

**Magdalena Kuchcik,
Jarosław Baranowski**

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

00–818 Warszawa, ul. Twarda 51/55

e-mail: mkuchcik@twarda.pan.pl,

e-mail: j.bar@twarda.pan.pl

**RÓŻNICE TERMICZNE MIĘDZY OSIEDLAMI
MIESZKANIOWYMI O RÓŻNYM UDZIALE
POWIERZCHNI CZYNNEJ BIOLOGICZNIE**

**Thermal differences between the housing estates
of different ratio of biologically vital areas**

Summary. The paper presents the partial results of the multidisciplinary project assessing the ratio of biologically vital areas (RBVA) as an indicator in spatial planning of the housing estates in Poland. The article focuses on air temperature differences between the 18 housing estates characterized by different RBVA, different surrounding, the age of buildings, arrangement etc. The automatic measurements of the air temperature in each of estate were conducted from autumn 2008 to July 2010. They indicate that the warmest housing estates are those of the smallest participation of green areas (less than 20%), situated in the city centre but also those of RBVA c. 40%. The coldest are the estates of peripheral location but also those with higher participation of biologically vital area (up to 60%). The thermal differences between them reach 9.6°C in summer and 5.5°C in winter. The results point out the RBVA threshold of c. 45% above which the function of the natural environment in the city is not completely changed.

Słowa kluczowe: topoklimat, tereny zieleni w mieście, osiedla mieszkaniowe, Warszawa
Key words: topoclimate, green areas in the city, the housing estates, Warsaw

WPROWADZENIE

Powszechnie wiadomo, że klimat miasta różni się znacząco od warunków pozamiejskich, a najlepiej opisaną i zbadaną cechą klimatu miasta jest występowanie miejskiej wyspy ciepła (Oke 1995, Fortuniak 2003). Znacznie słabiej

poznany jest wpływ terenów zieleni w mieście na warunki aerosanitarne, termiczno-wilgotnościowe czy odczuwane przez człowieka (Błażejczyk 2002, Kuchcik 2002). Część nielicznych badań z tej dziedziny dotyczy warunków klimatycznych panujących w parkach o różnej wielkości, strukturze i położeniu. Praktycznie brak jest jednak prac charakteryzujących wpływ zieleni miejskiej na warunki termiczne w różnych typach zabudowy.

Dlatego też istotne są wyniki projektu kierowanego przez Szulczewską, prof. SGGW, którego celem była ocena zasadności i uwarunkowań stosowania wskaźnika terenów biologicznie czynnych jako standardu kształtowania zarówno środowiska przyrodniczego, jak i struktury przestrzennej terenów zabudowy mieszkaniowej. W ramach tego projektu klimatolodzy z Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk przeanalizowali i dokonali oceny wpływu terenów biologicznie czynnych na kształtowanie się warunków klimatycznych osiedli mieszkaniowych.

METODYKA BADAŃ

Badania w projekcie miały charakter wielodyscyplinarny. Prowadzono analizy klimatyczne, hydrologiczne, biologiczne, percepcji społecznej czy struktury funkcjonalno-przestrzennej. Badaniami objęto 18 osiedli o różnym udziale terenów biologicznie czynnych (TBC). Początkowy wybór opierał się na analizie obrazów satelitarnych, następnie wybrane już osiedla zostały dokładnie zinventaryzowane i przedstawione na mapach (ryc. 1).

W ramach analizy warunków klimatycznych wykonano stacjonarne (październik 2008 – lipiec 2010 r.) oraz marszrutowe (wybrane dni czerwca i sierpnia 2009 r.) pomiary temperatury i wilgotności powietrza na 18 osiedlach (pomiary marszrutowe rozszerzono o prędkość wiatru i odczucie ciepłe).



Ryc. 1. Zdjęcie oraz mapa jednego z analizowanych osiedli – Pańska

Fig. 1. The picture and a map of one of the analysed housing estate – Pańska

Wewnątrz lub w pobliżu osiedli zainstalowano czujniki HOBO – automatyczne, niewielkich rozmiarów minirejestratory, które mierzyły temperaturę powietrza na dwóch poziomach (0,1 i 1,5 m nad gruntem) lub temperaturę i wilgotność powietrza na poziomie 1,5 m nad gruntem.

Czujniki były umieszczone nad powierzchnią trawiastą, ale równocześnie w miejscach bezpiecznych, by nie uległy zniszczeniu lub kradzieży. Większość z nich sąsiadowała z budynkami, co powodowało, że czasem nagrzewały się bardziej niż reszta osiedla, dlatego bardzo ważne w analizie wyników było uwzględnianie specyfiki każdej lokalizacji. W trzech przypadkach (Hoża, Sandomierska, Włodarzewska) czujniki zlokalizowano poza osiedlem, ale w jego bezpośrednim sąsiedztwie.

W artykule przedstawiona zostanie część wyników dotycząca zróżnicowania termicznego między osiedlami, wynikającego m.in. z udziału terenów biologicznie czynnych, położenia osiedli w mieście, sąsiedztwa terenu zabudowanego lub otwartego, czy charakteru zabudowy osiedla.

PRZEDSTAWIENIE OBIEKTU BADAŃ

Wybrane osiedla różniły się między sobą udziałem terenów biologicznie czynnych wahającym się od 16% do 67% (tab. 1), ale też sąsiedztwem terenu otwartego lub zabudowanego. Były wśród nich osiedla 10–15-letnie (m.in. Kamińskiego, Włodarzewska), jak i wybudowane częściowo w latach 50. i 60. XX wieku (np. Bokserska, Koło, Olbrachta). Były osiedla o bardzo jednorodnej strukturze (Kamińskiego, Koło, Limanowskiego), jak też osiedla o bardzo zróżnicowanym charakterze i wieku budynków (Hoża, Sandomierska, Pańska). Zlokalizowane były w kilku dzielnicach Warszawy, a najbardziej peryferyjne położenie miały osiedla Kamińskiego w Białołęce oraz Włodarzewska na Ochocie.

Tabela 1. Udział terenów biologicznie czynnych (TBC) na analizowanych osiedlach
Table 1. Ratio of biologically vital area (RBVA) on the analysed housing estates

Osiedla	Hoża	Pańska	Sandomierska	Włodarzewska	Zgr Żmija	Kamińskiego	Literacka	Orzycka	Rzymowskiego	Duracza	Olbrachta	Koło	Lanego	Domaniewska	Bokserska	Conrada	Limanowskiego	Bernardyńska
TBC (%)	16,4	17,7	18,2	40,7	41,7	44,5	47,1	48,6	51,2	51,8	52,5	54,3	56,9	57,8	58,6	59,6	65,1	67,4

WYNIKI BADAŃ

Ogólnie w ciągu roku najcieplej jest na osiedlach z małym udziałem (ok. 20%) terenów biologicznie czynnych (TBC): Hoża, Pańska, Sandomierska, ale także Zgrupowania Żmija. Wśród nich szczególnie wyróżnia się osiedle Hoża, gdzie od października do kwietnia-maja jest zdecydowanie najcieplej spośród wszystkich osiedli. I o ile zjawisko to jest korzystne dla człowieka w chłodnym półroczu, to jest jednoznacznie negatywne w półroczu ciepłym. Osiedla Hoża, Pańska i Sandomierska leżą w ścisłym centrum miasta i wysoką temperaturę powietrza można tu tłumaczyć największym natężeniem miejskiej wyspy ciepła. Wysoka temperatura na osiedlu Zgrupowania Żmija, leżącym poza zasięgiem najintensywniejszej miejskiej wyspy ciepła, może wynikać zarówno z lokalizacji czujnika na terenie patio otoczonego 5 i 6-kondygnacyjną zabudową, ale także zwartości i układu zabudowy całego osiedla (tab. 2).

Najchłodniej jest na osiedlach Kamińskiego, Włodarzewska, Bokserska i Conrada. Dwa pierwsze to osiedla młode, o małym udziale terenów biologicznie czynnych (ok. 40%), ale leżące na obrzeżach miasta. Dwa pozostałe to osiedla położone bliżej centrum, ale starsze, 40–60-letnie, o znacznym udziale terenów biologicznie czynnych (ok. 60%), w tym zwłaszcza wysokich drzew liściastych, co wskazuje na pozytywne oddziaływanie zieleni na kształtowanie warunków klimatycznych (tab. 2).

Różnice termiczne między osiedlami są najlepiej widoczne w skrajnych wartościach temperatury powietrza, zwłaszcza w okresie wegetacyjnym, w tym szczególnie podczas pogody radiacyjnej. Latem (26 czerwca – 2 lipca 2010 r.) różnice między najsilnie nagrzewającymi się osiedlami Zgrupowania Żmija i Bernardyńska a względnie chłodnymi w ciągu dnia Hożą i Conrada wynosiły ok. 9,6°C. Najbardziej nagrzewało w ciągu dnia i ochładzało nocą powietrze na stanowisku na osiedlu Bernardyńska, usytuowanym na granicy terenu otwartego, wyeksponowanym na działanie promieni słonecznych, ale też wypromienowanie ciepła nocą. Najcieplejsze nocą i najchłodniejsze w dzień było powietrze w zacienionej przez większą część dnia studni miejskiej na ulicy Hożej. W najcieplejsze dni temperatura maksymalna powietrza wynosiła tu dokładnie tyle, co na leżącym na obrzeżach miasta, względnie chłodnym osiedlu Kamińskiego (ryc. 2).

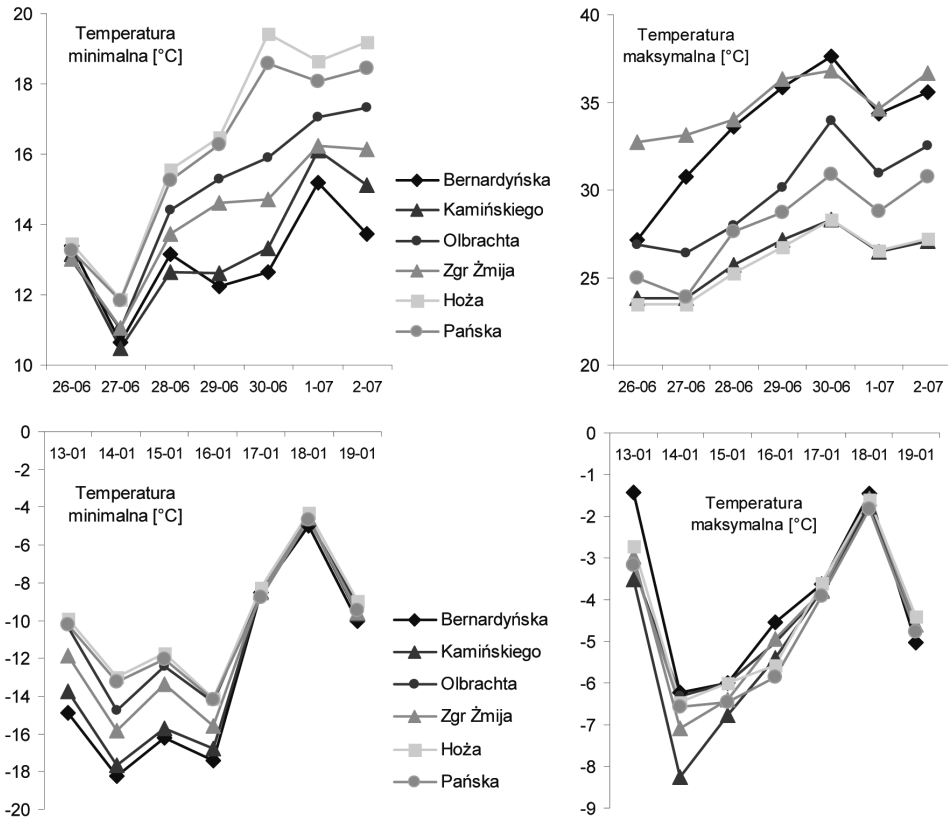
Zimą w czasie pogody radiacyjnej temperatura powietrza była najniższa na osiedlach Bernardyńska i Kamińskiego. Różnica między tymi osiedlami a Hożą i Pańską przekroczyła 5,5°C. Na osiedlu Kamińskiego notowano niską temperaturę zarówno minimalną, jak i maksymalną. Na osiedlu Bernardyńska natomiast temperatura maksymalna była wysoka, co potwierdza znaczne nagrzewanie się podczas słonecznych i mroźnych dni leżącego nieopodal terenu otwartego (ryc. 2).

Tabela 2. Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) na poziomie 1,5 m nad gruntem w badanych osiedlach**Table 2.** Monthly mean air temperature (°C) 1.5 m above the ground in the housing estates

	Hoża	Pańska	Sandomierska	Włodarzewska	Zgr. Żmija	Kamińskiego	Literacka	Orzycka	Rzymowskiego	Duracza	Olbrachta	Koło	Langeo	Domaniowska	Bokerska	Comrada	Limanowskiego	Bernardyńska
2008/10	·	11,0	-	10,3	10,7	·	10,5	10,8	10,7	10,7	10,6	·	10,7	10,2	10,4	10,3	10,8	·
2008/11	·	5,8	5,7	5,4	5,6	5,6	5,5	5,8	5,6	5,8	5,7	5,6	5,7	5,5	5,6	5,4	5,7	5,5
2008/12	2,4	2,0	1,9	1,5	1,8	1,7	1,7	1,9	1,7	1,9	1,9	1,9	1,7	1,5	1,7	1,7	1,7	1,4
2009/01	-1,5	-1,8	-2,0	-2,5	-2,2	-2,4	-2,4	-2,0	-2,2	-2,1	-2,1	-2,1	-2,2	-2,3	-2,3	-2,4	-2,2	-2,5
2009/05	14,9	·	14,7	14,2	15,0	14,1	14,7	14,3	14,9	14,4	14,4	14,1	14,8	13,7	14,2	14,1	14,2	14,6
2009/06	17,0	·	16,8	16,5	17,0	16,6	·	16,6	17,3	16,7	16,7	16,5	17,0	·	16,5	16,4	16,6	17,3
2009/07	21,2	·	20,9	20,5	21,3	20,6	·	20,6	21,4	20,6	20,8	20,5	21,1	·	20,4	20,3	20,6	21,2
2009/08	19,9	20,3	19,7	19,1	20,5	19,1	·	19,3	19,9	19,5	19,6	19,1	19,6	·	19,0	19,3	·	·
2009/09	16,8	17,3	16,6	15,7	17,0	15,8	15,5	16,2	16,6	16,0	16,3	15,7	16,2	15,2	15,7	16,0	·	·
2009/10	7,8	7,5	7,4	7,0	7,2	7,1	7,1	7,4	7,3	7,2	7,3	7,2	7,2	7,0	7,1	7,0	·	·
2009/11	6,4	6,1	6,1	5,7	6,2	6,2	5,9	6,1	·	6,2	6,1	6,1	5,9	5,7	5,8	5,9	6,0	5,8
2009/12	-0,1	-0,5	-0,6	-0,7	-0,5	-0,7	-0,5	-0,5	·	-0,5	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,8
2010/01	-6,9	-7,3	-7,4	-7,6	-7,5	-8,1	·	-7,5	·	-7,4	-7,3	-7,4	-7,5	-7,6	-7,7	-7,8	-7,7	-8,0
2010/02	-0,9	-1,3	-1,2	-1,6	-1,1	-1,4	·	-1,3	·	-1,3	-1,2	-1,4	-1,3	-1,4	-1,5	-1,5	-1,5	-1,4
2010/03	4,8	4,5	4,6	4,0	4,6	4,2	4,1	4,4	4,5	4,5	4,5	4,2	4,4	4,1	4,2	4,2	4,5	4,4
2010/04	10,7	10,8	10,6	9,9	10,7	9,8	9,9	10,2	10,3	10,3	10,4	10,0	10,5	9,8	10,1	10,0	10,1	10,2
2010/05	14,6	14,4	14,3	14,0	14,6	13,9	·	14,1	14,4	14,1	14,3	14,0	14,4	14,0	14,0	13,9	14,1	14,5
2010/06	18,9	18,9	18,7	18,4	19,3	18,3	18,4	18,4	19,0	18,5	18,6	18,3	19,0	18,4	18,4	18,3	18,3	19,1
2010/07	23,1	23,2	22,9	22,3	23,6	22,2	22,5	22,5	23,2	22,5	22,7	22,3	23,1	22,2	22,4	22,4	22,5	23,2

Największą średnią dobową amplitudą temperatury cechuje się osiedle Bernardyńska, które ma największy udział terenów zieleni (TBC = 67%). Średnia dobową amplitudą temperatury powietrza latem przekracza tu 16°C, zimą zaś 5–7°C. Wraz ze spadkiem udziału roślinności na osiedlach zmniejsza się dobową amplitudą temperatury. Najmniejsze jej wartości oraz najmniejszą zmienność w roku występuje na osiedlu Hoża (TBC = 16%), gdzie zimą średnia dobową amplitudą temperatury wynosi ok. 4°C, a latem jedynie ok. 8°C.

W czasie pogody radiacyjnej wyraźnie widać wpływ zabudowy, która zmniejsza różnice termiczne i zmniejsza dobową amplitudę temperatury powietrza.



Ryc. 2. Przebieg temperatury powietrza w wybranych osiedlach w okresach pogody radiacyjnej latem (26.06–2.07.2010) i zimą (13–19.01.2010)

Fig. 2. The air temperature in chosen housing estates during clear sky weather in summer (26.06–2.07.2010) and winter (13–19.01.2010)

DYSKUSJA WYNIKÓW

W miastach polskich miejska wyspa ciepła osiąga zwykle natężenie 5–8°C, a jej maksymalne udokumentowane wartości przewyższają 7°C w Krakowie (Lewińska i in. 1990) i Wrocławiu (Szymanowski 2004), 10°C w Warszawie (Wawer 1995) czy 12°C w Łodzi (Fortuniak 2003). Są to różnice między warunkami miejskimi a wiejskimi. W przedstawionych badaniach różnice między poszczególnymi typami zabudowy w Warszawie sięgały 9,6°C latem i 5,5°C zimą.

Ogólnie parki traktowane są jako jeziora chłodu i wilgoci, ale ich oddziaływanie na tereny zewnętrzne zmienia się w zależności od charakteru samych parków, jak i strefy klimatycznej (Kossowska-Cezak 1978, Spronken-Smith, Oke 1998). Pozytywne oddziaływanie parków na sąsiadujące z nimi osiedla widoczne jest na przykładzie m.in. osiedla Duracza. Równocześnie potwierdza się niestety fakt, że architekci planując osiedla sąsiadujące, czasem prawie bezpośrednio z parkiem (np. osiedle Włodarzewska), jednocześnie otaczają je betonowymi murami, niwecząc pozytywny wpływ terenów zieleni i ograniczając go jedynie do samego parku.

Badania wskazały na pozytywny, ochładzający wpływ pasa lub grupy drzew wysokich (Streiling, Matzarakis 2003) rosnących w osiedlu z niewielkim udziałem terenów biologicznie czynnych (Hoża, Kamińskiego). Potwierdził się też brak oddziaływania na warunki klimatyczne niewielkich trawników, a wyraźny wpływ trawników o dużej powierzchni (Kopacz-Lembowicz i in. 1984, Olszewski 1978). W przypadku opisywanych badań była to żyzna łąka na osiedlu Włodarzewska, o powierzchni ok. 2500 m², która pośrednio wywoływała lokalną cyrkulację powietrza, meliorując warunki aerosanitarne i bioklimatyczne.

WNIOSKI

Wyniki pomiarów temperatury powietrza na 18 warszawskich osiedlach wskazują, że osiedla ze wskaźnikiem terenów biologicznie czynnych nie mniejszym niż 42–45% charakteryzują się dużą zawartością zabudowy, a jednocześnie na ich terenie funkcjonowanie środowiska przyrodniczego nie jest istotnie zaburzone. Osiedla o terenach biologicznie czynnych poniżej 42% (Hoża, Pańska, Sandomierska, Włodarzewska i Zgrupowania Żmija) mają niekorzystne warunki termiczne, podczas gdy na dwóch następnych w kolejności udziału TBC, Kamińskiego (44,5%) oraz Orzyckiej (48,6%), warunki te są korzystniejsze.

Literatura

- Błajejczyk K., 2002, *Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej*. Dok. Geogr., IGiPZ, 26.
- Fortuniak K., 2003, *Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne*. Wyd. UŁ, Łódź.
- Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., 1984, *Wpływ zieleni miejskiej na klimat lokalny*. [w:] *Wpływ zieleni na kształtowanie środowiska miejskiego*, Instytut Kształtowania Środowiska, PWN, Warszawa, 61–78.

- Kossowska-Cezak U., 1978, *Wpływ dużego kompleksu zieleni miejskiego na warunki termiczno-wilgotnościowe (na przykładzie warszawskiego Ogrodu Zoologicznego)*. Prace i Studia IG UW, 26, *Klimatologia* 11, 11–36.
- Kuchcik M., 2002, *Wyniki szczegółowych badań klimatu odczuwalnego w Warszawie*. [w:] K., Błażejczyk *Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej*, Dok. Geogr., IGiPZ PAN, 26, 139–149.
- Lewińska J., Zgud K., Baścik J., Wiatrak W., 1990, *Klimat obszarów zurbanizowanych*. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa.
- Oke T.R., 1995, *Boundary Layer Climates*. Methuen, London.
- Olszewski K., 1978, *Rola trawników w kształtowaniu warunków termiczno-wilgotnościowych w mieście*. Prace i Studia IG UW, 26, *Klimatologia* 11, 93–116.
- Spronken-Smith R.A, Oke T. R., 1998, *The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates*. Int. Jour. of Remote Sensing, 19, 1, 2085–2104.
- Streiling S., Matzarakis A., 2003, *Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study*. Jour. of Arboriculture, 29 (6), 309–316.
- Szymanowski M., 2004, *Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu*. Studia Geogr., 77, Wyd. Uniw. Wrocław., Wrocław.
- Wawer J., 1995, *Wpływ warunków pogodowych na intensywność miejskiej wyspy ciepła w Warszawie*. [w:] K. Kłysik (red.), *Klimat i bioklimat miast*, Wyd. UŁ, Łódź, 71–78.