

10.2478/bfpz-2013-0009

MIEJSKA WYSPA CIEPŁA W PRADZE W RÓŻNYCH WARUNKACH SYNOPTYCZNYCH

AGNIESZKA MAJKOWSKA, LESZEK KOLENDOWICZ

Zakład Klimatologii, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań

Abstract: The intensity of an urban heat island is defined as the temperature difference between the city and rural areas. The aim of this paper is to characterize the seasonality and intensity of the urban heat island in Prague, Czech Republic for the period 01.01.1976–31.12.2005. For this purpose the daily average air temperatures data for the Klementinum, Libuš and Ruzyně stations was used. Due to the frequent occurrence of positive thermal anomalies in the centre of Prague, days with a thermal difference between the city centre (Klementinum) and the background station (Ruzyně) greater than 3.98°C were chosen. This value is the sum of the average difference in air temperature between the Klementinum and Ruzyně stations for the 30 years analyzed and two values of standard deviation. The maximum intensity of the Prague urban heat island occurs under anticyclonic conditions and under dominant east and southeast flow.

Keywords: Urban heat island, atmospheric circulation, Prague, Czech Republic

WSTĘP

Środowisko geograficzne, będące obszarem funkcjonowania człowieka, podlega nieustannym zmianom. Nowe budynki, drogi oraz gęsta sieć infrastruktury technicznej i przemysłowej przekształcają otwarte tereny w obszary zurbanizowane.

Miasta rozpatrywane jako złożone struktury geomorfologiczne, hydrologiczne czy antropogeniczne od wielu lat są przedmiotem badań rozmaitych dziedzin naukowych. Na gruncie nauk geograficznych doprowadziło to między innymi do wykształcenia się odrębnej dziedziny klimatologii zwanej klimatologią miast, która zajmuje się zmianami klimatu zachodzącymi w obrębie jednostek zurbanizowanych.

Specyfiką zespołu zjawisk i procesów zachodzących w atmosferze nad obszarami miast jest modyfikacja wszystkich elementów klimatu: temperatury powietrza, prędkości i kierunku wiatru, wilgotności, zachmurzenia oraz opadów atmosferycznych (Szymanowski, 2004).

Ze względu na zróżnicowanie konstrukcji zabudowy i stopnia przekształcania terenu oraz emisję ciepła antropogenicznego klimat miasta stanowi swoistą

„mozaikę struktur mikroklimatycznych” (Zimny 2005), które zależą od warunków pogodowych.

W artykule przedstawiono charakterystykę występowania zjawiska miejskiej wyspy ciepła na obszarze Pragi, stolicy Republiki Czeskiej, w skali mezoklimatycznej. Głównym celem jest zaprezentowanie częstości oraz intensywności występowania wymienionego zjawiska ze szczególnym uwzględnieniem jego związków z czynnikami meteorologicznymi. Badana 30-letnia seria pomiarowa pozwala na wykazanie zależności, na podstawie których można sformułować wnioski stanowiące o trwałej modyfikacji klimatu aglomeracji praskiej.

PRZEGLĄD LITERATURY

Najbardziej wyróżniającą się cechą klimatu współczesnych miast jest zróżnicowanie stosunków termicznych przejawiających się przede wszystkim w występowaniu zjawiska opisywanego w literaturze jako miejska wyspa ciepła (Skrzypski, 2008).

Szymanowski (2004) definiuje miejską wyspę ciepła jako: „podlegającą naturze urbanistycznej i meteorologicznej, charakterystyczną dla skupisk osadniczych pozytywną anomalię termiczną, odznaczającą się strukturą czasową i przestrzenną”. Cechami charakterystycznymi miejskiej wyspy ciepła są: okrągła forma przestrzenna przebiegu izoterm, zmienność w czasie, różnice w intensywności zależne od rodzaju zabudowania (Voogt, 2004).

Badania zjawiska miejskiej wyspy ciepła są prowadzone w różnych skalach przestrzennych. Fortuniak (2003) wyróżnia skalę mezoklimatyczną (analizie poddany jest globalny wpływ miasta na kształtowanie klimatu), skalę lokalną (badaniu podlegają określone typy zabudowy lub kompleksy urbanistyczne) oraz skalę mikroklimatyczną (pod uwagę brane są konkretne elementy zabudowy).

Struktura czasowa miejskiej wyspy ciepła obejmuje cykl dobowy oraz roczny. W cyklu rocznym, w umiarkowanych szerokościach geograficznych, wykazano, iż zjawisko miejskiej wyspy ciepła z największą intensywnością występuje podczas zimy (Szymanowski, 2004).

Strukturę przestrzenną miejskiej wyspy ciepła rozpatruje się w profilu horyzontalnym oraz wertykalnym. Profil horyzontalny zmiany temperatury powietrza w obrębie miasta można podzielić na trzy strefy: „szczytu” – centrum miasta, „płaskowyżu” – zabudowa osiedlowa i suburbia oraz „klifu”, za którym temperatura powietrza osiąga wartości typowe dla obszarów nieurbanizowanych (Ok, 1987).

Pionowa struktura miejskiej wyspy ciepła obejmuje warstwę graniczną atmosfery w mieście (*Urban Boundary Layer*), wewnątrz której wyróżnia się

warstwę dachową (*Urban Canopy Layer*) sięgającą od powierzchni ziemi do dachów budynków i wierzchołków drzew (Oke, 1987).

Czynnikami, które sprzyjają tworzeniu się miejskiej wyspy ciepła są (Oke, 1982):

- 1) specyficzna geometria zabudowy – poprzez kilkakrotne odbijanie strumienia promieniowania, obniżenie efektywnego albedo i wzrost pochłoniętego promieniowania krótkofalowego;
- 2) efekt szklarniowy wywołujący zwiększenie promieniowania długofalowego dochodzącego do powierzchni ziemi;
- 3) zmniejszone wypromieniowanie spowodowane zasłonięciem horyzontu oraz wymianą energii pomiędzy budynkami;
- 4) dopływ strumienia ciepła antropogenicznego;
- 5) gromadzenie ciepła w przestrzeni miasta na skutek większego przewodnictwa i pojemności cieplnej materiałów budowlanych;
- 6) zmniejszona ewapotranspiracja;
- 7) zwiększona szorstkość podłoża, która powoduje zmniejszenie strat energii podczas wymiany turbulencyjnej.

Wśród publikacji traktujących o miejskiej wyspie ciepła na obszarze Republiki Czeskiej jedną z najważniejszych pozycji jest artykuł R. Beranovej oraz R. Hutha (2003), w którym scharakteryzowano praską miejską wyspę ciepła podczas różnych sytuacji synoptycznych w latach 1961–1990. Intensywność miejskiej wyspy ciepła określono jako różnicę między minimalną dobową temperaturą powietrza na stacji Praga-Klementinum (centrum miasta) a średnią arytmetyczną minimalnej dobowej temperatury z trzech stacji pozamiejskich (Ondřejov, Brandýs i Doksany).

Badania miejskiej wyspy ciepła w Pradze przeprowadzili również, w roku 1999, R. Brázdil oraz M. Budíková. Analizie poddano 18 stacji zlokalizowanych w maksymalnej odległości 40 km od Klementinum, mających serię danych o długości co najmniej 20 lat w okresie 1921–1995. Wyniki obejmują porównanie liniowego trendu różnic pomiędzy Klementinum a pozostałymi stacjami w odniesieniu do poszczególnych lat i pór roku oraz określenie istotności statystycznej na poziomie $\alpha = 0,10$ i $0,05$. Podobne studia R. Brázdil przeprowadził w 1993 r., analizując jednorodność pomiarów temperatury powietrza z Klementinum dla serii pomiarowych z dziewięciu stacji spoza obszaru Pragi.

Jedną z najnowszych publikacji, która dotyczy klimatu miasta, jest praca S. Sulovskiej i V. Kožnarovej (2011) charakteryzująca miejską wyspę ciepła i analizująca warunki termiczne Pragi w ciepłej połowie roku w latach 1990–2009. Praca ta zawiera także informacje o częstości występowania określonych sytuacji synoptycznych w badanym okresie.

METODY BADAWCZE

Dane klimatologiczne wykorzystane w niniejszej pracy, z okresu 01.01.1976–31.12.2005, dotyczą trzech stacji zlokalizowanych w Pradze. Dane ze stacji Praga-Klementinum uzyskano z bazy danych Historycznego Obserwatorium Meteorologicznego w Klementinum i zostały udostępnione przez Czeski Instytut Hydrometeorologiczny. Dane te zawierają średnią dobową temperaturę powietrza (°C), dobową maksymalną i minimalną temperaturę powietrza (°C) oraz dobową sumę opadów atmosferycznych (mm).

Dane z pozostałych stacji (Praga-Libuš, Praga-Ruzyně) pozyskano z internetowej bazy danych Narodowego Centrum Danych Klimatycznych Stanów Zjednoczonych Ameryki – NOAA <<http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo>>.

Najważniejszą czynnością podczas opracowywania danych z NOAA była zamiana jednostek z anglosaskiego systemu miar i wag na system metryczny stosowany w Europie. W przypadku temperatury powietrza dokonano zamiany jednostki ze stopni Farenheita na stopnie Celsjusza z dokładnością do części setnych. Rozpatrując opady atmosferyczne, wykonano konwersję jednostek z cali na milimetry (z dokładnością do części dziesiętnych).

Baza danych ze stacji Klementinum jest kompletna. W tabeli 1 przedstawiono dni charakteryzujące się brakiem danych na stacjach Ruzyně oraz Libuš. W opracowaniu nie dokonano interpolacji brakujących danych.

Tabela 1. Brakujące dane

Table 1. Missing data

Stacja <i>Station</i>	Data <i>Date</i>
Ruzyně	01.10.1999
	01–04.03.1976
	05.07.1980
Libuš	16.08.1998
	01.10.1999
	13.01.2003

Ogólną charakterystykę temperatury powietrza w Pradze przeprowadzono, porównując dane z wybranych trzech stacji klimatologicznych.

Podczas badania dynamiki miejskiej wyspy ciepła oraz zależności pomiędzy występowaniem miejskiej wyspy ciepła a sytuacjami synoptycznymi zastosowano analizę porównawczą między dwoma stacjami – Klementinum (centrum miasta) oraz Ruzyně (stacja tła miejskiego).

Intensywność miejskiej wyspy ciepła obliczono jako różnicę średniej dobowej temperatury powietrza między wymienionymi stacjami. Zauważono, że 97% dni z badanego okresu cechuje się różnicą temperatury większą niż

1,1°C. Wartość ta jest wynikiem zróżnicowania wysokości bezwzględnej oraz wartością średniego gradientu troposferycznego. Jedynie w przypadku 2,3% dni zanotowano różnicę temperatury powietrza mniejszą niż 1,1°C. Dlatego do charakterystyki miejskiej wyspy ciepła wybrano dni, w których różnica temperatury powietrza między stacją zlokalizowaną w centrum a stacją tła jest największa.

Średnia różnica temperatury powietrza pomiędzy stacjami Klementinum i Ruzyně dla badanego 30-lecia wynosi 2,5°C. Odchylenie standardowe jest równe 0,74°C. Wyboru dni dokonano, dodając wartość średniej oraz dwóch wartości odchylenia standardowego, co daje sumę równą 3,98°C. Dla dni, które cechują się różnicą temperatury powietrza powyżej 3,98°C (243 przypadki), dokonano charakterystyki intensywności oraz częstości występowania miejskiej wyspy ciepła.

Do grupowania danych wykorzystano metodę Warda. Poprzez odcięcie na osi rzędnych odległości wiązania równej 700, uzyskano siedem grup danych o różnej liczebności – od 20 do 47 dni.

Dla każdej wydzielonej grupy oraz dla całego okresu badawczego, wykorzystując uśrednione dane otrzymane metodą reanaliz (Kalnay i in., 1996), z wykorzystaniem programu *Surfer 9*, wykonano mapy:

- ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza,
- ciśnienia atmosferycznego na powierzchni izobarycznej 500 hPa,
- rozkładu temperatury powietrza na poziomie 850 hPa,
- rozkładu temperatury powietrza na poziomie 500 hPa.

Do określenia częstości występowania poszczególnych sytuacji synoptycznych podczas dni z miejską wyspą ciepła użyto klasyfikacji stosowanej przez Czeski Instytut Hydrometeorologiczny (HMU, 1968).

OBSZAR BADAŃ

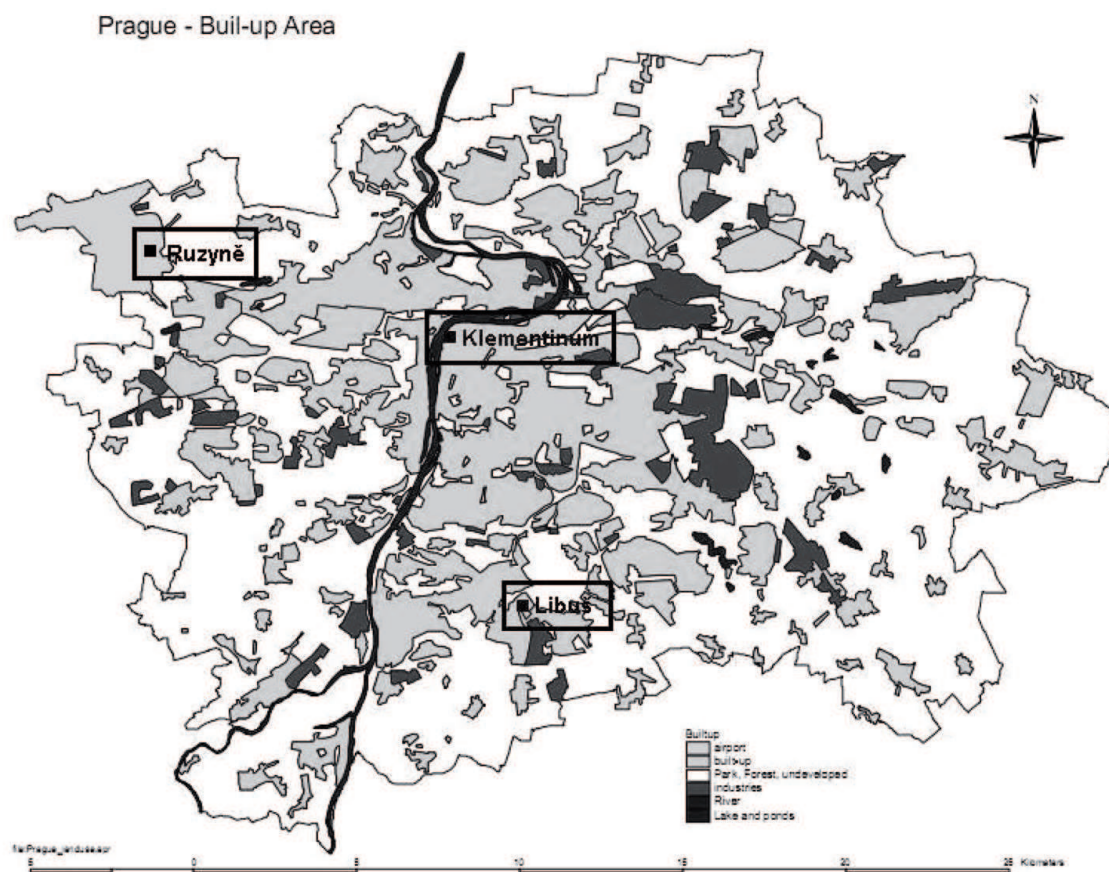
Stacjami, które zostały wybrane w niniejszej pracy, są: Klementinum, Libuš oraz Ruzyně (ryc. 1).

Według pomiaru w linii prostej, za pomocą aplikacji *Google Earth*, odległość pomiędzy stacjami:

- Klementinum i Libuš wynosi 9,06 km,
- Klementinum i Ruzyně równa się 8,97 km.

Współrzędne geograficzne oraz wysokość bezwzględna poszczególnych stacji to:

- Klementinum – 50°05'φ N, 14°25'λ E, 197 m n.p.m.
- Libuš – 50°00'φ N, 14°26'λ E, 303 m n.p.m.
- Ruzyně – 50°06'φ N, 14°15'λ E (ČHÚ, 2005), 364 m n.p.m.



Ryc. 1. Lokalizacja wybranych stacji klimatologicznych w Pradze

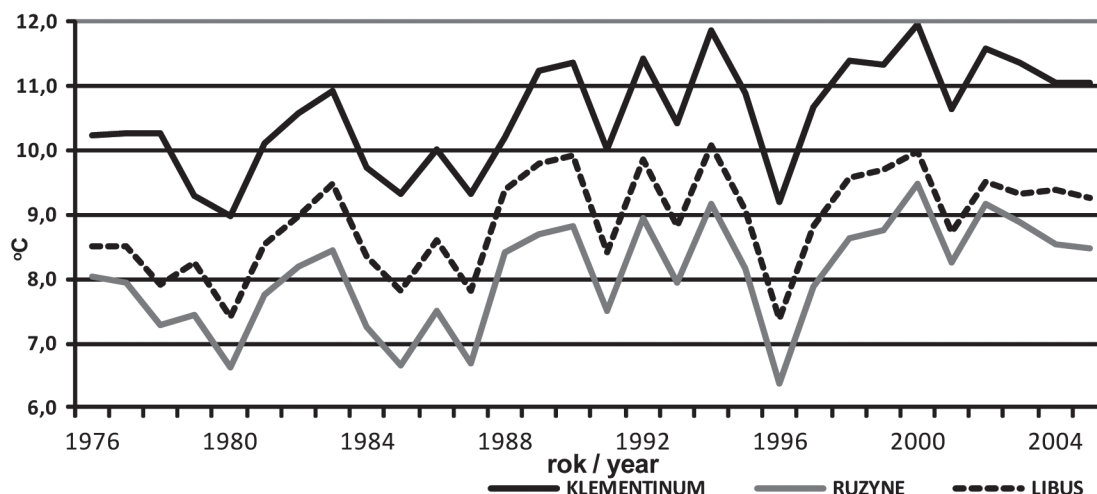
Fig. 1. Location of selected climatological stations in Prague

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA TEMPERATURY POWIETRZA W PRADZE W LATACH 1976–2005

Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1976–2005 wykazuje dość znaczne wahania (ryc. 2). Najwyższe wartości średniej rocznej temperatury powietrza w analizowanym okresie zanotowano na stacji Praga-Klementinum. Średnia roczna temperatura powietrza dla całego 30-lecia na wskazanej stacji wynosi $10,6^{\circ}\text{C}$ – najniższą wartość zanotowano w 1980 r. ($9,0^{\circ}\text{C}$), a najwyższą w 1994 ($11,9^{\circ}\text{C}$).

Na stacji Praga-Libuš najwyższa średnia roczna temperatura powietrza osiągnęła $10,1^{\circ}\text{C}$ (1994), natomiast najniższa wartość wynosi $7,4^{\circ}\text{C}$ (1980, 1996). Średnia roczna temperatura powietrza w latach 1976–2005 jest równa $8,9^{\circ}\text{C}$.

Najniższe wartości średniej rocznej temperatury powietrza zanotowano na stacji Praga-Ruzyně. Najwyższa wartość wynosi $9,5^{\circ}\text{C}$ (2000), a najniższą – $6,4^{\circ}\text{C}$ zanotowano w roku 1996. Średnia wartość dla całego analizowanego okresu to $8,1^{\circ}\text{C}$. Jest ona najniższa spośród wybranych stacji – o $0,8^{\circ}\text{C}$ niższa od stacji Libuš oraz aż o $2,5^{\circ}\text{C}$ od stacji Klementinum.

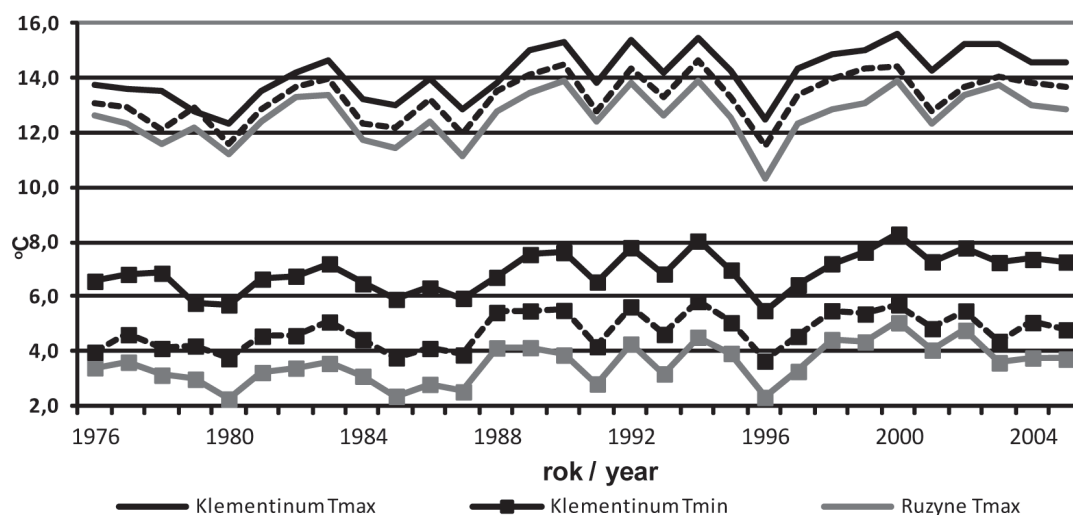


Ryc. 2. Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza na stacjach: Klementinum, Libuř i Ruzyně

Fig. 2. Average annual air temperature at stations: Klementinum, Libuř and Ruzyně

Najwyższe wartości zarówno średniej rocznej maksymalnej, jak i minimalnej temperatury powietrza zanotowano na stacji Klementinum (ryc. 3). Średnia roczna maksymalna temperatura powietrza w Klementinum zawiera się w przedziale od 12,3 do 15,6°C. Wymienione wartości wystąpiły odpowiednio w roku 1980 oraz 2000. Średnia roczna maksymalna temperatura powietrza dla 30 lat to 14,2°C.

Wartość średniej rocznej minimalnej temperatury powietrza na stacji Praga-Klementinum zawiera się od 5,5 (1996) do 8,3°C (2000). Średnia wartość dla całego analizowanego okresu to 6,9°C.



Ryc. 3. Przebieg średniej rocznej maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza na stacjach: Klementinum, Libuř i Ruzyně

Fig. 3. Average annual maximal and minimal air temperature at stations: Klementinum, Libuř and Ruzyně

Średnia roczna maksymalna i minimalna temperatura powietrza na lotniskowej stacji Praga-Ruzyně osiąga najniższe wartości. Dla lat 1976–2005 wynoszą one odpowiednio $12,6^{\circ}\text{C}$ oraz $3,6^{\circ}\text{C}$ i są niższe od wartości zanotowanych w Klementinum o $0,3^{\circ}\text{C}$ oraz $3,3^{\circ}\text{C}$.

Średnia roczna maksymalna temperatura powietrza na stacji Ruzyně oscyluje od $10,3$ (1996) do $13,9^{\circ}\text{C}$ (1994, 2000). Wartości średniej rocznej minimalnej temperatury powietrza wahają się od $2,3$ (1996) do $5,1^{\circ}\text{C}$ (2000).

Wypośredkowane wartości przebiegu średniej rocznej maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza odnotowano na stacji Praga-Libuš. Wartościami średnimi dla analizowanego okresu są: $13,3^{\circ}\text{C}$ (średnia roczna maksymalna temperatura powietrza) oraz $4,7^{\circ}\text{C}$ (średnia roczna minimalna temperatura powietrza).

Najwyższe wartości średniej rocznej maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza na stacji Libuš zanotowano w 1994 r. Osiągnęły one odpowiednio $14,7^{\circ}\text{C}$ oraz $5,8^{\circ}\text{C}$. Najniższe wartości wymienionych wskaźników wystąpiły w 1996 r. Średnia roczna maksymalna temperatura powietrza wynosiła wtedy $11,5^{\circ}\text{C}$, a wartość średniej rocznej minimalnej temperatury powietrza to $3,6^{\circ}\text{C}$.

CHARAKTERYSTYKA I CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA MIEJSKIEJ WYSPY CIEPŁA W POSZCZEGÓLNYCH LATACH, MIESIĄCACH I PORACH ROKU

Ze względu na częste występowanie pozytywnych anomalii termicznych w centrum Pragi analizie poddano dni charakteryzujące się różnicą termiczną pomiędzy centrum a stacją tła większą od $3,98^{\circ}\text{C}$. Wartość ta jest sumą średniej temperatury powietrza dla badanych 30 lat oraz dwóch wartości odchylenia standardowego.

Przebieg częstości występowania miejskiej wyspy ciepła w Pradze w poszczególnych latach cechuje się dużą zmiennością (ryc. 4). Wartości różnicują się w zakresie od 1 do 22 dni.

Latami, w których zanotowano tylko jeden dzień z miejską wyspą ciepła, są 1977 oraz 1992. Największa liczba dni z miejską wyspą ciepła (22 dni) występuje w 1996 r. Wartością średnią dla analizowanego okresu badawczego jest osiem dni w roku.

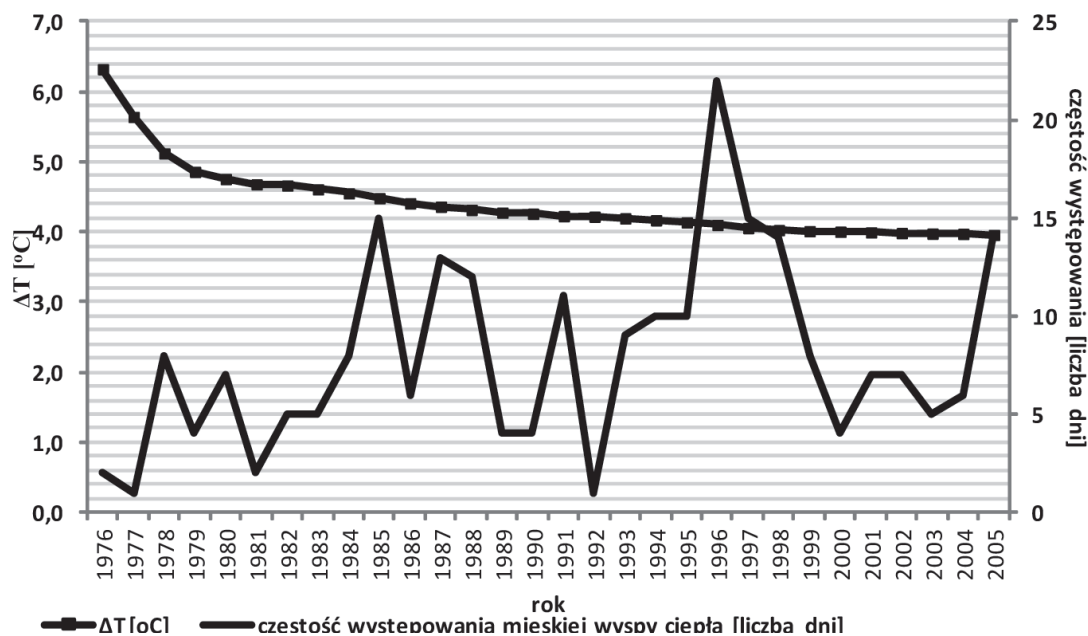
Średnia roczna intensywność miejskiej wyspy ciepła oznacza się systematycznym spadkiem. Największa średnia roczna różnica temperatury powietrza pomiędzy badanymi stacjami występuje w 1976 r., osiągając $6,3^{\circ}\text{C}$.

Od roku 1998 do 2005 średnia roczna intensywność miejskiej wyspy ciepła przyjmuje najmniejsze wartości, czyli $4,0^{\circ}\text{C}$.

Średnia roczna intensywność miejskiej wyspy ciepła dla 30-lecia wynosi $4,4^{\circ}\text{C}$. Równanie regresji liniowej dla zmiennej ΔT przyjmuje postać $y = -0,0503x + 5,1948$ przy wartości współczynnika determinacji R^2 równego $0,7$.

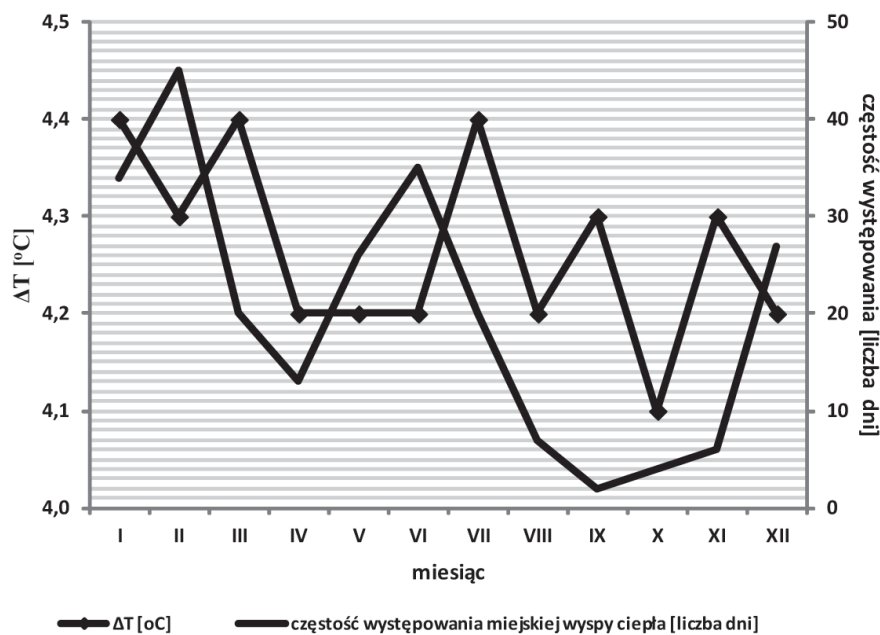
Roczny przebieg częstości występowania miejskiej wyspy ciepła charakteryzują dwa maksima oraz dwa minima (ryc. 5).

Maksima zaznaczają się w miesiącach zimowych (XII, I, II) oraz na przełomie wiosny i lata (V, VI). W badanym wieloleciu najwięcej dni z miejską wyspą ciepła występuje w lutym – 45. Drugim miesiącem z największą liczbą



Ryc. 4. Średnia intensywność oraz częstość występowania miejskiej wyspy ciepła w poszczególnych latach

Fig. 4. Average annual intensity and frequency of urban heat island



Ryc. 5. Średnia intensywność oraz częstość występowania miejskiej wyspy ciepła w poszczególnych miesiącach

Fig. 5. Average monthly intensity and frequency of urban heat island

dni z miejską wyspą ciepła jest czerwiec – 35. Pierwsze minimum przypada na miesiące wiosenne, drugie występuje na przełomie lata i jesieni. Najmniej dni z miejską wyspą ciepła zanotowano we wrześniu (2).

Średnia miesięczna intensywność miejskiej wyspy ciepła w przebiegu rocznym cechuje się częstymi fluktuacjami. Największa średnia miesięczna intensywność miejskiej wyspy ciepła ($4,4^{\circ}\text{C}$) występuje w styczniu, marcu oraz lipcu.

Najmniejsza średnia miesięczna różnica temperatury ($4,1^{\circ}\text{C}$) zaznacza się w październiku. Drugie minimum intensywności miejskiej wyspy ciepła odnotowywane jest od kwietnia do czerwca, osiągając $4,2^{\circ}\text{C}$.

Największa średnia intensywność ($4,4^{\circ}\text{C}$) oraz liczba dni z miejską wyspą ciepła (106) w badanym wieloleciu występuje zimą (tab. 2). Najmniejsza częstość obecności miejskiej wyspy ciepła zaznacza się jesienią – 12 dni.

Tabela 2. Średnia intensywność oraz częstość występowania miejskiej wyspy ciepła w poszczególnych porach roku

Table 2. Average seasonal intensity and frequency of urban heat island

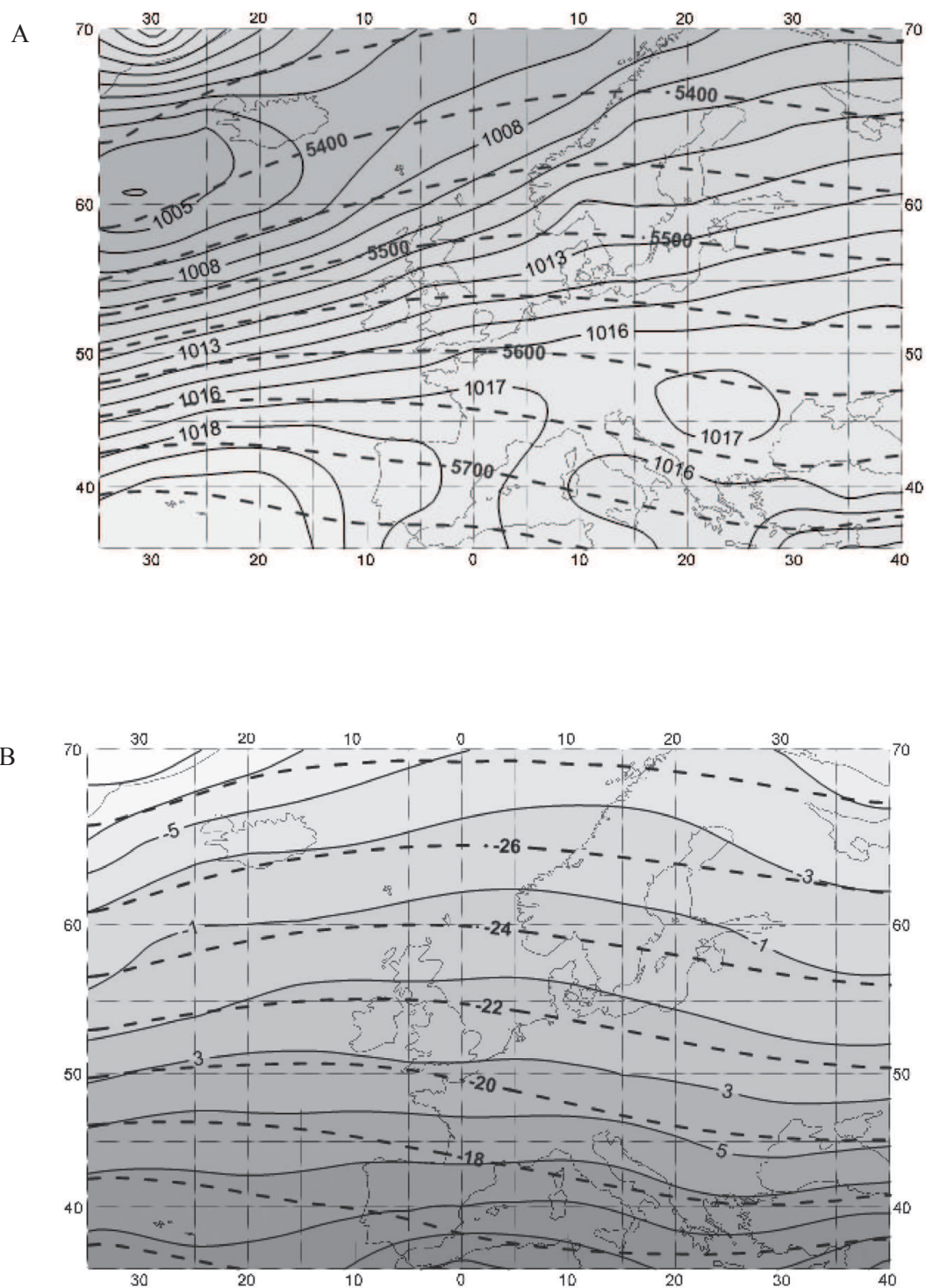
	ΔT [$^{\circ}\text{C}$]	Częstość występowania miejskiej wyspy ciepła [liczba dni] <i>The frequency of urban heat island [days]</i>
Wiosna/ <i>Spring</i>	4,3	62
Lato/ <i>Summer</i>	4,2	62
Jesień/ <i>Autumn</i>	4,2	12
Zima/ <i>Winter</i>	4,4	106

Najmniejszą intensywność miejskiej wyspy ciepła obserwuje się latem oraz jesienią, kiedy średnia różnica temperatury pomiędzy analizowanymi stacjami wynosi $4,2^{\circ}\text{C}$.

SYTUACJA BARYCZNA NAD EUROPĄ PODCZAS DNI Z MIEJSKĄ WYSPĄ CIEPŁA

Dla badanego wielolecia jednym z najważniejszych ośrodków oddziaływania atmosfery nad obszarem Europy jest Niż Islandzki z centrum położonym na południowy zachód od Islandii. Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza w centrum tego niżu wynosi 1004 hPa (ryc. 6A). Wyraźnie zaznacza się również Wyż Azorski ze średnią wartością ciśnienia atmosferycznego w centrum wynoszącą 1021 hPa.

Wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza maleją w kierunku wyższych szerokości geograficznych. Rejon Europy Środkowej charakteryzuje się średnim ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza w granicach 1016–1017 hPa.



Ryc. 6. Mapy: A – ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza oraz na powierzchni geopotencjalnej 500 hPa; B – temperatury powietrza na powierzchni geopotencjalnej 850 oraz 500 hPa.

Wartości średnie dla 30 lat

Fig. 6. The map of: A – average air pressure at sea level and at geopotential height 500 hPa; B – average air temperature at geopotential height 850 and 500 hPa

Nad Europą powierzchnia izobaryczna 500 hPa zalega na wysokości od 5,4 km na północy do około 5,7 na południu kontynentu.

Rozkład temperatury powietrza na powierzchni izobarycznej 850 oraz 500 hPa cechuje się przebiegiem izoterm zbliżonym do równoleżnikowego (ryc. 6B). Wzrost wartości temperatury powietrza następuje wraz ze zmniejszeniem szerokości geograficznej.

Na powierzchni izobarycznej 850 hPa skrajnymi, średnimi dla badanego okresu, wartościami temperatury powietrza są: -4°C w północnej Skandynawii oraz 11°C na południu Półwyspu Iberyjskiego. Przez Europę Środkową (w tym przez Pragę) przebiega izoterma 3°C .

Na powierzchni izobarycznej 500 hPa wartości różnicują się w przedziale od -28°C na północy kontynentu do -16 na południu. Europę Centralną przecina izoterma -21°C .

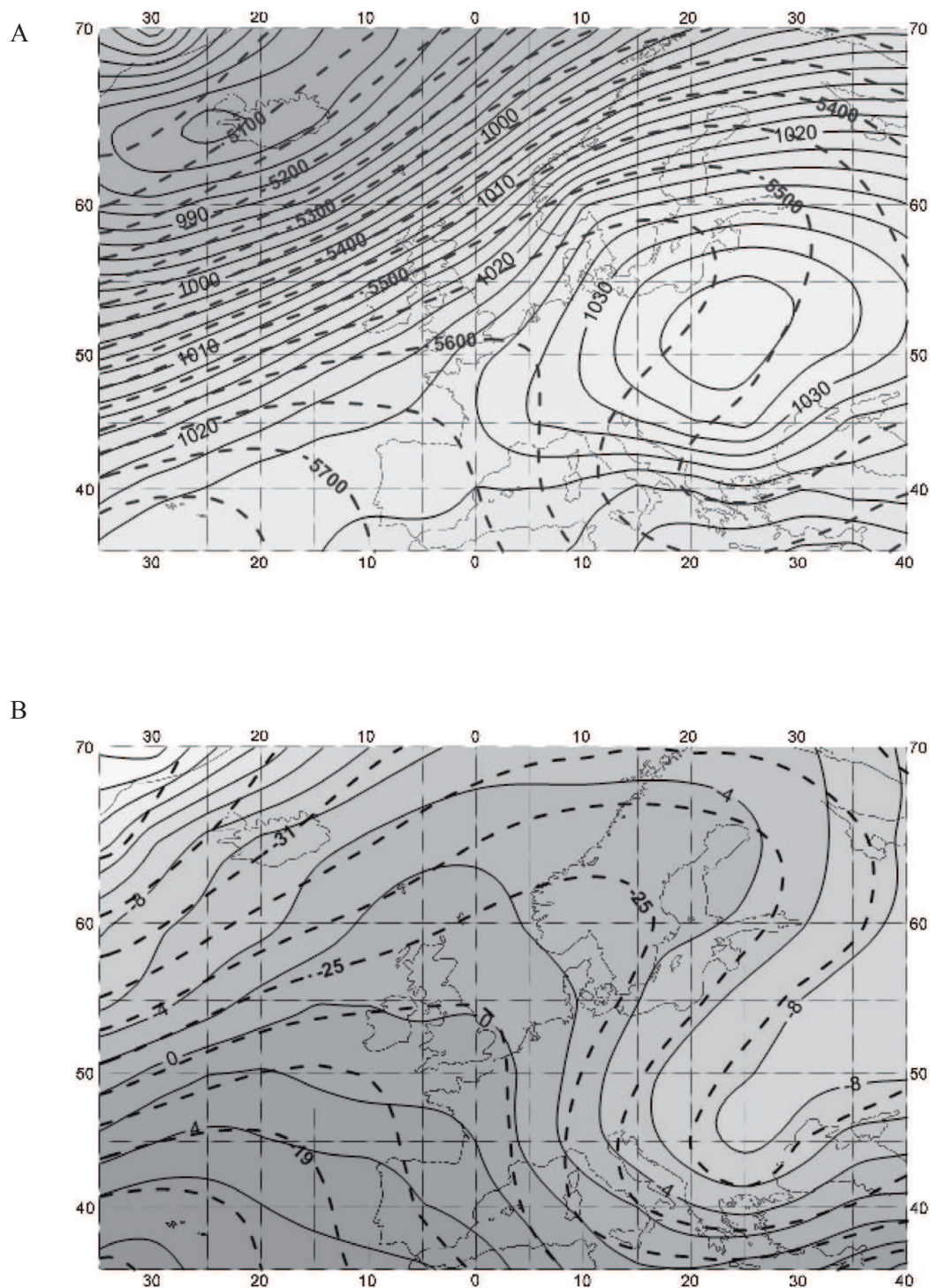
Grupa I

Europa Środkowa znajduje się w zasięgu oddziaływania rozległego wyżu z centrum nad Białorusią. Wartość ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza w centrum wyżu osiąga 1034 hPa (ryc. 7A). Drugim ośrodkiem barycznym występującym nad Europą jest Niż Islandzki z centrum nad zachodnią Islandią, gdzie wartość ciśnienia na poziomie morza wynosi 982 hPa.

Mapa rozkładu ciśnienia na powierzchni izobarycznej 500 hPa wskazuje, iż nad znaczny obszar Europy napływa masa powietrza zwrotnikowego z rejonu Wyżu Azorskiego. Jednocześnie na terenie Europy Wschodniej aż do basenu Morza Czarnego i Półwyspu Bałkańskiego zaznacza się napływ kontynentalnego powietrza z północnego wschodu.

Rozkład temperatury na powierzchni izobarycznej 850 i 500 hPa odznacza się najmniejszymi wartościami (-7°C , -29°C) na obszarze adwekcji kontynentalnego powietrza w Europie Wschodniej oraz na północny zachód od Islandii. Rozkład temperatury na poziomie 850 oraz 500 hPa charakteryzuje się przebiegiem izoterm zbliżonym do przebiegu południkowego z wyraźnie zaznaczonymi odchyleniami spowodowanymi oddziaływaniem napływających mas powietrza. Wartości rosną w kierunku południowo-zachodnim (ryc. 7B).

Praga znajduje się na obszarze oddziaływania silnego ośrodka wyżowego z centrum nad Białorusią. Średnie ciśnienie atmosferyczne kształtuje się na około 1032 hPa. Temperatura na poziomie 850 hPa wynosi około -5°C , a na poziomie 500 hPa około $-26,5^{\circ}\text{C}$.



Ryc. 7. Grupa I – mapy: A – ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza oraz na powierzchni geopotencjalnej 500 hPa; B – temperatury powietrza na powierzchni geopotencjalnej 850 oraz 500 hPa

Fig. 7. Group I – the map of: A – average air pressure at sea level and at geopotential height 500 hPa; B – average air temperature at geopotential height 850 and 500 hPa

Grupa II

Głównym ośrodkiem oddziaływania atmosfery nad Europą jest rozbudowany wyż z centrum nad Polską i zachodnimi Niemcami, pokrywający niemalże całą powierzchnię kontynentu. Ciśnienie w centrum wyżu wynosi 1032 hPa (ryc. 8A). Nad Oceanem Atlantyckim zaznacza się Niż Islandzki z centrum przesuniętym na południowy zachód od Islandii. Ciśnienie atmosferyczne w centrum niżu na poziomie morza osiąga 992 hPa. Podobnie jak w grupie pierwszej, nad obszarem Europy Środkowej zaznacza się adwekcja powietrza z południowego zachodu.

Europa Wschodnia znajduje się w zasięgu napływu kontynentalnej masy powietrza z północnego wschodu. Występuje tam najniższa temperatura powietrza, osiągając wartości na powierzchni 850 i 500 hPa odpowiednio -9 oraz -29°C (ryc. 8B). W Europie Środkowej izotermie cechuje przebieg zbliżony do południkowego. Wartości rosną w kierunku południowo-zachodnim.

Praga leży w centrum wyżu. Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza wynosi 1032 hPa. Temperatura na poziomie 850 hPa to około -7°C , a na powierzchni 500 hPa około -27°C .

Grupa III

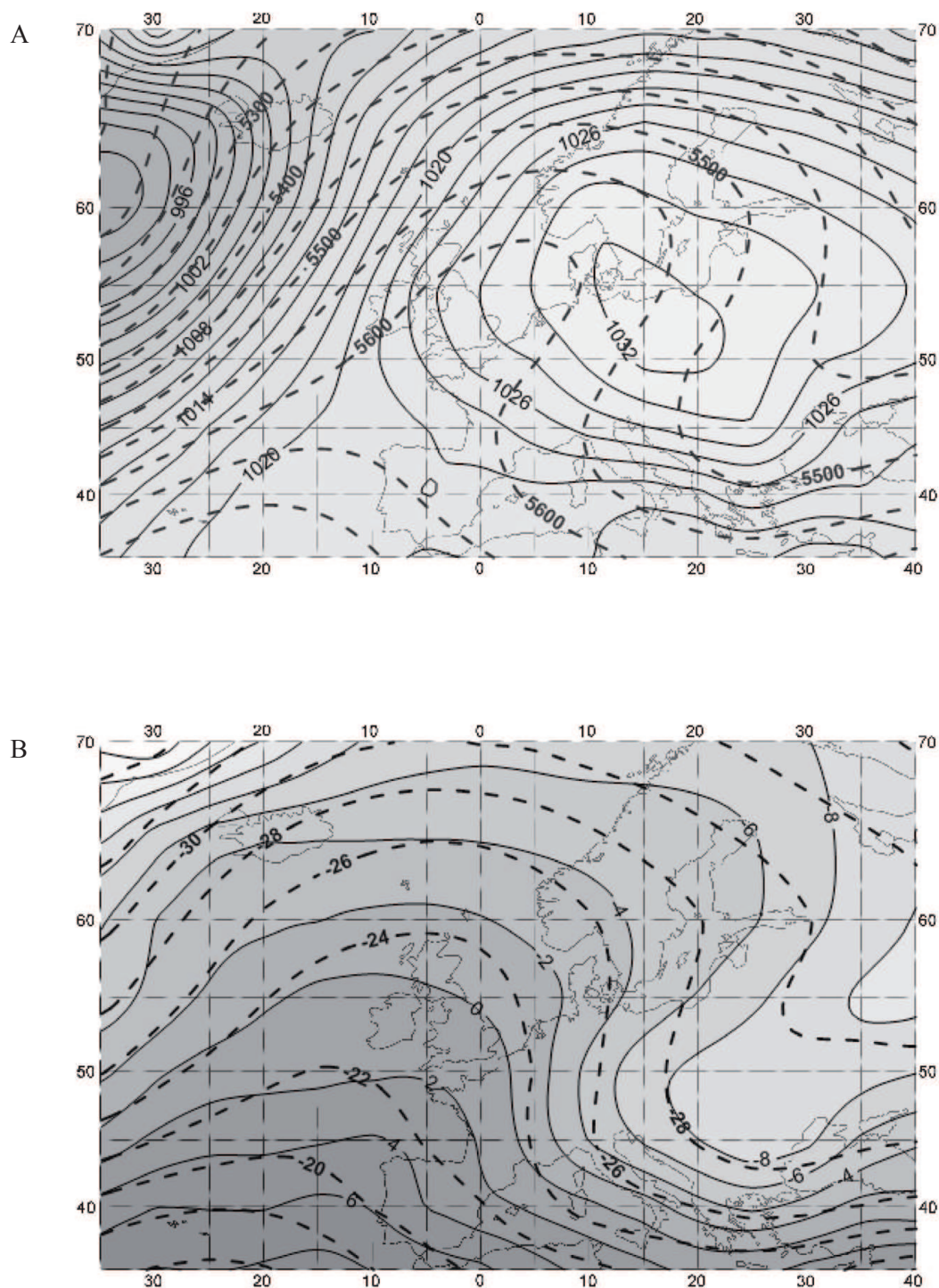
Obszar Europy znajduje się pod działaniem przesuniętego do niższych szerokości geograficznych Niżu Islandzkiego oraz obszaru podwyższonego ciśnienia atmosferycznego (1016 hPa) rozciągającego się od wschodnich Niemiec aż po Morze Czarne. Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza w centrum niżu wynosi 990 hPa (ryc. 9A).

Temperatura powietrza na powierzchni izobarycznej 850 hPa zawiera się w przedziale od -15 na północy do 7°C na południu kontynentu. Na powierzchni izobarycznej 500 hPa temperatura powietrza osiąga wartości od -36 do -18°C (ryc. 9B).

Praga zlokalizowana jest obszarze podwyższonego ciśnienia atmosferycznego. W pobliżu miasta przebiega izobara 1016 hPa. Wartości temperatur powietrza na powierzchni izobarycznej 850 i 500 hPa osiągają odpowiednio -5 oraz -27°C .

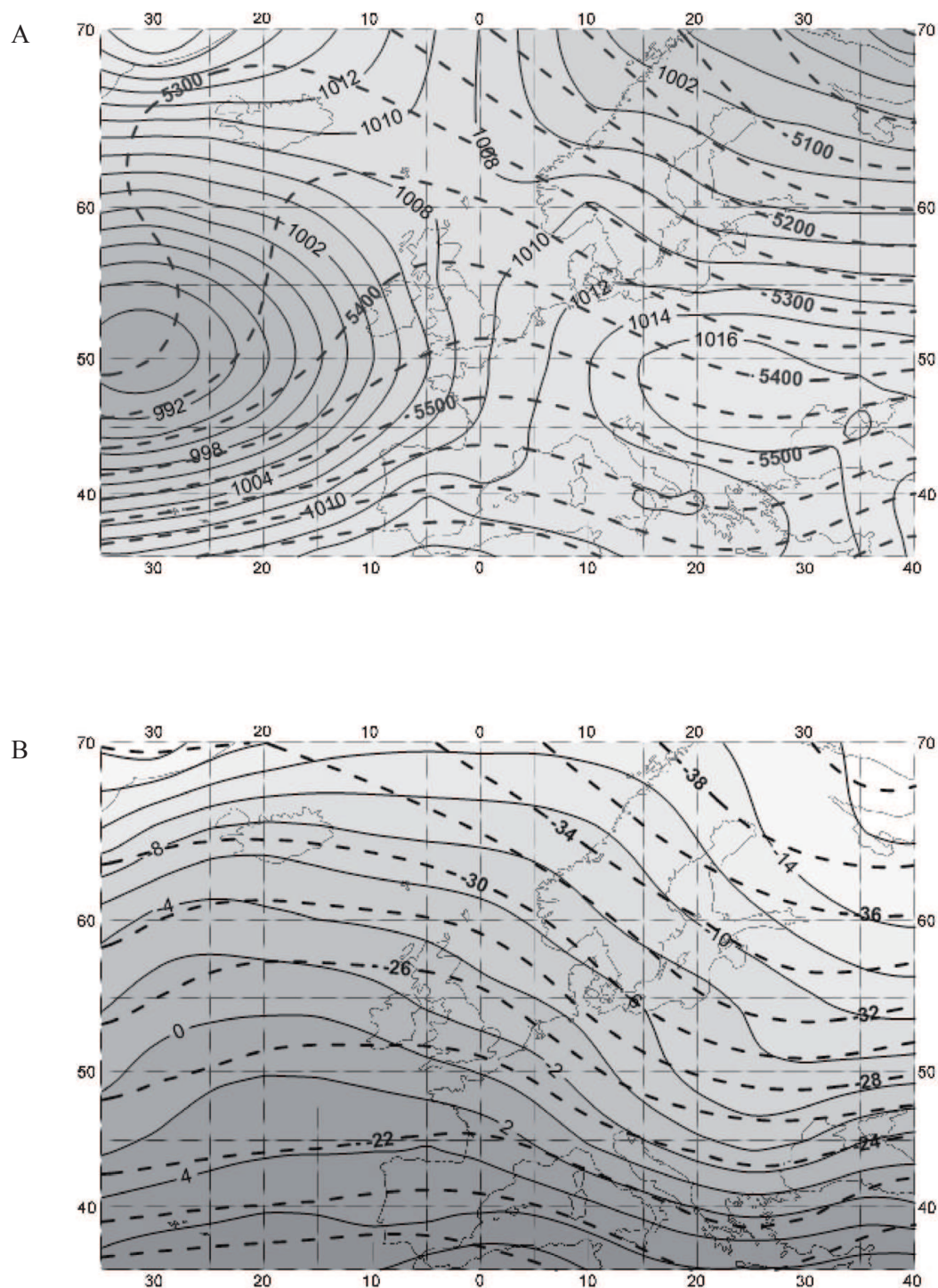
Grupa IV

Analizując rozkład ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza, na zachód od wybrzeża Europy kształtuje się ośrodek wyżowy z ciśnieniem atmosferycznym w centrum o wartości 1023 hPa (ryc. 10A).



Ryc. 8. Grupa II – mapy: A – ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza oraz na powierzchni geopotencjalnej 500 hPa; B – temperatury powietrza na powierzchni geopotencjalnej 850 oraz 500 hPa

Fig. 8. Group II – the map of: A – average air pressure at sea level and at geopotential height 500 hPa; B – average air temperature at geopotential height 850 and 500 hPa



Ryc. 9. Grupa III – mapy: A – ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza oraz na powierzchni geopotencjalnej 500 hPa; B – temperatury powietrza na powierzchni geopotencjalnej 850 oraz 500 hPa

Fig. 9. Group III – the map of: A – average air pressure at sea level and at geopotential height 500 hPa; B – average air temperature at geopotential height 850 and 500 hPa

Obszar Europy Środkowej oraz Wschodniej jest pod zasięgiem napływu mas powietrza z północnego zachodu. W znacznej części Europy występuje przebieg izoterm zbliżony do równoleżnikowego (ryc. 10B). Najwyższe wartości temperatury powietrza (850 hPa: 11°C, 500 hPa: -16°C) występują w rejonie Morza Śródziemnego. Najniższymi wartościami charakteryzuje się północna część Półwyspu Skandynawskiego (850 hPa: -4°C, 500 hPa: -28°C).

Praga znajduje się na obszarze klina podwyższonego ciśnienia atmosferycznego, którego wartość na poziomie morza wynosi około 1016 hPa. Na powierzchni izobarycznej 850 hPa temperatura powietrza osiąga wartość około 0°C, a na poziomie 500 hPa około -23°C.

Grupa V

Głównymi ośrodkami barycznymi występującymi nad Europą są Niż Islandzki, z centrum zlokalizowanym na południe od Islandii, oraz wyż z centrum nad północną Białorusią. Wartość ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza w centrum niżu wynosi 1000 hPa, a w centrum wyżu – 1019 hPa (ryc. 11A).

Na powierzchni izobarycznej 850 hPa temperatura powietrza osiąga wartości od -1 do 12°C, na poziomie 500 hPa zaś od -14 do -25°C (ryc. 11B).

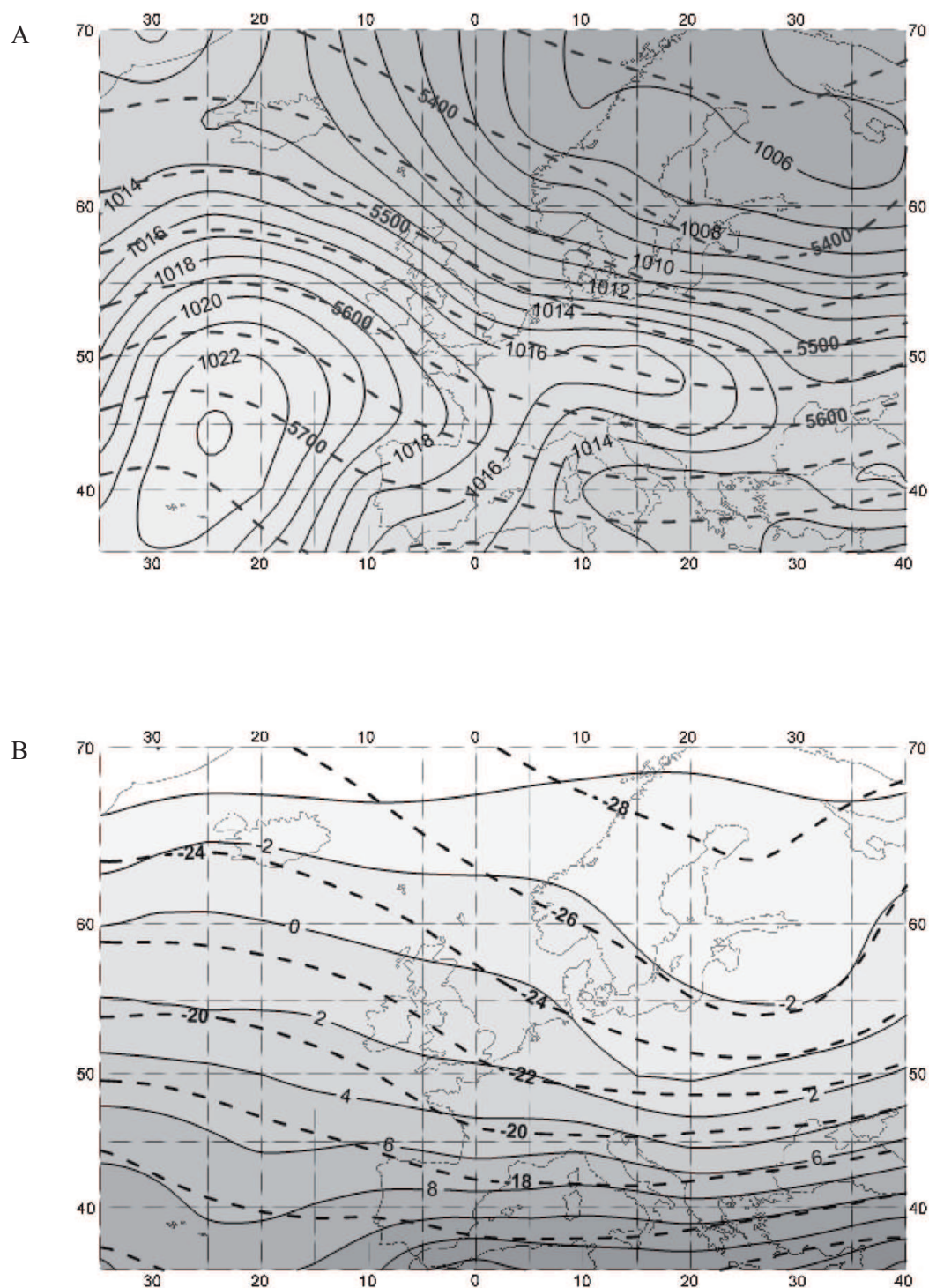
Praga znajduje się w zasięgu oddziaływania wyżu z centrum nad Białorusią. Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza wynosi tam około 1016 hPa. Temperatura powietrza na powierzchni izobarycznej 850 hPa to około 6°C, a na poziomie 500 hPa osiąga około -18,5°C.

Grupa VI

Europa znajduje się pod wpływem rozległego ośrodka wyżowego z centrum nad południową Skandynawią. Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza w centrum wyżu wynosi ponad 1020 hPa (ryc. 12A). Na południu Europy występuje lokalny niż z centrum nad Sardinia, zasięgiem obejmujący basen Morza Śródziemnego. Nad południowy zachód od Islandii występuje niż islandzki z ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza w centrum poniżej 1012 hPa.

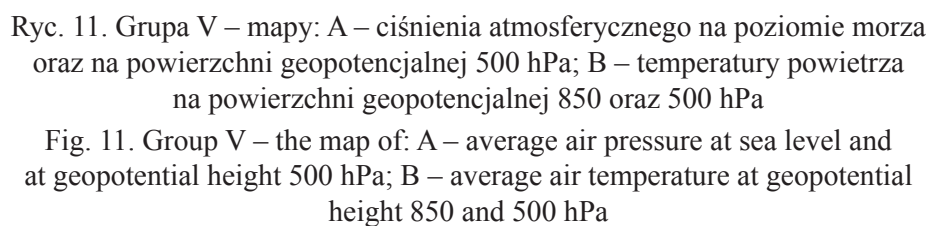
Najniższa temperatura powietrza odnotowywana jest na północy Półwyspu Skandynawskiego (powierzchnia izobaryczna 850 hPa: -3°C, 500 hPa: -26°C). Najwyższe wartości temperatury powietrza zaznaczają się w basenie Morza Śródziemnego (powierzchnia izobaryczna 850 hPa: 15°C, 500 hPa: -15°C).

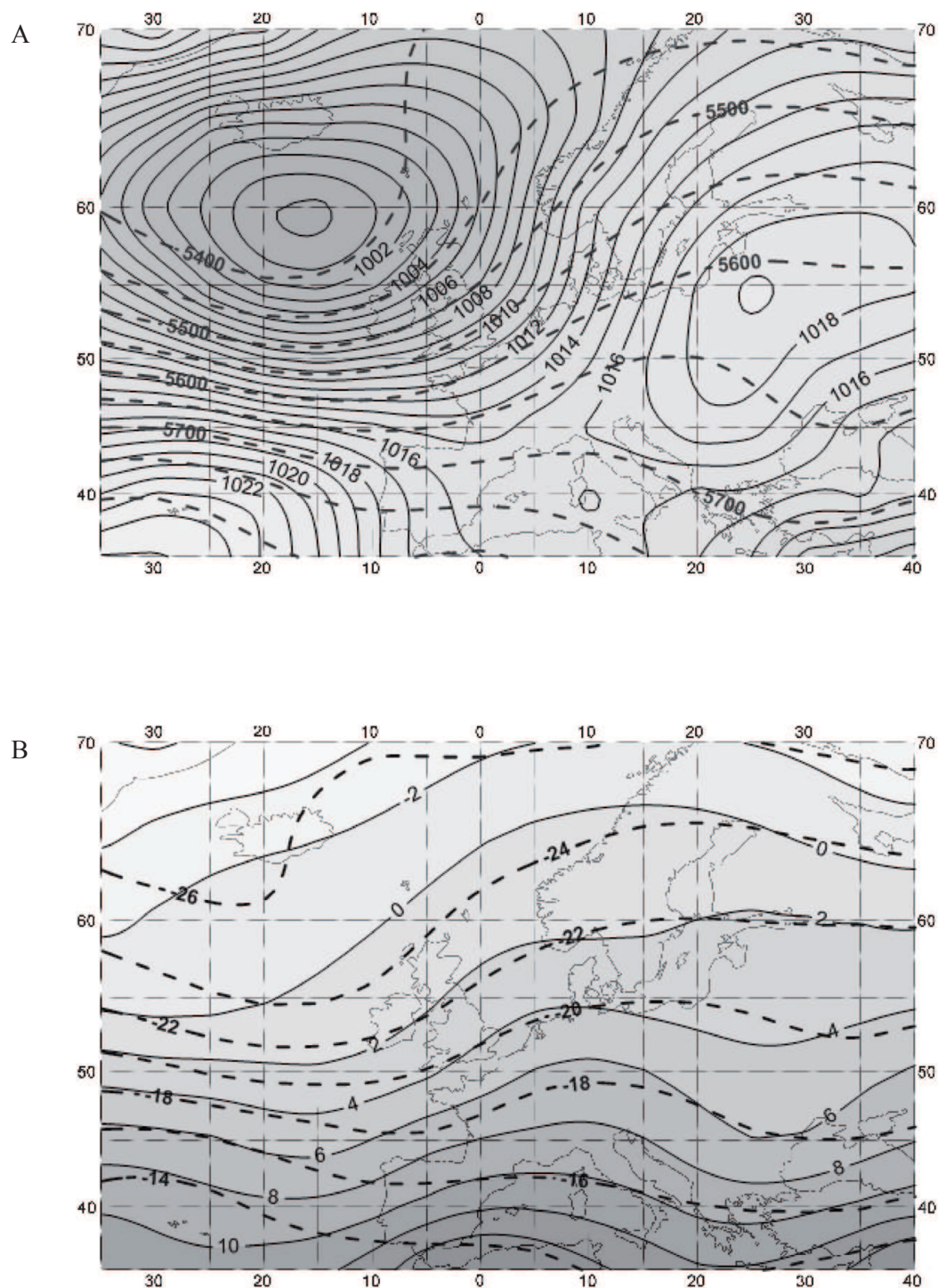
Praga jest pod wpływem działania wyżu z centrum nad Skandynawią. Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza wynosi tam około 1018 hPa. Temperatura powietrza na poziomie 850 hPa to około 5°C, a na poziomie 500 hPa około -20°C (ryc. 12B).



Ryc. 10. Grupa IV – mapa: A – ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza oraz na powierzchni geopotencjalnej 500 hPa; B – temperatury powietrza na powierzchni geopotencjalnej 850 oraz 500 hPa

Fig. 10. Group IV – the map of: A – average air pressure at sea level and at geopotential height 500 hPa; B – average air temperature at geopotential height 850 and 500 hPa





Ryc. 12. Grupa VI – mapy: A – ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza oraz na powierzchni geopotencjalnej 500 hPa; B – temperatury powietrza na powierzchni geopotencjalnej 850 oraz 500 hPa

Fig. 12. Group VI – the map of: A – average air pressure at sea level and at geopotential height 500 hPa; B – average air temperature at geopotential height 850 and 500 hPa

Grupa VII

Nad obszarem Europy znajduje się rozbudowany ośrodek wyżowy z centrum nad południową Skandynawią. Swoim zasięgiem obejmuje obszar prawie całego kontynentu europejskiego. Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza w centrum wyżu wynosi 1032 hPa (ryc. 13A).

Na powierzchni izobarycznej 850 i 500 hPa temperatura powietrza osiąga najmniejsze wartości na wschodzie kontynentu (odpowiednio -10°C oraz -32°C). Wartości temperatury powietrza rosną w kierunku zachodnim oraz południowym. Na południu Europy zaznacza się wyraźny równoleżnikowy przebieg izoterm (ryc. 13B).

Praga zlokalizowana jest na obszarze oddziaływania ośrodka wysokiego ciśnienia z centrum nad Skandynawią. Średnia wartość ciśnienia na poziomie morza to 1027 hPa. Temperatura powietrza na wysokości 850 hPa wynosi około $-6,5^{\circ}\text{C}$, a na poziomie 500 hPa około -28°C .

Z analizy powyższych map wynika, iż dni charakteryzujące się największą intensywnością zjawiska miejskiej wyspa ciepła w Pradze w dużej mierze są skorelowane z oddziaływaniem ośrodków wyżowych.

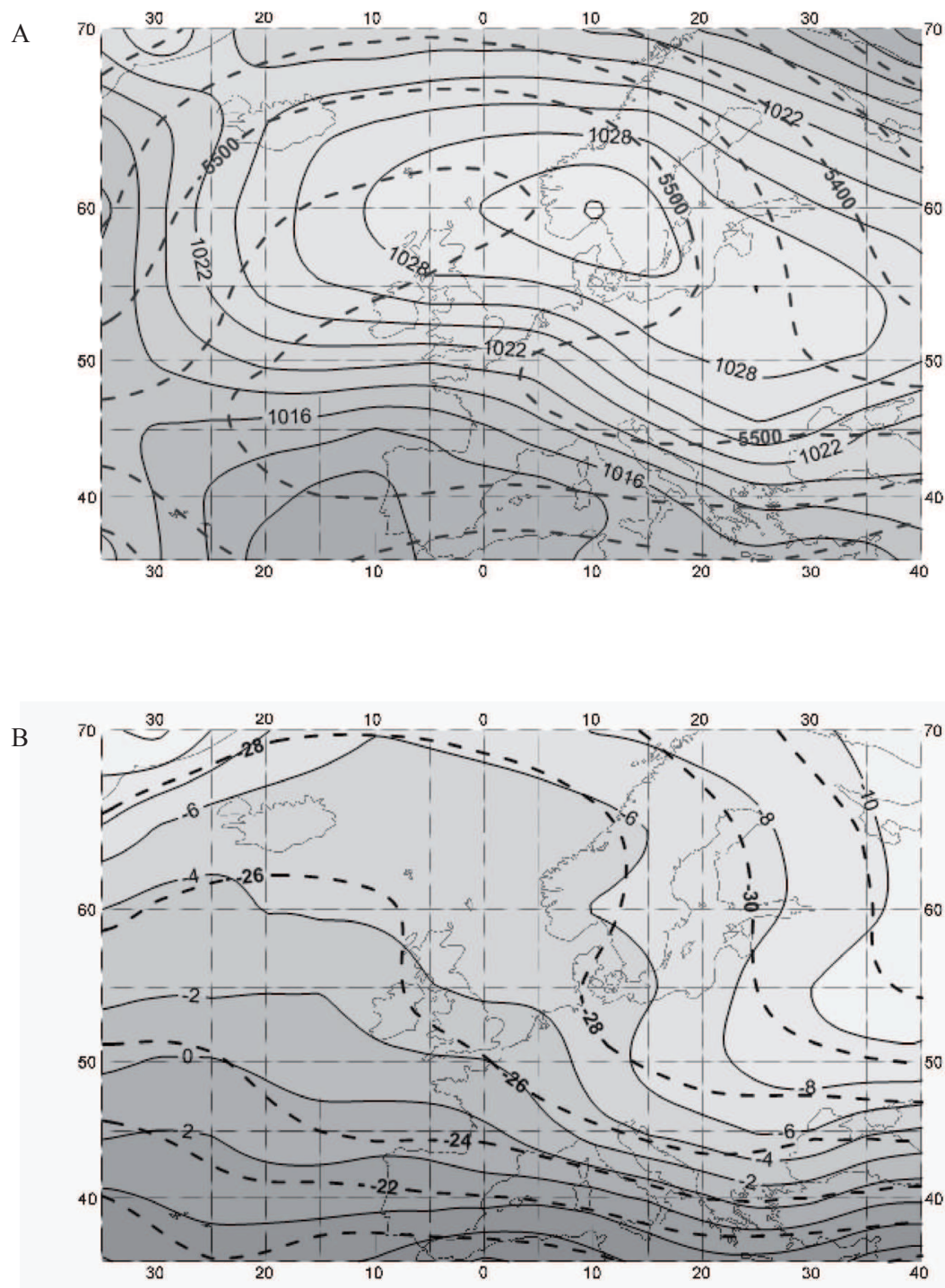
Dominującymi kierunkami napływu mas powietrza, podczas których różnice termiczne pomiędzy centrum miasta a peryferiami w rejonie Pragi są największe, są napływy z południowego wschodu oraz ze wschodu kontynentu.

Wartości średniej temperatury powietrza na powierzchni izobarycznej 850 oraz 500 hPa w poszczególnych grupach nad obszarem Pragi są, w większości przypadków, mniejsze od średniej wartości dla analizowanych 30 lat (tab. 3).

Tabela 3. Porównanie: wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (SLP), temperatury powietrza na wysokości 850 hPa (T_{850}) i 500 hPa (T_{500}) oraz kierunku napływu mas powietrza poszczególnych grup z wartościami średnimi dla wielolecia nad obszarem Pragi

Table 3. Comparison of air pressure at sea level (SLP), air temperature at geopotential height 850 hPa (T_{850}) and 500 hPa (T_{500}) and the direction of air masses flow in groups with average values in Prague

	SLP [hPa]	T_{850} [$^{\circ}\text{C}$]	T_{500} [$^{\circ}\text{C}$]	Kierunek napływu mas powietrza <i>Direction of air masses flow</i>
1976–2005	1016	+3	–21	–
Grupa I	1032	–5	–26,5	SE
Grupa II	1032	–7	–27	SE
Grupa III	1016	–5	–27	SE
Grupa IV	1016	0	–23	W
Grupa V	1016	+6	–18,5	S
Grupa VI	1018	+5	–20	E
Grupa VII	1027	–6,5	–28	E



Ryc. 13. Grupa VII – mapy: A – ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza oraz na powierzchni geopotencjalnej 500 hPa; B – temperatury powietrza na powierzchni geopotencjalnej 850 oraz 500 hPa

Fig. 13. Group VII – the map of: A – average air pressure at sea level and at geopotential height 500 hPa; B – average air temperature at geopotential height 850 and 500 hPa

MIEJSKA WYSPA CIEPŁA W RÓŻNYCH WARUNKACH SYNOPTYCZNYCH

Na obszarze Pragi występowaniem zjawiska miejskiej wyspy ciepła w różnych sytuacjach synoptycznych zajmowali się między innymi Beranová i Huth (2003), którzy zauważyli, że w latach 1961–1990 największa intensywność miejskiej wyspy ciepła występuje w sytuacjach antycyklonalnych z przeważającym kierunkiem napływu mas powietrza z północy i północnego wschodu.

W dalszej części zastosowano klasyfikację sytuacji synoptycznych według katalogu z 1968 r. pod red. J. Brádki, opublikowanego przez Instytut Hydrometeorologiczny w Pradze. Wykorzystano również nadtypy sytuacji synoptycznych zastosowane przez Beranová i Hutha (tab. 4).

Tabela 4. Klasyfikacja typów sytuacji synoptycznych (Beranová, Huth, 2003)

Table 4. Classification of synoptic situations (Beranová, Huth, 2003)

Nadtyp <i>Supertype</i>	Typy cyrkulacji <i>Type of circulation</i>
Cyklonalny	B, Bp, C, Cv, Ec, Nc, NEc, NWc, SEc, SWc1, SWc2, SWc3, Wc, Wcs
Antycyklonalny	A, Ap1, Ap2, Ap3, Ap4, Ea, NEa, Nwa, Sa, SEa, SWa, Wa, Wal
N+NE	Nc, NEc, NEa
E+SE	Ec, Ea, SEc, SEa
S+SW	Sa, SWc1, SWc2, SWc3, SWa
W+NW	Wc, Wcs, Wa, Wal, NWc, Nwa

Spośród wybranych dni najczęściej występującymi sytuacjami synoptycznymi na obszarze Pragi są: Ap3, NEa oraz Ea (ryc. 14). Zaliczane są one do grupy sytuacji antycyklonalnych. Liczba dni z miejską wyspą ciepła, podczas których pogoda w Pradze jest kształtowana przez antycyklony, wynosi 118. W nadtypie antycyklonalnym najmniejszą częstość występowania (1 dzień) osiąga sytuacja Nwa – północno-zachodnia sytuacja antycyklonalna.

Sytuacja Ap3 (częstość występowania 22 dni) – wędrowny wyż typu III – jest tworzona antycyklonem, który przemieszcza się przez Europę Centralną zgodnie z przeważającym kierunkiem przepływu mas powietrza. W typie III ośrodek wysokiego ciśnienia przemieszcza się od Szetlandów przez Morze Północne w kierunku południowych Karpat.

Sytuacja NEa (21 dni) – północno-wschodnia sytuacja antycyklonalna – związana jest z występowaniem wyżu barycznego z centrum nad południową Skandynawią. Klin wysokiego ciśnienia zasięgiem obejmuje Europę Środkową. W okresie zimowym następuje adwekcja powietrza arktycznego. Pozostała część Europy znajduje się w zasięgu oddziaływania ośrodków niskiego ciśnienia atmosferycznego z licznymi systemami frontów.

Sytuacja Ea (17 dni) – wschodnia sytuacja antycyklonalna – cechuje się występowaniem wyżu barycznego z centrum nad północno-wschodnią Europą. Zasięgiem może obejmować jedynie Europę Środkową lub tworzy klin wysokiego ciśnienia sięgający aż do Wyżu Azorskiego. Zimą sytuacja ta skutkuje bardzo niską temperaturą powietrza, a latem napływem suchego, ciepłego, kontynentalnego powietrza.

Nadtyp cyklonalny występuje podczas 116 dni. Typowe dla niego sytuacje to B oraz NEc. Najmniejszym udziałem odznacza się sytuacja C – niż nad Europą Środkową – występuje tylko jeden raz podczas wybranych dni.

Sytuacja B (18 dni) – bruzda niskiego ciśnienia nad Europą Środkową – charakteryzuje się występowaniem ośrodka niskiego ciśnienia z centrum nad zachodnią Skandynawią, Morzem Norweskim lub Morzem Północnym. Bruzda niskiego ciśnienia nad Europą Centralną rozdziela Wyż Azorski od Wyżu Syberyjskiego. Obejmuje ona obszary aż do Morza Śródziemnego. W tym przypadku zaznaczają się dwie drogi przechodzenia frontów atmosferycznych. Pierwsza występuje nad Atlantykiem (znad Atlantyku przez Zatokę Biskajską do Europy Zachodniej lub w kierunku północnym przez Islandię). Druga przebiega od północnych Włoch w kierunku północno-wschodnim przez Węgry, Słowację i Polskę.

Sytuacja NEc (16 dni) – północno-wschodnia sytuacja cyklonalna – związana jest z występowaniem niżu barycznego nad Półwyspem Bałkańskim. Nad Skandynawią zaznacza się ośrodek wyżowy lub obszar ten znajduje się w zasięgu oddziaływania klina wysokiego ciśnienia z Wyżu Azorskiego. Zaistniała sytuacja powoduje wytworzenie frontów atmosferycznych, które wywołują długotrwałe opady deszczu w centralnej części Europy.

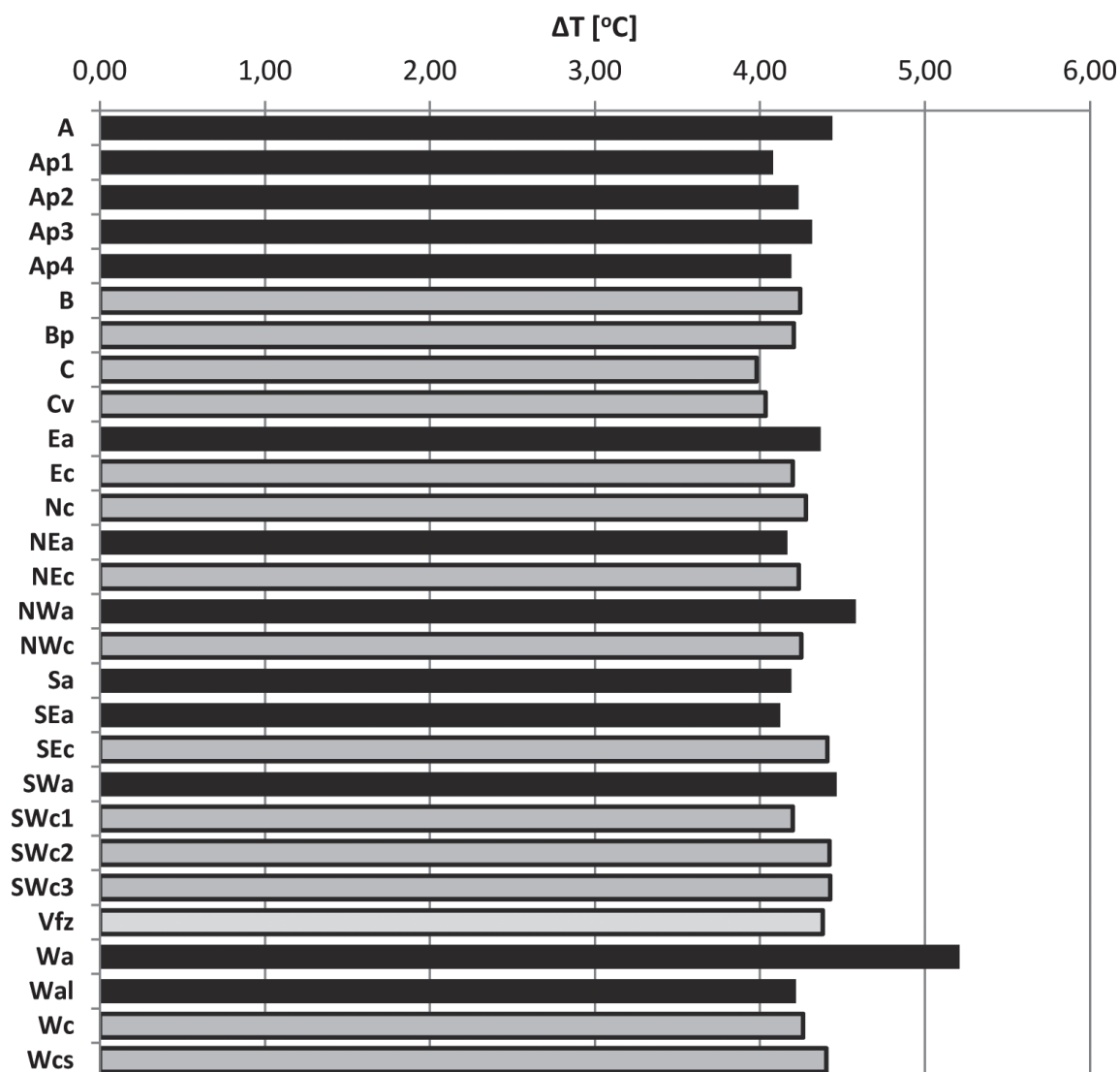
Największa średnia intensywność miejskiej wyspy ciepła ($\Delta T = 5,21^{\circ}\text{C}$) występuje podczas zachodniej sytuacji antycyklonalnej – Wa, kiedy klin wysokiego ciśnienia obejmuje obszar od Azorów przez Francję do basenu Morza Czarnego. Jak wynika z ryciny 14, większe różnice w temperaturze powietrza pomiędzy wybranymi stacjami odnotowano w trakcie sytuacji antycyklonalnych.

Wśród sytuacji cyklonalnych największą wartością ΔT charakteryzuje się sytuacja SWc3 – południowo-zachodnia ($\Delta T = 4,43^{\circ}\text{C}$). Związane jest to z przemieszczaniem się frontów atmosferycznych z południowego zachodu w kierunku północnego wschodu.

Częstość występowania sytuacji antycyklonalnych jest największa w okresie zimy i wynosi 58 dni. W cieplej połowie roku zaznacza się przewaga sytuacji cyklonalnych (wiosna – 33 dni, lato – 35 dni). Jesienią liczba dni, podczas których wystąpiły sytuacje cyklonalne, jak i antycyklonalne, jest równa 6.

Biorąc pod uwagę kierunek cyrkulacji atmosferycznej, najczęściej występują sytuacje synoptyczne z nadtypu północnego oraz wschodniego.

W okresie zimy, podczas dni z miejską wyspą ciepła, największą częstością występowania charakteryzują się sytuacje z sektorów: północnego (29 dni)



Ryc. 14. Średnia intensywność miejskiej wyspy ciepła w poszczególnych sytuacjach synoptycznych

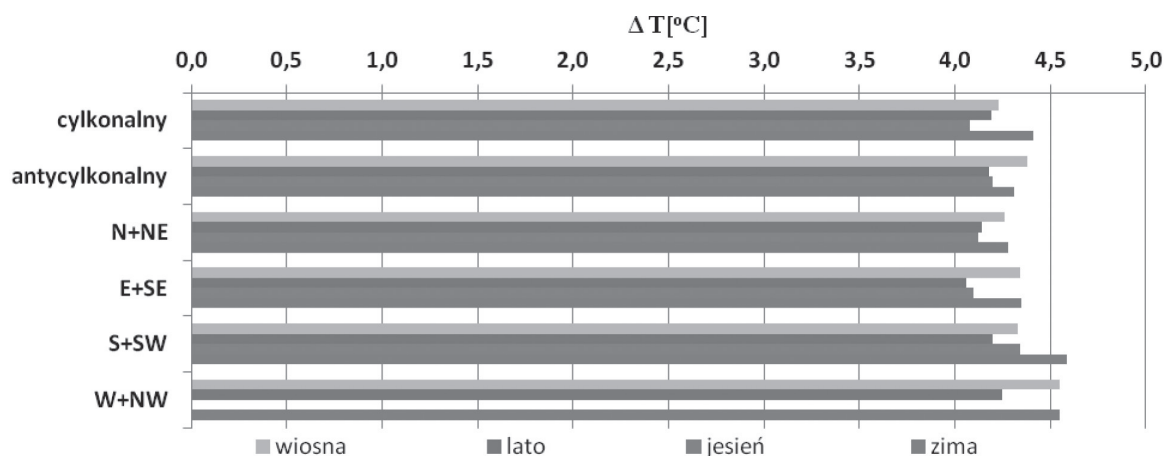
Kolorem pomarańczowym zaznaczono nadtyp antycyklonalny, kolorem zielonym nadtyp cyklonalny

Fig. 14. Average intensity of the urban heat island for individual circulation types
Types divided into an anticyclonic (black colour) and a cyclonic (gray colour) supertypes

i wschodniego (31 dni). Sytuacje synoptyczne o zachodnim i północno-zachodnim kierunku napływu mas powietrza przeważają podczas lata – 14 dni.

Średnia intensywność miejskiej wyspy ciepła dla nadtypu antycyklonalnego wynosi $4,29^{\circ}\text{C}$, a dla nadtypu cyklonalnego $4,27^{\circ}\text{C}$.

Największa średnia intensywność miejskiej wyspy ciepła w nadtypie cyklonalnym występuje zimą ($4,41^{\circ}\text{C}$). Nadtyp antycyklonalny cechuje się największym natężeniem miejskiej wyspy ciepła w okresie wiosny ($4,28^{\circ}\text{C}$). Jesienią większe różnice temperatury zaznaczają się podczas sytuacji antycyklonalnych (ryc. 15).



Ryc. 15. Średnia intensywność miejskiej wyspy ciepła w zależności od nadtypu sytuacji synoptycznej i pory roku

Fig. 15. Average seasonal intensity of urban heat island grouped by the supertypes

Największą średnią różnicą temperatury powietrza ($4,59^{\circ}\text{C}$) charakteryzuje się nadtyp południowy i południowo-zachodni w okresie zimy. Można również zauważyć, iż właśnie zimą natężenie miejskiej wyspy ciepła, niezależnie od kierunku cyrkulacji atmosferycznej, jest największe.

Wiosną zaznacza się duża intensywność miejskiej wyspy ciepła w nadtypie zachodnim i północno-zachodnim. Średnia różnica temperatury wynosi $4,55^{\circ}\text{C}$.

Lato oraz jesień charakteryzują się najniższą średnią intensywnością miejskiej wyspy ciepła niezależnie od kierunku cyrkulacji.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań charakterystyki występowania zjawiska miejskiej wyspy ciepła na obszarze Pragi w latach 1976–2005 można stwierdzić, iż:

1. Zjawisko miejskiej wyspy ciepła w Pradze jest powszechne. Zlokalizowana w centrum miasta stacja Klementinum wykazuje najwyższe wartości spośród wszystkich charakterystyk temperatury powietrza. Dotyczy to między innymi przebiegu średniej rocznej temperatury powietrza w wieloleciu (w tym również średniej rocznej maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza).
2. Częstość występowania dni z najsilniej zaznaczającym się zjawiskiem miejskiej wyspy ciepła nie wykazuje regularności, biorąc pod uwagę dane z wielolecia. Jednak w ciągu roku częstość występowania miejskiej wyspy ciepła o dużej intensywności zaznacza się wyraźną cyklicznością. Najwięcej dni z miejską wyspą ciepła notuje się zimą oraz na przełomie wiosny i lata. Najmniej natomiast na początku wiosny oraz jesienią.
3. Występowanie zjawiska miejskiej wyspy ciepła o dużej intensywności sko-

- relowane jest z oddziaływaniem ośrodków wyżowych. Dominującym kierunkiem napływu mas powietrza, podczas których różnice termiczne pomiędzy centrum miasta a peryferiami w rejonie Pragi są największe, jest napływ z południowego wschodu oraz wschodu kontynentu.
4. Liczba dni z miejską wyspą ciepła, podczas których pogoda w Pradze jest kształtowana przez antycyklony, wynosi 118 (ogółem wyróżniono 242 dni). Najczęściej występującymi sytuacjami synoptycznymi zaliczanymi do antycyklonalnych są: Ap3, NEa oraz Ea. Nadtyp cyklonalny występuje podczas 116 dni. Zwykle występują sytuacje B oraz NEc.
 5. Największa intensywność miejskiej wyspy ciepła w Pradze zaznacza się podczas sytuacji antycyklonalnych. Największą średnią różnicę temperatury powietrza pomiędzy centrum miasta a stacją tła ($\Delta T = 5,21^{\circ}\text{C}$) zanotowano dla sytuacji Wa – zachodniej antycyklonalnej. Wśród sytuacji cyklonalnych największą średnią intensywnością miejskiej wyspy ciepła cechuje się sytuacja SWc3 – południowo-zachodnia III typu ($\Delta T = 4,43^{\circ}\text{C}$). Różnica średniej intensywności miejskiej wyspy ciepła pomiędzy nadtypem antycyklonalnym oraz cyklonalnym wynosi $0,02^{\circ}\text{C}$, przyjmując wartości $4,29^{\circ}\text{C}$ dla nadtypu antycyklonalnego oraz $4,27^{\circ}\text{C}$ dla nadtypu cyklonalnego.
 6. Częstość występowania sytuacji antycyklonalnych warunkująca powstanie miejskiej wyspy ciepła jest największa w okresie zimy. W cieplej połowie roku, podczas dni z miejską wyspą ciepła, zaznacza się przewaga sytuacji cyklonalnych. Warto zauważyć, iż podczas jesieni liczba dni, w których wystąpiły sytuacje cyklonalne, jak i antycyklonalne, jest taka sama.
 7. Biorąc pod uwagę kierunek cyrkulacji atmosferycznej, podczas dni z największymi różnicami termicznymi pomiędzy centrum miasta a peryferiami najczęściej występują sytuacje synoptyczne z nadtypu północnego oraz wschodniego. Szczególnie wyraźnie sytuacja taka zaznacza się w okresie zimowym. Jednak, na podstawie przeprowadzonych analiz, można zauważyć, iż zimą natężenie miejskiej wyspy ciepła jest największe niezależnie od kierunku cyrkulacji atmosferycznej. Wiosną przeważającym kierunkiem cyrkulacji atmosfery jest kierunek południowy. Sytuacje o zachodnim i północno-zachodnim kierunku napływu mas powietrza przeważają w czasie lata.

LITERATURA

- Beranová R., Huth R., 2003: *Pražský tepelný ostrov za různých synoptických podmínek*. Meteorologické Zprávy, 56, Český Hydrometeorologický Ústav, Praha.
- Bertaud A., Bertaud M., 2002: *Note on Prague's City Structure*. <<http://alain-bertaud.com/>>.
- Brázdil R., 1993: *The Homogeneity of Air Temperature Measurements Prague-Klementinum with Respect to the Intensification of the Urban Heat Island*. Zesz. Nauk. Uniw. Jagiellońskiego MCXIX, Pr. Geogr., z. 95.
- Brázdil R., Budíková M., 1999: *An Urban Bias in Air Temperature Fluctuations at the Klementinum, Prague, the Czech Republic*. Atmospheric Environment, 33.

- Fortuniak K., 2010: *Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne*. Wyd. Uniw. Łódzkiego, Łódź.
- HMÚ, 1968: *Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR*. Hydrometeorologický Ústav, Praga. <<http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo/>>.
- Kalnay et al., 1996: *The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project*. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 77.
- Oke T.R., 1982: *The energetic basis of the urban heat island*. Q.J.R. Met. Soc.
- Oke T.R., 1987: *Boundary Layer Climates*. 2nd ed., Methuen, London.
- Skrzypski J., 2008: *Klimat miast*. [W:] S. Liszewski (red.), *Geografia urbanistyczna*. Wyd. Uniw. Łódzkiego, Łódź.
- Sulovská S., Kožnarová V., 2011: *Proměnlivost teploty vzduchu v prostředí městské zástavby*. [W:] H. Středová, J. Rožnovský, T. Litschmann, *Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředí*. Česká bioklimatologická společnost, Praga.
- Szymanowski M., 2004: *Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu*. Act. Univ. Wratisl., 2690, Stud. Geogr., 77, Wyd. Uniw. Wrocławskiego, Wrocław.
- Voogt J.A., 2004: *Urban Heat Islands: Hotter Cities*. <<http://www.actionbioscience.org/>>.
- Zimny H., 2005: *Ekologia miasta*. Agn. Reklamowo-Wydawnicza A. Grzegorzczak, Warszawa.

URBAN HEAT ISLAND IN PRAGUE UNDER DIFFERENT SYNOPTIC CONDITIONS

Summary

The process of urbanization changes the natural properties of the Earth's surface and atmosphere. The best known property of the urban climate is the positive thermal anomaly in city centres compared to rural areas. This phenomenon is called an urban heat island.

The main aim of this paper is to describe the urban heat island phenomenon in the Prague agglomeration environment in the period 01.01.1976–31.12.2005.

The first part of this paper contains a comparative description of the selected climatological stations in Prague. Those stations are: Klementinum – located in the city centre, Libuš – located in the south-western part of the city, and Ruzyně – an airport station located in the north-eastern part of the city (used as the background station).

The second part characterizes the seasonality of the occurrence and intensity of the urban heat island in Prague. For this purpose the daily average air temperatures data for the Klementinum and Ruzyně stations was used. Due to the frequent occurrence of positive thermal anomalies in the centre of Prague, days with a thermal difference between the city centre (Klementinum) and the background station (Ruzyně) greater than 3.98°C were chosen. This value is the sum of the average air temperature for the 30 years analyzed and two standard deviations.

This article also tries to determine the average atmospheric pressure during days with urban heat island. For this purpose, the data obtained by The Twentieth

Century Reanalysis Project was used grouped into seven groups using Ward's method.

The last part contains the statistical calculations of frequency of particular types of atmospheric circulation during the days of urban heat island.

The above-mentioned analysis has shown that the urban heat island phenomenon is common in Prague. The station located in the city centre – Klementinum – has the highest air temperature characteristics among the selected stations in the 30 years analyzed. The most days with urban heat island are noted in winter and at the beginning of summer. The most intensive urban heat island in Prague is correlated with the impact of high-pressure centres with a dominant flow of air masses from the south-east and eastern part of continental Europe.