szerokości geograficznej północnej). Miejsce prowadzenia pomiarów wybrano, kierując się możliwością monitorowania warunków atmosferycznych panujących w centrum miasta i oceny klimatu lokalnego. Punkt pomiarowy nie spełnia zasady reprezentatywności wyników pomiarów dla szerszego rejonu, niezbędnej do oceny warunków makroklimatycznych. Materiał do badań warunków termicznych panujących na obrzeżach Bydgoszczy pochodził z automatycznego pomiaru wykonanego przez stację meteorologiczną zainstalowaną w dzielnicy Fordon, na terenie kampusu UTP przy ul. Prof. S. Kaliskiego 7. Stacja badawcza położona jest około 11 kilometrów od centrum Bydgoszczy w kierunku wschodnim (18°07' długości geograficznej wschodniej i 53°08' szerokości geograficznej północnej). Materiał do badań temperatury powietrza w terenie położonym poza miastem pochodził ze Stacji Badawczej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego Mochełek, w miejscowości Mochle. Obiekt położony jest około 15 kilometrów od Bydgoszczy w kierunku północno-zachodnim, w dorzeczu rzeki Brdy (17°52' długości geograficznej wschodniej i 53°12' szerokości geograficznej północnej).



Fotografia 1. Lokalizacja miejsc pomiaru: 1 – centrum Bydgoszczy, 2 – dzielnica peryferyjna Fordon, 3 – obszar zamiejski Mochełek (<https://maps.google.pl/>)

Photo. 1. Location of measurements: 1 – the center of Bydgoszcz, 2 – peripheral zone Fordon, 3 – the rural area Mochełek (<https://maps.google.pl/>)



Rysunek 1. Roczny rozkład temperatury średniej (A), maksymalnej (B) i minimalnej (C) w porównywanych lokalizacjach: centrum Bydgoszczy (B), dzielnica Fordon (F), Mochełek (M)

Figure 1. Annual distribution of mean (A), maximum (B) and minimum (C) temperature in compared locations: the center of Bydgoszcz (B), the district Fordon (F), Mochełek (M)

Tabela 1. Temperatura powietrza w centrum Bydgoszczy (B) oraz różnice w porównaniu z Fordonem (F) i Mochełkiem (M) (°C)

Table 1. Air temperature in the center of Bydgoszcz (B) and differences between Bydgoszcz – Fordon (F), Bydgoszcz – Mochełek (M) and Fordon-Mochełek (°C)

Okres Period	Temperatura średnia Mean temperature				Temperatura maksymalna Maximum temperature				Temperatura minimalna Minimum temperature			
	B	B-F	B-M	F-M	B	B-F	B-M	F-M	B	B-F	B-M	F-M
I	0,1	0,3	0,3	0,0	2,6	0,6	1,1	0,5	-1,0	0,5	1,1	0,6
II	-4,5	0,1	0,6	0,5	-0,8	0,8	1,4	0,6	-6,4	0,7	1,4	0,7
III	5,8	0,3	0,7	0,4	10,6	0,7	1,3	0,6	2,9	1,0	1,6	0,6
IV	9,5	0,4	0,8	0,4	15,0	0,9	1,7	0,8	4,9	0,8	1,3	0,5
V	16,0	0,7	1,6	0,9	21,2	0,7	1,4	0,7	9,5	0,8	1,2	0,4
VI	16,7	0,9	1,6	0,7	20,9	0,7	1,5	0,8	12,0	1,2	1,6	0,4
VII	20,2	0,8	1,7	0,9	25,1	0,7	1,8	1,1	15,4	0,9	1,7	0,8
VIII	19,4	0,9	1,6	0,7	24,5	0,6	1,5	0,9	14,4	0,8	1,4	0,6
IX	14,7	0,6	1,2	0,6	19,6	0,6	1,3	0,7	10,0	0,8	1,0	0,2
X	8,9	0,8	1,1	0,3	12,8	0,5	1,2	0,7	5,6	1,0	1,1	0,1
XI	5,9	0,8	1,1	0,3	7,6	0,4	1,1	0,7	3,9	0,8	1,2	0,4
XII	-1,2	0,6	1,0	0,4	0,7	0,5	1,1	0,6	-3,7	0,8	0,8	0,0
I-XII	9,3	0,6	1,1	0,5	13,3	0,6	1,4	0,8	5,6	0,8	1,3	0,5
W	10,4	0,4	1,0	0,6	15,6	0,8	1,5	0,7	5,8	0,9	1,4	0,5
L	18,8	0,9	1,7	0,8	23,5	0,7	1,6	0,9	13,9	0,9	1,5	0,6
J	9,8	0,7	1,1	0,4	13,3	0,5	1,2	0,7	6,5	0,9	1,1	0,2
Z	-1,9	0,3	0,6	0,3	0,8	0,6	1,2	0,6	-3,7	0,7	1,1	0,4

B – Bydgoszcz, F – Fordon, M – Mochełek

W – wiosna/ spring, L – lato/summer, J – jesień/autumn, Z – zima/winter

Źródło: wyniki i opracowanie własne

W porównywanych punktach pomiarowych wykorzystywano automatyczną rejestrację zmian temperatury powietrza w jednakowych przedziałach czasowych, a zapisywane w pamięci dataloggera dane pochodziły z kolejnych pełnych godzin. Stacje te wykonują pomiary ciągłe z częstotliwością próbkowania 15 minut, a datalogger zapisuje wyniki dla kolejnych godzin uzyskując w ten sposób 24 wartości średnie dla każdej doby. Temperaturę powietrza mierzono czujnikiem termistorowym w osłonie przeciwiwładzyjnej, zainstalowanym na wysokości 1,5 m nad gruntem, wewnątrz ogrodzonego siatką ogródka meteorologicznego porośniętego trawą. Porównywane wyniki spełniały zasadę porównywalności wyników pomiarów i obserwacji meteorologicznych. Przedmiotem badań było wyznaczenie i porównanie wartości średnich, maksymal-

nych i minimalnych temperatury powietrza, a także wyznaczenie i porównanie występowania termicznych pór roku i okresu wegetacyjnego oraz liczby dni charakterystycznych pod względem warunków termicznych dla każdego z trzech punktów pomiarowych. Termiczne pory roku i okres wegetacyjny wyznaczono na podstawie powszechnie znanych kryteriów termicznych, według następujących zakresów temperatury powietrza (Lorenc 2005):

- Przedwiośnie – temperatura średnia powietrza od 0,0°C do 4,9°C,
- Wiosna – od 5,0°C do 14,9°C,
- Lato – 15,0°C i powyżej,
- Wczesna jesień – od 14,9°C do 5,0°C,
- Okres wegetacyjny – od początku wiosny do końca wczesnej jesieni,
- Jesień – od 4,9°C do 0,0°C,
- Zima – poniżej 0,0°C.

Dni charakterystyczne pod względem warunków termicznych określono według kryteriów opracowanych przez Wosia (2010). Zależnie od wartości temperatur ekstremalnych, każdy dzień roku sklasyfikowano jako dzień ciepły z temperaturą minimalną powietrza powyżej 0,0°C, dzień przymrozkowy z temperaturą minimalną powietrza poniżej 0,0°C albo jako dzień mroźny, w którym temperatura maksymalna powietrza wynosiła poniżej 0,0°C.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Na podstawie przeprowadzonych w 2012 roku pomiarów temperatury powietrza stwierdzono, że średnia roczna jej wartość była najwyższa w centrum Bydgoszczy i wynosiła 9,3°C. Niższą o 0,6°C temperaturę zanotowano w dzielnicy peryferyjnej Fordon, a najniższą (8,2°C) na obszarze zamiejskim w Mochelku (tab.1). Roczny przebieg temperatury powietrza w porównywanych miejscach był bardzo zgodny i typowy dla przebiegu w Polsce, charakteryzującego się najniższą średnią temperaturą w styczniu i najwyższą w lipcu (rys.1A). Jednak różnice wartości temperatury powietrza między miejscami pomiaru uzyskane w poszczególnych porach roku i miesiącach wyraźnie wskazywały na nierównomierności sezonowe. Największe rozstępy cechowały lato i lipiec, w których różnice pomiędzy Bydgoszczą a Fordonem wyniosły 0,9 i 0,8°C, a w porównaniu z Mochelkiem były większe o kolejne 0,8 i 0,9°C. W lecie oraz w lipcu na obszarze położonym poza miastem notowano zatem temperaturę powietrza niższą aż o 1,7°C, w porównaniu z centrum miasta. Najmniejsze w roku 2012 różnice zanotowano z kolei w okresie całej zimy oraz w styczniu, wyniosły one odpowiednio 0,3 i 0,6°C zimą oraz 0,3°C w styczniu. Porównanie warunków termicznych Fordonu i Mochelka wskazuje, że różnice temperatury między tymi punktami były bardzo podobne do stwierdzonych między centrum Bydgoszczy a Fordonem. Średnia temperatura roczna na obrzeżu miasta w For-

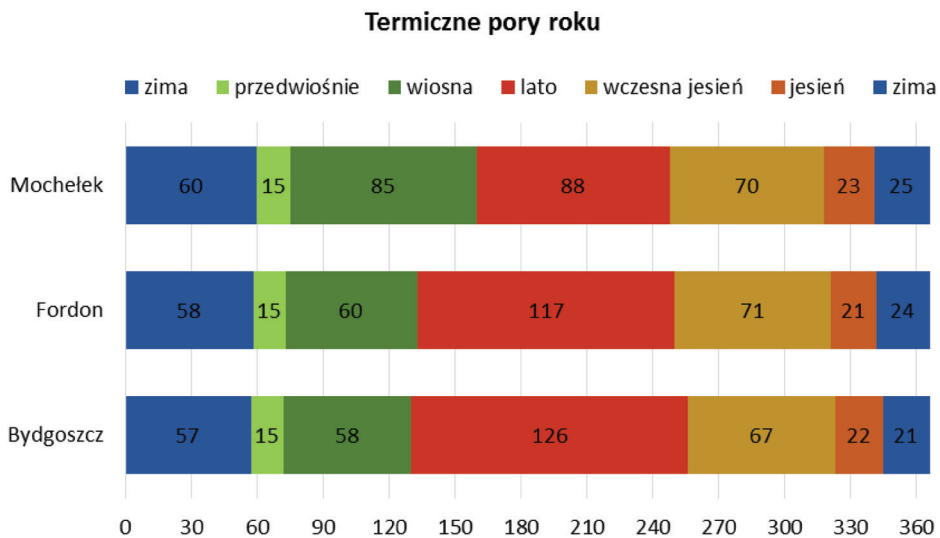
donie była o $0,5^{\circ}\text{C}$ wyższa niż za miastem, a największe i najmniejsze różnice średniej temperatury powietrza zanotowano także odpowiednio w lecie i lipcu oraz zimą i w styczniu. Rozstępy termiczne między centrum Bydgoszczy a dzielnicą peryferyjną są bardzo zbliżone do uzyskanych w innych, często większych miastach Polski. Według Kożuchowskiego (2013), efekt miejski w Łodzi i Krakowie wynosi około $1,0^{\circ}\text{C}$, a w Warszawie, zależnie od lokalizacji punktów pomiarowych, od $0,5$ do $1,2^{\circ}\text{C}$ (Kossowska-Cezak 2002, Wawer 1997). Natomiast porównanie centrum Bydgoszczy z terenem zamiejskim przynosi różnice temperatury powietrza znacznie większe, można stwierdzić, że następuje ich podwojenie w stosunku do różnic centrum-dzielnice peryferyjne miasta.

Podobnie jak w przypadku temperatury powietrza średniej, kształtowały się przebiegi temperatury maksymalnej (rys.1B) i minimalnej (rys.1C) w porównywanych lokalizacjach. W przypadku temperatury powietrza maksymalnej rozstępy były nieco większe niż przy porównaniu temperatury średniej, ale największe różnice zanotowano również w lecie i lipcu. Porównanie temperatury minimalnej powietrza wskazuje, że zdecydowanie większe różnice wystąpiły między miastem i jego obrzeżem, niż między obrzeżem a terenem zamiejskim. Jednak, podobnie jak we wcześniejszych przypadkach, także temperatura minimalna w największym stopniu różniła się w okresie letnim i w lipcu (tab. 1).

Uzyskane różnice między porównywanymi miejscami pomiaru temperatury ($0,6^{\circ}\text{C}$ chłodniej w Fordonie niż w centrum miasta i o kolejne $0,5^{\circ}\text{C}$ niższa temperatura w Mochelku) wskazują, że lokalizacja stacji pomiarowej na obrzeżach miasta (Fordon), była uzasadniona z punktu widzenia poprawnego monitorowania warunków termicznych miasta i jego okolic. Wpływ lokalizacji przyrządów pomiarowych na intensywność miejskiej wyspy ciepła został już wcześniej zasygnalizowany przez Dudka i in. (2008) oraz Kossowską-Cezak (2002).

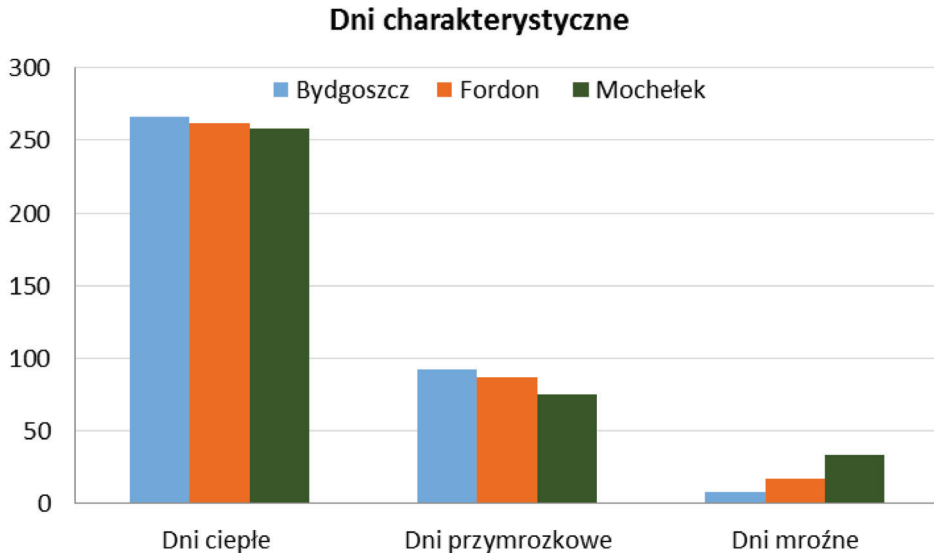
Omawiane różnice temperatury powietrza między porównywanymi miejscami były przyczyną odmiennego przebiegu wskaźników charakteryzujących ich warunki termiczne – termicznych pór roku i okresu wegetacyjnego oraz frekwencji dni charakterystycznych. Kalendarzowy rok podzielono na podstawie osiągnięcia kolejnych progów temperatury na meteorologiczne pory (rys. 2). Początek przedwiośnia przypadał na ostatnie dni lutego, a czas trwania przedwiośnia we wszystkich porównywanych miejscach wynosił 15 dni. Z kolei długość wiosny wyraźnie różniła się w poszczególnych punktach pomiarowych. W centrum Bydgoszczy wiosna trwała do 10 maja (przez 58 dni), na obrzeżach miasta o trzy dni dłużej, a w terenie zamiejskim aż do 8 czerwca (85 dni), a więc o 27 dni dłużej niż w centrum. Termin zakończenia wiosny determinował początek termicznego lata, które w centrum zaczęło się już 11 maja, w Fordonie 3 dni później, a w Mochelku 9 czerwca. Długość lata w centrum Bydgoszczy wyniosła aż 126 dni, na obrzeżach miasta trwało ono o 9 dni krócej, a na obszarze wiejskim tylko 88 dni. Pozostałe termiczne pory, wczesna jesień, jesień i zima,

najwcześniej zaczynały się w terenie zamiejskim – odpowiednio 5 września, 14 listopada i 7 grudnia. W Fordonie rozpoczynały się o 2-4 dni później, a w centrum Bydgoszczy około tygodnia później. Długość okresu z ujemną temperaturą wyniosła od 78 dni (centrum) poprzez 82 (Fordon) do 85 dni w Mochełku, obejmując znaczną część grudnia, styczeń i praktycznie cały luty. Termiczne pory roku mogą stanowić podstawę do wyznaczenia daty początku i długości trwania okresu wegetacyjnego roślin, czyli okresu z temperaturą średnią, wynoszącą co najmniej 5,0°C. Według tego założenia obejmuje on wiosnę, lato i wczesną jesień, początek przypadał więc w połowie marca (pomiędzy 14 a 16), a koniec w pierwszej dekadzie listopada. Długość trwania sezonu wegetacji roślin wyniosła zatem 251 dni w centrum Bydgoszczy, 248 w Fordonie i 243 dni w Mochełku.



Rysunek 2. Termiczne pory roku w porównywanych lokalizacjach
Figure 2. Thermal seasons in compared locations

Dobowe wartości ekstremalnych temperatur powietrza pozwoliły także dokonać charakterystyki roku pod względem termicznym, uwzględniającej podział na dni ciepłe, przymrozkowe i mroźne. Dni ciepłych najwięcej było w centrum miasta – 266, na obrzeżach o 4 mniej, a na terenie zamiejskim mniej o 8 (rys. 3). Znacznie większe zróżnicowanie dotyczyło liczby dni przymrozkowych, a zwłaszcza mroźnych. Te ostatnie występowały głównie w Mochełku (33 dni), na obrzeżu miasta w Fordonie zanotowano ich 17, a w centrum Bydgoszczy zaledwie 8.



Rysunek 3. Liczba dni charakterystycznych w porównywanych lokalizacjach
Figure 3. Number of warm, frost and ice days in compared locations

Przeprowadzone na przykładzie 2012 roku i Bydgoszczy badania porównujące warunki termiczne w trzech punktach pomiarowych potwierdziły hipotezę badawczą zakładającą znaczne zróżnicowanie temperatury powietrza i określonych na jej podstawie wskaźników termicznych w centrum miasta, na jego obrzeżu i w terenie położonym poza miastem. Określone w 2012 roku różnice nie mają oczywiście charakteru uniwersalnego, a są jedynie przykładowe, jednak potwierdzając występowanie zjawiska miejskiej wyspy ciepła, wskazują na bardzo duże znaczenie otoczenia stacji pomiarowej w kształtowaniu warunków termicznych. Jest rzeczą niezmiernie ważną, aby o tym znaczeniu szczególnie pamiętać, badając trendy i tendencje zmian temperatury powietrza na podstawie długoletnich (często ponad wiekowych) wyników pomiarów, prowadzonych w różnych lokalizacjach tej samej miejscowości albo w tej samej lokalizacji, jednak w całkowicie innych warunkach otoczenia stacji pomiarowej. Narastającego efektu miejskiego nie można bowiem całkowicie wyeliminować, posługując się metodami statystycznymi.

WNIOSKI

1. Na podstawie automatycznych pomiarów, przeprowadzonych w 2012 roku w trzech lokalizacjach, stwierdzono, że najwyższe temperatury

średnie, maksymalne i minimalne w odniesieniu do całego roku, pół roku i poszczególnych miesięcy występowały w centrum Bydgoszczy, pośrednie na jej obrzeżu, a najniższe poza miastem w punkcie reprezentatywnym dla pomiarów makroklimatycznych.

2. Największe różnice temperatury powietrza mierzonej w trzech punktach pomiarowych stwierdzono w okresie lata i lipcu, a najmniejsze w zimie i w styczniu. Latem w centrum miasta średnia temperatura powietrza była o $1,7^{\circ}\text{C}$, a zimą o $0,6^{\circ}\text{C}$ wyższa, w porównaniu z obszarem zamiejskim.
3. W związku z wyższymi temperaturami powietrza, w centrum Bydgoszczy stwierdzono większą liczbę dni ciepłych, mniejszą liczbę dni mroźnych, dłuższe lato i okres wegetacyjny oraz krótszą zimą, w porównaniu z dzielnicą peryferyjną, a zwłaszcza terenem zamiejskim.
4. Wyniki badań potwierdziły występowanie zjawiska miejskiej wyspy ciepła, wskazując na bardzo duże znaczenie otoczenia stacji pomiarowej w kształtowaniu warunków termicznych.

LITERATURA

- Błażejczyk, K. (2009). *Zmiany globalne klimatu i ich konsekwencje zdrowotne dla człowieka*. (w:) Zrównoważone warunki życia w zmieniającym się systemie klimatycznym ziemi, pod red. M. Gutry-Koryckiej i T. Markowskiego, PAN, Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, Warszawa, Studia 124, 107-136.
- Dudek, S., Kuśmierek-Tomaszewska, R., Żarski, J. (2010). *Charakterystyka miejskiej wyspy ciepła na przykładzie Bydgoszczy*. Ekologia i Technika, 4, 180-185.
- Dudek S., Kuśmierek R., Żarski J. 2008. *Porównanie warunków termicznych Bydgoszczy i okolicy*. (w:) Klimat i bioklimat miast, pod red. K. Kłysika, J. Wibig i K. Fortuniaka, Łódź: Wydawnictwo UŁ, 157-164.
- Fortuniak, K. (2003). *Miejska wyspa ciepła – podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne*. Łódź: Wydawnictwo UŁ, 233.
- Kłysik, K., Fortuniak, K. (1998). *Dobowy i roczny cykl występowania miejskiej wyspy ciepła w Łodzi*. Folia Geographica s. Geographica-Physica, 3, 23-32.
- Kossowska-Cezak, U. (2002). *Zmiany różnicy temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy od 1933 do 2000 roku*. Przegląd Geofizyczny, 3-4, 203-209.
- Kożuchowski, K. (2011). *Klimat Polski. Nowe spojrzenie*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kożuchowski, K. (2013). *Meteorologia i klimatologia*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kundzewicz, Z.W., Kozyra, J. (2011). *Ograniczanie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich*. Polish Journal of Agronomy, 7, 68-81.

- Kuśmierk-Tomaszewska; R., Dudek; S., Żarski; J. (2010). *Porównanie warunków biotermicznych w obszarze miejskim i poza miejskim (na przykładzie Bydgoszczy)*. *Ekologia i Technika*, 5, 251-258.
- Lorenc, H. (2005). *Atlas Klimatu Polski*. Warszawa: IMGW.
- Łabędzki, L. (2006). *Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. Falenty: Wydawnictwo IMUZ, 107.
- Szymanowski, M. (2004). *Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu*. *Studia Geograficzne* 77, Wrocław: Wydawnictwo UW, 229.
- Wawer, J. (1997). *Miejska wyspa ciepła w Warszawie*. *Prace i Studia Geograficzne*, 20, 145-197.
- Woś, A. (2010). *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*. Poznań: Wydawnictwo UAM.
- Zdjęcie satelitarne Bydgoszczy i okolic (online). <https://maps.google.pl/> (dostęp: 8.04.2014)

Dr Stanisław Dudek
Dr Renata Kuśmierk-Tomaszewska
Prof. dr hab. Jacek Żarski
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
Wydział Rolnictwa i Biotechnologii
85-029 Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6
dudek@utp.edu.pl