

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 67, 2015: 67–78
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 67, 2015)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 67, 2015: 67–78
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 67, 2015)

Mirosław WIĘCŁAW, Monika OKONIEWSKA

Instytut Geografii, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
Institute of Geography, Kazimierz Wielki University of Bydgoszcz

Występowanie dni upalnych w Bydgoszczy w latach 2005–2008 w różnych masach powietrza i ich wpływ na wybrane wskaźniki biotermiczne

Appearance of hot days in Bydgoszcz in the years 2005–2008 in different air masses and their influence on the selected biothermal indices

Słowa kluczowe: dni upalne, masy powietrza, wskaźniki biotermiczne, parność, Bydgoszcz
Key words: hot days, air masses, biothermal indices, sultriness, Bydgoszcz

Wprowadzenie

Dni upalne są okresem szczególnie uciążliwym dla organizmu człowieka. W takich warunkach następuje zwiększenie tętna i obniżenie ciśnienia krwi, przyspieszenie oddechu oraz zwiększenie wydzielania potu, co przejawia się złym samopoczuciem oraz zmniejszeniem wydolności fizycznej i psychicznej (Kozłowska-Szczęsna, Krawczyk i Kuchcik, 2004). Ze względu na swoją wagę w kształtowaniu odczuć cieplnych i potencjalne niebezpieczeństwo dla zdrowia dni upalne są częstym tematem

opracowań klimatologicznych. Badania podejmowane w tym zakresie w szczególności dotyczą kilkudniowych okresów upalnych, czyli fal upałów (Kuchcik, 2006; Kossowska-Cezak, 2010; Kossowska-Cezak i Skrzypczuk, 2011).

Występowanie tego rodzaju dni wiąże się ściśle z napływającymi masami powietrza atmosferycznego. Badania przeprowadzone przez autorów (2009) wskazują, że napływ mas powietrza zwrotnikowego, które najczęściej jest przyczyną występowania fal upałów w Polsce, przyczynia się do intensyfikacji odczuwania gorąca. Celem niniejszej publikacji jest ocena zależności między występowaniem dni upalnych a masami powietrza atmosferycznego i ich wpływem na warunki biotermiczne, w szczególności na pojawianie się odczuwalnej parności.

Material i metody

Do analizy wykorzystano dane z miesięcy maj, czerwiec, lipiec, sierpień i wrzesień z automatycznej stacji meteorologicznej zlokalizowanej przy Instytucie Geografii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy (współrzędne stacji: $\varphi - 53,120^\circ \text{ N}$, $\lambda - 18,010^\circ \text{ E}$). Dzień klasyfikowano jako upalny, gdy temperatura maksymalna była wyższa od 30°C lub przynajmniej równa tej wartości. Takie kryterium było wielokrotnie przyjmowane w badaniach dotyczących klimatu obszaru Polski (Błażejczyk, 2004; Lorenc, 2005; Grabowska, Panfil i Olba-Zięty, 2007; Koźmiński i Michalska, 2010; Kossowska-Cezak i Skrzypczuk, 2011). Na podstawie codziennych średnich wartości temperatury powietrza, wilgotności względnej powietrza, całkowitego promieniowania słonecznego i prędkości wiatru obliczono w dniach upalnych wskaźniki biotermiczne: uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych, wskaźnik parności, ewaporację maksymalną.

Uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych (UTCI, $^\circ\text{C}$) jest ekwiwalentną temperaturą powietrza, przy której w warunkach referencyjnych podstawowe parametry fizjologiczne organizmu przyjmują takie same wartości jak w warunkach rzeczywistych. Zakłada się zatem, że wymiana ciepła między człowiekiem a otoczeniem zależy tylko od temperatury powietrza, przy stałym poziomie pozostałych parametrów meteorologicznych.

Do obliczenia wartości UTCI służy model regresji wykorzystujący funkcję wykładniczą szóstego stopnia:

$$\text{UTCI} = f(T_a, v_p, v_a, dT_{\text{mrt}})$$

gdzie:

T_a – temperatura powietrza [$^\circ\text{C}$],

v_p – ciśnienie pary wodnej [hPa],

v_a – prędkość wiatru na wysokości 10 m nad gruntem [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

dT_{mrt} – różnica między średnią temperaturą promieniowania a temperaturą powietrza [$^\circ\text{C}$].

Wartości wskaźnika UTCI są miarą obciążeń cieplnych. Do ich oceny służy skala przedstawiona w tabeli 1 (Błażejczyk i in., 2010).

Wskaźnik parności (W_{Sult}) określany na podstawie wskaźnika stresu cieplnego (HSI). Wskaźnik HSI ilustruje natężenie uciążliwości warunków termiczno-wilgotnościowych, odczuwanych jako parność i wyrażany jest w wartościach procentowych. Jest on obliczany jako stosunek ewaporacyjnych strat ciepła niezbędnych do zachowania równowagi cieplnej organizmu (E_{req}) do ewaporacyjnych strat ciepła, maksymalnych w danych warunkach meteorologicznych

$$\text{HSI} = E_{\text{req}} / E_{\text{max}} \cdot 100$$

E_{req} wyznacza się z równania bilansu cieplnego, jako składnik równoważący wymianę ciepła między człowiekiem a otoczeniem

$$E_{\text{req}} = M + Q + C + R_{\text{es}}$$

gdzie:

M – metaboliczna produkcja ciepła [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$],

Q – wymiana ciepła na drodze promieniowania [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$],

C – wymiana ciepła przez unoszenie [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$],

R_{es} – straty ciepła w wyniku oddychania [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$].

TABELA 1. Skala oceny obciążeń cieplnych
TABLE 1. Scale of thermal stress evaluation

UTCI [°C]	Obciążenie cieplne (Thermal stress)	Sposób przeciwdziałania (Preventative measures)
>+46	nieznośny stres ciepła	Niezbędne okresowe schładzanie organizmu, konieczne uzupełnianie płynów > 0,5 l·h ⁻¹ . Należy unikać dużego wysiłku fizycznego
+38 do +46	bardzo silny stres ciepła	Konieczne okresowe korzystanie z pomieszczeń klimatyzowanych lub miejsc zacienionych, niezbędne uzupełnianie płynów > 0,5 l·h ⁻¹ . Należy ograniczyć wysiłek fizyczny
+32 do +38	silny stres ciepła	Niezbędne uzupełnianie płynów 0,25 l·h ⁻¹ , pożądane korzystanie z miejsc zacienionych i okresowe zmniejszanie wysiłku fizycznego
+26 do +32	umiarkowany stres ciepła	Niezbędne uzupełnianie płynów 0,25 l·h ⁻¹
+9 do +26	brak obciążeń cieplnych	Fizjologiczne procesy termoregulacji są wystarczające do zachowania komfortu cieplnego
0 do +9	łagodny stres zimna	Pożądane używanie rękawiczek i nakrycia głowy
-13 do 0	umiarkowany stres zimna	Należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem
-27 do -13	silny stres zimna	Należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem. Pożądane zwiększenie termoizolacyjności odzieży
-40 do -27	bardzo silny stres zimna	Należy zwiększyć wysiłek fizyczny oraz chronić kończyny i twarz przed wychłodzeniem. Niezbędne zwiększenie termoizolacyjności odzieży i ograniczenie czasu przebywania w terenie otwartym
< -40	nieznośny stres zimna	Czas przebywania ograniczyć do niezbędnego minimum. Niezbędne zwiększenie termoizolacyjności i wiatrochronności odzieży

Ewaporacja maksymalna (E_{max}), jaka może wystąpić w danych warunkach meteorologicznych, jest liczona według wzoru:

$$E_{max} = k \cdot v^{0,6} \cdot (vp - 56)$$

gdzie:

k – współczynnik bezwymiarowy wynoszący 7,0 dla człowieka ubranego i 11,7 – dla nieubranego,

v – prędkość wiatru [$m \cdot s^{-1}$],

vp – ciśnienie pary wodnej [hPa].

Przyjmuje się że wartości mniejsze od 30% nie powodują odczuwania parności. Przy HSI od 30 do 70% występuje

parność umiarkowana. Przy wartościach HSI powyżej 70% mają miejsce warunki bardzo parne (Błażejczyk, 2004).

Wymienione wskaźniki obliczono z wykorzystaniem programu BioKlima 2.6. Następnie dokonano analizy dobowego przebiegu wskaźnika UTCI w poszczególnych miesiącach. Obliczone wskaźniki pozwoliły również określić dobowe przebiegi procentowego udziału odczuć cieplnych oraz parności w poszczególnych miesiącach i w zależności od rodzaju masy powietrza. W przypadku analizy zależności od rodzaju masy powietrza ograniczono się do miesięcy

letnich (VI–VIII). Rodzaje mas powietrza w dniach upalnych określono na podstawie manualnej analizy dolnych map synoptycznych Europy, publikowanych w Codziennym biuletynie meteorologicznym (IMGW, 2005–2008). Zastosowano klasyfikację geograficzną uwzględniającą położenie obszaru źródłowego danej masy powietrza. W przypadku rzadziej występujących mas zwrotnikowych i arktycznych zaniechano ich podziału na morskie i kontynentalne, za zasadne autorzy uznali natomiast określenie stopnia transformacji mas polarnych morskich i wyróżnienie odmian świeżej oraz starej. W konsekwencji masy powietrza występujące w Polsce podzielono na: arktyczne (PA), polarne morskie świeże (PPm),

polarne morskie ciepłe (PPmc), polarne morskie stare (PPms), polarne kontynentalne (PPk) i zwrotnikowe (PZ).

Wyniki

Występowanie dni upalnych w Bydgoszczy w latach 2005–2008

W badanym okresie 2005–2008 dni upalne występowały od trzeciej dekady maja do pierwszej dekady września (tab. 2). Najwięcej takich dni zanotowano w lipcu, zwłaszcza w trzeciej i drugiej dekadzie tego miesiąca. Zdecydowana większość dni z $t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ występowała w czasie adwekcji powietrza zwrotnikowego i powietrza polarnego

TABELA 2. Liczba dni upalnych ($t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) w Bydgoszczy w latach 2005–2008
TABLE 2. Number of hot days ($t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) in Bydgoszcz in the years 2005–2008

Maj (May)			Czerwiec (June)			Lipiec (July)			Sierpień (August)			Wrzesień (September)		
Dekada (Decade)			Dekada (Decade)			Dekada (Decade)			Dekada (Decade)			Dekada (Decade)		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
–	–	9	6	4	6	10	13	15	2	3	–	4	–	–

TABELA 3. Liczba dni upalnych ($t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) w poszczególnych masach powietrza w Bydgoszczy w latach 2005–2008
TABLE 3. Number of hot days ($t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) in particular air masses in Bydgoszcz in the years 2005–2008

Okres badań Research period	Masa powietrza (Air mass)					
	PA	PPm	PPmc	PPms	PPk	PZ
Maj (May)	–	–	–	–	–	9
Czerwiec (June)	–	–	2	2	6	6
Lipiec (July)	–	–	1	2	14	21
Sierpień (August)	–	–	1	1	2	1
Wrzesień (September)	–	–	–	–	2	2
Suma (Total)	–	–	4	5	24	39

Rodzaje mas powietrza: PA – arktyczne, PPm – polarne morskie świeże, PPmc – polarne morskie ciepłe, PPms – polarne morskie stare, PPk – polarne kontynentalne, PZ – zwrotnikowe.

Types of air masses: PA – arctic, PPm – polar maritime fresh, PPmc – polar maritime warm, PPms – polar maritime old, PPk – polar continental, PZ – tropical.

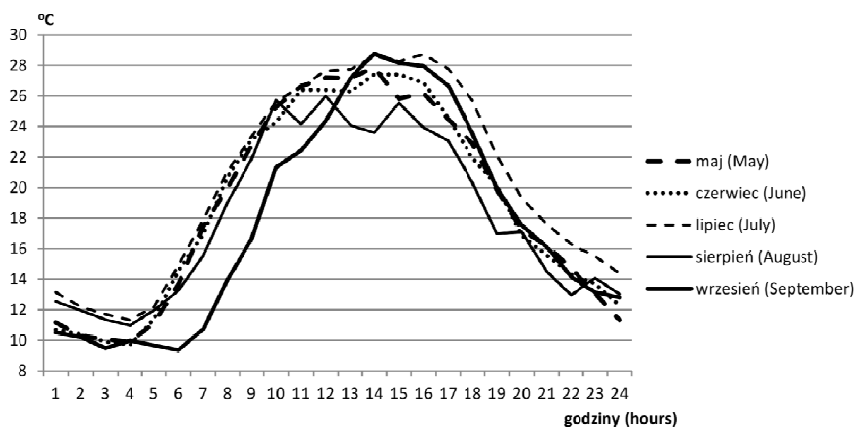
kontynentalnego, w miesiącach letnich sporadycznie dni upalne obserwowano również w masie powietrza polarnego morskigo starego i powietrza polarnego morskigo ciepłego (tab. 3). Znaczenie powietrza zwrotnikowego w kształtowaniu pogody upalnej było szczególnie duże na początku sezonu występowania upałów (w maju), kiedy wszystkie dni upalne wystąpiły w czasie napływu tej masy powietrza.

Dobowy przebieg obciążenia cieplnego i uczucia parności

Wykres przebiegu dobowego wskaźnika UTCI wskazuje na istnienie zróżnicowania w poszczególnych miesiącach (rys. 1). Wyróżnia się tu szczególnie wrzesień, kiedy to wartości wskaźnika w dniach upalnych są zdecydowanie mniejsze (o ok. 5°C) w godzinach przedpołudniowych w porównaniu z wartościami w pozostałych miesiącach. W godzinach popołudniowych natomiast wartości wskaźnika są na pozio-

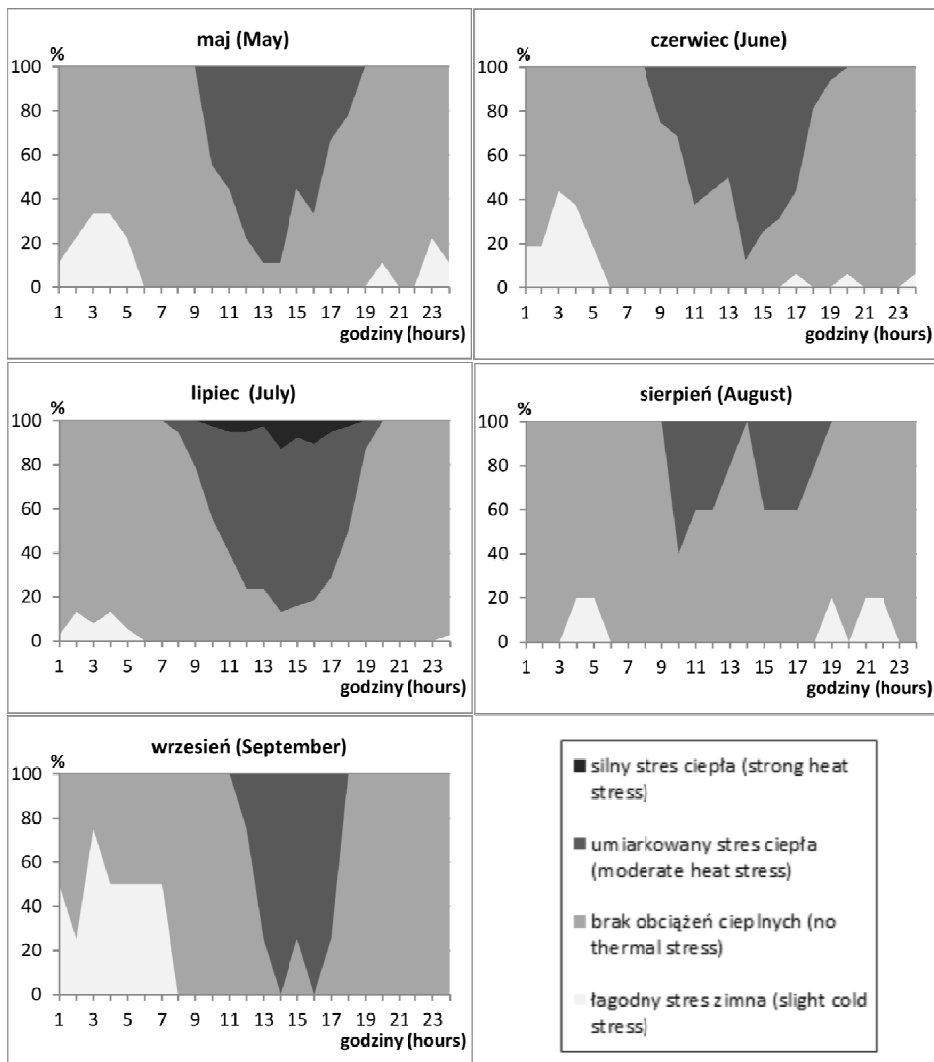
mie takim samym jak w maju i czerwcu. W południe i godzinach wieczornych miesiącem o najmniejszych wartościach uniwersalnego wskaźnika obciążenia cieplnego jest sierpień. Z kolei miesiącem o największych wartościach wskaźnika UTCI jest lipiec, przy czym różnice między lipcem a pozostałymi miesiącami są szczególnie widoczne w godzinach popołudniowych. Przed południem wartości w tym miesiącu są zbliżone do tych panujących w maju, czerwcu i sierpniu. Wartości wskaźnika UTCI w dniach upalnych, w godzinach rannych kształtują się na poziomie około 10°C w maju, czerwcu i we wrześniu oraz 12°C w lipcu i sierpniu. W południe wahają się one od 24°C w sierpniu do około 28°C w lipcu i we wrześniu, przy czym nie należy traktować danych z września jako całkowicie miarodajnych, z uwagi na bardzo małą liczbę dni tego miesiąca objętych analizą.

Analiza odczuć ciepłych wskazuje, że w dniach upalnych, w ciągu doby do-



RYSUNEK 1. Przebieg dobowy uniwersalnego wskaźnika obciążenia cieplnego (UTCI, °C) w dniach upalnych w poszczególnych miesiącach w Bydgoszczy w latach 2005–2008

FIGURE 1. Daily course of Universal Thermal Climate Index (UTCI, °C) during hot days in each month in Bydgoszcz in the years 2005–2008



RYSUNEK 2. Średnia częstość występowania obciążenia cieplnego na podstawie wskaźnika UTCI w dniach upalnych w Bydgoszczy w latach 2005–2008
 FIGURE 2. Mean frequency of thermal sensation occurrences on the basis of the UTCI index on hot days in Bydgoszcz in the years 2005–2008

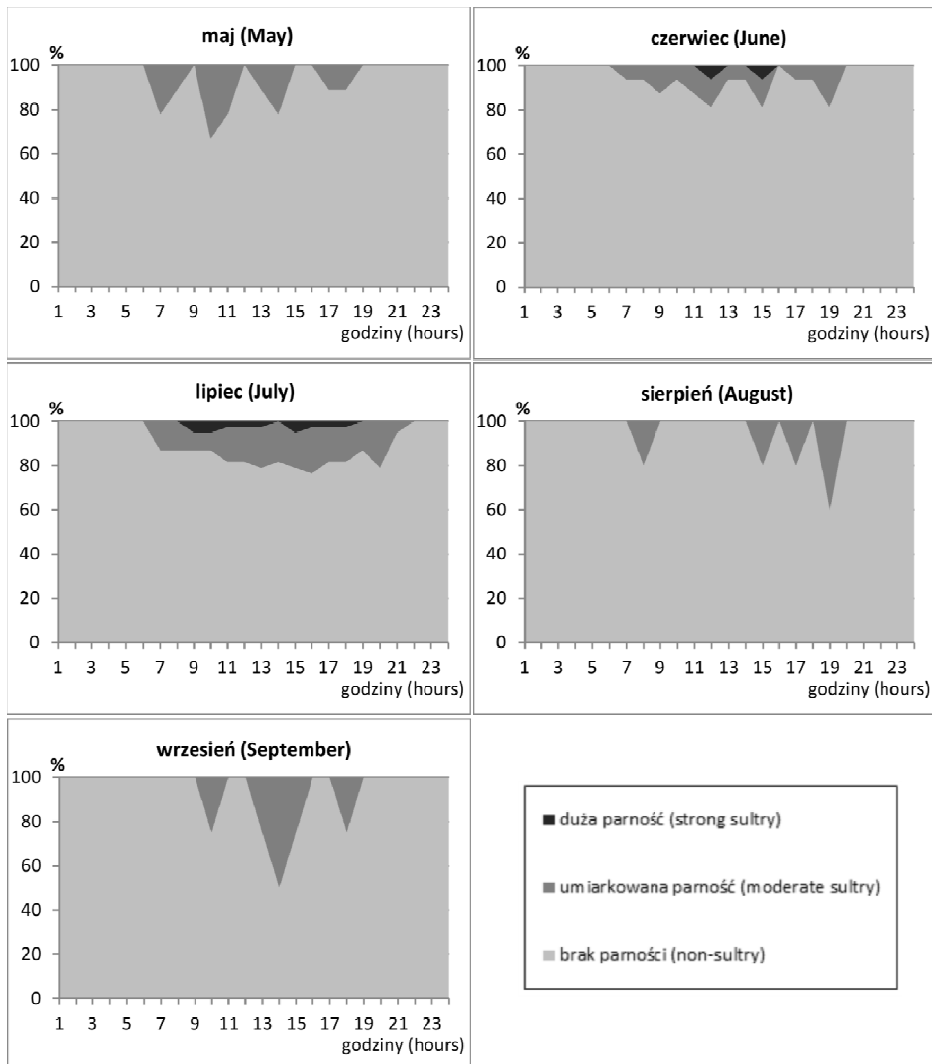
minuje brak obciążeń cieplnych (rys. 2). Najbardziej upalnym miesiącem, kiedy notowany jest silny stres ciepła jest lipiec. Stres ten pojawia się między godzinami 9 a 18 z około 10-procentową częstością. Ponadto w miesiącu tym

z blisko 80-procentową częstością występuje umiarkowany stres ciepła, pojawiający się w godzinach od 8 do 20. W pozostałych miesiącach umiarkowany stres ciepła występuje rzadziej, jeszcze we wrześniu występuje z częstością oko-

ło 90–100%, ale tylko w godzinach od 12 do 18. W godzinach nocnych pojawia się łagodny stres zimna, najczęściej we wrześniu, kiedy od 1 do 8 rano notowany jest z blisko 50-procentową częstością. Najrzadziej łagodny stres zimna notowa-

ny jest w lipcu, gdy w nocy zaznacza się z zaledwie 10-procentową częstością.

W dniach upalnych w Bydgoszczy w ciągu całej doby przeważa brak parności (rys. 3). Jedynie w godzinach okołopołudniowych z częstością nieprzekraczającą



RYSUNEK 3. Częstość występowania odczucia parności w dniach upalnych w Bydgoszczy w latach 2005–2008

FIGURE 3. Frequency of sultry sensation occurrence on hot days in Bydgoszcz for the years 2005–2008

40% pojawia się parność umiarkowana. W lipcu w blisko 20% przypadków w godzinach okołopołudniowych panują warunki umiarkowanie parne, a w około 5% przypadków są to warunki określane jako bardzo parne. Stąd jest to miesiąc o najmniej korzystnych warunkach termiczno-wilgotnościowych. Ponadto w czerwcu warunki bardzo parne również występują, jednakże z częstością nieprzekraczającą 7%. Najmniejsza parność występuje w maju i sierpniu, kiedy jedynie w nieznacznym stopniu notowane są warunki umiarkowanej parności.

Dobowy przebieg obciążenia cieplnego i uczucia parności w różnych rodzajach mas powietrza

Analiza obciążenia cieplnego w dniach upalnych w zależności od rodzaju masy powietrza wykazała, że najmniej korzystne warunki biotermiczne występowały w czasie dni upalnych uwarunkowanych adwekcją powietrza zwrotnikowego, kiedy przez dużą część dnia utrzymywał się umiarkowany stres ciepła i stosunkowo często w godzinach okołopołudniowych notowano także silny stres ciepła (rys. 4). W godzinach nocnych w tej masie powietrza z reguły nie występowały obciążenia cieplne, sporadycznie pojawiało się odczucie łagodnego stresu zimna. W czasie pogody upalnej kształtowanej pod wpływem powietrza polarnego kontynentalnego częstość występowania odczuć umiarkowanego stresu ciepła była nieznacznie mniejsza niż w powietrzu zwrotnikowym, a odczucie silnego stresu ciepła pojawiło się zaledwie w jednym dniu o godzinie 14. Znacznie łagodniejsze warunki obserwowano w czasie dni upalnych z adwekcją powietrza polarnego morskiego starego

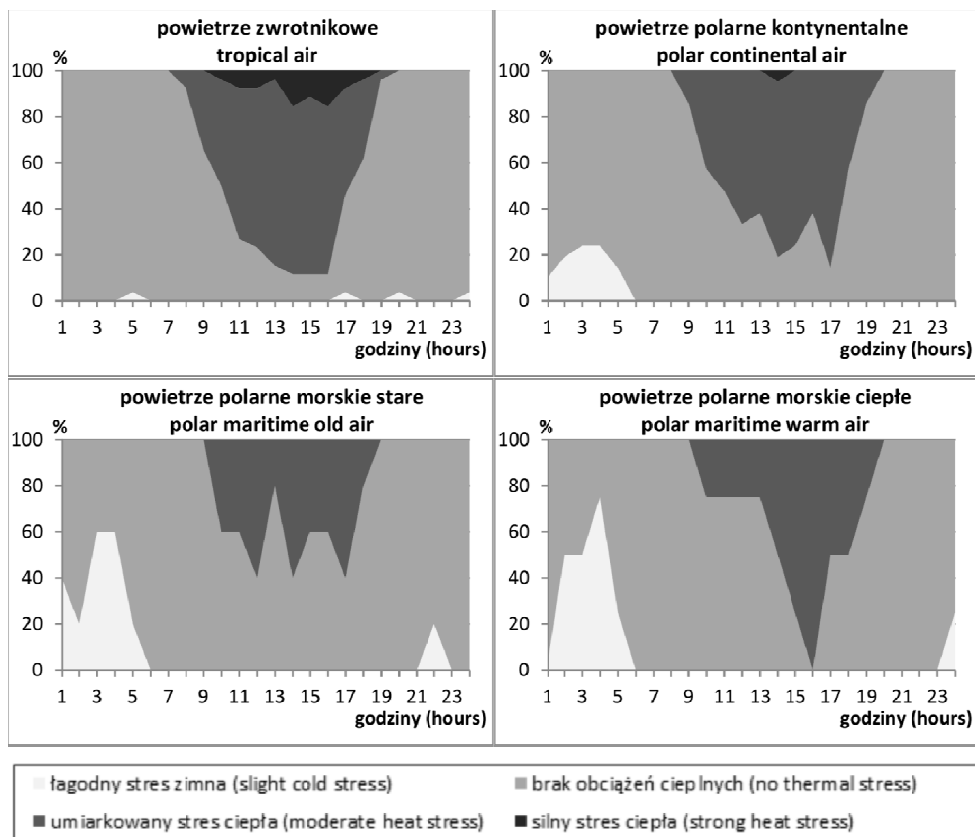
i powietrza polarnego morskiego ciepłego, kiedy tylko w niektórych dniach przez krótki czas odczuwano umiarkowany stres ciepła. W godzinach nocnych natomiast znacznie częściej niż w masie powietrza zwrotnikowego i powietrza polarnego kontynentalnego występowało odczucie łagodnego stresu zimna.

O niekorzystnych warunkach biotermicznych w czasie pogody upalnej formowanej pod wpływem powietrza zwrotnikowego świadczy również częstość występowania odczuć parności, które obserwowano przez większą część doby w około 20% przypadków dni upalnych z tą masą powietrza (rys. 5). Czasami intensywność parności można było określić nawet jako dużą. Odczucie parności w dniach upalnych z napływem innych rodzajów mas powietrza występowało rzadziej, zwłaszcza podczas adwekcji PPms i PPmc, kiedy występowało tylko sporadycznie w godzinach popołudniowych.

Wnioski

Przeprowadzone badania występowania dni upalnych w Bydgoszczy w latach 2005–2008 w różnych masach powietrza oraz ich wpływu na uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych i wskaźnik parności pozwalają sformułować następujące wnioski:

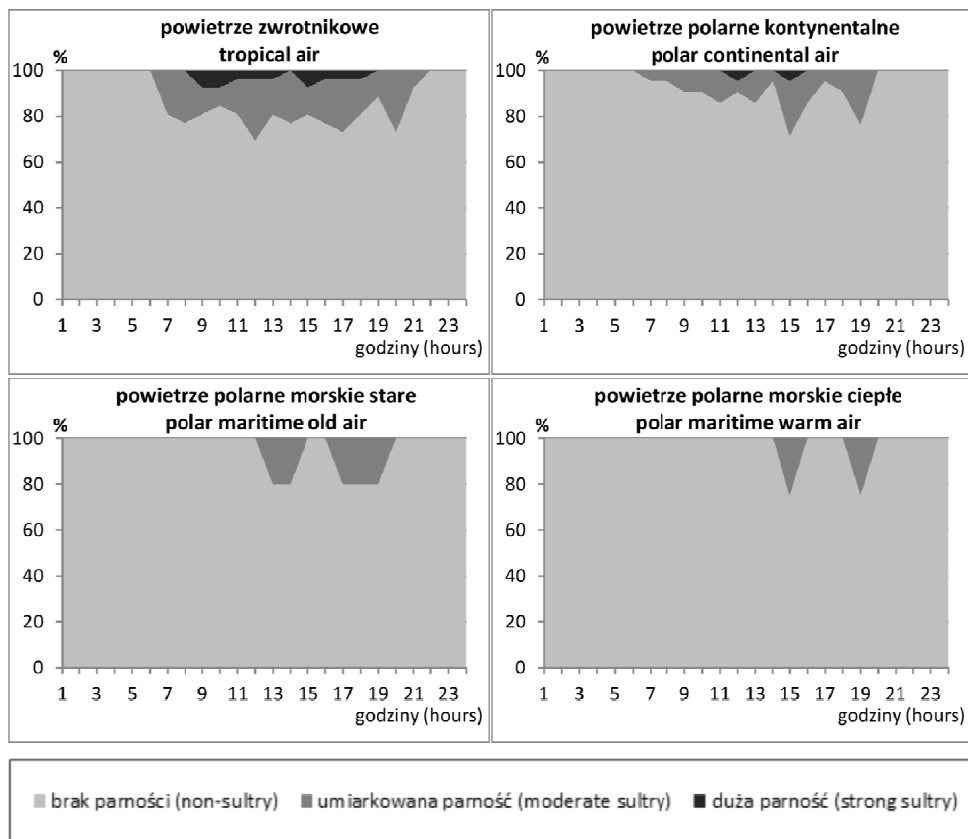
1. Analizy wskazują na zróżnicowanie warunków biotermicznych w dniach upalnych w poszczególnych miesiącach.
2. Miesiącem o szczególnie uciążliwych warunkach termiczno-wilgotnościowych był lipiec, kiedy to w dniach upalnych w godzinach



RYSUNEK 4. Częstość występowania obciążenia cieplnego na podstawie wskaźnika UTCI w różnych masach powietrza w dniach upalnych w Bydgoszczy. Wartości średnie dla sezonu letniego (VI–VIII) za lata 2005–2008

FIGURE 4. Frequency of thermal sensation occurrence on the basis of the UTCI index in different air masses on hot days in Bydgoszcz. Mean values for summer season (VI–VIII) for the years 2005–2008

- okołopołudniowych notowano występowanie silnego stresu ciepła, a w blisko 20% przypadków godzin okołopołudniowych panowały warunki umiarkowanie parne, a w około 5% przypadków występowała duża intensywność parności.
- Stosunkowo łagodny przebieg miały dni upalne w sierpniu, kiedy w godzinach okołopołudniowych umiarkowany stres ciepła występował nierzadziej.
- Najmniejsza parność była notowana w dniach upalnych, w maju, sierpniu i we wrześniu, kiedy pojawiały się jedynie nieliczne przypadki umiarkowanej parności.
- Zdecydowana większość dni upalnych występowała w masie powietrza zwrotnikowego i powietrza polarnego kontynentalnego, w miesiącach letnich sporadycznie dni upalne notowano również w czasie napływu powietrza polarnego



RYSUNEK 5. Częstość występowania odczucia parności w różnych masach powietrza w dniach upalnych w Bydgoszczy. Wartości średnie dla sezonu letniego (VI–VIII) za lata 2005–2008
 FIGURE 5. Frequency of sultry feeling occurrence in different air masses on hot days in Bydgoszcz. Mean values for summer season (VI–VIII) for the years 2005–2008

- morskiego starego i powietrza polarnego morskiego ciepłego.
- Przeprowadzone badania wykazały, że najmniej korzystne warunki biotermiczne występowały w czasie dni upalnych uwarunkowanych adwekcją powietrza zwrotnikowego, kiedy przez dużą część dnia utrzymywał się umiarkowany stres ciepła i stosunkowo często w godzinach okołopołudniowych notowano także silny stres ciepła, a w około 20% przypadków dni upalnych z powietrzem zwrotnikowym przez większą część dnia występowało odczucie parności, czasami nawet dużej.
 - Znacznie łagodniejsze warunki obserwowano w czasie dni upalnych z adwekcją powietrza polarnego morskiego starego i powietrza polarnego morskiego ciepłego, kiedy tylko w niektórych dniach przez krótki czas odczuwano umiarkowany stres ciepła i sporadycznie w godzinach popołudniowych występowało odczucie parności.

Literatura

- Bąkowska, M. i Więclaw, M. (2009). Dobowy przebieg wybranych wskaźników biometeorologicznych w różnych masach powietrza w Bydgoszczy. *Ekologia i Technika*, 17(2), 53-59.
- Błażejczyk, K. (2004). Bioklimatyczne uwarunkowania turystyki i rekreacji w Polsce. *Prace Geograficzne*, 192. Warszawa: IGiPZ PAN.
- Błażejczyk, K., Broede, P., Fiala, D., Havenith, G., Holmér, I., Jendritzky, G. i Kampmann B. (2010). UTCI – nowy wskaźnik oceny obciążeń cieplnych człowieka. *Przegląd Geograficzny*, 82(1), 49-71.
- Grabowska, K., Panfil, M. i Olba-Zięty, E., (2007). Ekstremalne warunki termiczne w latach 1951-2005 w Polsce północno-wschodniej. *Acta Agrophysica*, 10(2), 341-347.
- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej [IMGW]. (2005-2008). *Codzienny Biuletyn Meteorologiczny*. Warszawa: IMGW.
- Kossowska-Cezak, U. (2010). Fale upałów i okresy upalne – metody ich wyróżniania i wyniki zastosowania. *Prace Geograficzne*, 23, 143-149.
- Kossowska-Cezak, U. i Skrzypczuk, J. (2011). Pogoda upalna w Warszawie (1947-2010). *Prace i Studia Geograficzne*, 47, 139-146.
- Kozłowska-Szczęśna, T., Krawczyk, B. i Kuchcik, M. (2004). *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka. Monografie*, 4. Warszawa: IGiPZ PAN.
- Koźmiński, C. i Michalska B., (2010). Zmienność liczby dni gorących i upalnych oraz odczucia ciepłe w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku. *Acta Agrophysica*, 15(2), 347-357.
- Kuchcik, M. (2006). Fale upałów w Polsce w latach 1993–2002. *Przegląd Geograficzny*, 78(3), 397-412.
- Lorenc H. (red.) (2005). *Atlas klimatu Polski*. Warszawa: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Streszczenie

Występowanie dni upalnych w Bydgoszczy w latach 2005–2008 w różnych masach powietrza i ich wpływ na wybrane

wskaźniki biotermiczne. Celem opracowania jest określenie częstości występowania dni upalnych w Bydgoszczy w latach 2005–2008 oraz rozpoznanie związków między ich występowaniem a rodzajem mas powietrza. Do analizy wykorzystano dane z automatycznej stacji meteorologicznej zlokalizowanej przy Instytucie Geografii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy. Na podstawie codzicznych średnich wartości temperatury powietrza, wilgotności względnej powietrza, promieniowania słonecznego i prędkości wiatru obliczono wskaźniki biotermiczne: uniwersalny wskaźnik obciążenia cieplnego (UTCI, °C) oraz wskaźnik parności (W_Sult). Rodzaje mas powietrza w dniach upalnych określono na podstawie analizy dolnych map synoptycznych, publikowanych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Uwzględniono podział mas powietrza na: arktyczne (PA), polarne morskie świeże (PPm), polarne morskie ciepłe (PPmc), polarne morskie stare (PPms), polarne kontynentalne (PPk) i zwrotnikowe (PZ). Lipiec wyróżnia się jako miesiąc z największymi wartościami uniwersalnego wskaźnika obciążenia cieplnego. We wrześniu oraz sierpniu wartości wskaźnika są najmniejsze. Analiza wskazuje, że jedynie w lipcu, w dniach upalnych, w godzinach okołopołudniowych notowany jest silny stres ciepła, ponadto w tym miesiącu z największą częstością występuje umiarkowany stres ciepła. W miesiącu tym, w dniach upalnych, w godzinach okołopołudniowych w blisko 20% przypadków panowały warunki umiarkowanie parne, a w około 5% występowała duża intensywność parności. Najmniejsza parność występuje w maju i sierpniu. Zdecydowana większość dni upalnych występowała w masie powietrza zwrotnikowego i powietrza polarnego kontynentalnego. Najmniej korzystne warunki biotermiczne występowały w czasie dni upalnych uwarunkowanych napływem powietrza zwrotnikowego. Znacznie łagodniejsze warunki obserwowano w czasie dni upalnych z adwekcją PPms i PPmc.

Summary

Appearance of hot days in Bydgoszcz in the years 2005–2008 in different air masses and their influence on the selected biothermal indices. The aim of the paper is to assess the appearance of hot days in Bydgoszcz during the period 2005–2008 and to recognize the relations between their occurrence and different kinds of air masses. Data from automatic meteorological station, located at Institute of Geography by Kazimierz Wielki University, were used. Based on every hour average values of temperature, relative humidity, global solar radiation and wind speed, the biothermal indices were calculated: Universal Thermal Climate Index (UTCI, °C) and Index of Sultriness (W_Sult). The air masses were determined on the basis of the lower synoptic maps, published by Institute of Meteorology and Water Management. The air masses were divided into: arctic air (PA), polar maritime fresh (PPm), polar maritime warm (PPmc), polar maritime old (PPms), polar continental (PPk) and tropical (PZ). July is a month

with the highest values of Universal Thermal Climate Index, and September and August characterize the lowest values of UTCI. Only in July, during noon hours strong heat stress is noted and the moderate heat stress occurs with the highest frequency. In this month moderate sultriness appears during 20% cases and the strong sultriness occurs during 5% cases. The lowest sultriness is noted in May and August. The hottest days appear during inflow of tropical and polar continental air masses. Days with tropical air characterize the worst biothermal conditions. The best biothermal conditions, with small sultriness, occur during advection of polar maritime old and polar maritime warm air masses.

Authors' address:

Mirosław Więclaw, Monika Okoniewska
Instytut Geografii
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
ul. Mińska 15, 85-428 Bydgoszcz
Poland
e-mail: mirek_wieclaw@wp.pl
monikaokoniewska5@gmail.com