

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

ATLAS WARSZAWY

zeszyt 4

Teresa Kozłowska-Szczęsna,
Krzysztof Błażejczyk, Barbara Krawczyk

Środowisko fizycznogeograficzne - niektóre zagadnienia



Warszawa 1996

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

ATLAS WARSZAWY

zeszyt 4

Teresa Kozłowska-Szczęsna,
Krzysztof Błażejczyk, Barbara Krawczyk

Środowisko fizycznogeograficzne - niektóre zagadnienia



Warszawa 1996

<http://rcin.org.pl>

Redakcja Atlasu Warszawy:
Grzegorz Węclawowicz, Janusz Księżak, Andrzej Jarosz

Opiniował do druku:
Prof. dr Janusz Paszyński

© Copyright 1996
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

Redakcja techniczna zeszytu:
Krzysztof Błażejczyk, Anna Beata Adamczyk

Adres redakcji:
00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30
tel. 26-99-95
fax. 26-72-67

Spis treści

Przedmowa	VII
Środowisko fizycznogeograficzne Warszawy - niektóre zagadnienia	VIII

Spis map i kartodiagramów (skala $\approx 1:155\ 000$):

Mapy satelitarne:

Pokrycie i użytkowanie terenu	1
Wskaźnik pokrycia roślinnością	2
Rozkład temperatury podłoża atmosfery	3
Stan zagrożenia środowiska	4

Podstawowe elementy meteorologiczne:

Rozmieszczenie punktów pomiarowych	5
Sumy usłonecznienia (godz.) rok 1961-1990	6
Sumy usłonecznienia (godz.) wiosna 1961-1990	7
Sumy usłonecznienia (godz.) lato 1961-1990	8
Sumy usłonecznienia (godz.) jesień 1961-1990	9
Sumy usłonecznienia (godz.) zima 1961-1990	10
Zachmurzenie średnie dobowe w styczniu (%) w zależności od kierunku cyrkulacji 1971-1980	11
Zachmurzenie średnie dobowe w kwietniu (%) w zależności od kierunku cyrkulacji 1971-1980	12
Zachmurzenie średnie dobowe w lipcu (%) w zależności od kierunku cyrkulacji 1971-1980	13
Zachmurzenie średnie dobowe w październiku (%) w zależności od kierunku cyrkulacji 1971-1980	14
Średnia roczna temperatura powietrza (°C) 1961-1980	15
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) styczeń 1961-1980	16
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) luty 1961-1980	17
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) marzec 1961-1980	18
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) kwiecień 1961-1980	19
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) maj 1961-1980	20
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) czerwiec 1961-1980	21
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) lipiec 1961-1980	22
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) sierpień 1961-1980	23
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) wrzesień 1961-1980	24
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) październik 1961-1980	25
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) listopad 1961-1980	26
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C) grudzień 1961-1980	27
Średnie odchylenia temperatur ekstremalnych powietrza od wartości zmierzonych na Okęciu (°C), okres chłodny XI-III (na podstawie wybranych danych z lat 1951-1980)	28

IV

Średnie odchylenia temperatur ekstremalnych powietrza od wartości zmierzonych na Okęciu (°C), okres ciepły V-X (na podstawie wybranych danych z lat 1951-1980)	29
Średnia miesięczna wilgotność względna powietrza (%) 1971-1980	30
Średnie roczne sumy opadów (mm) 1961-1980	31
Średnia roczna liczba dni z opadem $\geq 0,1$ mm 1961-1980	32
Średnia roczna liczba dni z opadem $\geq 10,0$ mm 1961-1980	33
Średnie roczne prawdopodobieństwo wystąpienia deszczu ulewnego (%) 1961-1970	34
Średnia częstość kierunków wiatru (%) - Rok	35

Lokalne różnicowanie środowiska:

Roślinność rzeczywista	36
Główne jednostki rzeźby terenu	37
Względne wartości całkowitego promieniowania słonecznego	38
Względne wartości prędkości wiatru	39
Względne wartości temperatury powietrza przy zachmurzeniu $< 51\%$ (ciepła połowa roku)	40
Przewidywany rozkład temperatury powietrza przy zachmurzeniu $< 51\%$ i przy prognozie dla Okęcia 30°C	41
Przewidywany rozkład temperatury powietrza przy zachmurzeniu $< 51\%$ i przy prognozie dla Okęcia 20°C	42
Przewidywany rozkład temperatury powietrza przy zachmurzeniu $< 51\%$ i przy prognozie dla Okęcia 10°C	43
Względne wartości temperatury powietrza przy zachmurzeniu $> 80\%$ (ciepła połowa roku)	44
Przewidywany rozkład temperatury powietrza przy zachmurzeniu $> 80\%$ i przy prognozie dla Okęcia 30°C	45
Przewidywany rozkład temperatury powietrza przy zachmurzeniu $> 80\%$ i przy prognozie dla Okęcia 20°C	46
Przewidywany rozkład temperatury powietrza przy zachmurzeniu $> 80\%$ i przy prognozie dla Okęcia 10°C	47
Przewidywany rozkład prędkości wiatru przy prognozie dla Okęcia 2 m s^{-1}	48
Przewidywany rozkład prędkości wiatru przy prognozie dla Okęcia 4 m s^{-1}	49
Przewidywany rozkład prędkości wiatru przy prognozie dla Okęcia 8 m s^{-1}	50
Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka przy niebie bezchmurnym i chmurach typu Ci i Ac oraz Cu ($< 50\%$ pokrycia nieba); wysokość Słońca 10°	51
Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka przy niebie bezchmurnym i chmurach typu Ci i Ac oraz Cu ($< 50\%$ pokrycia nieba); wysokość Słońca 30°	52
Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka przy niebie bezchmurnym i chmurach typu Ci i Ac oraz Cu ($< 50\%$ pokrycia nieba); wysokość Słońca 50°	53
Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka przy zachmurzeniu $> 80\%$ typu Cu, Cb, Sc, St, Ns - wysokość Słońca 10°	54

Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka przy zachmurzeniu > 80% typu Cu, Cb, Sc, St, Ns wysokość Słońca 30°	55
Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka przy zachmurzeniu > 80 % typu Cu, Cb, Sc, St, Ns wysokość Słońca 50°	56
Dominujące odczucia cieplne człowieka podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego i przy prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 10°C, prędkość wiatru 2 m s ⁻¹	57
Dominujące odczucia cieplne człowieka podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego i przy prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 10°C, prędkość wiatru 4 m s ⁻¹	58
Dominujące odczucia cieplne człowieka podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego i przy prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 10°C, prędkość wiatru 8 m s ⁻¹	59
Dominujące odczucia cieplne człowieka podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego i przy prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 2 m s ⁻¹	60
Dominujące odczucia cieplne człowieka podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego i przy prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 4 m s ⁻¹	61
Dominujące odczucia cieplne człowieka podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego i przy prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 8 m s ⁻¹	62
Dominujące odczucia cieplne człowieka podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego i przy prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 30°C, prędkość wiatru 2 m s ⁻¹	63
Dominujące odczucia cieplne człowieka podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego i przy prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 30°C, prędkość wiatru 4 m s ⁻¹	64
Dominujące odczucia cieplne człowieka podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego i przy prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 30°C, prędkość wiatru 8 m s ⁻¹	65
Obciążenia cieplne człowieka w dzień pogodny, przy wysokości Słońca 30° i prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 4 m s ⁻¹	66
Obciążenia cieplne człowieka w dzień pogodny, przy wysokości Słońca 30° i prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 8 m s ⁻¹	67
Obciążenia cieplne człowieka w dzień pochmurny, przy wysokości Słońca 30° i prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 4 m s ⁻¹	68
Obciążenia cieplne człowieka w dzień pochmurny, przy wysokości Słońca 30° i prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 8 m s ⁻¹	69
Obciążenia cieplne człowieka w dzień pogodny, przy wysokości Słońca 10° i prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 10°C, prędkość wiatru 8 m s ⁻¹	70

VI

Obciążenia cieplne człowieka w dzień pochmurny, przy wysokości Słońca 10° i prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 10°C, prędkość wiatru 8 m s ⁻¹	71
Obciążenia cieplne człowieka w dzień pogodny, przy wysokości Słońca 50° i prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 30°C, prędkość wiatru 2 m s ⁻¹	72
Obciążenia cieplne człowieka w dzień pochmurny, przy wysokości Słońca 50° i prognozie dla Okęcia: temperatura powietrza 30°C, prędkość wiatru 2 m s ⁻¹	73
<u>Zanieczyszczenie powietrza i gleby:</u>	
Średni roczny opad pyłu (t km ⁻² rok ⁻¹) 1966-1985	74
Roczny opad pyłu (t km ⁻² rok ⁻¹) 1993	75
Zanieczyszczenie powietrza kadmem 1993 (okres wegetacyjny)	76
Zanieczyszczenie powietrza ołowiem 1993 (okres wegetacyjny)	77
Zanieczyszczenie powietrza cynkiem 1993 (okres wegetacyjny)	78
Zanieczyszczenie powietrza miedzią 1993 (okres wegetacyjny)	79
Zawartość kadmu w glebie (w warstwie 0-10 cm) 1980	80
Zawartość ołowiu w glebie (w warstwie 0-10 cm) 1980	81
Zawartość cynku w glebie (w warstwie 0-10 cm) 1980	82
Zawartość miedzi w glebie (w warstwie 0-10 cm) 1980	83
Indeks autorów map	84

WPROWADZENIE

Kolejny, 4 zeszyt Atlasu Warszawy poświęcono środowisku fizycznogeograficznemu. Miasto w wieloraki sposób zmienia naturalne cechy środowiska, np. rodzaj i rozmieszczenie szaty roślinnej, stopień pokrycia terenu, gleby, wody powierzchniowe i podziemne oraz środowisko atmosferyczne, a w mniejszym stopniu rzeźbę terenu. W zeszycie najwięcej uwagi poświęcono zagadnieniom klimatu Warszawy, jako że ten element środowiska fizycznogeograficznego nie był w dotychczasowych opracowaniach kartograficznych prezentowany w sposób zadawalający. Jego wpływ na życie i samopoczucie człowieka oraz na jego działalność jest bardzo ważny, a zazwyczaj niedoceniany. Wprawdzie literatura odnosząca się do klimatu Warszawy jest stosunkowo bogata, jednakże mało jest opracowań ujmujących przestrzennie zróżnicowanie różnych elementów meteorologicznych i wskaźników klimatycznych na obszarze miasta, a to z uwagi na skromną sieć stacji pomiarowych. Przedstawiono także niepublikowane dotychczas przetworzone obrazy satelitarne charakteryzujące różne właściwości podłoża atmosfery.

Najistotniejszą właściwością klimatu miast uprzemysłowionych jest zła jakość powietrza; której widoczną oznaką jest unosząca się nad miastem "kopuła zanieczyszczeń", powodująca zmniejszenie przeźroczystości atmosfery, osłabienie dopływu promieniowania słonecznego (w tym także biologicznie aktywnego promieniowania nadfioletowego) oraz częste występowanie mgieł. Mgła nasycona gazami ("smog") stanowi zagrożenie dla zdrowia człowieka; w zanieczyszczonym powietrzu zwiększa się ilość drobnoustrojów chorobotwórczych. Ponadto na obszarach zurbanizowanych i uprzemysłowionych obserwuje się - w porównaniu z terenami pozamiejskimi - zmniejszenie sum usłonecznienia, podwyższenie temperatury powietrza, zmniejszenie amplitud temperatury powietrza, zmniejszenie wilgotności powietrza, zmienną w dużym zakresie (zależnie od sieci ulic) prędkość wiatru, zmienną ilość promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ulic i placów w zależności od wysokości i zwartości zabudowy, zwiększenie sum opadów atmosferycznych. Mieszkaniec miasta narażony jest również na działanie dodatkowych strumieni ciepła, którego źródłem są powierzchnie sztuczne, akumulujące promieniowanie słoneczne oraz ciepło wytwarzane w procesach przemysłowych i komunalnych. Czynnikiem silnie obciążającym organizm człowieka jest także hałas, którego natężenie często przekracza dopuszczalne normy.

Autorzy wykorzystali wszystkie dostępne im podstawowe materiały obserwacyjne i przedstawili je w postaci kartograficznej. Zaadaptowano także dla potrzeb tego wydawnictwa publikowane mapy rzeźby terenu i roślinności rzeczywistej, włączając je w tworzony cyfrowy system informacji o środowisku przyrodniczym Warszawy. Załączono również mapy zanieczyszczenia metalami ciężkimi powietrza i gleb. Zaproszono do współpracy pracowników różnych instytucji naukowo-badawczych. Efektem tej współpracy były bądź to dodatkowe materiały źródłowe, bądź też gotowe mapy. Trud przygotowania do druku zebranych materiałów podjęli pracownicy Zakładu Klimatologii IGiPZ PAN. Wykorzystano w tym celu sprzęt komputerowy i oprogramowanie będące własnością Instytutu. Ujednolicone i przetworzone mapy były przez ich autorów adiustowane.

Składamy serdeczne podziękowania wszystkim, którzy zechcieli z nami współpracować, a także Urzędowi Miasta Stołecznego Warszawy za dofinansowanie druku Zeszytu.

Teresa Kozłowska-Szczęśna
Grzegorz Węclawowicz

Teresa Kozłowska-Szczęsna, Krzysztof Błażejczyk

Środowisko fizycznogeograficzne Warszawy - niektóre zagadnienia

1. WSTĘP

Warszawa należy do miast o najdłuższej serii pomiarów meteorologicznych w Polsce, rozpoczęły się one bowiem już w lipcu 1647 r., a zatem blisko 350 lat temu. W połowie XVII w. (1654/1655), Warszawa została włączona do pierwszej międzynarodowej sieci pomiarowej tzw. sieci florentyńskiej, obejmującej 11 miejscowości na terenie Europy. Sieć ta działała do 1667 r.; późniejsze próby wznowienia pomiarów były krótkotrwałe. Początek systematycznych obserwacji przypada na 1 stycznia 1779 r., kiedy to ksiądz Jowita Fryderyk Bończa-Bystrzycki, nadworny astronom króla Stanisława Augusta, rozpoczął serię pomiarów meteorologicznych. Prowadzono je początkowo w kilku miejscach Starego Miasta, a od 20 stycznia 1825 r. na terenie Obserwatorium Astronomicznego. W późniejszych latach założono stacje na Okęciu (1932) i na Bielanach (1938).

Wydawałoby się, że tak długie serie pomiarów dostarczyły danych obserwacyjnych, które pozwalają na dokładne rozpoznanie klimatu Warszawy. W rzeczywistości tak nie jest; można stosunkowo dobrze scharakteryzować klimat regionu warszawskiego, nadal jednak niewiele wiemy o klimacie panującym wewnątrz miasta, o jego zróżnicowaniu przestrzennym, tak w aspekcie ilościowym jak i jakościowym. W dużo lepszej sytuacji pod tym względem są inne miasta polskie np. Kraków, Lublin, Łódź, Trójmiasto, Wrocław.

Miasto jest przykładem przemian środowiska, spowodowanych przez działalność człowieka, sztucznie ukształtowanego podłoża atmosfery w postaci budynków, ulic, placów, parków itp. Zmiany wywołane urbanizacją i uprzemysłowieniem występują wyraźnie w środowisku atmosferycznym dużych aglomeracji. Miasto oddziałuje na warunki klimatyczne wskutek zmienionych właściwości fizycznych podłoża. Wymieniając czynniki wpływające na warunki klimatyczne miasta nie sposób pominąć specyficznych jego właściwości radiacyjnych, termicznych, wilgotnościowych czy też aerodynamicznych cech podłoża tworzącego substancję miejską (Paszyński i inni 1971).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie przestrzennego zróżnicowania klimatu oraz innych elementów środowiska fizycznogeograficznego Warszawy na podstawie dotychczasowych badań i istniejących opracowań szczegółowych.

Stosunkowo długie tradycje, sięgające początku lat sześćdziesiątych, w badaniach klimatu i całego środowiska fizycznogeograficznego Warszawy i okolic ma Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego (WGiSR UW). W dorobku Wydziału znajduje się wiele opracowań szczegółowych i syntetycznych w tym około 100 pozycji dotyczących zagadnień klimatycznych wykonanych w Zakładzie Klimatologii Instytutu Nauk Fizycznogeograficznych WGiSR UW. Wszystkie prace opublikowane oraz niepublikowane prace magisterskie i doktorskie zestawiono w opracowaniu zespołowym o charakterze informatora (Stopa-Boryczka, kier. zesp. 1994) pt. "Wkład geografów Uniwersytetu w badania środowiska Warszawy i okolic". Wyniki badań klimatu Warszawy zostały zebrane w dwóch podstawowych tomach: "Z badań klimatu Warszawy" (Stopa-Boryczka, Kossowska-Cezak red. 1992), "Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy" (Stopa-Boryczka i inni 1995). We wspomnianych tomach kilka prac przedstawia przestrzenne zróżnicowanie warunków klimatycznych fragmentów Warszawy; w innych scharakteryzowano głównie klimat regionu warszawskiego.

Z innych placówek naukowo-badawczych zajmujących się różnymi zagadnieniami dotyczącymi klimatu Warszawy wymienić należy przede wszystkim: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), Szkołę Główną Gospodarstwa Wiejskiego Akademię Rolniczą (SGGW AR), Państwowy Zakład Higieny (PZH), Instytut Miasta (IM), Instytut Ochrony Środowiska (IOŚ), Państwową Inspekcję Ochrony Środowiska (PIOŚ), Instytut Geodezji i Kartografii (IGiK), Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej (IGPiK) oraz Zakład Klimatologii IGiPZ PAN.

Informacje o środowisku Warszawy można znaleźć w opracowaniu zbiorowym "Środowisko przyrodnicze Warszawy" (Biernacki, Kazimierski, Wróblewski, red. 1990), w atlasach: "Atlas Warszawy" (1975) i "Atlas Województwa Warszawskiego" (1994) oraz w "Encyklopedii Warszawy" (1994).

2. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Podstawą opracowania zagadnień klimatologicznych były dostępne dane meteorologiczne z sieci państwowej za okresy wieloletnie (głównie 1961-1980). Na załączonej mapie (str. 5) przedstawiono rozkład stacji, posterunków obserwacyjnych i punktów pomiarowych, z których dane zostały wykorzystane w opracowaniu. Zamieszczono również zdjęcia satelitarne Warszawy udostępnione przez Instytut Geodezji i Kartografii, publikowane mapy: geomorfologiczne, roślinności rzeczywistej oraz zanieczyszczeń powietrza i gleby metalami ciężkimi.

Możliwości dokładnego poznania klimatu Warszawy są ograniczone z uwagi na skromną sieć stałych stacji i posterunków obserwacyjnych obejmującą: stację meteorologiczną IMGW na Okęciu, posterunki IMGW na Bielanach i w Ogrodzie Botanicznym (Obserwatorium Astronomiczne) oraz dwa posterunki prowadzone przez uczelnie; na Krakowskim Przedmieściu (UW) i w Wolicy (SGGW AR). W pobliżu Warszawy znajdują się posterunki meteorologiczne w: Brwinowie, Legionowie, Niegowie koło Wyszkowa i w Świdrze. Czynny od 1949 r. posterunek w Nowym Dworze został zlikwidowany w roku 1970. Okresowo (1961-1968) wykonywano również obserwacje przy ul. Czerniakowskiej na terenie Stacji Pomp. W Warszawie prawobrzeżnej nie prowadzono systematycznych pomiarów meteorologicznych, poza opadem atmosferycznym. W latach 1956-1977 na wniosek Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji, została założona gęsta sieć posterunków opadowych na obszarze miasta, która ze względów oszczędnościowych została zlikwidowana w 1978 r. Pomiary opadu wykonywane początkowo przez cały rok z czasem ograniczono tylko do sezonów letnich (Mączak 1990).

Na terenie Warszawy wykonywano także okresowe, krótkotrwałe pomiary topoklimatyczne, w dużej mierze dla celów dydaktycznych. Niestety tylko część z nich została wykorzystana w publikacjach Zakładu Klimatologii WGiSR UW. Podobne badania prowadzone były w Instytucie Przyrodniczych Podstaw Leśnictwa i Hodowli Lasu SGGW AR (Bednarek 1979, 1990). Na uwagę zasługują również badania klimatu odczuwalnego kilku osiedli mieszkaniowych, z wykorzystaniem badań modelowych przewietrzania (w tunelu aerodynamicznym), prowadzone w Instytucie Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej (Fortini-Morawska 1987, 1990).

Zakład Klimatologii IGiPZ PAN, przy współpracy Instytutu Geodezji i Kartografii podjął także próbę rejestracji emisji cieplnej podłoża atmosfery za pomocą aparatury termowizualnej (w kilku dniach czerwca i października 1977 i maja 1978), zainstalowanej na pokładzie samolotu IŁ-14. Równocześnie z rejestracją lotniczą prowadzono pomiary naziemne temperatury różnych typów powierzchni czynnej i temperatury powietrza. Badaniami objęto fragment Warszawy wzdłuż profilu północ-południe od Placu Zamkowego

po Las Kabacki (Kraujalis 1980). Badano także poziom zmeńnienia atmosfery w Warszawie (Krawczyk 1968, Michałowska-Smak 1982).

Z innego rodzaju badań nad środowiskiem Warszawy wymienić należy okresowe pomiary zanieczyszczeń metalami ciężkimi powietrza i gleby wykonywane przez pracowników SGGW AR i Ogrodu Botanicznego PAN (Chmielewski i inni 1992, Czarnowska i Gworek 1988, 1991).

Nie sposób omówić wszystkie badania związane z klimatem i innymi elementami środowiska fizycznogeograficznego Warszawy, starano się jedynie pokazać ich różnorodność.

3. MAPY SATELITARNE WARSZAWY

Mapy satelitarne Warszawy zostały opracowane i udostępnione wraz z komentarzem metodycznym przez Instytut Geodezji i Kartografii. Mapy te dotyczą trzech istotnych cech środowiska fizycznogeograficznego Warszawy: temperatury podłoża atmosfery, rodzaju pokrycia i użytkowania terenu oraz stopnia pokrycia roślinnością. Znajduje się tu także mapa oceniająca zagrożenie środowiska w mieście.

3.1. Pokrycie i użytkowanie terenu

Mapa pokrycia i użytkowania terenu (str. 1) powstała w wyniku analizy obrazu satelitarnego, zarejestrowanego w dniu 11 lipca 1987 r. przez skaner Thematic Mapper, zaistalowany na pokładzie satelity Landsat 5. Obraz ten został poddany korekcji geometrycznej przez dostosowanie do map topograficznych w skali 1:100.000. Analiza odbicia spektralnego w widzialnym i podczerwonym zakresie spektrum pozwoliła na przypisanie poszczególnym elementom treści różne typy pokrycia i użytkowania terenu. Terenowa szczegółowość wydzielen wynosi 30 m; jest ona zdeterminowana rozdzielczością obrazu satelitarnego Landsat Thematic Mapper. W wyniku przeprowadzenia klasyfikacji nadzorowanej została opracowana mapa zawierająca następujące klasy pokrycia i użytkowania ziemi:

- zabudowa zwarta,
- zabudowa luźna,
- drzewostany iglaste,
- drzewostany liściaste,
- drzewostany mieszane,
- tereny zieleni miejskiej,
- tereny rolnicze,
- użytki zielone,
- tereny zdegradowane (robót ziemnych),
- tereny piaszczyste,
- wody powierzchniowe.

Na mapie, poza skupiskami zabudowy, zaznaczają się wyraźnie tereny rolnicze, koncentrujące się na północo-wschodzie (wzdłuż kanału Żerań-Zegrze) oraz na południu (na tarasie zalewowym Wisły) oraz zbiorowiska leśne: las Kabacki na południu i lasy Mazowieckiego Parku Krajobrazowego na wschodzie. Na mapie można także zaobserwować teren budowy metra na Ursynowie oraz Trasy Toruńskiej na Bródnie.

3.2. Wskaźnik pokrycia roślinnością

Mapa wskaźnika pokrycia roślinnością (str. 2) powstała w wyniku przetworzenia obrazu satelitarnego Landsat Thematic Mapper, zarejestrowanego dnia 11 lipca 1987 r. przez

satelitę Landsat 5. Przetworzenie oryginalnego wielospektralnego obrazu satelitarnego polegało na obliczeniu dla każdego elementu nowej wartości radiometrycznej, tzw. znormalizowanego wskaźnika roślinności (NDVI) według wzoru:

$$NDVI = (TM4 - TM3)/(TM4 + TM3)$$

gdzie: TM3 - wartość odbicia spektralnego w kanale 3 (czerwonym) skanera TM,
TM4 - wartość odbicia spektralnego w kanale 4 (podczerwonym) skanera TM.

Mapa przedstawia rozkład stopnia pokrycia terenu każdego piksela (o wielkości 30x30 m) roślinnością. Na większości obszaru Warszawy wskaźnik pokrycia roślinnością przekracza 0,40 (to znaczy, że w każdym pikselu zieleń stanowi co najmniej 40% terenu). W centrum miasta wskaźnik ten nie przekracza wartości 0,10.

3.3. Rozkład temperatury podłoża atmosfery

Mapa rozkładu temperatury podłoża atmosfery (str. 3) powstała w wyniku przetworzenia obrazu satelitarnego Landsat Thematic Mapper, zarejestrowanego w termalnym zakresie promieniowania (10,5-12,5 μm) w dniu 11 lipca 1987 r. o godzinie 10⁵⁰, przy całkowitym braku zachmurzenia. Przetworzenie oryginalnego obrazu termalnego polegało na obliczeniu dla każdego elementu obrazu wartości temperatury podłoża, za pomocą wzorów uwzględniających korekcję z tytułu wpływu atmosfery. Rozkład temperatury podłoża nawiązuje do głównych form pokrycia i zagospodarowania terenu. Temperatura podłoża jest najwyższa (ponad 35°C) w rejonie elektrociepłowni i dużych zakładów przemysłowych. Najniższe wartości temperatury podłoża (16-18°C) obserwuje się w lasach i w dolinie Wisły.

Należy dodać, że mapa prezentuje rozkład temperatury podłoża atmosfery typowy dla godzin okołopołudniowych w ciągu dnia z zachmurzeniem małym i umiarkowanym w ciepłej połowie roku. Podczas takich warunków pogodowych obserwuje się największe zróżnicowanie przestrzenne oraz największy zakres temperatur podłoża. W dniach pochmurnych oraz w półroczu chłodnym rozkład, a zwłaszcza zakres temperatury podłoża atmosfery może się różnić od zaprezentowanego na mapie.

3.4. Stan zagrożenia środowiska

Mapa wskaźnika zagrożenia środowiska (str. 4) powstała w wyniku nałożenia na siebie 4 warstw informacji o terenie, zgromadzonych w systemie informacji geograficznej dla Warszawy, charakteryzujących te cechy środowiska, które wpływają na jego jakość. Były to informacje o:

- stopniu pokrycia roślinnością,
- temperaturze podłoża atmosfery
- wielkości zanieczyszczeń pyłowych,
- stężeniu zanieczyszczeń gazowych.

Informacja zawarta w każdej warstwie została przekształcona przez podział wartości wskaźnika pokrycia roślinnością, temperatury podłoża, wielkości opadu pyłu i stężeń gazowych na trzy klasy mówiące o: silnym, przeciętnym i małym stopniu zagrożenia środowiska. Następnie zastosowano prosty model matematyczny sumujący wartości wskaźników z poszczególnych warstw informacyjnych. Powstała w ten sposób mapa prezentuje, w 12 stopniowej skali, stan zagrożenia środowiska, spowodowany oddziaływaniem 4 wymienionych powyżej cech. Klasa 1 oznacza zagrożenie najmniejsze, a klasa 12 największe zagrożenie środowiska.

Najmniejszy stopień zagrożenia środowiska występuje na obszarze Mokotowa i Wilanowa, Bielan oraz Wawra i Rembertowa. Największe zagrożenie środowiska obserwuje się natomiast w Śródmieściu oraz na Ochocie w Ursusie, a także w centrum Pragi Północ i Pragi Południe.

4. PODSTAWOWE ELEMENTY METEOROLOGICZNE

Większość map omówionych w tym rozdziale została wykonana metodą izarytm, z uwzględnieniem charakteru podłoża (to znaczy zabudowy, pokrycia terenu, rzeźby terenu itp), a następnie przetworzona komputerowo.

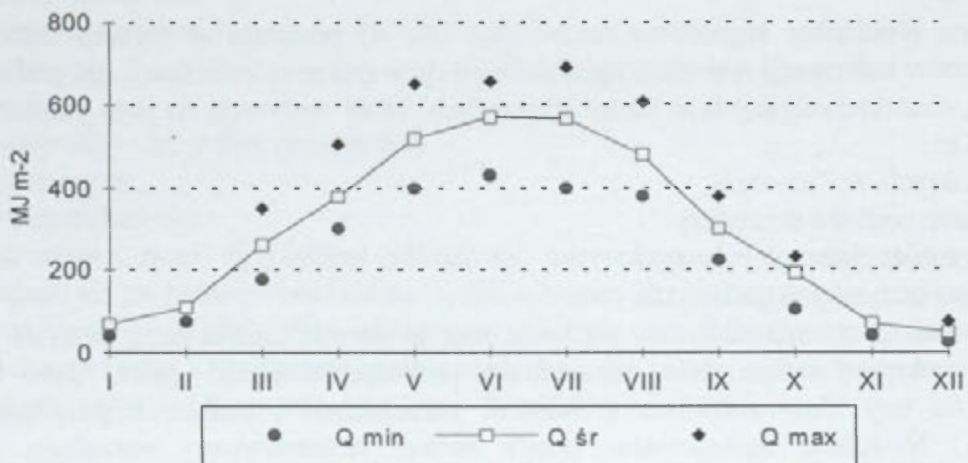
4.1. Promieniowanie słoneczne i usłonecznienie

Badania promieniowania słonecznego i usłonecznienia (tzn. czasu dopływu do powierzchni ziemi bezpośredniego promieniowania słonecznego) były prowadzone w różnych miejscach Warszawy od początku obecnego stulecia. Pomiary promieniowania słonecznego rozpoczął W. Gorczyński w końcu 1900 r., zaś spostrzeżenia heliograficzne (usłonecznienia) rozpoczęto w 1903 r.

Podstawą opracowania były średnie sumy dla miesięcy i roku, a także miesięczne wartości skrajne promieniowania całkowitego i usłonecznienia z kilku punktów pomiarowych na obszarze Warszawy, głównie za lata 1961-1990. Do porównań wykorzystano także pomiary promieniowania całkowitego i usłonecznienia wykonywane w krótszych okresach, na stacjach: Belsk, Warszawa-Bielany i Borowa Góra.

Promieniowanie całkowite

Brak danych z dostatecznej liczby punktów pomiarowych uniemożliwił wykonanie mapy rozkładu promieniowania w Warszawie. Ten tak ważny element klimatu omówiono na podstawie wykresów i zestawień liczbowych. W przebiegu rocznym najwyższe wartości promieniowania całkowitego w Warszawie, podobnie jak w całej Polsce, przypadają w czerwcu i lipcu, a najniższe w grudniu, co jest związane z długością dnia i stopniem zachmurzenia nieba (ryc. 1).



Ryc. 1. Przebieg roczny minimalnych (Q min), średnich (Q sr) i maksymalnych (Q max) sum miesięcznych całkowitego promieniowania słonecznego na stacji Warszawa-Bielany, 1961-1990

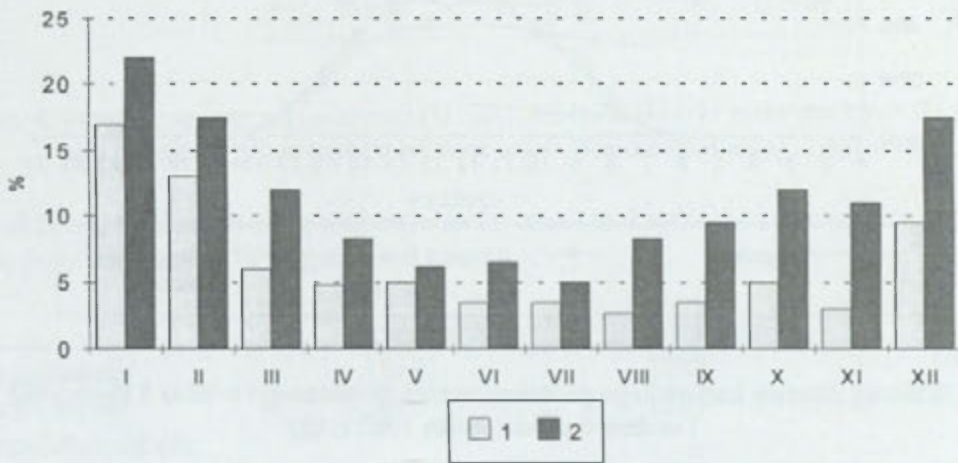
XIII

Na obszarze miasta występuje znaczne obniżenie promieniowania całkowitego w porównaniu z terenami pozamiejskimi, co pozostaje w związku z działalnością człowieka. Zmniejszenie promieniowania całkowitego wynosi w roku około 300 MJ m^{-2} (np. Warszawa-Bielany 3480 MJ m^{-2} , Belsk 3774 MJ m^{-2}), tj. około 8% (1961-1990). W zestawieniu z centrum miasta zmniejszenie promieniowania jest jeszcze większe i przekracza średnio 10% w roku (np. różnica pomiędzy Jachranką i Warszawą wyniosła w latach 1977-1978 10,3%). Podobne różnice uzyskał W. Gorczyński na podstawie synchronicznych pomiarów w Warszawie i na Ursynowie w 1909 r. Natomiast E. Stenz porównał wykonane przez siebie w 1918 r. pomiary w Warszawie i Wołominie oraz stwierdził, że obniżenie sum promieniowania całkowitego w Warszawie wynosi 7% średnio w roku.

Niższe są także w Warszawie ekstremalne (maksymalne i minimalne) sumy roczne promieniowania całkowitego (w MJ m^{-2}):

	maksimum	minimum	okres
Warszawa-Bielany	3949	3163	1961-1990
Belsk	4099	3304	1971-1990
Brwinów	4022	3197	1961-1980

Sumy miesięczne promieniowania całkowitego w Warszawie są w zimie o ponad 20% niższe w porównaniu z Belskiem i o ponad 15% w zestawieniu z Brwinowem. W lecie różnice są mniejsze i wynoszą między Belskiem i Warszawą 5-10%, a między Brwinowem i Warszawą 3-4% miesięcznie (ryc. 2). Także w Jachrance promieniowanie całkowite jest wyższe aniżeli w Warszawie, a różnice wynoszą 20-25% w miesiącach zimowych i 7-10% - w letnich (1977-1978).

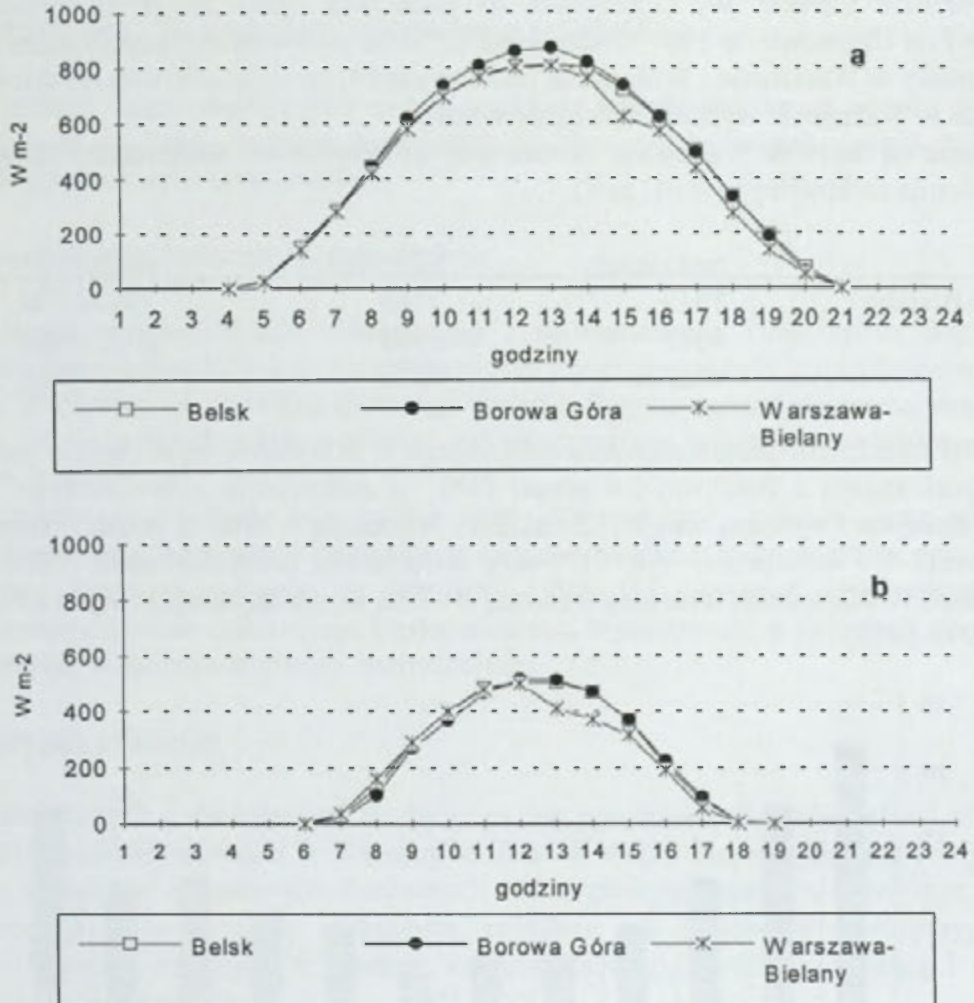


Ryc. 2. Różnice w dopływie całkowitego promieniowania słonecznego na stacjach Brwinów (1) i Belsk (2) w porównaniu ze stacją Warszawa-Bielany, 1961-1990

Na podstawie badań krótkookresowych prowadzonych na obszarze Warszawy (Warszawa-Bielany, Warszawa-Mokotów) w latach 1967-1968 i powtórzonych w 1983 r. stwierdzono zmniejszenie sum promieniowania całkowitego na Bielanach (ul. Podleśna) w porównaniu z Mokotowem (ul. Ksawerów) średnio o około 7% w miesiącu.

Dzienne przebiegi promieniowania całkowitego, opracowane dla 85 dni wybranych z obserwacji w latach 1982-1983 są wyraźnie zróżnicowane. Charakterystyczne dla Warszawy jest zmniejszenie wartości promieniowania całkowitego w godzinach popołudniowych, co nie występuje w Belsku czy w Borowej Górze. Taki przebieg dzienny jest zapewne związany ze wzrostem zanieczyszczenia powietrza w mieście w tej porze dnia (ryc. 3). Średnie dzienne sumy promieniowania całkowitego w Warszawie są niższe o 4-14% w porównaniu z

Belskiem i o 5-15% w zestawieniu z Borową Górą, przy czym największe różnice występują rano i wieczorem; mogą wówczas przekraczać nawet 50%, do czego przyczynia się większe zakrycie horyzontu w mieście, zwłaszcza rano i wieczorem (Kozłowska-Szczęśna, Podogrocki 1995, Podogrocki 1982).



Ryc. 3. Przebieg dzienny całkowitego promieniowania słonecznego w dniu 5 lipca 1983 r. (a) i w dniu 6 października 1982 r. (b)

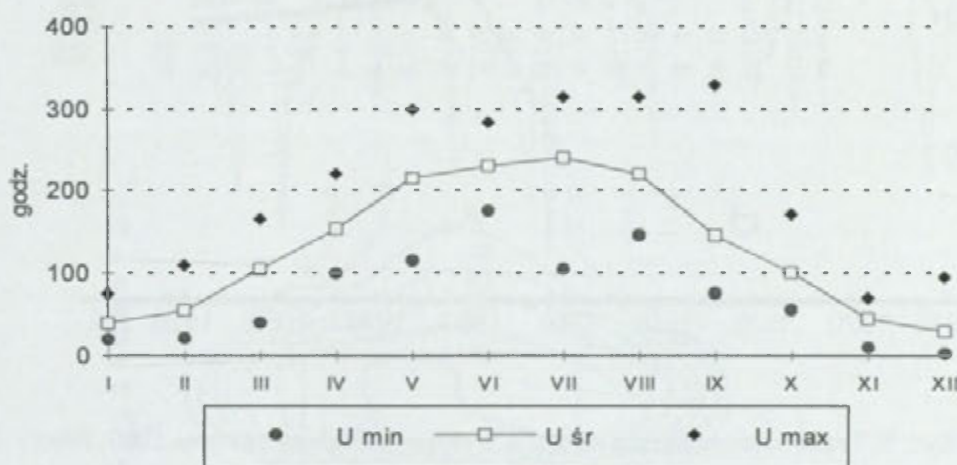
Usłonecznienie

Na załączonych mapach (str. 6-10), wykonanych na podstawie danych z 5 stacji państwowej służby meteorologicznej zgromadzonych do 1990 r., przedstawiono rozkład przestrzenny usłonecznienia w poszczególnych porach roku i w roku. Materiały te zostały zweryfikowane, ujednolicone i odniesione do skali międzynarodowej z 1980 r. (WRR 1980). Część danych była publikowana w rocznikach "Promieniowanie słoneczne" (1961-1978) oraz w pracach Instytutu Geofizyki PAN (Publ.Inst.Geophys.Pol.Acad.Sc. 1983-1992).

Nizina Środkowomazowiecka, w obrębie której leży Warszawa, charakteryzuje się stosunkowo wysokimi wartościami usłonecznienia wynoszącymi powyżej 1600 godzin średnio w roku (około 4,5 godz. na dobę). Natomiast w samym mieście usłonecznienie jest znacznie niższe. Na obniżenie sumy rocznej usłonecznienia w mieście zwracał już uwagę R. Merecki (1915). Średnie roczne usłonecznienie w Warszawie (1961-1990) waha się od 1580

godzin na peryferiach miasta do poniżej 1450 godzin w centrum i w prawobrzeżnej, północno-wschodniej jego części (Kozłowska-Szczęsna, Podogrocki 1995). Zmniejszenie sumy rocznej usłonecznienia w śródmieściu Warszawy wynosi w porównaniu np. z Belskiem ponad 160 godzin w roku tj. powyżej 10%.

Roczny przebieg usłonecznienia (ryc. 4) jest zbliżony do przebiegu rocznego promieniowania słonecznego. Najwyższe wartości miesięczne przypadają także w czerwcu i w lipcu, a najniższe w grudniu. Największe wynoszące 14%, skrócenie czasu usłonecznienia w Warszawie w zestawieniu z Belskiem obserwuje się w grudniu i styczniu, zaś najmniejsze (2-4%) w miesiącach od kwietnia do czerwca i we wrześniu. Różnice te są spowodowane skróceniem czasu usłonecznienia w mieście w porównaniu np. z Belskiem o 1 godzinę rano i wieczorem w pogodne dni letnie oraz o 2 godziny rano i wieczorem na jesieni i w zimie.

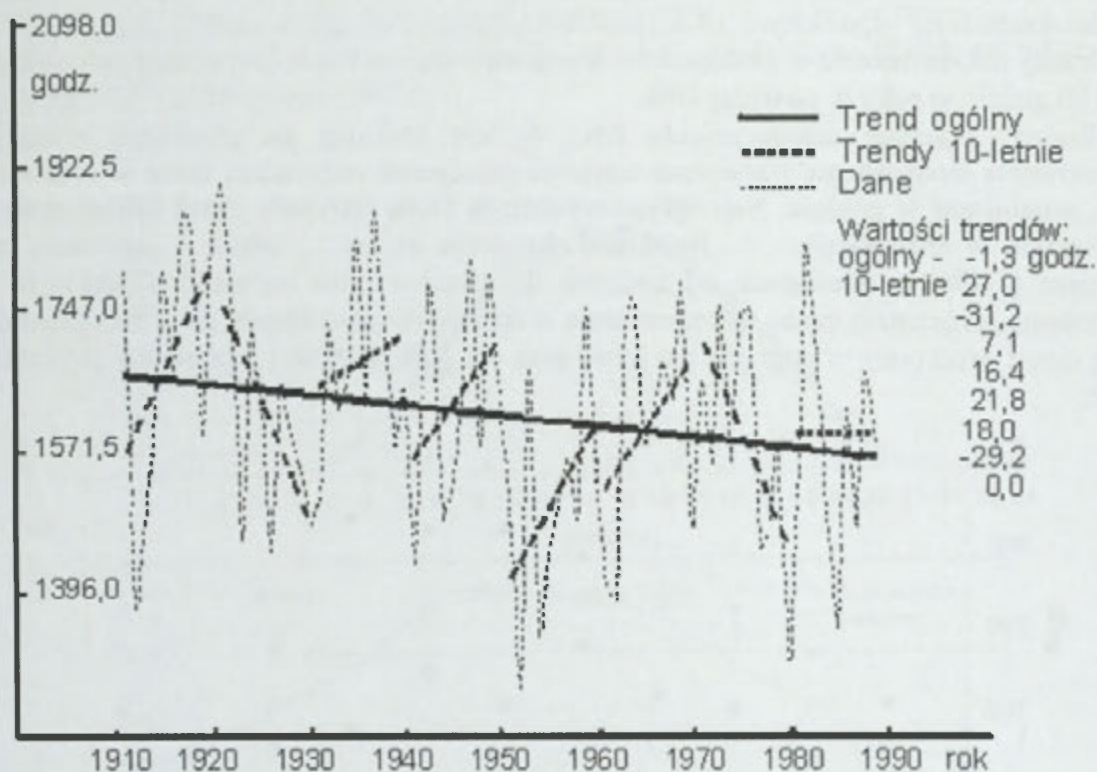


Ryc. 4. Przebieg roczny minimalnych (U min), średnich (U śr) i maksymalnych (U max) sum miesięcznych usłonecznienia na stacji Warszawa-Bielany, 1961-1990

Także sumy skrajne (w godz) usłonecznienia (maksymalne i minimalne) wskazują na obniżenie jego wartości w Warszawie:

	maksimum	minimum	okres
Warszawa-Bielany	1819	1288	1957-1990
Warszawa-Okęcie	1680	1285	1981-1990
Warszawa-Śródmieście (Ministerstwo Komunikacji)	1702	1038	1951-1980
Belsk	1926	1257	1961-1990
Międzylesie	1829	1386	1953-1974
Legionowo	1936	1150	1951-1990
Świder	1729	1173	1959-1990
Brwinów	1928	1268	1951-1990

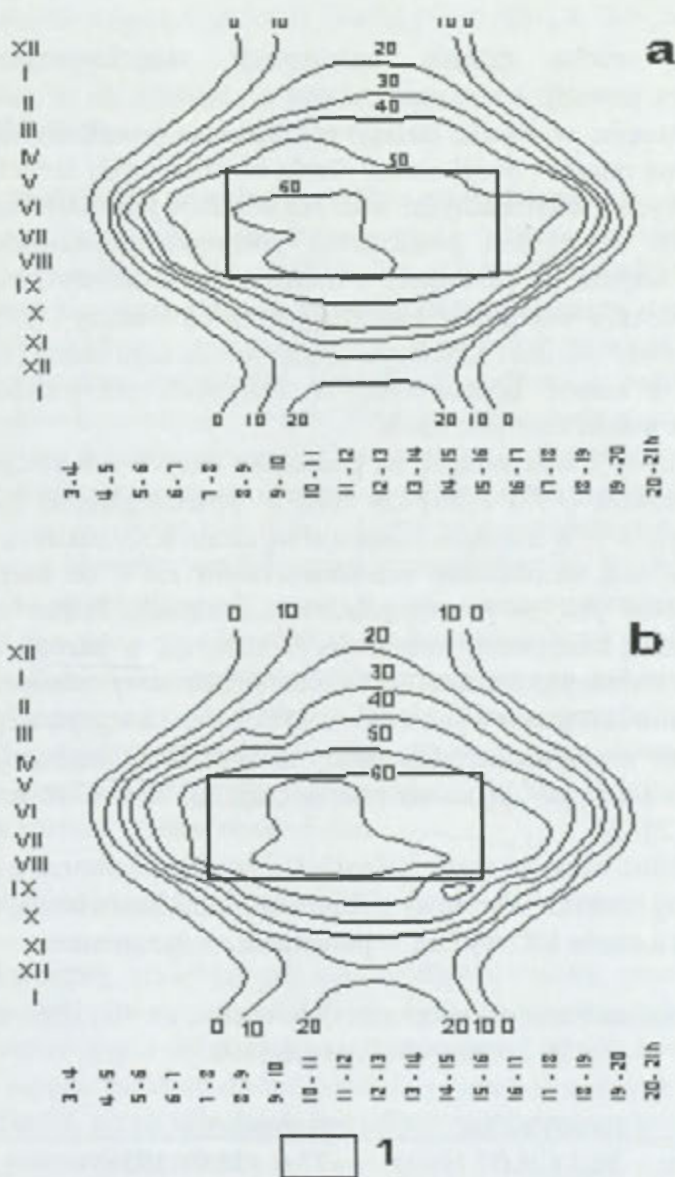
Na podstawie długoletniej serii pomiarów (1903-1990) obliczono trend sum rocznych usłonecznienia dla Warszawy (ryc. 5). Wykazuje on spadek usłonecznienia wynoszący 78 minut na rok.



Ryc. 5. Trend usłonecznienia na stacji Warszawa-Bielany za okres 1903-1990

Trend obliczony dla innych stacji (za okres 1951-1990), mówi o znacznym zróżnicowaniu zmian usłonecznienia w okolicach Warszawy. Największy spadek usłonecznienia, o ponad 5 godzin rocznie, stwierdzono na prawym brzegu Wisły (Legionowo, Świder), co może być spowodowane osłabieniem radiacji przez zanieczyszczenia przenoszone z miasta przez przeważające wiatry z sektora zachodniego. Natomiast na obszarach położonych na południe od Warszawy, np. w Belsku, trend usłonecznienia jest dodatni i wynosi 2 godziny rocznie.

Obraz rozkładu warunków solarnych staje się wyraźniejszy, gdy zamiast usłonecznienia rzeczywistego rozpatruje się usłonecznienie względne (stosunek procentowy usłonecznienia rzeczywistego do usłonecznienia maksymalnie możliwego). Pozwala to na wyciąganie wniosków co do uprzywilejowania pod względem usłonecznienia jednych obszarów a upośledzenia innych. W miejscach o największym zanieczyszczeniu powietrza usłonecznienie względne jest najniższe. W Warszawie na Bielanych wynosi ono 35,5% średnio w roku (Skierniewice 36,2%), w miesiącach letnich dochodzi do blisko 51% (Skierniewice 52,7%), a w zimowych - spada do poniżej 11% (Skierniewice 13,6%). Korzystne pod względem usłonecznienia względnego są obszary położone na północo-zachód i południo-wschód od centrum. Rozkład usłonecznienia względnego w kolejnych przedziałach jednogodzinnych przedstawiają helioizoplety roczne opracowane dla Warszawy-Międzylesia (1951-1980) przez M. Kuczmarskiego i dla Warszawy-Bielan (1961-1990) przez J. Podogrockiego (ryc. 6). Można stwierdzić, że usłonecznienie względne w przedziałach jednogodzinnych wynosi maksymalnie 60-64% w miesiącach od czerwca do sierpnia. W miesiącach od maja do sierpnia w godzinach od 8 do 16, gdy w promieniowaniu słonecznym występuje najwięcej promieni nadfioletowych, usłonecznienie względne przekracza 50%.



Ryc. 6. Uśłonecznienie względne (w %) w przedziałach jednogodzinnych dla stacji Warszawa-Międzyzlesie, 1951-1980 (a) i Warszawa-Bielany, 1961-1990 (b);

1 - przedziały jednogodzinne i miesiące w roku z promieniowaniem nadfioletowym przydatnym dla helioterapii (kąpiele słonecznych)

4.2. Zachmurzenie

Zachmurzenie jest uzupełnieniem charakterystyki warunków solarnych. Od stopnia pokrycia nieba przez chmury zależy dopływ energii słonecznej w ciągu dnia i wypromieniowanie ciepła z powierzchni ziemi nocą. Zachmurzenie jest związane z rodzajem i kierunkiem mas powietrza napływających nad obszar Polski. Na kartodiagramach (str. 11-14) przedstawiono średnie dobowe zachmurzenie w zależności od kierunku cyrkulacji (1971-1980) na stacjach: Warszawa-Bielany, Uniwersytet i Okęcie dla wybranych miesięcy: stycznia, kwietnia, lipca i października. W przebiegu rocznym najmniejsze zachmurzenie występuje w kwietniu, czerwcu, wrześniu i w październiku, a największe - w miesiącach od listopada do lutego. Zachmurzenie najmniejsze jest związane z cyrkulacją południową, a największe z cyrkulacją zachodnią.

4.3. Temperatura powietrza

Charakterystyczną cechą dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych jest podwyższenie temperatury powietrza wewnątrz miasta w stosunku do terenów otaczających. Miejska wyspa ciepła powstaje w wyniku dużego pochłaniania promieniowania słonecznego przez powierzchnię czynną miasta i dużej emisji ciepła ze sztucznych źródeł (wytwarzanego w procesach przemysłowych i komunalnych) oraz niewielkich jego strat na parowanie. W warunkach pozamiejskich więcej jest powierzchni pokrytych roślinnością i ciepło jest zużywane w znacznym stopniu na parowanie i transpirację. Oddziaływanie wyspy ciepła uwidocznia się w złagodzeniu warunków termicznych zimą, wiosną i jesienią, natomiast latem może ona spowodować warunki termiczne uciążliwe dla człowieka (wzrost liczby dni gorących i upalnych), a nawet doprowadzić w skrajnych przypadkach do wzrostu śmiertelności, szczególnie wśród osób starszych.

Na mapach (str. 15-27), wykonanych na podstawie danych z 6 stacji, przedstawiono rozkład temperatury powietrza (1961-1980) dla roku i poszczególnych miesięcy. Średnia roczna temperatura powietrza w Warszawie kształtuje się około 8°C. Różnica średniej rocznej temperatury powietrza wynosi na obszarze Warszawy około 1,0°C na korzyść centralnych obszarów miasta. Podobnie jest w poszczególnych miesiącach. Nieco większe różnice zaznaczają się w przypadku temperatury minimalnej i osiągają w okresie ciepłym średnio około 1,5°C. W okresie chłodnym średnie odchylenie temperatury minimalnej w centrum miasta w stosunku do terenu otwartego wynosi około 1°C. Miejska wyspa ciepła nie zaznacza się natomiast tak wyraźnie w przypadku temperatury maksymalnej; średnie jej odchylenia w centrum w odniesieniu do stacji na Okęciu nie przekraczają 0,1°C w okresie ciepłym i 0,2°C w okresie chłodnym (str. 28-29).

Porównując absolutne wartości ekstremalnych temperatur powietrza można stwierdzić, że na stacji reprezentującej centrum Warszawy (Obserwatorium) zarówno najwyższe maksima jak i najniższe minima są o około 1°C wyższe w porównaniu z otoczeniem:

Absolutne maksima i minima temperatury powietrza (w °C, 1951-1980),
wg D. Limanówki i innych (1993):

	maksymalna	minimalna	amplituda
Warszawa-Obserwatorium	36,1 (25.07.1963)	-27,6 (31.01.1956)	63,7
Warszawa-Okęcie	35,3 (25.07.1963)	-28,8 (19.01.1963)	64,1
Brwinów	36,1 (25.07.1963)	-30,5 (19.01.1963)	66,6
Skierniewice	35,7 (15.08.1952)	-35,5 (19.01.1963)	71,2

Konsekwencją takiego rozkładu temperatur skrajnych powietrza są mniejsze amplitudy, a także mniejsza liczba dni mroźnych w roku w centrzm miasta w zestawieniu z terenami otaczającymi.

4.4. Wilgotność powietrza

Wilgotność powietrza także podlega wpływom antropogenicznym i zależy między innymi od dopływu do atmosfery ciepła i pary wodnej wytwarzanych w procesie spalania oraz od rodzaju podłoża i jego pojemności cieplnej. Na załączonym kartodiagramie (str. 30) przedstawiono przebieg roczny wilgotności względnej powietrza na trzech stacjach warszawskich: Bielany, Uniwersytet i Okęcie (wartości średnie za okres 1971-1980). Na obszarach objętych oddziaływaniem miejskiej wyspy ciepła, odpowiadających terenom silnie

przekształconym przez człowieka, wilgotność powietrza jest na ogół niższa aniżeli na krańcach miasta. Różnice te są większe w cieplej porze roku, a mniejsze lub nawet zanikające - w chłodnej.

4.5. Opady atmosferyczne

W skali regionalnej rozkład opadów atmosferycznych jest przede wszystkim uzależniony od rzeźby terenu. Jednakże wyraźny wpływ na sumy opadów ma także zanieczyszczenie powietrza (Lorenc 1991). Na obszarach największego zanieczyszczenia powietrza obserwuje się podwyższone sumy opadów; przyczyną tego jest występowanie w powietrzu cząstek pochodzenia przemysłowego, które zwiększają ilość jąder kondensacji. Nie bez znaczenia jest także zwiększona szorstkość podłoża i powstawanie nad miastem wymuszonych prądów konwekcyjnych (pionowych prądów wstępujących).

Na mapach (str. 31-34), wykonanych na podstawie danych z 7 stacji za lata 1961-1980, przedstawiono średnie roczne sumy opadów, średnią roczną liczbę dni z opadem równym i powyżej 0,1 mm oraz powyżej 10,0 mm, a także prawdopodobieństwo wystąpienia deszczu ulewnego. Za deszcz ulewny uważa się opad o współczynniku wydajności $K > 1,4 \text{ mm min}^{-1}$ ($K = H/\sqrt{t}$, gdzie H - wysokość opadu w mm, t - czas trwania opadu w min.).

Średnie roczne sumy opadów w Warszawie wahają się od poniżej 550 mm do powyżej 600 mm. Prawdopodobieństwo wystąpienia deszczu ulewnego jest największe (powyżej 90%) na wschodnich (Kawęczyn) i zachodnich (Wola, Ursus) peryferiach miasta. W centrum Warszawy i w Kawęczynie jest średnio o około 40 dni z opadem równym i wyższym od 0,1 mm więcej aniżeli na południowych i północnych krańcach miasta, w przypadku opadów powyżej 10,0 mm różnica wynosi około 4 dni.

4.6. Kierunek i prędkość wiatru

Obszar Warszawy, podobnie jak cała środkowa Polska, charakteryzuje się przewagą wiatrów z sektora zachodniego, tj. od SW do NW, co ilustruje mapa częstości kierunków wiatru (str. 35), opracowana dla 4 stacji za różne okresy wieloletnie. Wiatr jest zjawiskiem atmosferycznym bardzo trudnym do uogólniania w mieście z uwagi na modyfikowanie jego kierunków i prędkości przez zabudowę mieszkaniową i przemysłową, zadrzewienie oraz w pewnym stopniu przez rzeźbę terenu.

Swoista topografia miasta hamuje przepływ poziomy powietrza, zmniejszając prędkość wiatru o 20-30% i zwiększając częstość ciszy o 5-20%. Bywają jednakże przypadki znacznego zwiększania prędkości wiatru spowodowane zabudową (efekt tunelu). Ruch powietrza może sprzyjać tak samooczyszczaniu atmosfery (wynoszenie zanieczyszczeń), jak i wzrostowi stężeń zanieczyszczeń czy przenoszeniu ich nawet na duże odległości. W przypadku Warszawy wzrost zanieczyszczeń mogą powodować wiatry SW i W przynoszące zanieczyszczenia z Piastowa, Pruszkowa i Grodziska Mazowieckiego. Istotną rolę w przewietrzaniu Warszawy odgrywa dolina Wisły, jako kanał odprowadzający zanieczyszczone powietrze; sprzyja temu przyspieszenie ruchu powietrza nad powierzchnią rzeki.

5. LOKALNE ZRÓŻNICOWANIE ŚRODOWISKA

Zamieszczone w niniejszym tomie cyfrowe mapy Warszawy są efektem pierwszego etapu badań mających na celu stworzenie komputerowej bazy danych o środowisku fizycznogeograficznym miasta. Baza ta jest tworzona przy pomocy programu IDRISI.

Podstawą tworzonego systemu informacji fizycznogeograficznej Warszawy jest sieć pól podstawowych o wymiarach 250x250 m. Obszar miasta został podzielony na 7983 takie

poła zajmujące łączną powierzchnię 493,32 km². Każde pole podstawowe zawiera cyfrową informację o różnych cechach środowiska fizycznogeograficznego. Na obecnym etapie badań są to informacje dotyczące: roślinności rzeczywistej, głównych jednostek rzeźby terenu, wartości (względnych i absolutnych) podstawowych elementów meteorologicznych. Obejmują one także pewne charakterystyki bioklimatyczne (dominujące odczucia ciepłe, obciążenia ciepłe organizmu, ilość pochłoniętego promieniowania słonecznego).

5.1. *Roślinność rzeczywista*

Mapa roślinności rzeczywistej (str. 36) została opracowana na podstawie publikowanej mapy roślinności Warszawy w skali 1:25.000 (Chojnacki 1991). Wprowadzając cyfrową informację o roślinności występującej w przyjętych polach podstawowych, dokonano generalizacji obrazu oraz zmniejszono liczbę jednostek roślinnych, wyróżnionych pierwotnie przez autora. Połączono w większe grupy różne zbiorowiska roślinności łąkowej, segetalnej (zbiorowiska chwastów towarzyszących roślinom kultywowanym na polach i w ogrodach) i ruderalnej (zbiorowiska chwastów towarzyszących siedzibom ludzkim).

5.2. *Główne jednostki rzeźby terenu*

Mapa głównych jednostek rzeźby terenu (str. 37) została wykonana na podstawie map geomorfologicznych opublikowanych w Atlasie Warszawy (1975) i w Atlasie Województwa Warszawskiego (1993). Na mapie cyfrowej zaznaczono jedynie główne elementy rzeźby terenu występujące na obszarze miasta.

5.3. *Względne wartości podstawowych elementów meteorologicznych*

W ramach tworzenia systemu informacji o środowisku fizycznogeograficznym Warszawy wykonano mapy rozkładu wartości względnych trzech głównych elementów meteorologicznych: temperatury powietrza, prędkości wiatru oraz całkowitego promieniowania słonecznego. Jako pole odniesienia wybrano pole podstawowe, na terenie którego leży stacja meteorologiczna Warszawa-Okęcie. Stacja ta reprezentuje warunki klimatyczne typowe dla obszarów pozamiejskich, a dane z tej stacji są głównym źródłem informacji o warunkach pogodowych panujących w Warszawie.

Mapa względnych wartości całkowitego promieniowania słonecznego (str. 38) oraz mapa względnych wartości prędkości wiatru (str. 39) zostały opracowane na podstawie uogólnionych wyników badań topoklimatycznych i mikroklimatycznych prowadzonych w różnych typach zabudowy i zagospodarowania terenu obszarów miejskich. Oparto się na wynikach własnych badań terenowych prowadzonych w Warszawie i okolicy przez Zakład Klimatologii IGiPZ PAN, jak również na wynikach badań Zakładu Klimatologii WGiSR UW. Korzystano także z doświadczeń klimatologów krakowskich, łódzkich i gdańskich w zakresie studiów klimatu miast.

W przypadku promieniowania słonecznego przyjęto 6 klas o wartościach względnych od 0,2 (we wnętrzu lasów) do 1,1 (w obrębie wielkoblokowych osiedli mieszkaniowych). Taką samą liczbę klas zastosowano dla prędkości wiatru: od 0,1 we wnętrzu lasów do 1,0 w terenach otwartych.

Mapy względnych wartości temperatury powietrza (str. 40, 44) zostały wykonane na podstawie obrazu satelitarnego temperatury podłoża atmosfery, zarejestrowanego przy pogodzie bezchmurnej przez satelitę Landsat w dniu 11 lipca 1987 r. o godz. 10⁵⁰, udostępnionego przez Instytut Geodezji i Kartografii (mapa temperatury podłoża znajduje się w niniejszym tomie). Do przeliczenia wartości temperatury podłoża (T_g) na wartości

temperatury powietrza (T_a) wykorzystano uogólnione wyniki licznych badań topoklimatycznych prowadzonych w Zakładzie Klimatologii IGiPZ PAN. Przeanalizowano różnice $T_g - T_a$ obserwowane w różnych warunkach pogodowych cieplej połowy roku, w zakresie T_g od 10 do 40°C. Stwierdzono, że wartość bezwzględna $T_g - T_a$ jest wprawdzie różna przy różnej temperaturze niemniej jednak ma ona stałą proporcję w stosunku do temperatury podłoża. Podczas pogody bezchmurnej i z małym zachmurzeniem stosunek $(T_g - T_a)/T_g$ wynosi średnio 0,2 (dla powierzchni naturalnych) i 0,25 (dla nawierzchni sztucznych). Tak więc temperaturę powietrza w każdym polu podstawowym obliczono przy pomocy następujących wzorów redukcyjnych: $T_a = 0,8 T_g$ - dla powierzchni naturalnych i zabudowy luźnej -, oraz $T_a = 0,75 T_g$ - dla zabudowy zwartej.

Przetworzenie obrazu satelitarnego temperatury podłoża polegało na określeniu średniej wartości T_g dla przyjętych pól podstawowych. Następnie przeliczono je na wartości temperatury powietrza (uwzględniając rodzaj zabudowy). Korzystając z wyników badań prowadzonych przez Zakład Klimatologii WGiSR UW w niektórych typach zabudowy miejskiej i w różnych warunkach pogodowych obliczono następnie dla każdego pola podstawowego - przy pomocy równań regresji podanych przez M. Stopę-Boryczko (1992) - wartości temperatury powietrza podczas zachmurzenia dużego (> 80%). Na mapie względnych wartości temperatury powietrza dla pogody słonecznej (str. 40) przyjęto 9 klas temperatury, od 0,85 we wnętrzu ciemnych, wilgotnych lasów do 1,3 w obrębie zabudowy przemysłowej. W przypadku względnych wartości temperatury powietrza podczas pogody pochmurnej (str. 44) występują jedynie 4 klasy temperatury: od 0,95 we wnętrzu lasów i wzdłuż koryta Wisły do 1,10 w obrębie zwartej zabudowy mieszkaniowej i zabudowy przemysłowej.

Zaprezentowany na mapach rozkład względnych wartości temperatury powietrza jest charakterystyczny jedynie dla temperatur dodatnich (od 5 do 35°C) w cieplej połowie roku.

5.4. Mapy pochodne

Przewidywany rozkład temperatury powietrza i prędkości wiatru

Biorąc za podstawę notowane lub prognozowane dla stacji Warszawa-Okęcie wartości temperatury powietrza oraz prędkości wiatru obliczono następnie (przy pomocy programu IDRISI) przewidywane, prawdopodobne wartości tych elementów meteorologicznych dla każdego z pól podstawowych. Mapy przewidywanego rozkładu temperatury powietrza (T_a) opracowano dla pogody z zachmurzeniem małym i umiarkowanym oraz z zachmurzeniem dużym (str. 41-47). Zróznicowanie przestrzenne T_a przedstawiono dla warunków, gdy na stacji Okęcie notowana jest temperatura 10, 20 i 30°C. Mapy przewidywanego rozkładu prędkości wiatru (v) wykonano natomiast dla sytuacji pogodowych, gdy na Okęciu v wynosi 2, 4, i 8 m s⁻¹ (str. 48-50).

Rozkład przewidywanych wartości temperatury powietrza i prędkości wiatru jest podobny do rozkładu względnych wartości tych elementów meteorologicznych. Porównując rozkład przewidywanych wartości temperatury powietrza z rozkładem średnich, rzeczywistych wartości T_a dla roku i poszczególnych miesięcy (str. 15-27) widać, że "in plus" wyróżniają się centralne części miasta. Temperatura powietrza jest tam wyższa niż na peryferiach (Okęcie) o 1-3°C (podczas pogody pochmurnej) oraz o 3- 8°C (przy pogodzie słonecznej).

Pochłonięte przez człowieka promieniowanie słoneczne

Ilość pochłoniętego przez człowieka promieniowania słonecznego (R) obliczono dla każdego pola podstawowego wykorzystując procedury uproszczone modelu wymiany ciepła

między człowiekiem a otoczeniem - MENEX (Błażejczyk 1993, 1994). Wielkość ta charakteryzuje obciążenie organizmu spowodowane dopływem promieniowania słonecznego i jest uzależniona od wysokości Słońca (h), ogólnej ilości promieniowania słonecznego oraz od izolacyjności termicznej i barwy odzieży. Obliczenia wykonano dla wysokości Słońca 10, 30 i 50° oraz dla dwóch klas zachmurzenia:

- dla nieba bezchmurnego oraz zachmurzenia małego i umiarkowanego (<50%) chmurami piętra wysokiego i średniego (Ci, Cc, Ac) oraz chmurami kłębiastymi (Cu),
- dla zachmurzenia dużego (> 80%), chmurami piętra niskiego (Cu, Cb, Sc, St, Ns).

Przyjęto stały rodzaj odzieży (tzw. normalna odzież letnia o izolacyjności termicznej 0,8-1,5 clo, tzn. 0,124-0,232 K m² W⁻¹, oraz jasnej barwie). Uzyskane wartości R połączono w klasy ilustrujące różny stopień insolacyjnego obciążenia organizmu:

< 5 W m ⁻²	- bardzo małe,
5,1-10,0	- małe,
10,1-20,0	- umiarkowane,
20,1-30,0	- znaczne,
30,1-45,0	- duże,
45,1-60,0	- bardzo duże,
60,1-75,0	- nadmierne.

Rozkład wartości pochłoniętego przez człowieka promieniowania słonecznego (str. 51-56) nawiązuje do rozkładu względnych wartości promieniowania całkowitego.

Dominujące odczucia cieplne

Subiektywne odczucia cieplne człowieka powstają jako psychofizyczna odpowiedź organizmu na bodźce termiczne otoczenia oraz na ruch powietrza. Najlepszym sposobem określenia termicznych oddziaływań otoczenia na człowieka jest badanie jego bilansu cieplnego. Odczucia cieplne są uzależnione od chwilowych wartości salda wymiany ciepła. Korzystając z uproszczonej procedury modelu MENEX (Błażejczyk 1993, 1994) obliczono saldo wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem i określono na tej podstawie dominujące odczucia cieplne. Obliczenia wykonano dla człowieka stojącego, ubranego w odzież o termoizolacyjności 0,8-1,5 clo, dla zachmurzenia od małego do dużego, przy różnych warunkach termicznych i wietrznych (T_a - 10, 20, 30°C, v - 2, 4, 8 m s⁻¹). Przyjęto następującą, stosowaną w termofizjologii, skalę odczuć cieplnych:

-3	- bardzo zimno,
-2	- zimno,
-1	- chłodno,
0	- komfortowo,
+1	- ciepło,
+2	- gorąco,
+3	- bardzo gorąco.

Obserwowane w Warszawie odczucia cieplne człowieka są w głównej mierze uzależnione od panujących warunków meteorologicznych: przy T_a 10°C i v >4 m s⁻¹ przeważają odczucia "zimno" i "bardzo zimno", a przy T_a 30°C i v <4 m s⁻¹ - "gorąco" i "bardzo gorąco". Niemniej jednak zróżnicowane zagospodarowanie miasta modyfikuje odczucia cieplne. Mapy dominujących odczuć cieplnych (str. 57-65) wskazują, że w centrum miasta są one zawsze przesunięte o 1-3 klasy w górę skali. We wnętrzu lasów oraz wzdłuż koryta Wisły odczucia są przesunięte w dół skali odczuć cieplnych.

Obciążenia cieplne człowieka

Najdokładniejszą charakterystyką pozwalającą na ocenę oddziaływania warunków meteorologicznych i środowiska miejskiego na organizm człowieka jest stopień obciążenia cieplnego organizmu. Wielkość tą wyznaczono opierając się na wartościach salda wymiany ciepła oraz promieniowania słonecznego pochłoniętego przez człowieka (tab. 1). Obciążenie cieplne organizmu określono dla różnych warunków insolacyjnych, termicznych i wietrznych.

Tabela 1. Obciążenia cieplne człowieka w zależności od wartości salda wymiany ciepła oraz ilości pochłoniętego promieniowania słonecznego

Saldo W m ⁻²	Pochłonięte promieniowanie słoneczne (W m ⁻²)				
	0-10,0	10,1-20,0	20,1-30,0	30,1-45,0	>45,0
-45,1 - -60,0	-5	-5	-4	-4	-3
-35,1 - -45,0	-4	-4	-3	-3	-2
-25,1 - -35,0	-3	-3	-2	-2	-1
-15,1 - -25,0	-2	-2	-2	-1	-1
-5,1 - -15,0	-2	-2	-1	-1	-1
-5,0 - +5,0	0	0	0	0	0
5,1 - 15,0	0	1	1	2	2
15,1 - 25,0	1	1	2	2	3
25,1 - 35,0	2	2	3	3	4
35,1 - 45,0	3	3	4	4	5
45,1 - 60,0	4	4	5	5	6
60,1 - 75,0	5	5	6	6	6
75,1 - 90,0	6	6	6	6	6

stres chłodny: -5 - duży, -4 - znaczny, -3 - umiarkowany, -2 - mały, -1 - bardzo mały;
0 - warunki termoneutralne;

stres ciepły: +1 - bardzo mały, +2 - mały, +3 - umiarkowany, +4 - znaczny, +5 - duży, +6 - bardzo duży

W atlasie zamieszczono jedynie kilka map obciążenia cieplnego człowieka (str. 66-73) dla dni pogodnych i pochmurnych:

- dla warunków przeciętnych (T_a 20°C, v 4 m s⁻¹, h 30° i h 50°) oraz
- dla sytuacji skrajnych (T_a 10°C, v 8 m s⁻¹, h 10°; T_a 10°C, v 2 m s⁻¹, h 10°;
 T_a 30°C, v 2 m s⁻¹, h 50°; T_a 30°C, v 8 m s⁻¹, h 50°).

Zmienność i rozkład obciążeń cieplnych człowieka w mieście są podobne do obserwowanego w przypadku odczuć cieplnych. "in plus" wyróżniają się centralne części Warszawy oraz rejony dużych zakładów przemysłowych, natomiast "in minus" - otoczenie koryta Wisły i wnętrza lasów.

Tak więc, silnie zróżnicowane zagospodarowanie przestrzenne miasta sprawia, że w okresie letnim, prawie we wszystkich warunkach pogodowych można znaleźć miejsce, gdzie obciążenie cieplne organizmu człowieka jest najmniejsze. Przy niskiej temperaturze powietrza

i silnym wietrze najmniejsze obciążenia cieplne panują w obrębie zabudowy miejskiej natomiast przy umiarkowanych wartościach T_a i v - na terenie rozległych pól, łąk i nieużytków. Przy wysokiej temperaturze najkorzystniejsze warunki klimatu odczuwalnego występują w obrębie lasów i parków.

6. ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA I PODŁOŻA

Do przedstawienia zanieczyszczenia powietrza w Warszawie za okres wieloletni przyjęto tylko opad pyłu, którego obserwacje wykonywane były w miarę systematycznie od 1966 r. Pomiaru innego rodzaju zanieczyszczeń powietrza były prowadzone z przerwami, a ponadto różnymi metodami badawczymi.

Poza pyłem opadającym uwzględniono zanieczyszczenie powietrza i gleb metalami ciężkimi. Według Światowej Organizacji Zdrowia 80% metali ciężkich przenika do organizmu drogą pokarmową, a 20% drogą oddechową. Zatrucie objawia się najczęściej zaburzeniami układów: krążenia, oddechowego i nerwowego.

6.1. Opad pyłu

Mapa średniego rocznego opadu pyłu za lata 1966-1985 (str. 74) została opracowana na podstawie danych z 22 punktów pomiarowych sieci Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej (SANEPID) w Warszawie. W celach porównawczych wykonano także kartogram opadu pyłu na obszarze Warszawy w 1993 r. (str. 75) na podstawie średnich wartości opadu pyłu dla poszczególnych gmin (w układzie terytorialnym sprzed 1 czerwca 1994 r.; dane zaczerpnięto z: "Ochrona środowiska 1994", GUS). W okresie wieloletnim, w północno-wschodniej części miasta, zaznacza się wyraźnie duże przekroczenie normy obowiązującej w Polsce, wynoszącej $200 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$. Tak wysokie sumy opadu pyłu w tej części Warszawy spowodowane były w tym okresie przez duży ruch kołowy, związany z budową i uruchomieniem elektrociepłowni w Kawęczynie.

Od początku lat osiemdziesiątych obserwuje się na obszarze Warszawy stopniowy spadek zapylenia powietrza. W 1993 r. zapylenie powietrza kształtuje się poniżej normy, największe wartości opadu pyłu zanotowane na Ochocie wynoszą 55% normy. Pył opadający zawiera pyły przemysłowe, popioły wyrzucane do atmosfery w procesach spalania węgla, a także zanieczyszczenia pochodzenia mineralnego czy też organicznego (z gleb oraz pylących drzew i traw). Największymi emitarami zanieczyszczenia w Warszawie są: Elektrociepłownie: Siekierki, Żerań i Kawęczyn, Ciepłownie: Wola i Powiśle, Zakłady Wytwórcze Aparatury Wysokiego Napięcia ZWAR w Międzylesiu, Huta Lucchini-Warszawa oraz Zakłady Mechaniczne Ursus.

6.2. Metale ciężkie w powietrzu

Na kolejnych mapach przedstawiono zanieczyszczenie powietrza kadmem, ołowiem, cynkiem i miedzią w Warszawie, w okresie wegetacyjnym 1993 r. badane metodą bioindykacyjną przez pracowników Ogrodu Botanicznego PAN w Powsinie. Metoda ta polega na wywieszaniu w skażonym obszarze woreczków z mchem. Po założonym w badaniach czasie dokonuje się w próbach pomiaru poziomu akumulacji metali ciężkich i po porównaniu z próbą zerową, nieekspozowaną, określa się stopień zanieczyszczenia powietrza. Podstawą były wyniki pomiarów w siatce 110 punktów na terenie Warszawy (Chmielewski i inni 1995).

Mapa zanieczyszczenia powietrza kadmem (str. 76) wskazuje na największe zanieczyszczenie na Żoliborzu, a szczególnie w pobliżu Huty Lucchini-Warszawa. Trzeba

podkreślić, że kadm należy do grupy najbardziej toksycznych i niebezpiecznych dla ludzi i zwierząt zanieczyszczeń. Głównym źródłem zanieczyszczenia środowiska atmosferycznego kadmem jest przemysł metalurgiczny, nawozy fosforowe, osady ściekowe i spalanie węgla.

Mapa zanieczyszczenia powietrza ołowiem (str. 77) informuje o największym zanieczyszczeniu na Żoliborzu w rejonie Huty Lucchini-Warszawa, a także na Woli, w Śródmieściu i na Pradze (Targówek, Żerań). Ołów podobnie jak kadm, należy do grupy najbardziej toksycznych, groźnych dla człowieka i środowiska zanieczyszczeń. Występuje najczęściej razem z kadmem i cynkiem. Nawet niewielkie dawki ołowiu we krwi powodują zmiany chorobowe w organizmie żywym. Podstawowym źródłem zanieczyszczenia powietrza ołowiem są spaliny samochodowe i emisje przemysłowe.

Na mapie zanieczyszczenia powietrza cynkiem (str. 78) obszary najbardziej zanieczyszczone znajdują się we Włochach i w Ursusie, a także na Woli, Żoliborzu i Pradze (Targówek). Cynk jest ważnym mikroelementem niezbędnym dla organizmów żywych, jednakże jego nadmiar jest zdecydowanie szkodliwy. Jego źródłem jest przemysł metalurgiczny, osady ściekowe i spalanie węgla.

Mapa zanieczyszczenia powietrza miedzią (str. 79) wskazuje, że najwyższe jego wartości występują na małych obszarach w okolicy Huty Lucchini-Warszawa, na Pradze Północ i na Woli. Miedź jest także ważnym mikroelementem, składnikiem wielu enzymów. Deficyt miedzi jak i jej nadmiar powoduje zakłócenia wielu procesów biologicznych. Zagrożenie zanieczyszczeniami zawierającymi miedź jest w Warszawie stosunkowo małe.

6.3. Metale ciężkie w glebie

W latach 1976-1980 Katedra Gleboznawstwa SGGW AR prowadziła badania rozkładu metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleb na obszarze Warszawy. Próbkę gleb do analiz pobierano z warstwy 0-10 cm w wytypowanych miejscach. Badano gleby antropogeniczne zieleńców przyulicznych, osiedlowych i parków oraz gleby naturalne o różnym sposobie użytkowania (grunty orne, lasy, parki). Badania zostały podjęte z uwagi na duże zagrożenie metalami ciężkimi gleb, a pośrednio i człowieka w przypadku dużego ich stężenia. W opracowaniu wykorzystano dane z 1980 roku (Czarnowska, Gworek 1988, 1991). Wartości graniczne zawartości poszczególnych metali ciężkich w glebie przyjęto zgodnie z "Raportem o stanie środowiska województwa stołecznego warszawskiego w 1993 r". (Pietrzak, red. 1994).

Mapa zawartości kadmu w glebie (str. 80) informuje o przekroczeniu wartości progowej (powyżej $3,0 \text{ mg kg}^{-1}$) na terenach starszych dzielnic Warszawy. Są to gleby znajdujące się w Śródmieściu i na Pradze Północ. Te lokalne zanieczyszczenia wynikają najprawdopodobniej z dużego natężenia ruchu samochodowego w centrum miasta oraz z działalności dawnych i obecnych małych zakładów przemysłowych w dzielnicy Praga Północ. Źródłem kadmu są także warstwy nasypowe i lokalne wysypiska odpadów. Na zawartość kadmu w glebie może mieć również wpływ układ sieci kolejowej. Wartość progowa dla gleb skażonych kadmem wynosi $10,0 \text{ mg kg}^{-1}$.

Na mapie zawartości ołowiu w glebie (str. 81) widać, że gleby zawierające naturalne jego ilości (do 20 mg kg^{-1}) występują na północnych, wschodnich i południowych peryferiach miasta. Wartość graniczna szkodliwości (zanieczyszczenie gleb) wynosi 50 mg kg^{-1} , a toksyczności (skażenie gleb) 200 mg kg^{-1} . Najwyższe wartości skażenia gleb ołowiem występują głównie na zieleńcach ulicznych, w centrum lewobrzeżnej i w mniejszym stopniu - w centrum prawobrzeżnej Warszawy.

Mapa zawartości cynku w powierzchniowej warstwie gleb stolicy (str. 82) wskazuje, że ilość tego metalu jest największa w glebach najstarszych dzielnic prawobrzeżnych, a także w glebach niektórych zabudowanych terenów lewobrzeżnej Warszawy, a więc w dzielnicach

najbardziej zurbanizowanych. Ponadto duże wartości cynku występują w glebach w pobliżu starych, nieczynnych zakładów przemysłowych. Także w niektórych zabudowanych terenach podmiejskich, w miejscach lokalnych wysypisk odpadów oraz w pobliżu lokalnych emitorów związków cynku do atmosfery występują duże wartości cynku w glebie. Za gleby zanieczyszczone chemicznie uważa się te, które zawierają od 200 do 1000 mg kg⁻¹ cynku, natomiast za gleby skażone - te, które zawierają powyżej 1000 mg kg⁻¹ cynku.

Mapa zawartości miedzi w glebach Warszawy (str. 83) jest podobna do mapy rozkładu cynku i ołowiu. Najmniejsze ilości miedzi zawierają gleby obszarów peryferyjnych. Przyjmując wartość 50 mg kg⁻¹ jako graniczną należy stwierdzić, że najbardziej zanieczyszczone związkami miedzi są wierzchnie warstwy gleby w centrum miasta. Za granicę skażenia tym metalem przyjmuje się wartość 200 mg kg⁻¹.

7. UWAGI KOŃCOWE

Przedstawione wyniki dotychczasowych badań środowiska fizycznogeograficznego Warszawy wskazują na konieczność prowadzenia dalszych szczegółowych badań.

Warszawa jest miastem o bardzo zróżnicowanych układach urbanistycznych, z których każdy charakteryzuje się odmiennymi cechami środowiska, w tym także klimatu lokalnego (topoklimatu). Niestety, dotychczasowe badania klimatologiczne wykonywane fragmentarycznie w krótkich okresach oraz rzadka sieć stałych stacji meteorologicznych nie pozwalają na dokładne poznanie warunków klimatycznych panujących wewnątrz miasta. Brak jest także informacji o stosunkach klimatyczno-zdrowotnych; dotychczasowe wiadomości w tym zakresie są bardzo skromne (Biernacki 1995, Fortini-Morawska 1990, Grzędziński, Kozłowska-Szczęśna 1972), przeważnie są one oparte na obserwacjach sporadycznych, a nawet na przypuszczeniach.

Około 15 lat temu w Zakładzie Fizjografii Warszawskiego Przedsiębiorstwa Geodezyjnego opracowano projekt miejskiej sieci klimatologicznej obejmującej 10-12 posterunków obserwacyjnych zlokalizowanych w różnych typach rzeźby, zagospodarowania terenu i zabudowy (Mączak 1990). Niestety z braku możliwości finansowych sieć ta nigdy nie została założona. Konieczność badań stacjonarnych jest bezsporna, gdyż tylko dzięki nim będzie można szczegółowo poznać warunki solarne, termiczne, wilgotnościowe i wietrzne panujące wewnątrz miasta, a także określić zdolności przewietrzania, rolę zieleni w poprawie warunków aerosanitarnych, klimat odczuwalny oraz przyczyny wzrostu zachorowań i śmiertelności w wyniku oddziaływania na człowieka różnych warunków pogodowych i innych czynników środowiska miejskiego. Wyniki takich badań, poszerzone o obserwacje dotyczące różnych elementów środowiska geograficznego, mogą posłużyć do stworzenia koncepcji melioracji klimatu i ochrony różnych komponentów środowiska w mieście, której efektem będzie poprawa warunków życia człowieka.

Ponadto należy dążyć do zbadania możliwości rozwoju podwarszawskich miejscowości uzdrowiskowych (np. Izabelin, Konstancin, Otwock). Można także zastanawiać się nad praktycznym wykorzystaniem energii geotermalnej. Propozycję w tym zakresie zostały przedstawione na przykładzie Pragi Południe (Sokołowski i inni 1995). Przyczyniłoby się to w przyszłości do poprawienia stanu higienicznego powietrza.

8. LITERATURA

- Atlas Warszawy*, 1975, Urząd Miasta Stołecznego Warszawy.
- Atlas Województwa Warszawskiego*, 1993, Urząd Wojewódzki w Warszawie, Wydział Geodezji i Gospodarki Gruntami.
- Bednarek A., 1979a, *Wpływ zwartej zabudowy śródmiejskiej na warunki mikroklimatyczne na przykładzie Warszawy*. Zesz. Nauk. SGGW-AR, Leśnictwo, 27.
- Bednarek A., 1979b, *Wpływ parkowej roślinności drzewiastej, trawników i placów na warunki mikroklimatyczne na przykładzie Warszawy*. Zesz. Nauk. SGGW-AR, Leśnictwo 27.
- Bednarek A., 1990, *Warunki klimatyczne niektórych form miejskiej zabudowy mieszkaniowej*. [w:] H.Skibniewska (red.), *Ekologiczne podstawy kształtowania miejskich zespołów mieszkaniowych*, SGGW-AR, Warszawa.
- Biernacki A., 1995, *Environmental pollution and the health status of the population in Warsaw*. Geogr. Pol. 64.
- Biernacki Z., Kazimierski J., Wróblewski A. (red.), 1990, *Środowisko przyrodnicze Warszawy*. PWN, Warszawa.
- Błażejczyk K., 1993, *Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego*. Prace Geogr. IGiPZ PAN, 159, Warszawa.
- Błażejczyk K., 1994, *New climatological-and-physiological model of man-environment heat exchange (MENEX) and its applications in bioclimatological studies*. Zeszyty IGiPZ PAN, 28, Warszawa.
- Chmielewski W., Dmuchowski W., Supłat S., 1992, *Ocena zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi w Warszawie na podstawie metody bioindykacyjnej*. Prace Ogrodu Botanicznego PAN, 2.
- Chojnacki J., 1991, *Roślinność rzeczywista Warszawy*. [w:] J.Chojnacki, *Zróżnicowanie przestrzenne roślinności Warszawy*. Wyd. UW, Warszawa.
- Czarnowska K., Gworek B., 1988, *Zanieczyszczenie kadmem gleb Warszawy*. Rocz. Glebozn. 39, 4.
- Czarnowska K., Gworek B., 1991, *Stan zanieczyszczenia cynkiem, ołowiem i miedzią gleb Warszawy*. Rocz. Glebozn. 42, 1/2.
- Encyklopedia Warszawy*, 1994, Wyd. Nauk. PWN.
- Fortini-Morawska J., 1987, *Zastosowanie modelowych badań przewietrzania osiedla w projektowaniu architektonicznym (na przykładzie osiedla mieszkaniowego w Białoleśce Dworskiej w Warszawie)*. Człowiek i Środowisko, 11, (1-2).
- Fortini-Morawska J., 1990, *Wpływ zabudowy na warunki klimatyczne* [w:] *Środowisko przyrodnicze Warszawy*. PWN, Warszawa.
- Grzędziński E., Kozłowska-Szczęsna T., 1972, *A Comparison of the Bioclimatic Conditions of Seaside, Lowland and Mountains*. Proc. of the Int. Congress, Como, Italy.
- Kozłowska-Szczęsna T., Podogrocki J., 1995, *Antropogeniczne zmiany warunków radiacyjnych w Warszawie*. [w:] K. Kłysik (red), *Klimat i bioklimat miast*. Wyd. UŁ, Łódź.
- Kraujalis M.W., 1980, *Zróżnicowanie termiczne podłoża atmosfery na obszarze miasta*. [w:] *Metody opracowań topoklimatycznych*. Dok. Geogr., 3.
- Krawczyk B., 1968, *Badania zmeńnienia atmosfery w Warszawie w latach 1961-1963*. Przegl. Geogr. 40, 4.
- Limanówka D., Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1993, *Prawdopodobieństwo wystąpienia wybranych ekstremalnych charakterystyk termicznych w Polsce*. Zeszyty IGiPZ PAN, 18.
- Lorenc H., 1991, *Wpływ urbanizacji Warszawy na zmienność opadów atmosferycznych*. Wiad. IMGW, 14 (35), 1-4.

- Mączak S., 1990, *Uwarunkowania klimatyczne*. [w:] *Środowisko przyrodnicze Warszawy*. PWN, Warszawa.
- Michałowska-Smak H., 1982, *Wiekowe i sezonowe zmiany zmeńnienia atmosfery w Warszawie i w Belsku w okresie 1957-1980*. Mat. V Semin. Fitoakt. IUNG, Puławy.
- Paszyński J., Hornig A., Kluge M., Koechler W., Sokołowska M., Wolak J., 1971, *Środowisko miejskie i przemysłowe*. [w:] *Problemy środowiska człowieka*, Biuletyn KPZK PAN, 68.
- Pietrzak H. (red.), 1994, *Raport o stanie środowiska województwa stołecznego warszawskiego w 1993 r.* PIOŚ i Urz. Wojew. w Warszawie, Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Podogrocki J., 1982, *Struktura promieniowania całkowitego na przykładzie Warszawy*. Mat. V Semin. Fitoakt. IUNG, Puławy,
- Sokołowski J., Tomaszewski A., Krokoszyńska M., 1995, *Warunki występowania i możliwości wykorzystania energii geotermalnej w dzielnicy-Gminie Warszawa-Praga Południe*. Techn. Poszuk. Geolog., Geosynoptyka i Geotermia, 4-5.
- Stopa-Boryczka M., 1992, *Deformacja pól zmiennych meteorologicznych przez zabudowę w Warszawie*. Prace i Studia Geogr., 11, WGiSR UW.
- Stopa-Boryczka M. (kier. zespołu), 1994, *Wkład Geografów Uniwersytetu w badania środowiska Warszawy i okolic*. WGiSR UW.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Błażek E., Skrzypczuk J., 1995, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy*. [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, cz. IX*. Wyd. UW, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U (red.), 1992, *Z badań klimatu Warszawy*. Prace i Studia Geogr. 11, WGiSR UW.

Pokrycie i użytkowanie terenu

MAPY I KARTODIAGRAMY

00 nieużytki i tereny
01 użytki rolne
02 użytki zielone
03 lasy i tereny
04 tereny wodne
05 tereny zabudowane
06 tereny zielone
07 tereny zielone

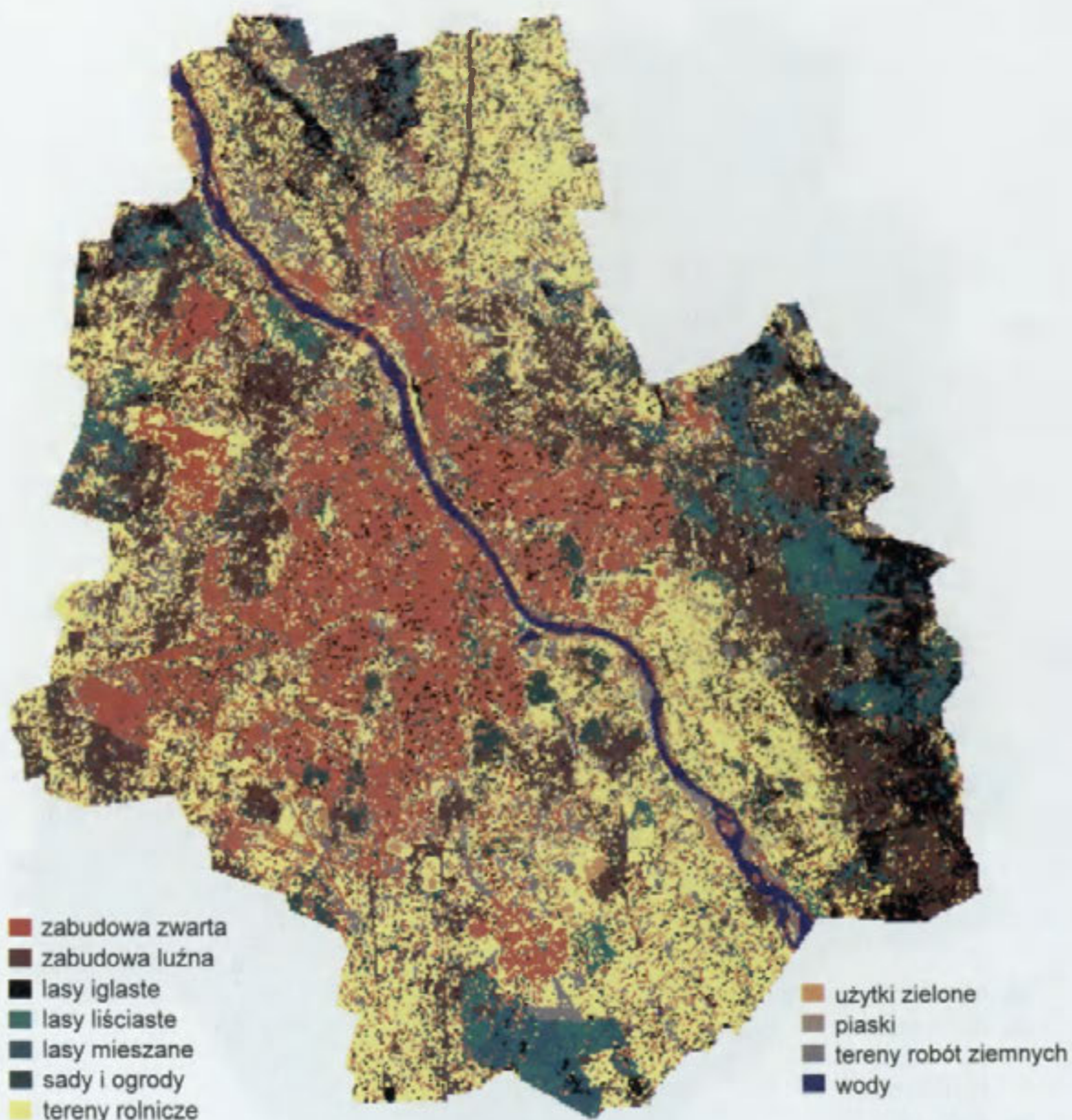
08 tereny zielone
09 tereny zielone
10 tereny zielone
11 tereny zielone

Opracowanie komputerowe: K. Białeżycki

Autorka: Z. Białeżyńska

1. M. J. ... (1971) ...
2. ... (1972) ...
3. ... (1973) ...
4. ... (1974) ...
5. ... (1975) ...
6. ... (1976) ...
7. ... (1977) ...
8. ... (1978) ...
9. ... (1979) ...
10. ... (1980) ...
11. ... (1981) ...
12. ... (1982) ...
13. ... (1983) ...
14. ... (1984) ...
15. ... (1985) ...
16. ... (1986) ...
17. ... (1987) ...
18. ... (1988) ...
19. ... (1989) ...
20. ... (1990) ...
21. ... (1991) ...
22. ... (1992) ...
23. ... (1993) ...
24. ... (1994) ...
25. ... (1995) ...
26. ... (1996) ...
27. ... (1997) ...
28. ... (1998) ...
29. ... (1999) ...
30. ... (2000) ...
31. ... (2001) ...
32. ... (2002) ...
33. ... (2003) ...
34. ... (2004) ...
35. ... (2005) ...
36. ... (2006) ...
37. ... (2007) ...
38. ... (2008) ...
39. ... (2009) ...
40. ... (2010) ...
41. ... (2011) ...
42. ... (2012) ...
43. ... (2013) ...
44. ... (2014) ...
45. ... (2015) ...
46. ... (2016) ...
47. ... (2017) ...
48. ... (2018) ...
49. ... (2019) ...
50. ... (2020) ...

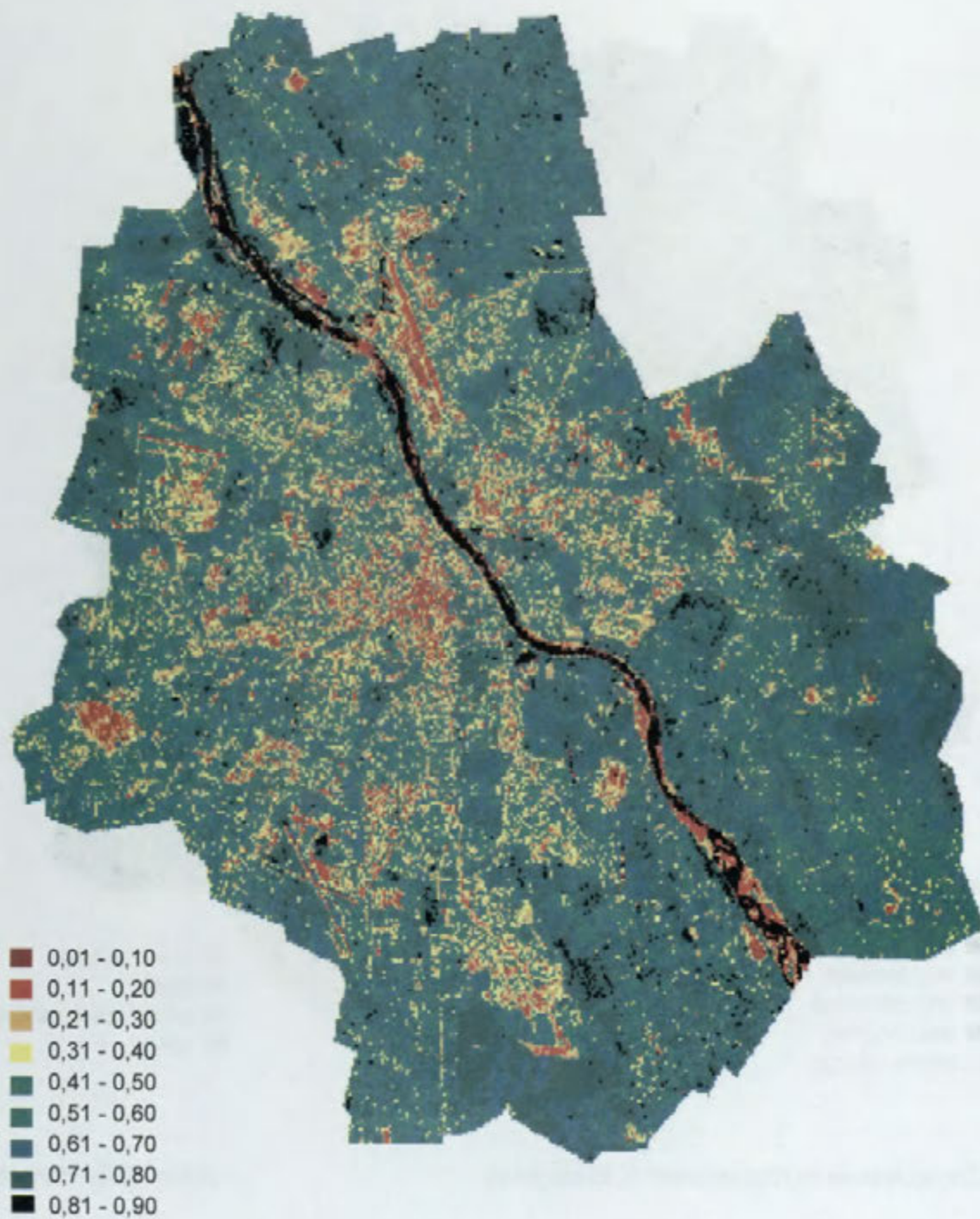
Pokrycie i użytkowanie terenu



Opracowanie komputerowe. K. Błażejczyk

Autor: Z. Bochenek

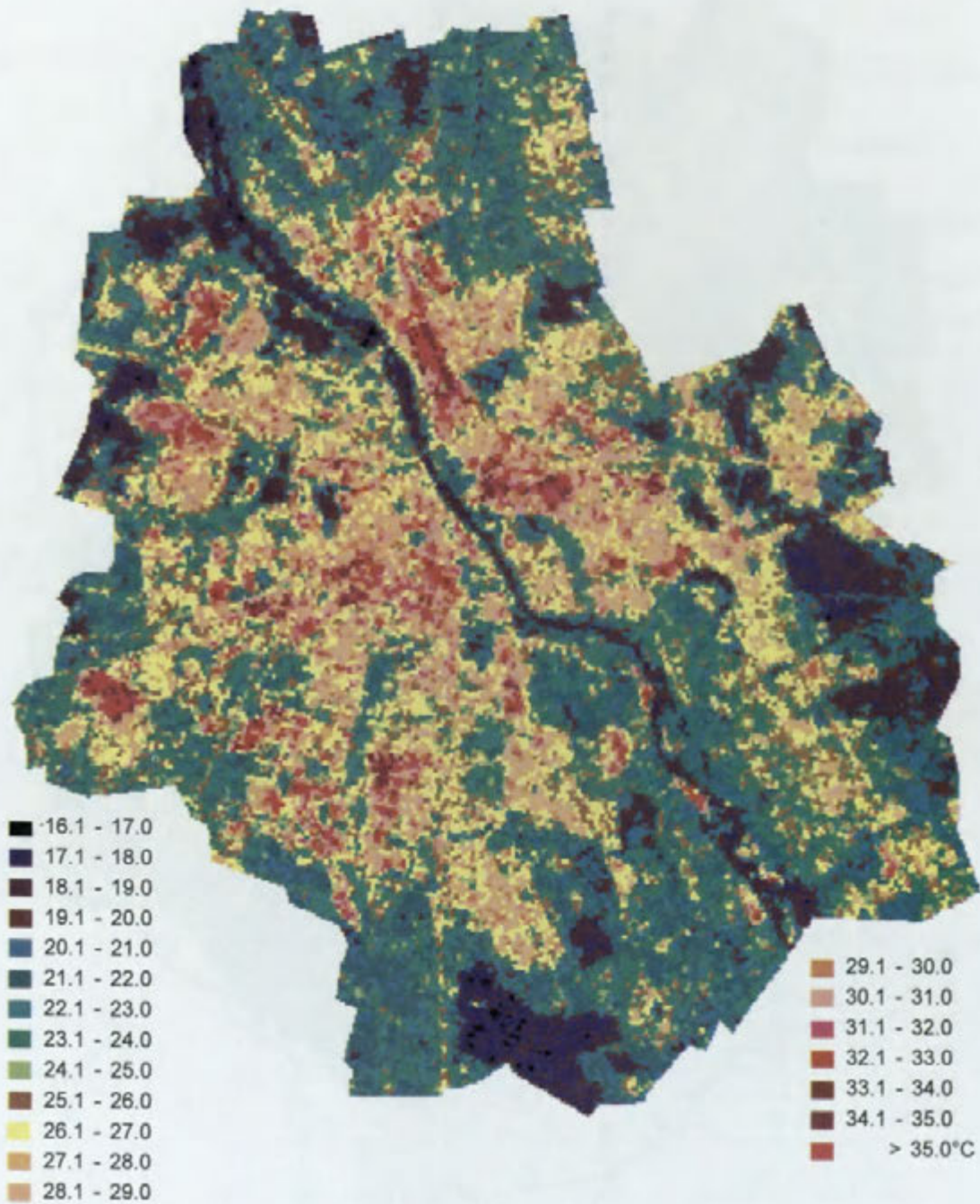
Wskaźnik pokrycia roślinnością



Opracowanie komputerowe: K. Błazejczyk

Autor: Z. Bochenek

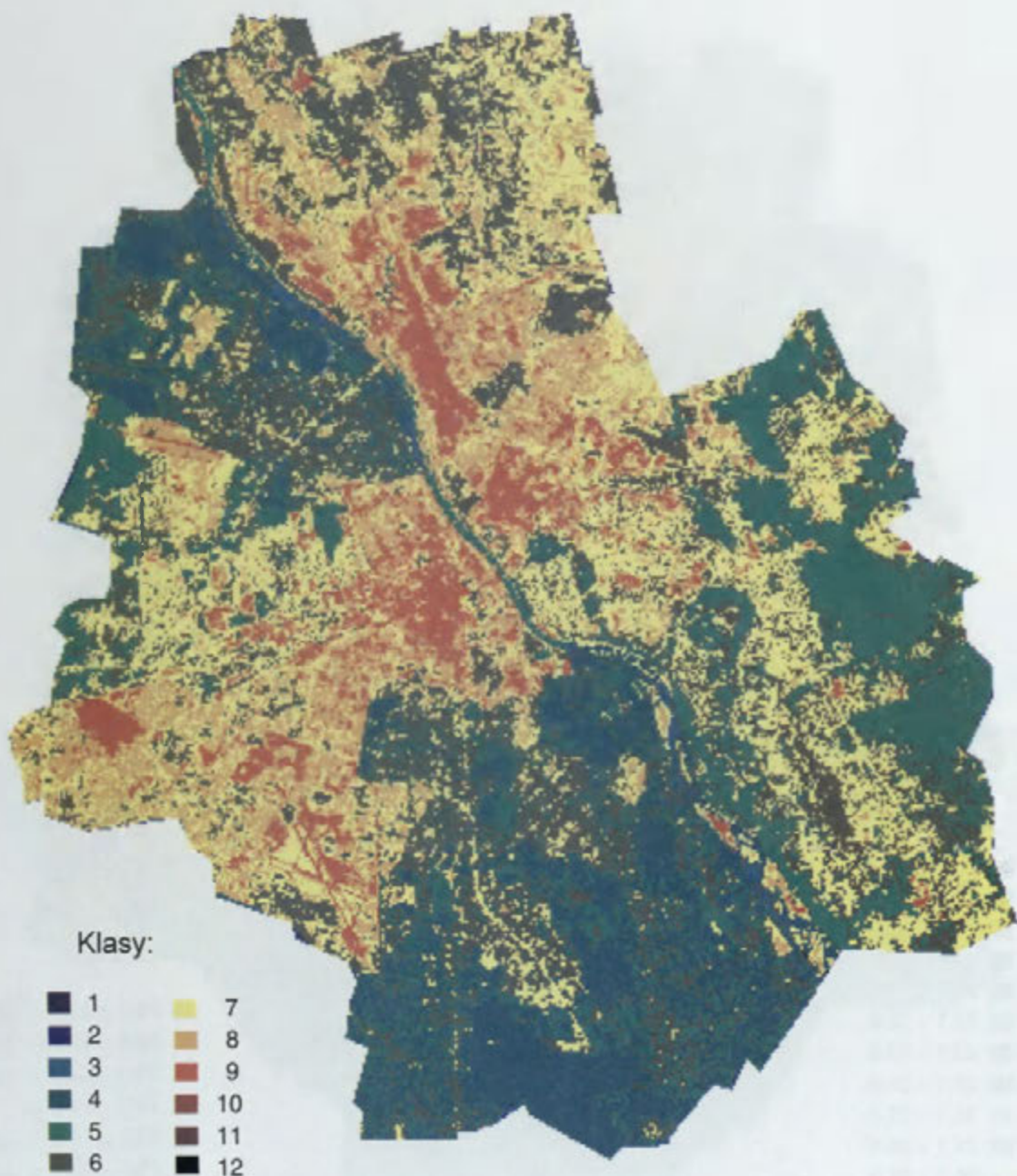
Rozkład temperatury podłoża atmosfery



Opracowanie komputerowe: K. Błazejczyk

Autor: Z. Bochenek

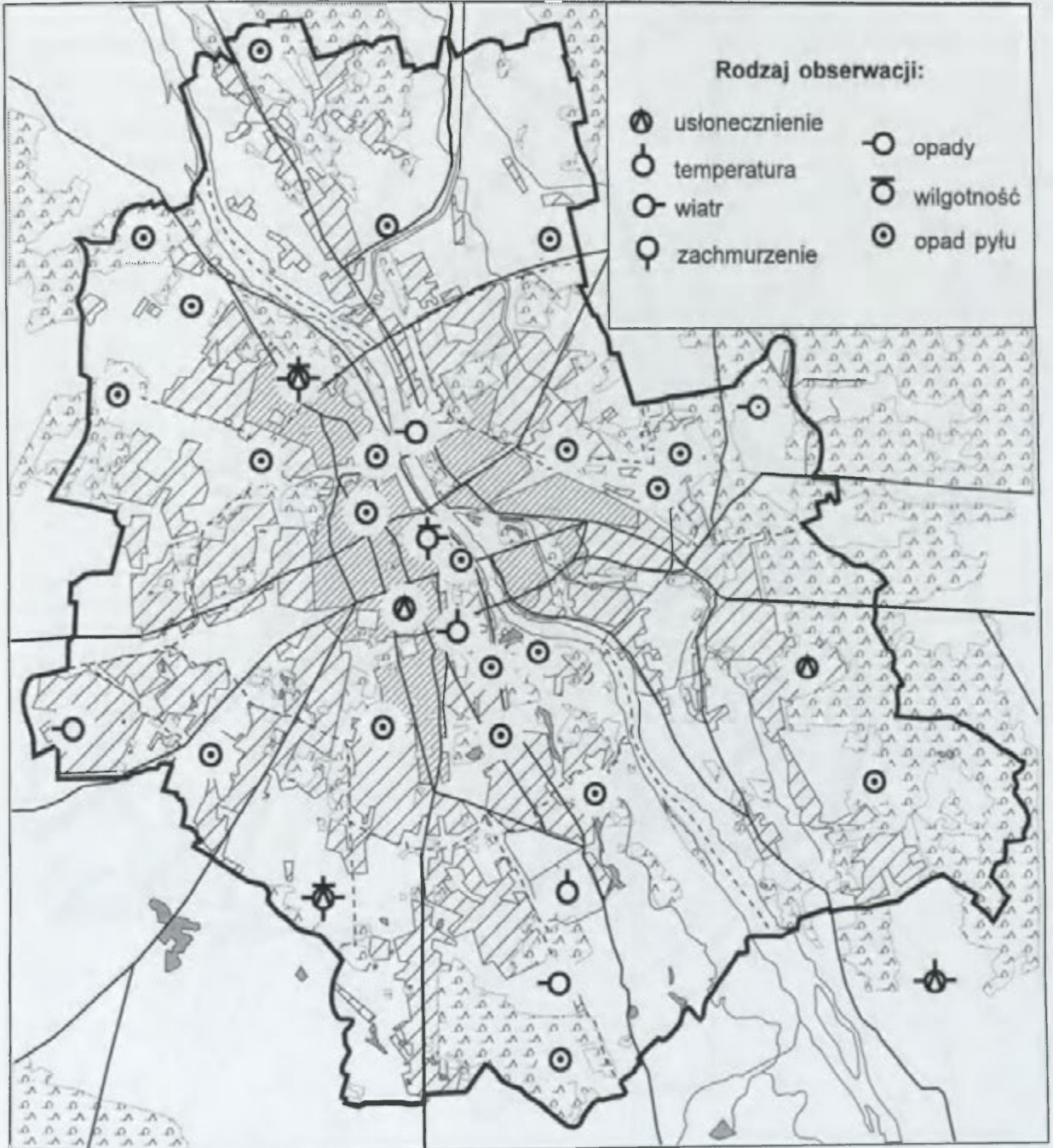
Stan zagrożenia środowiska



Opracowanie komputerowe: K. Błażejczyk

Autor: Z. Bochenek

Rozmieszczenie punktów pomiarowych

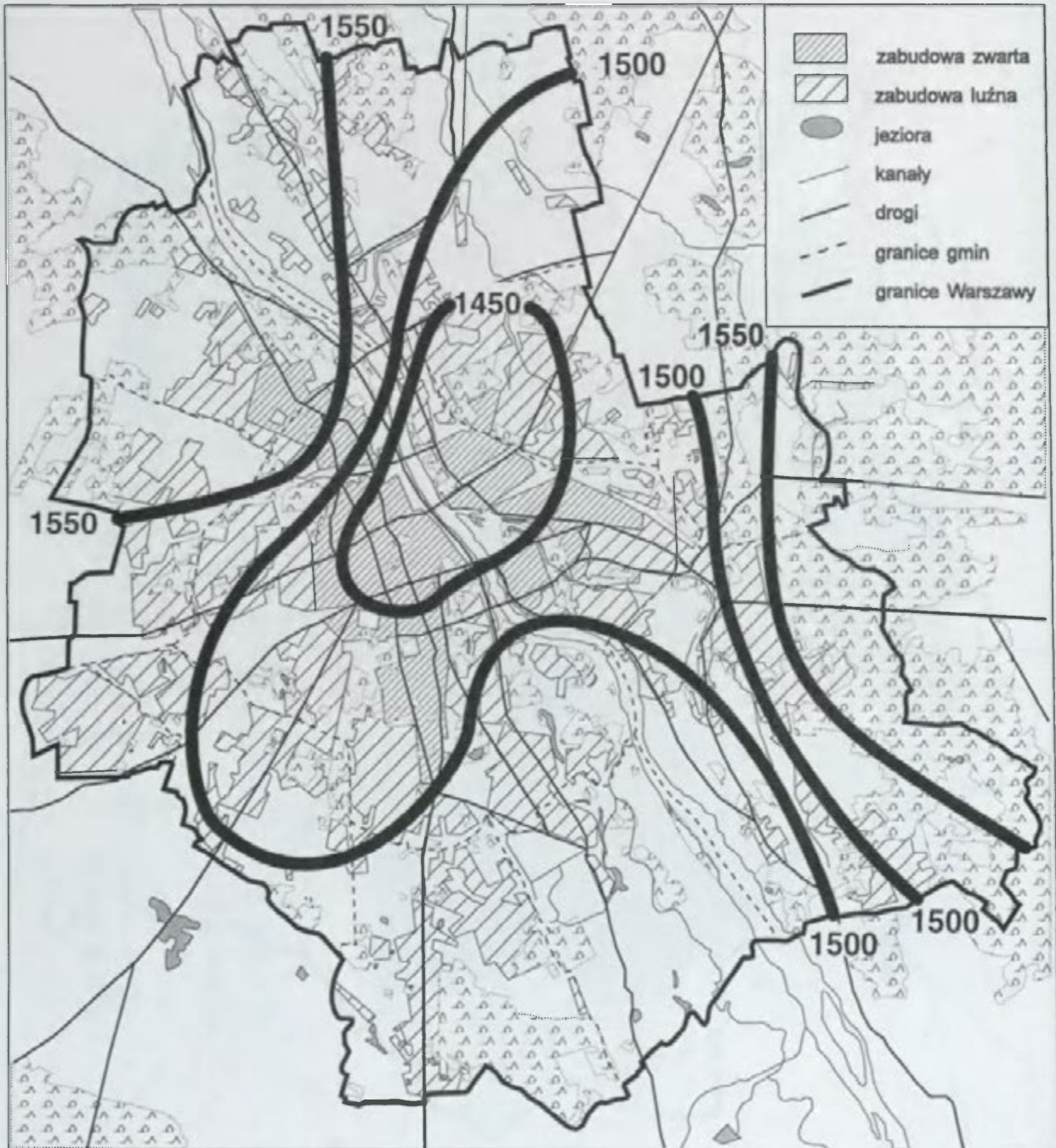


Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Sumy usłonecznienia (godz.)

ROK

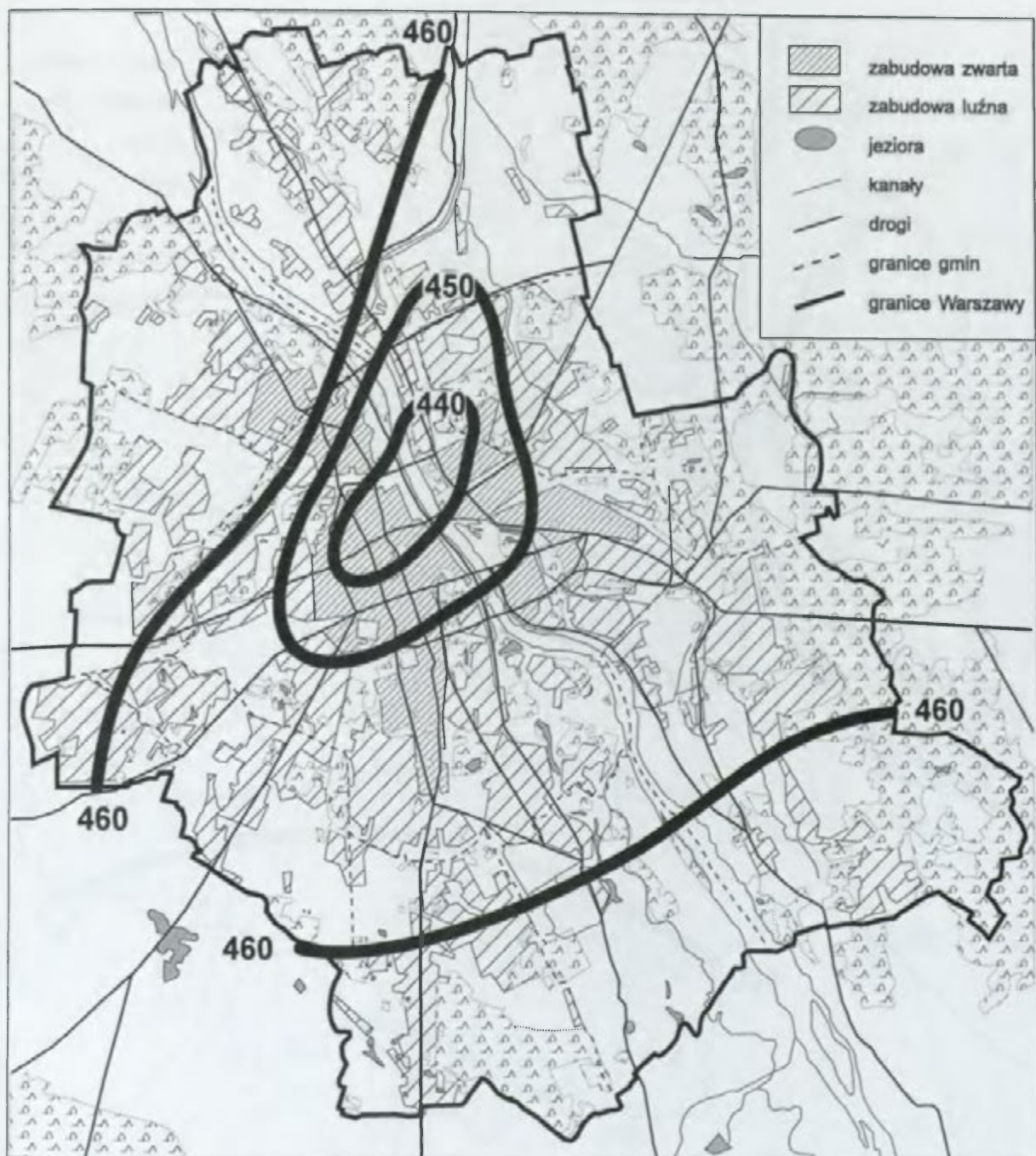
1961-1990



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

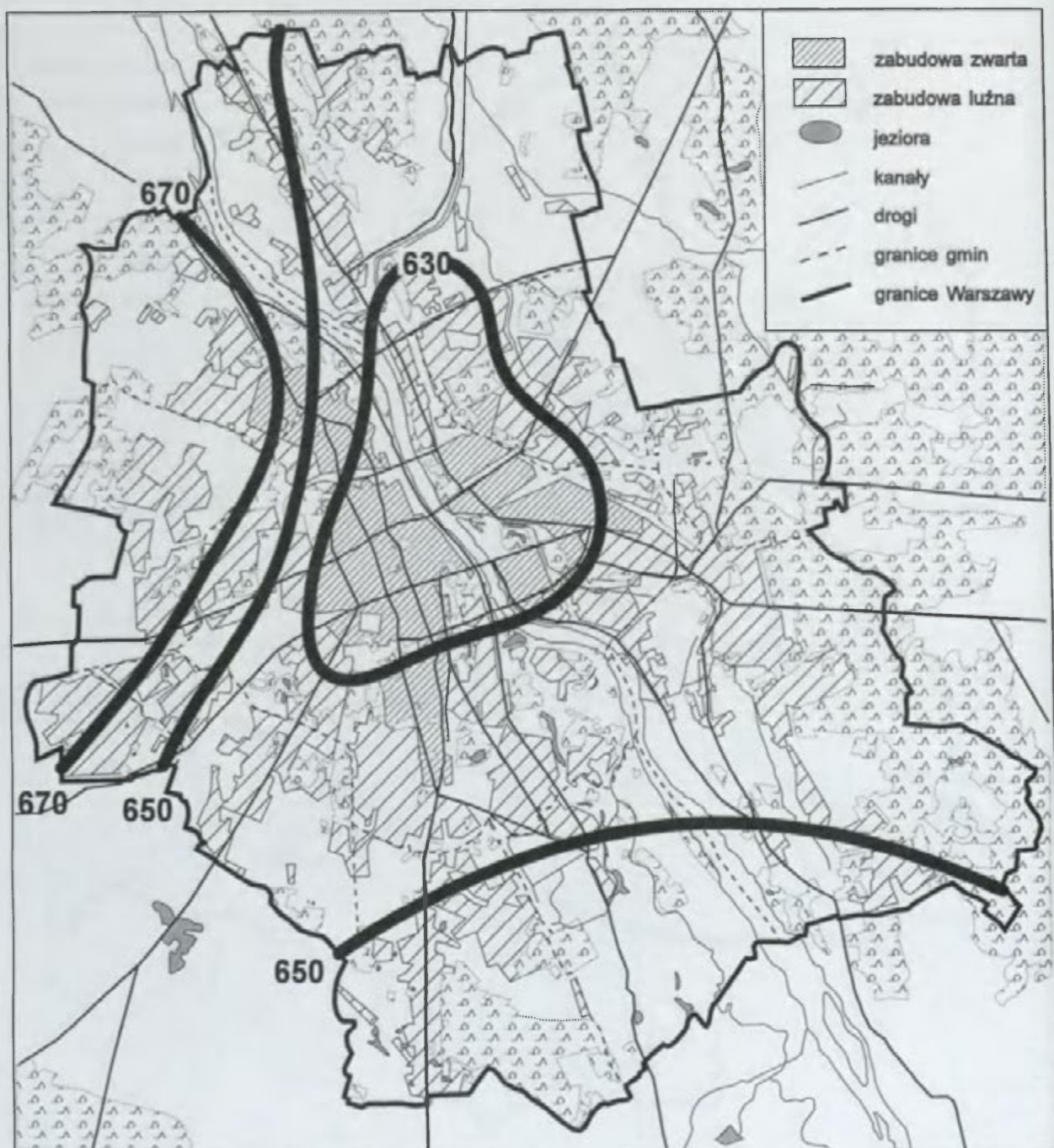
Autor: J. Podogrocki

Sumy usłonecznienia (godz.)
WIOSNA
1961-1990



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

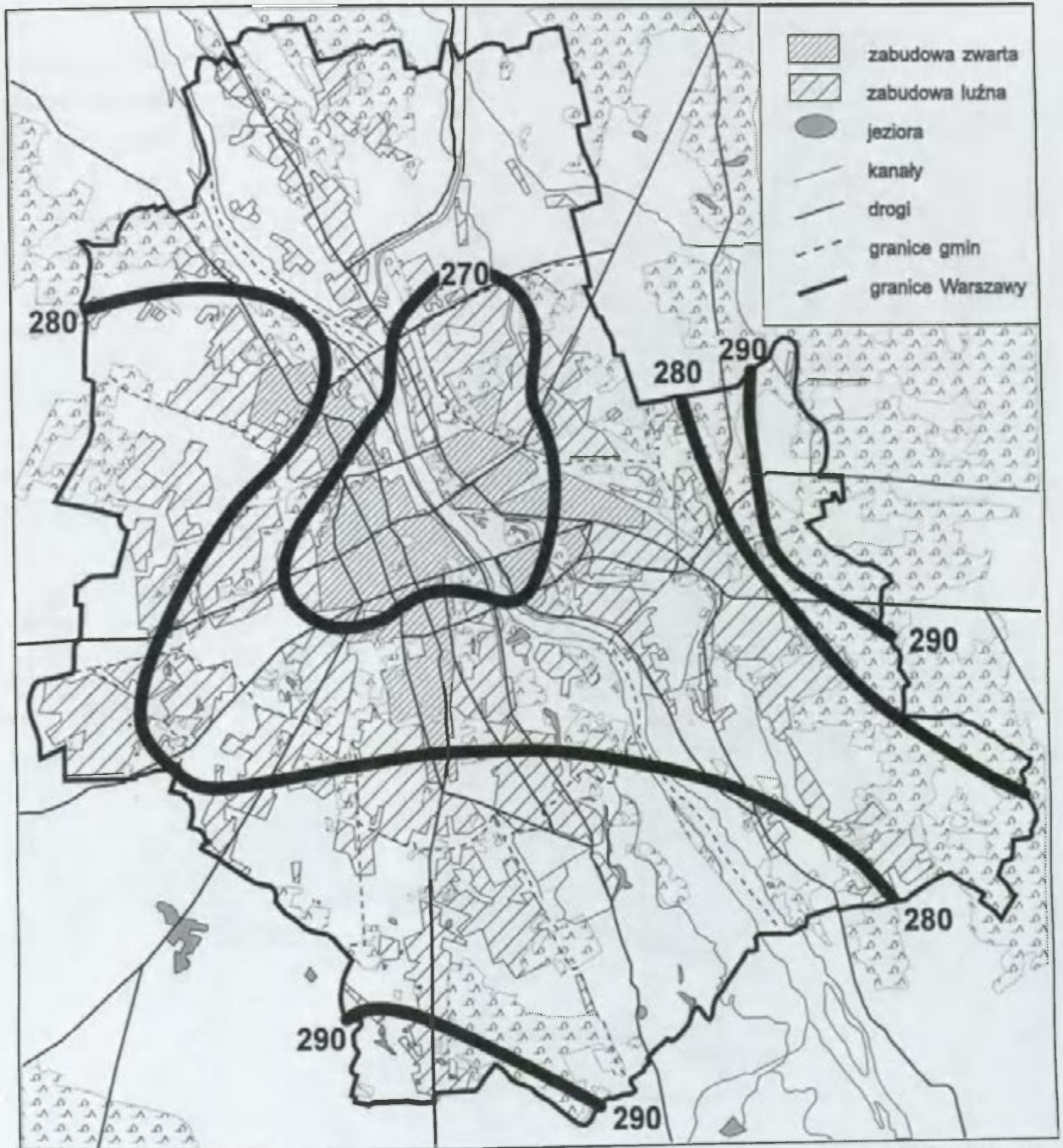
Autor: J. Podogrocki

Sumy usłonecznienia (godz.)**L A T O****1 9 6 1 - 1 9 9 0**

Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: J. Podogrocki

Sumy usłonecznienia (godz.)
JESIEŃ
1961-1990



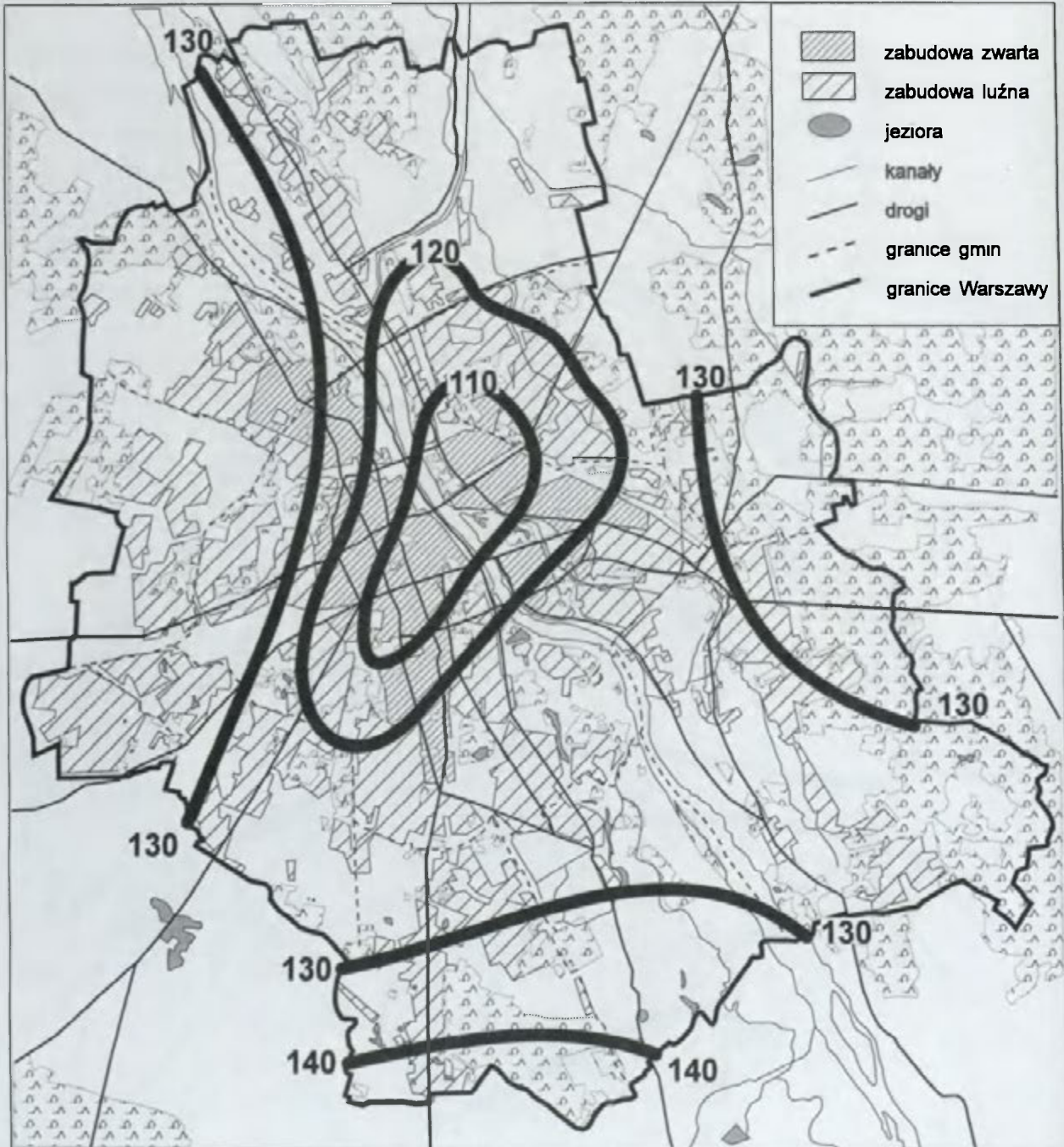
Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: J. Podogrocki

Sumy usłonecznienia (godz.)

Z I M A

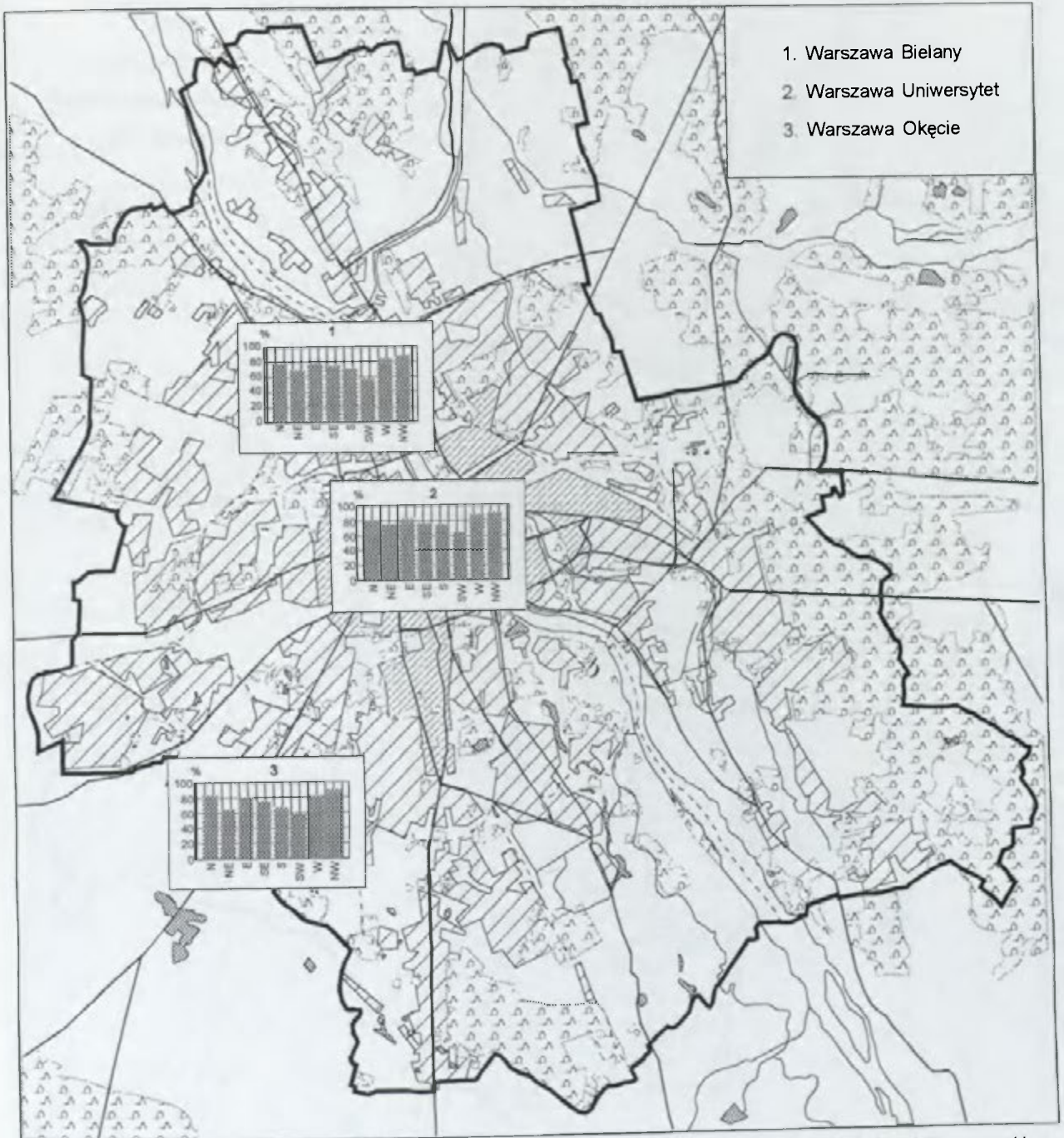
1961-1990



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: J. Podogrocki

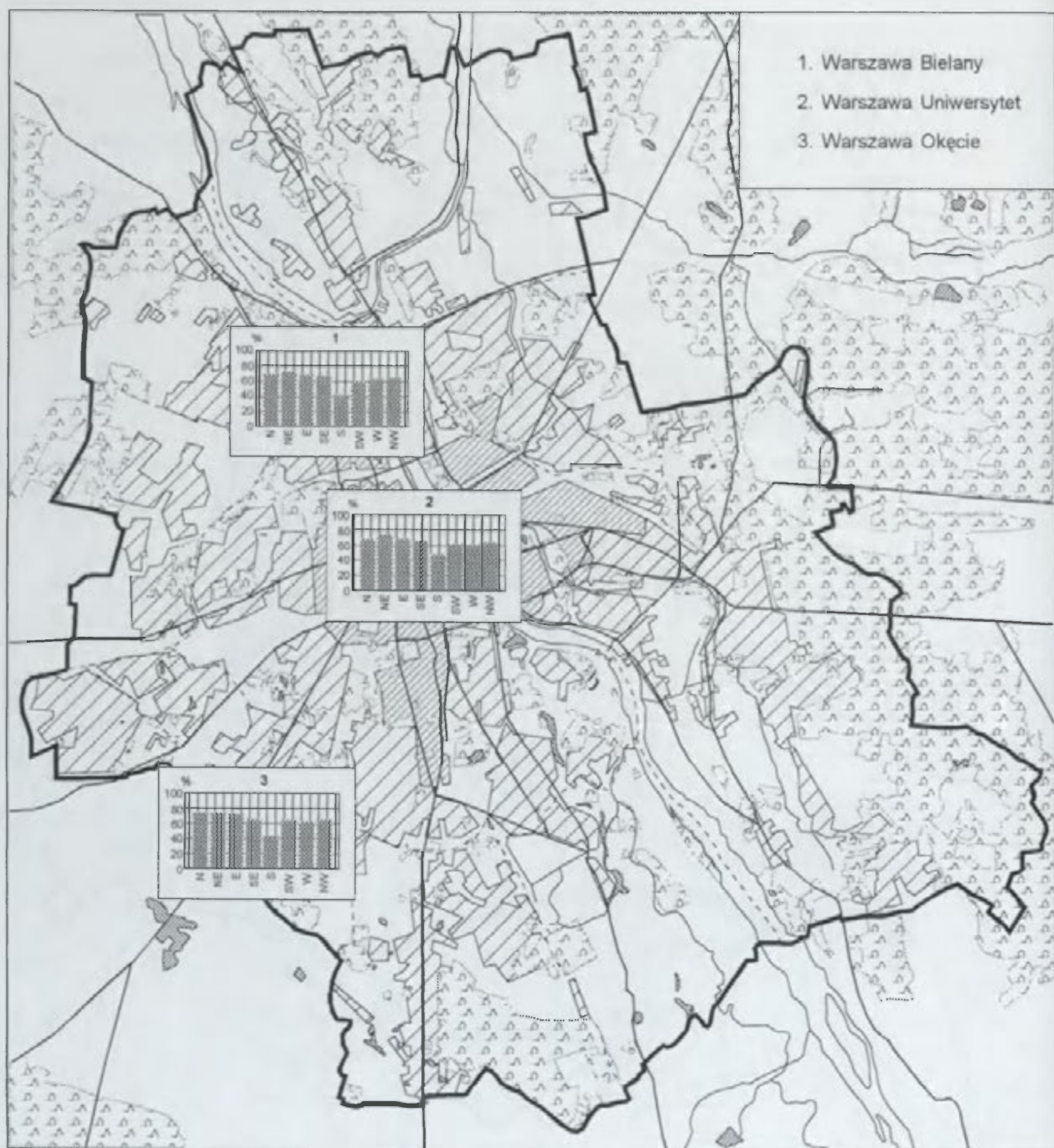
Zachmurzenie średnie dobowe w styczniu (%) **w zależności od kierunku cyrkulacji** **1971 - 1980**



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk, J. Baranowski

Autor: J. Baranowski

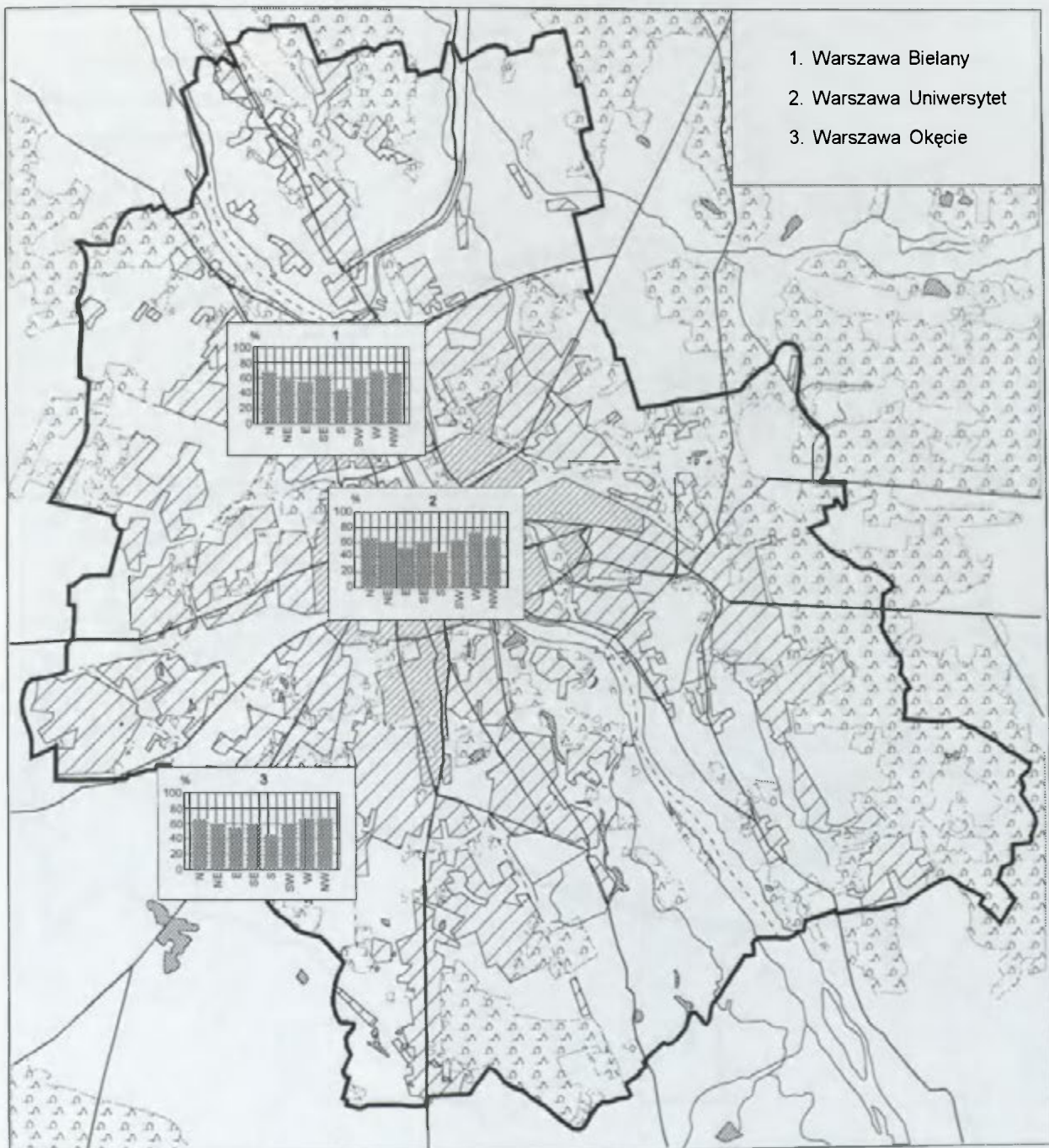
Zachmurzenie średnie dobowe w kwietniu (%) w zależności od kierunku cyrkulacji 1971 - 1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk, J. Baranowski

Autor: J. Baranowski

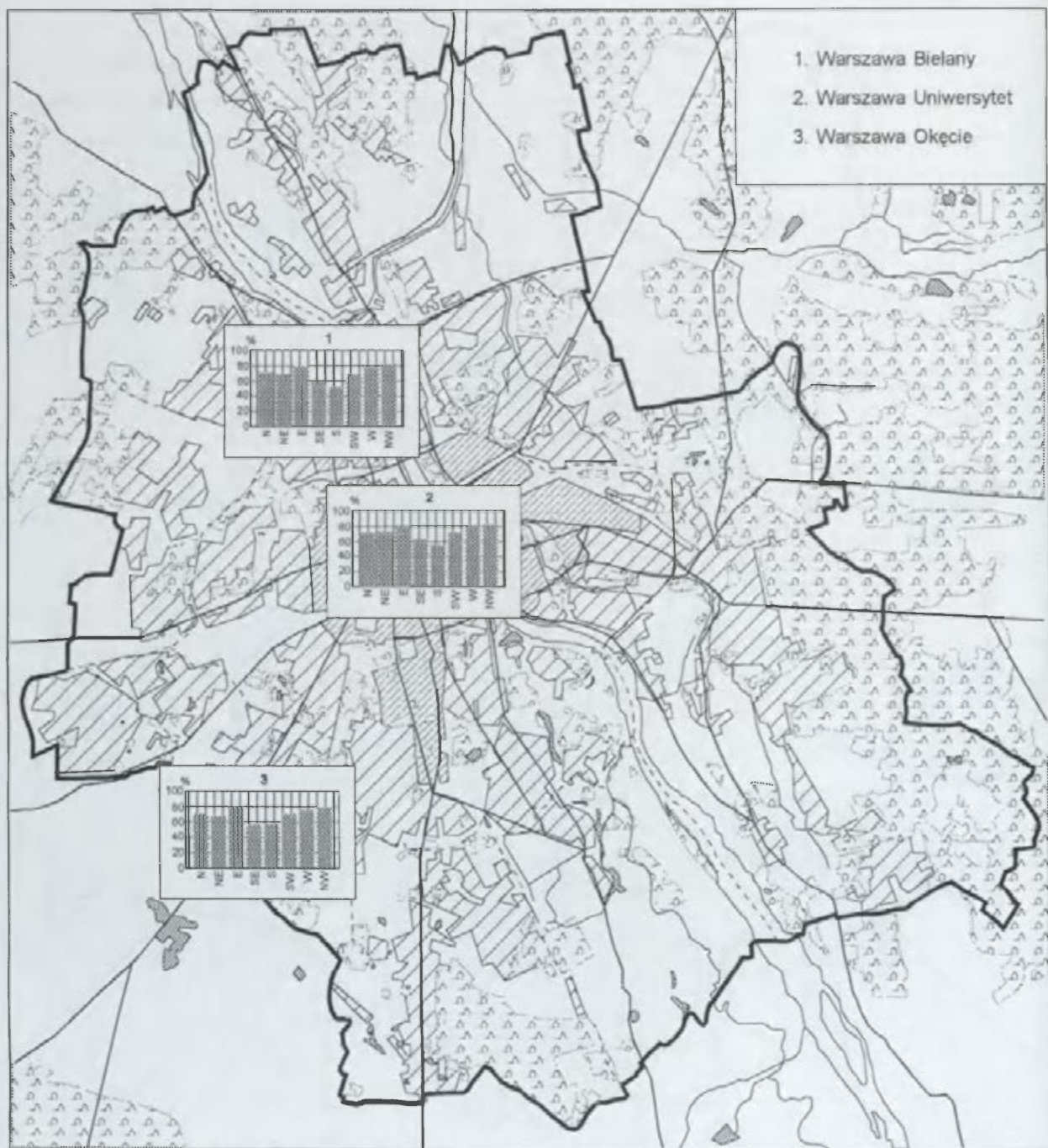
Zachmurzenie średnie dobowe w lipcu (%) w zależności od kierunku cyrkulacji 1971-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk, J. Baranowski

Autor: J. Baranowski

Zachmurzenie średnie dobowe w październiku (%) w zależności od kierunku cyrkulacji 1971-1980

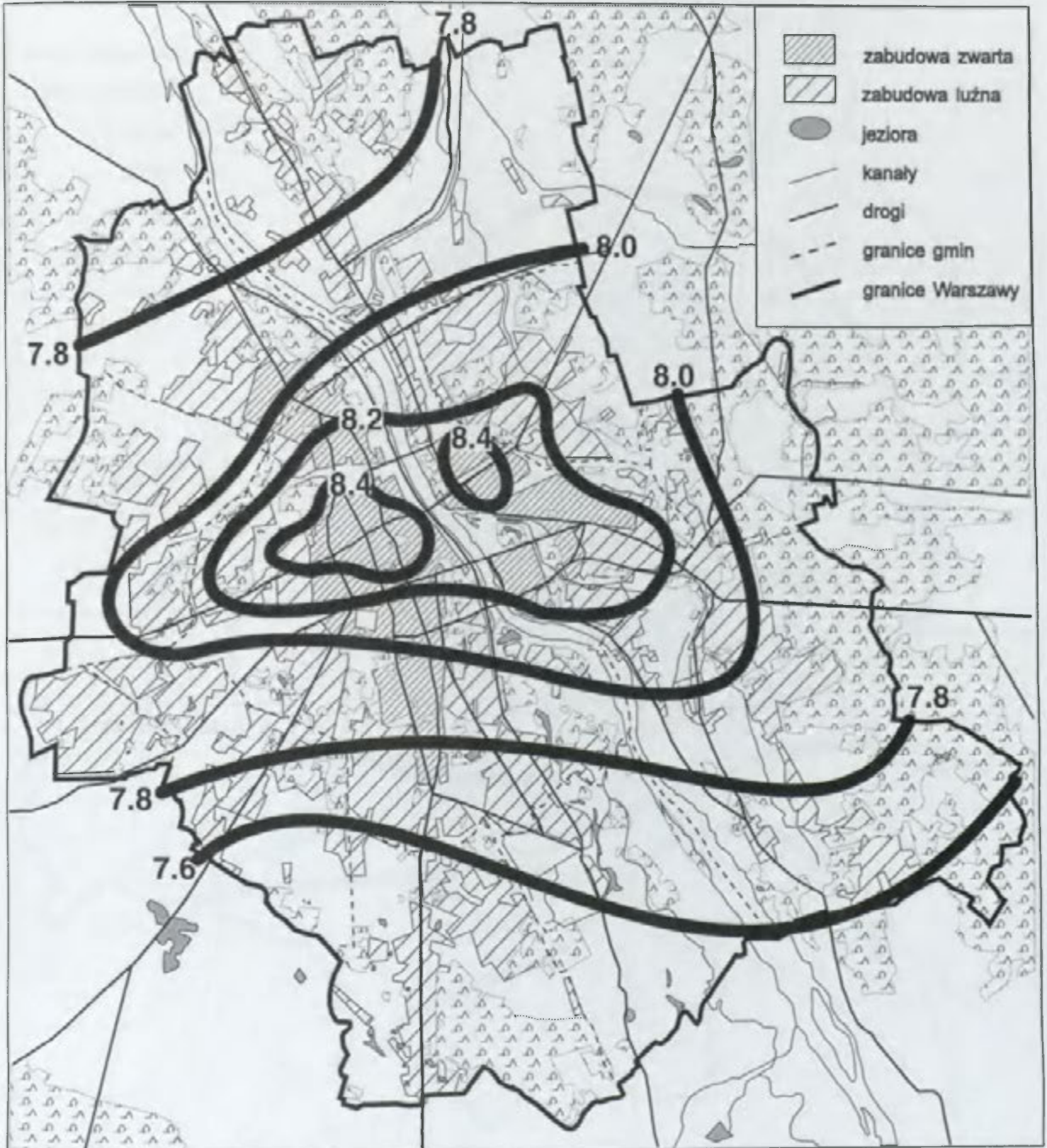


Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk, J. Baranowski

Autor: J. Baranowski

Średnia roczna temperatura powietrza (°C)

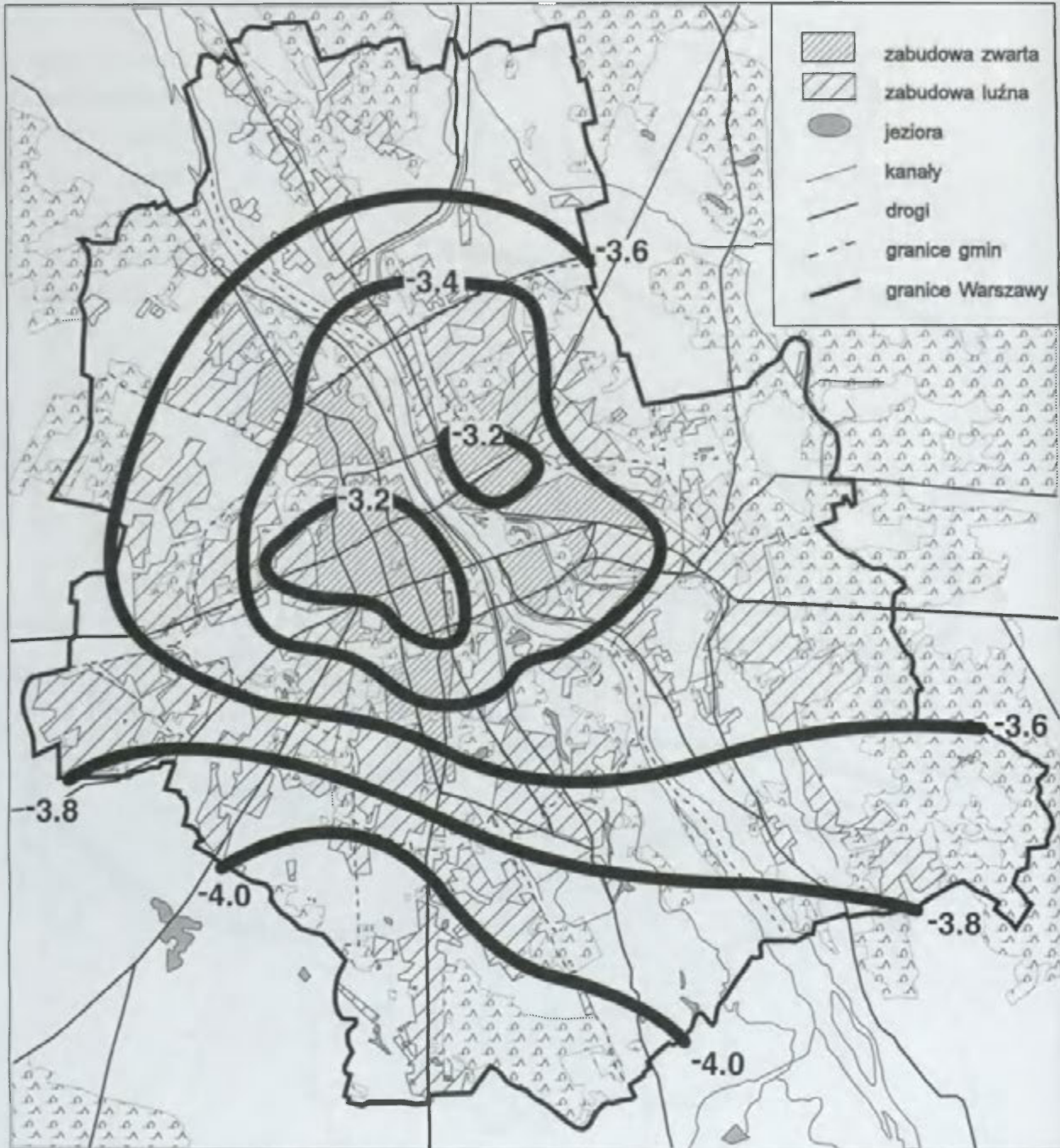
1 9 6 1 - 1 9 8 0



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

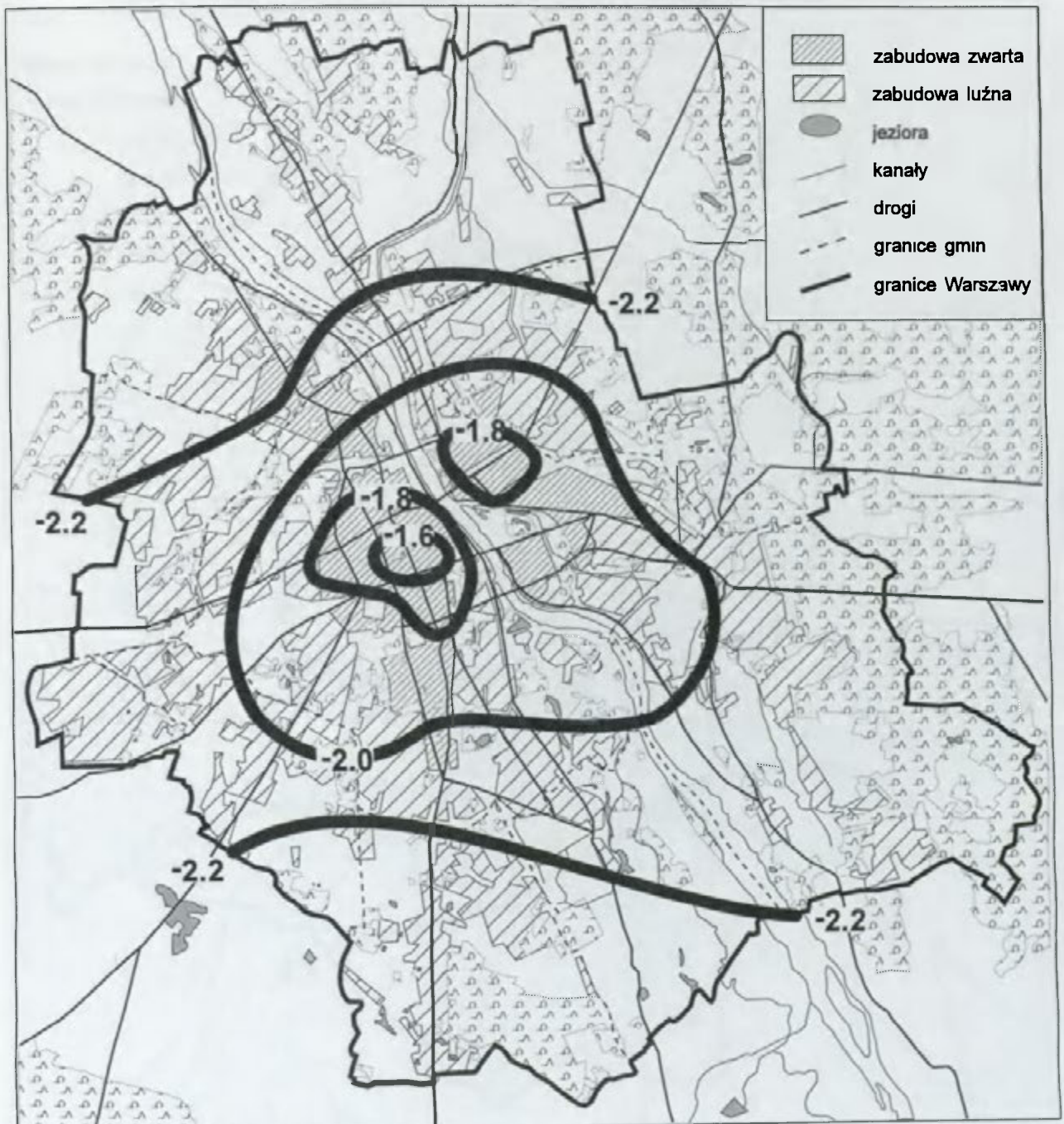
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
STYCZEŃ
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

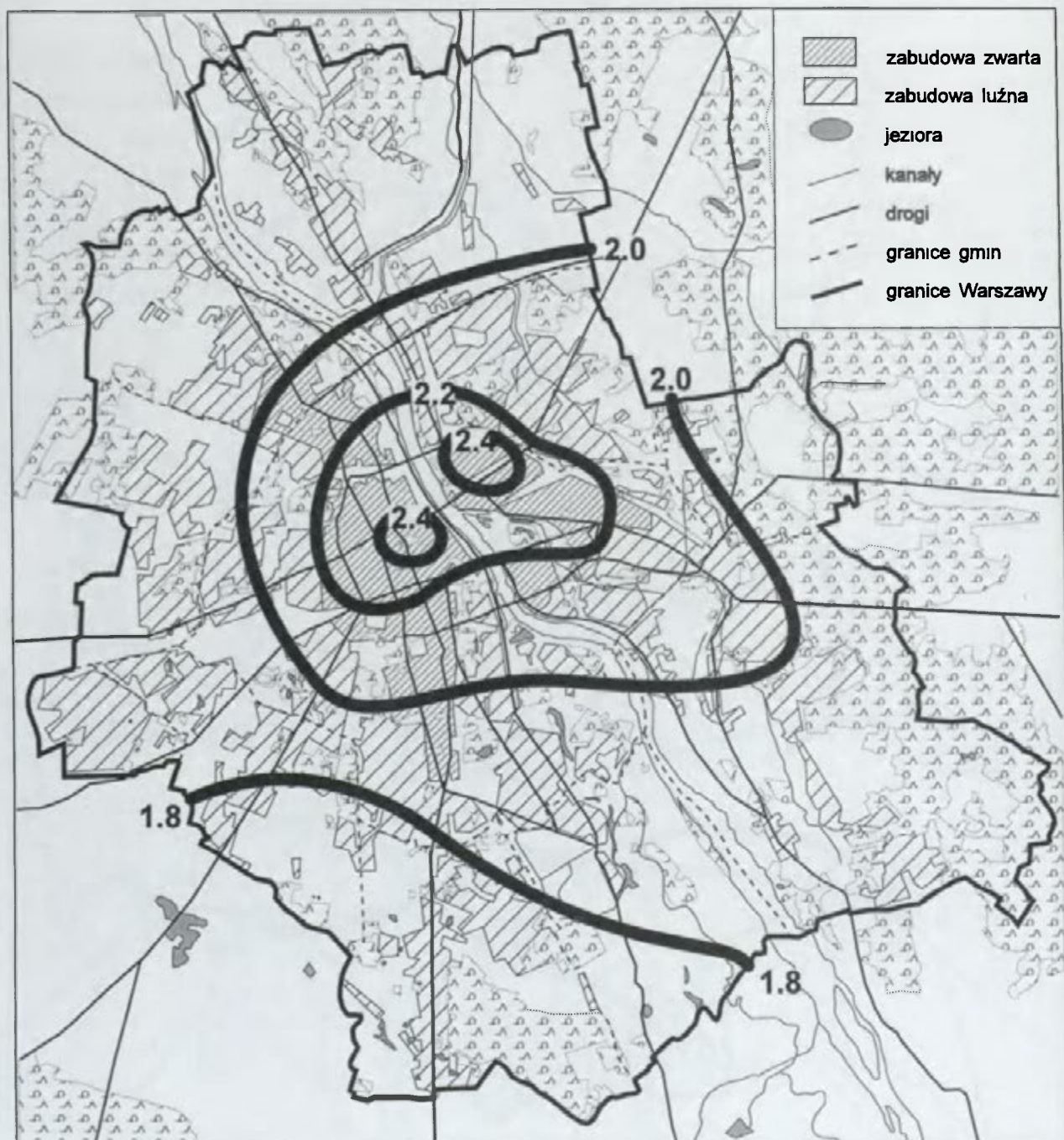
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
LUTY
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

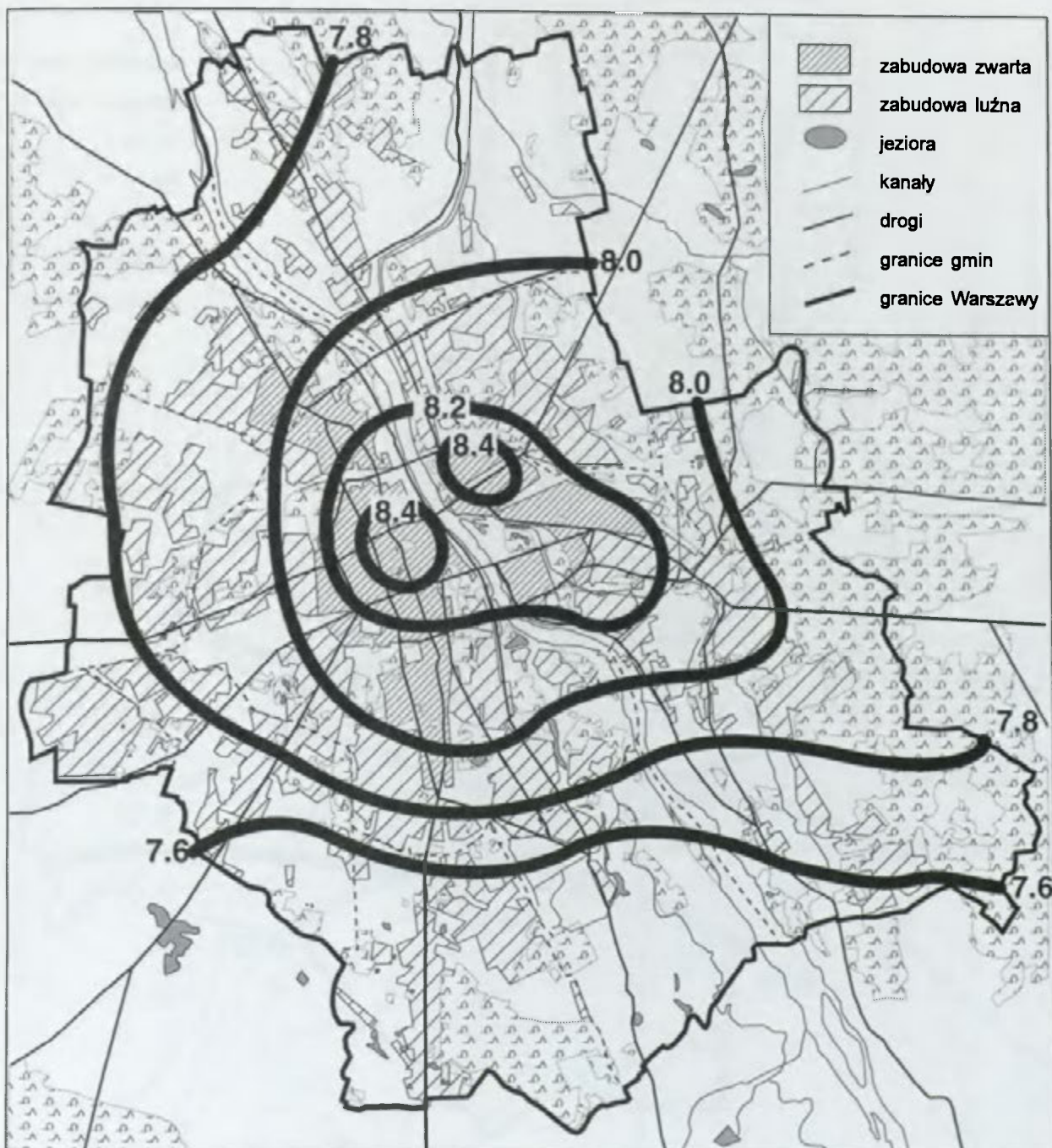
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
MARZEC
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
KWIECIEŃ
1961-1980



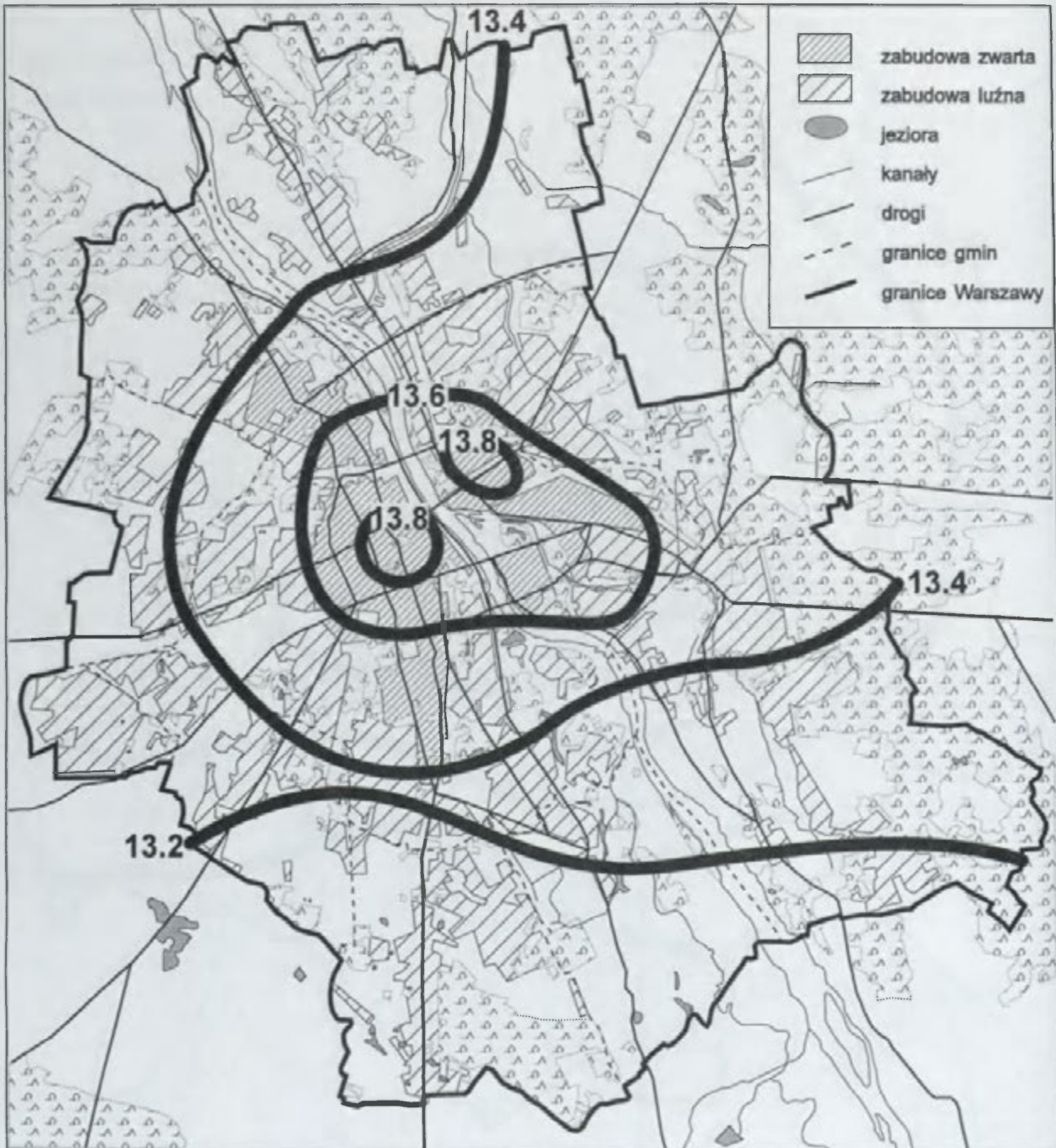
Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)

MAJ

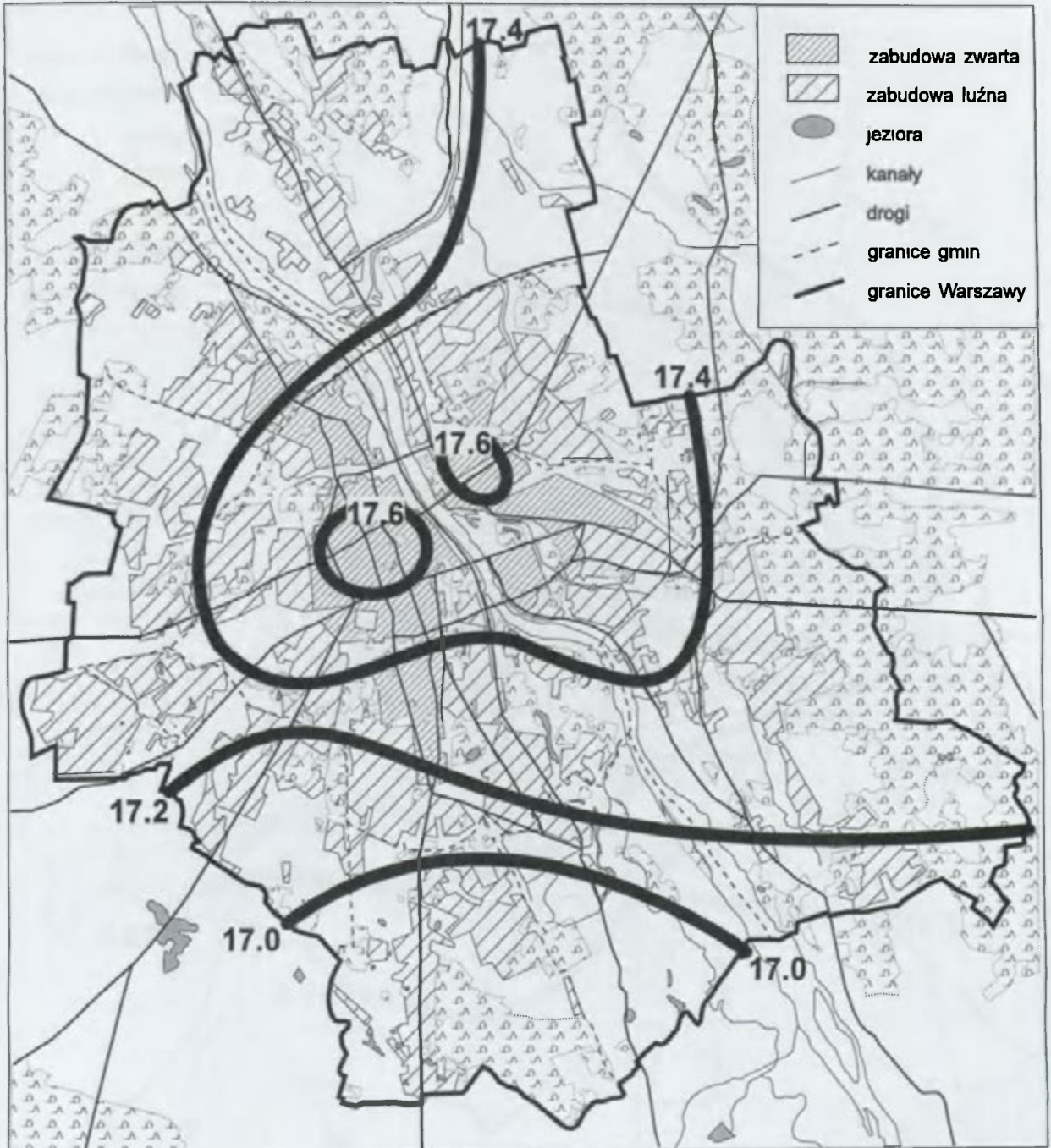
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

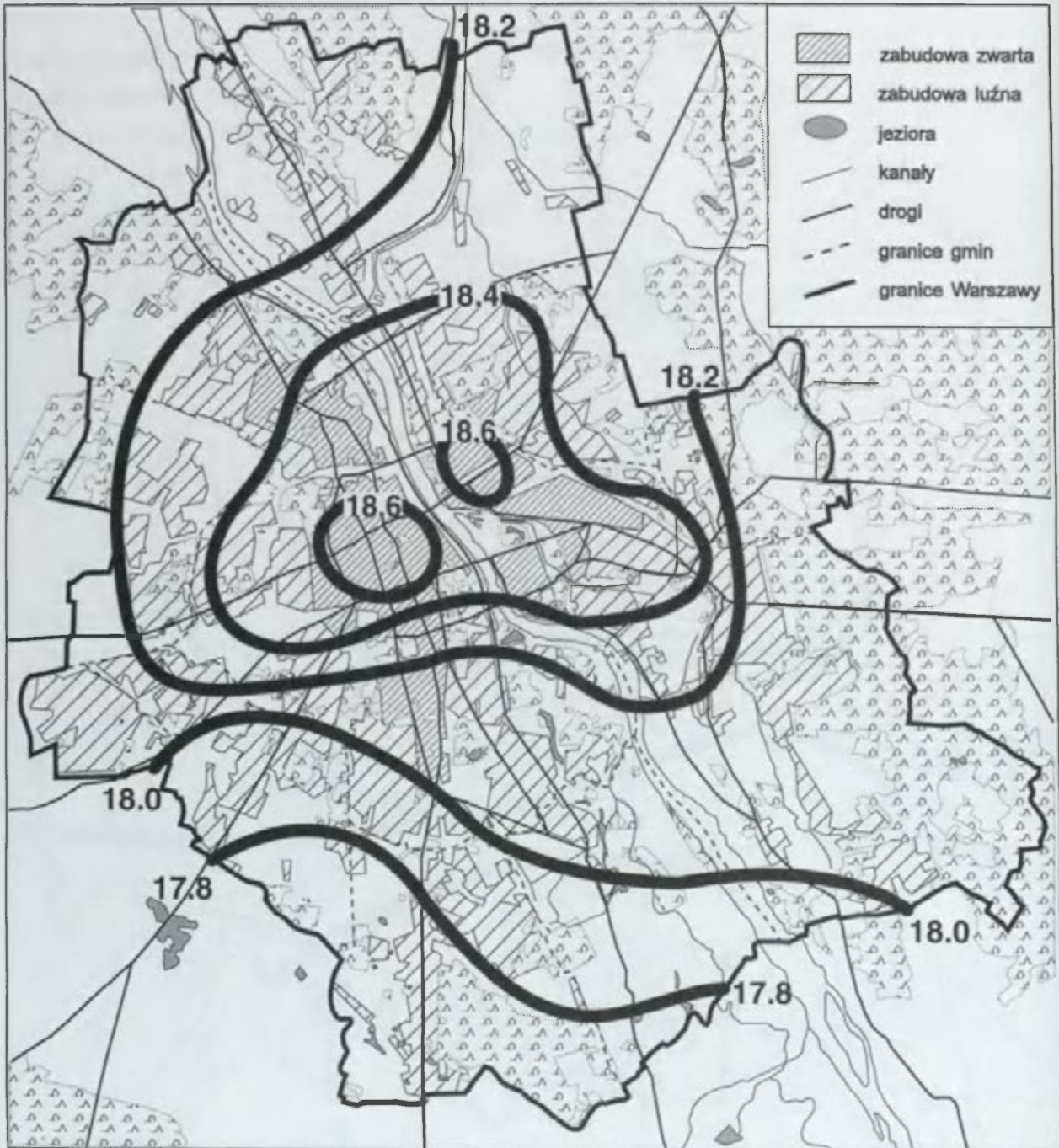
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
CZERWIEC
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

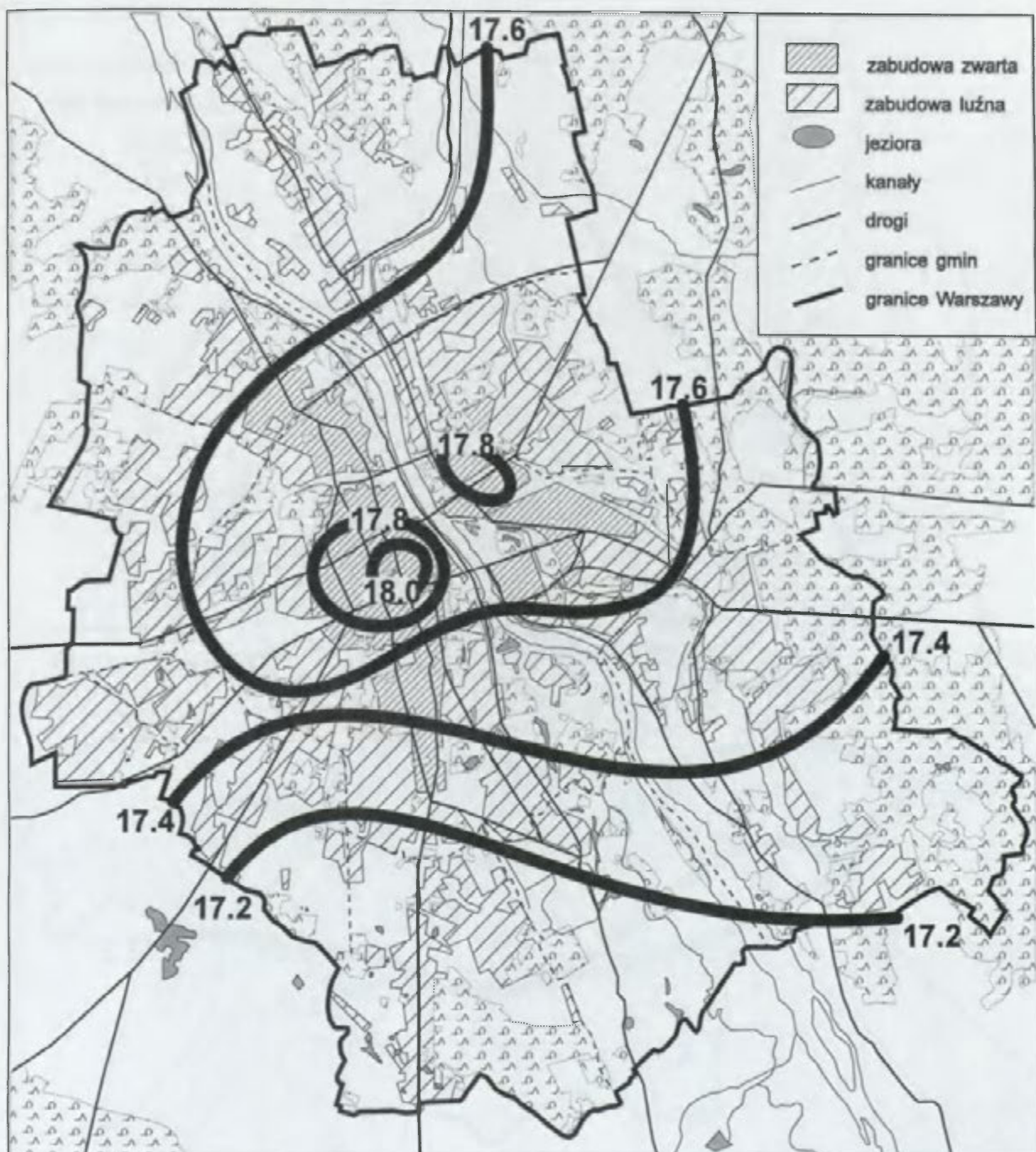
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
LIPIEC
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

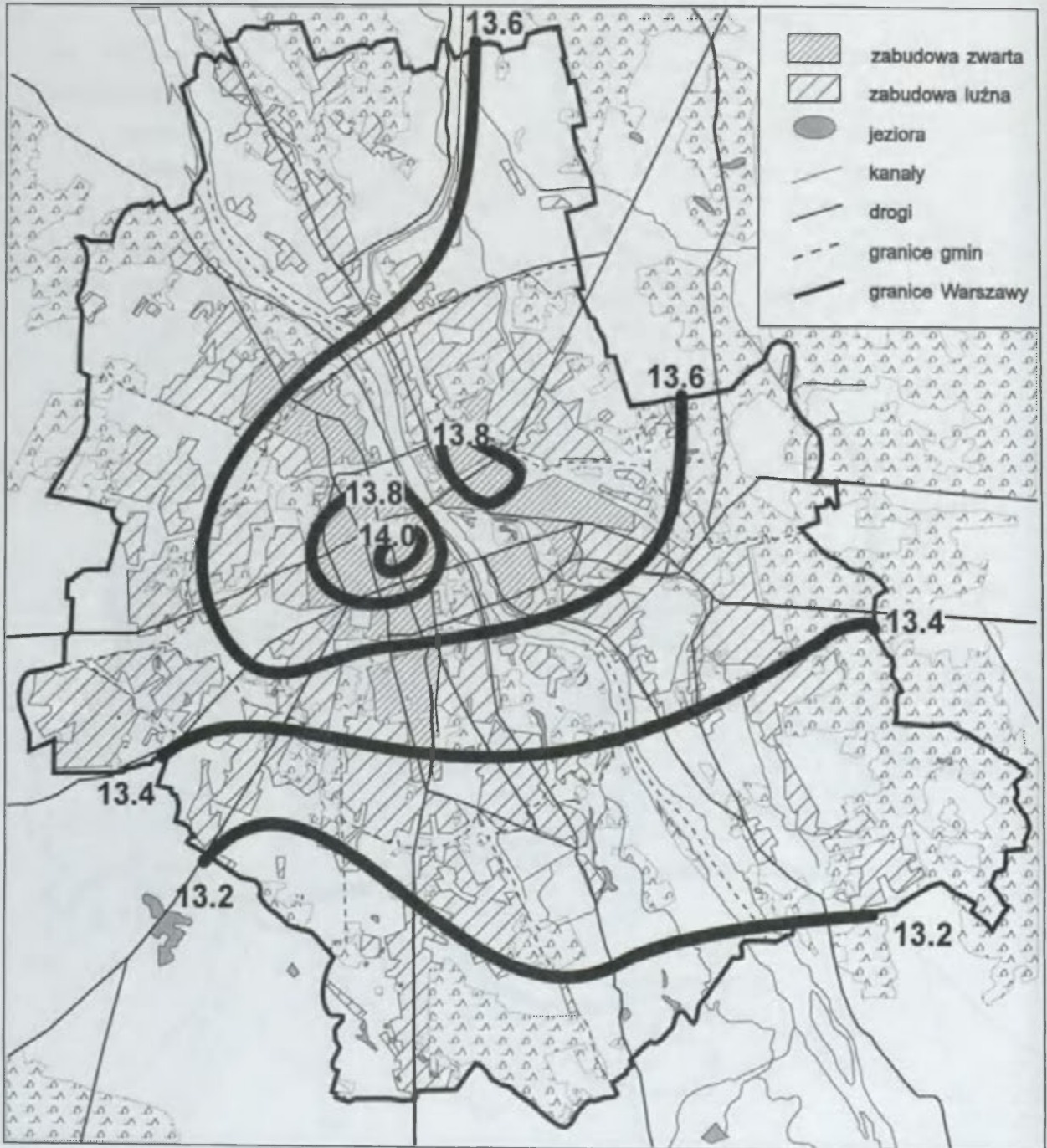
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
SIERPIEŃ
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

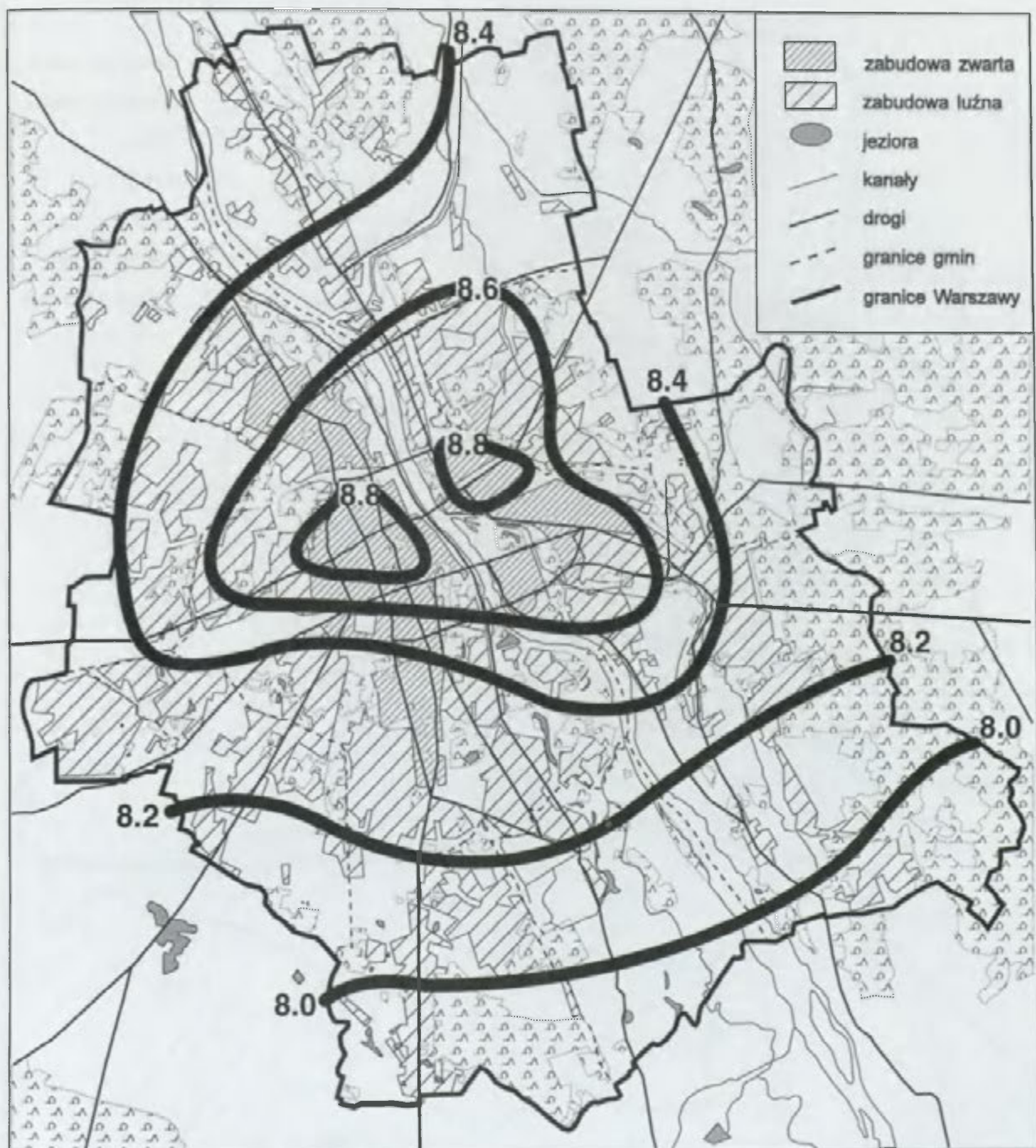
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
WRZESIEŃ
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

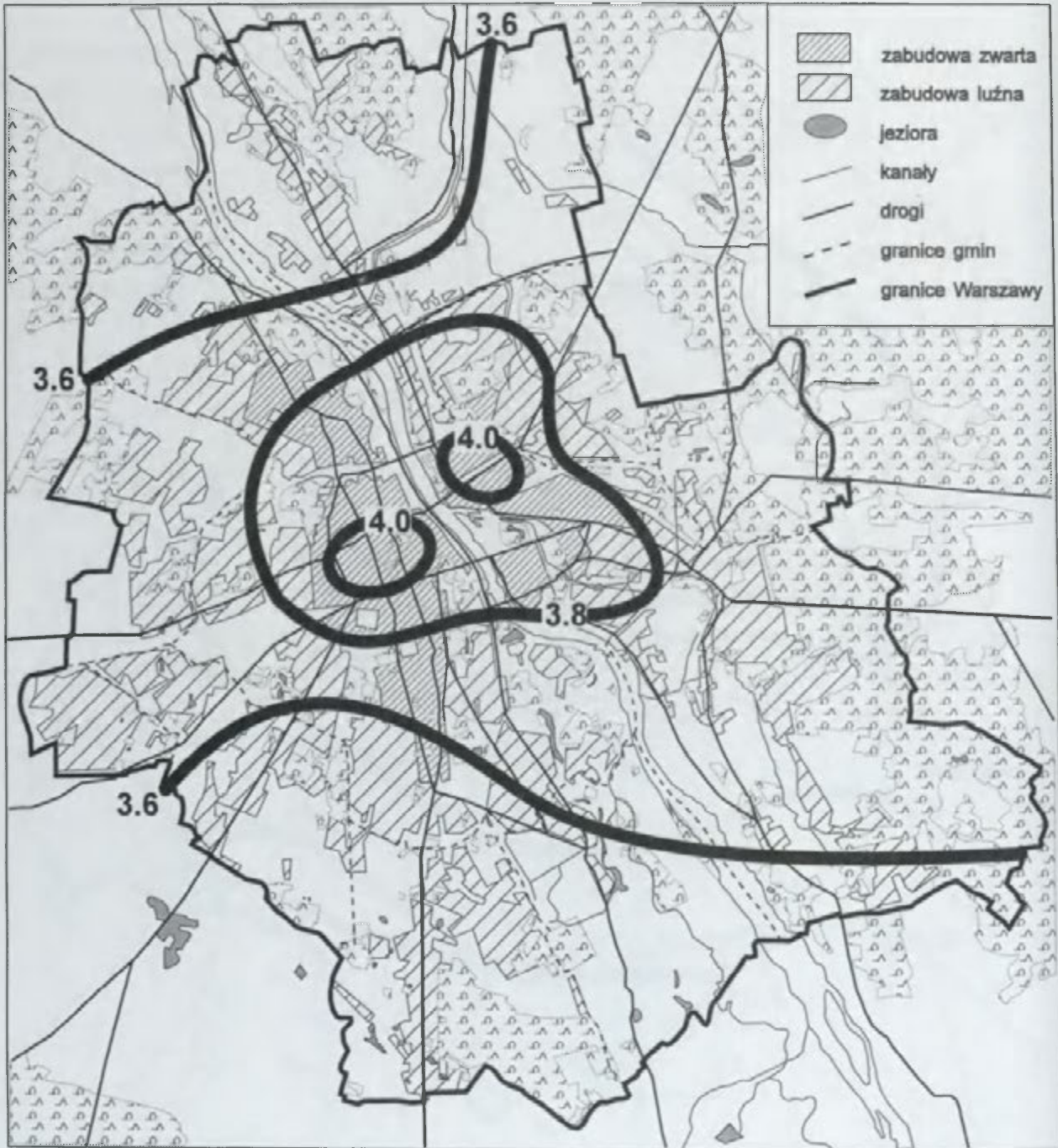
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
PAŹDZIERNIK
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

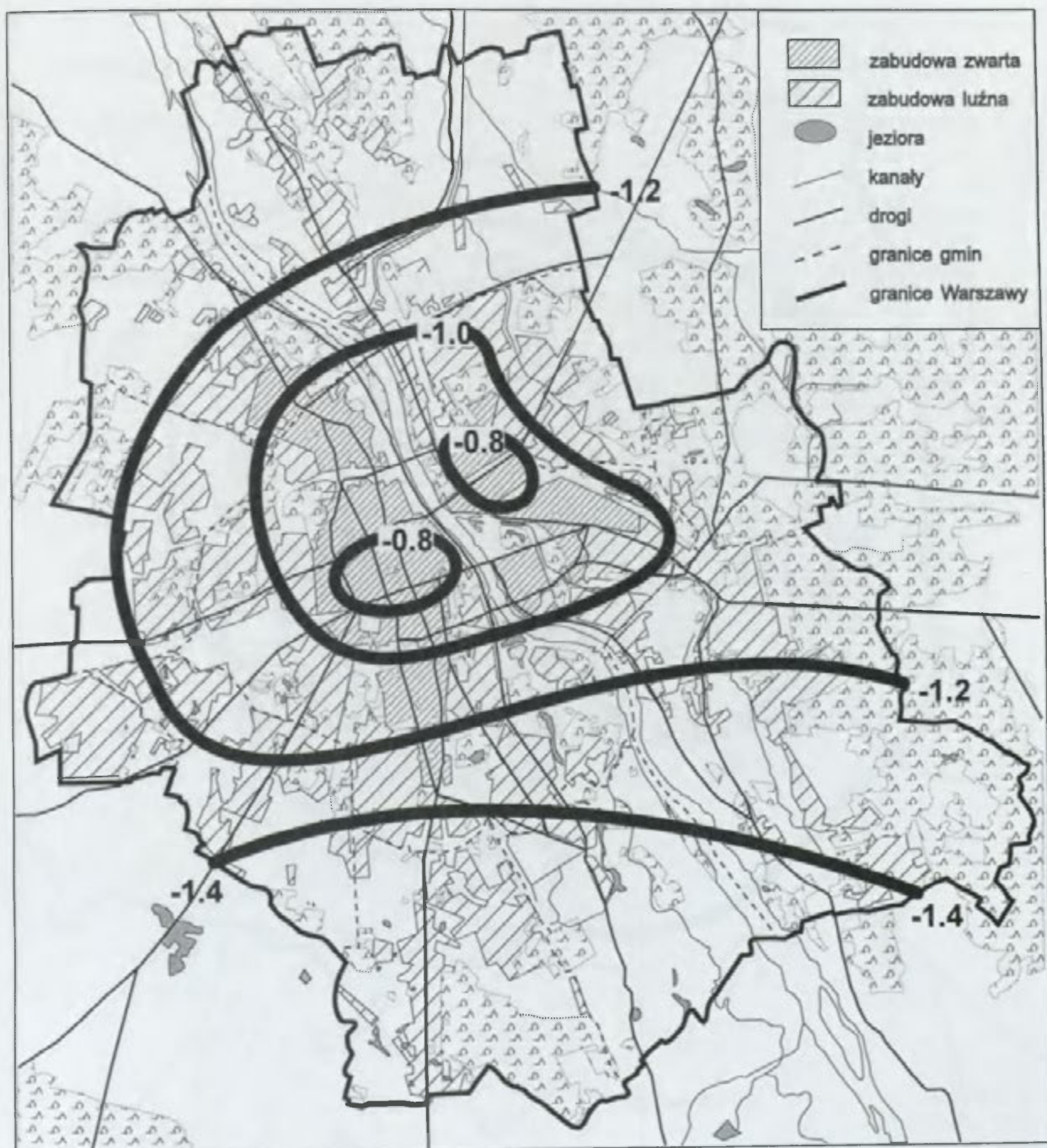
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
LISTOPAD
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

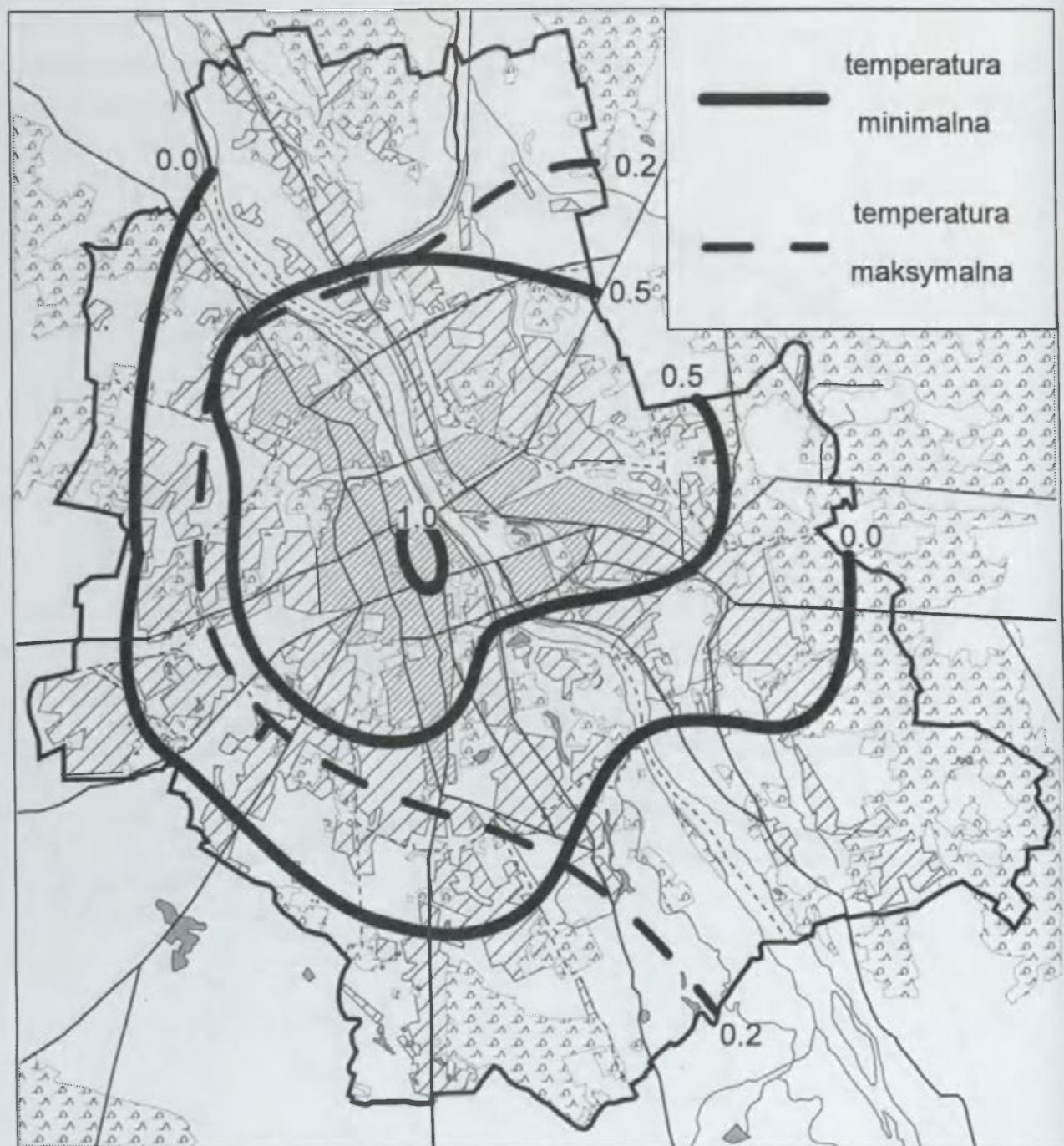
Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)
GRUDZIEŃ
1961-1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: B. Krawczyk

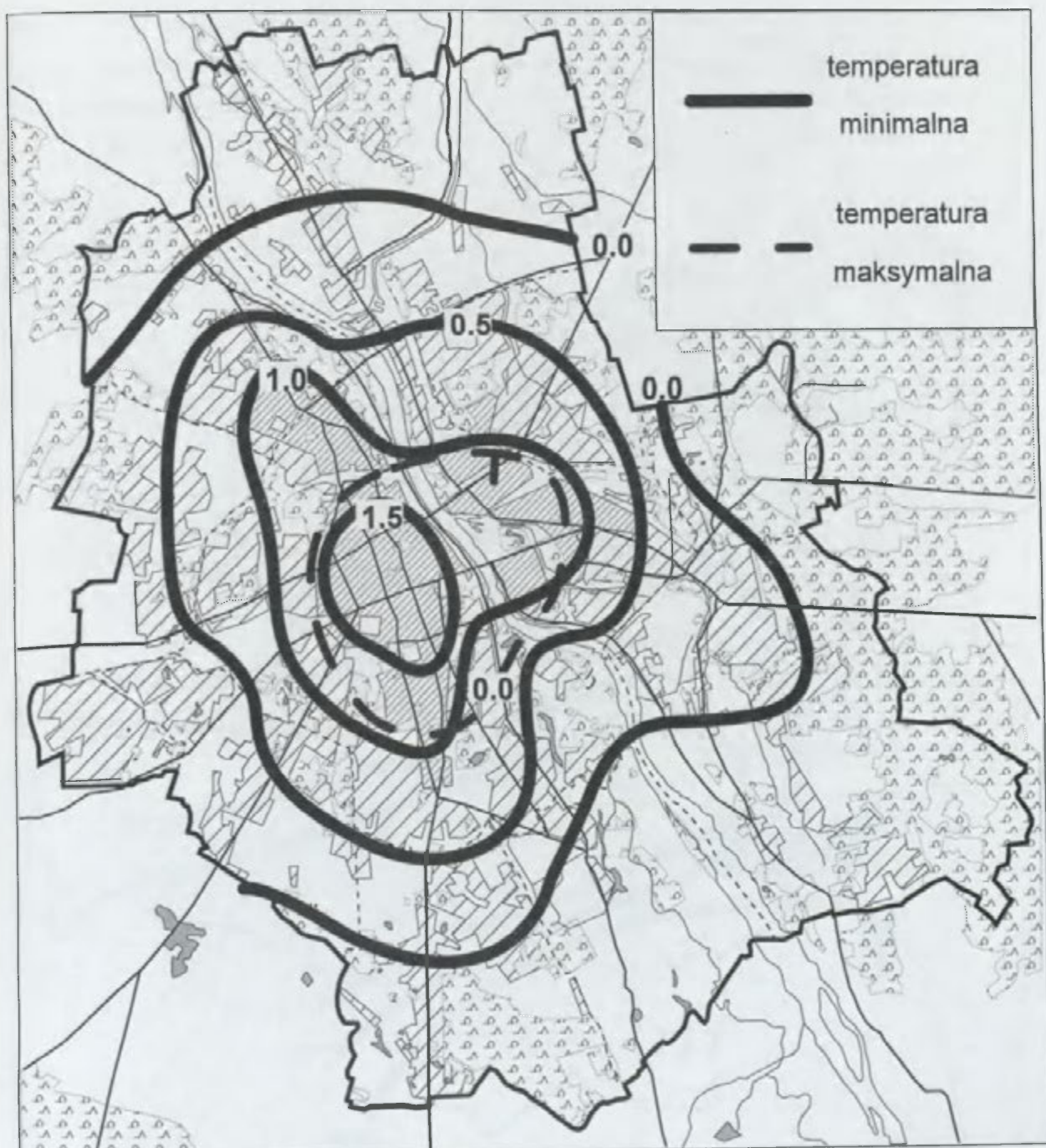
**Średnie odchylenia temperatur ekstremalnych powietrza
od wartości zmierzonych na Okęciu (°C)
okres chłodny XI - III
(na podstawie wybranych danych z lat 1951-1980)**



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: U. Kossowska-Cezak

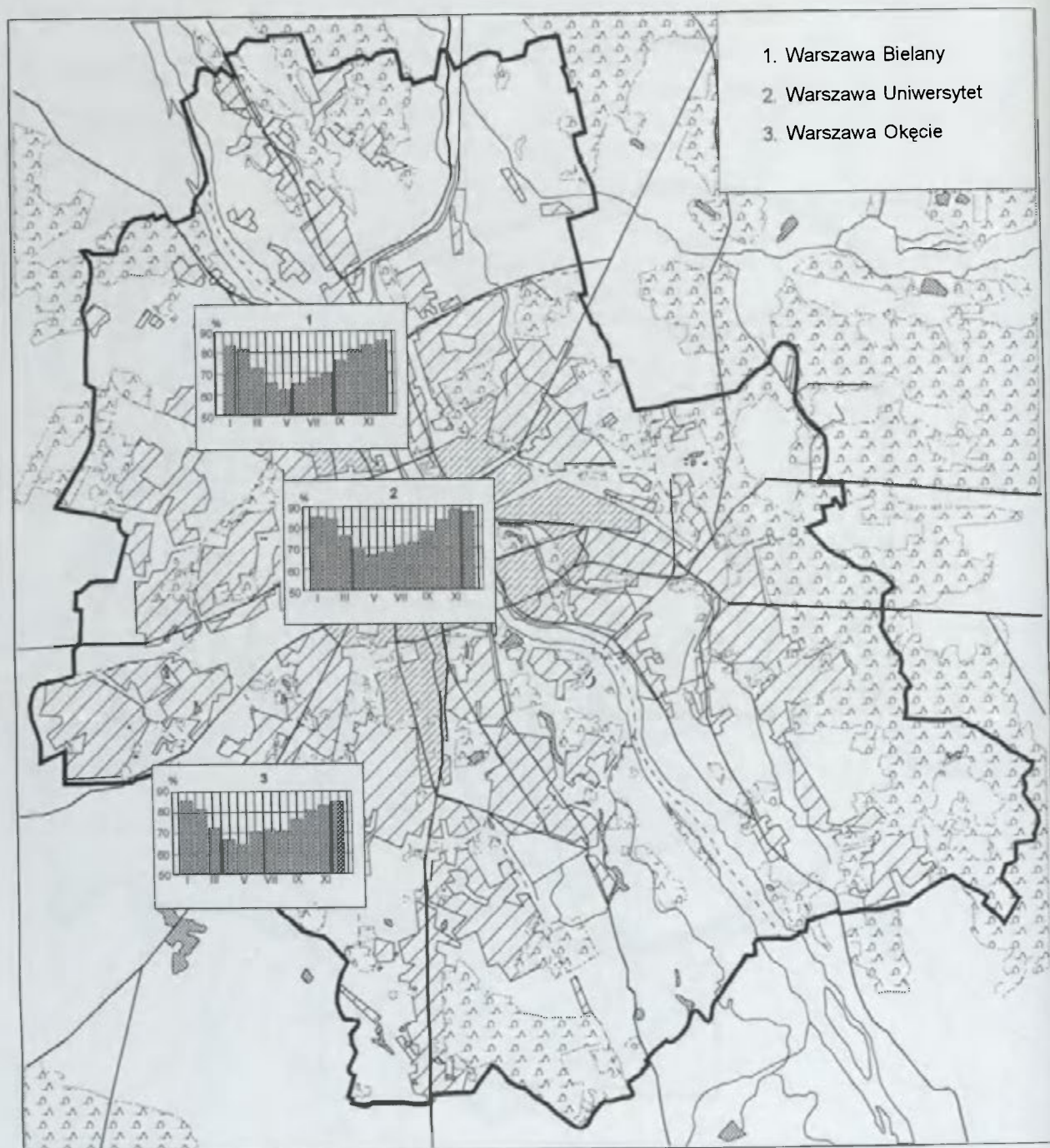
**Średnie odchylenia temperatur ekstremalnych powietrza
od wartości zmierzonych na Okęciu (°C)
okres ciepły V - IX
(na podstawie wybranych danych z lat 1951-1980)**



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: U. Kossowska-Cezak

Średnia miesięczna wilgotność względna powietrza (%) 1971-1980

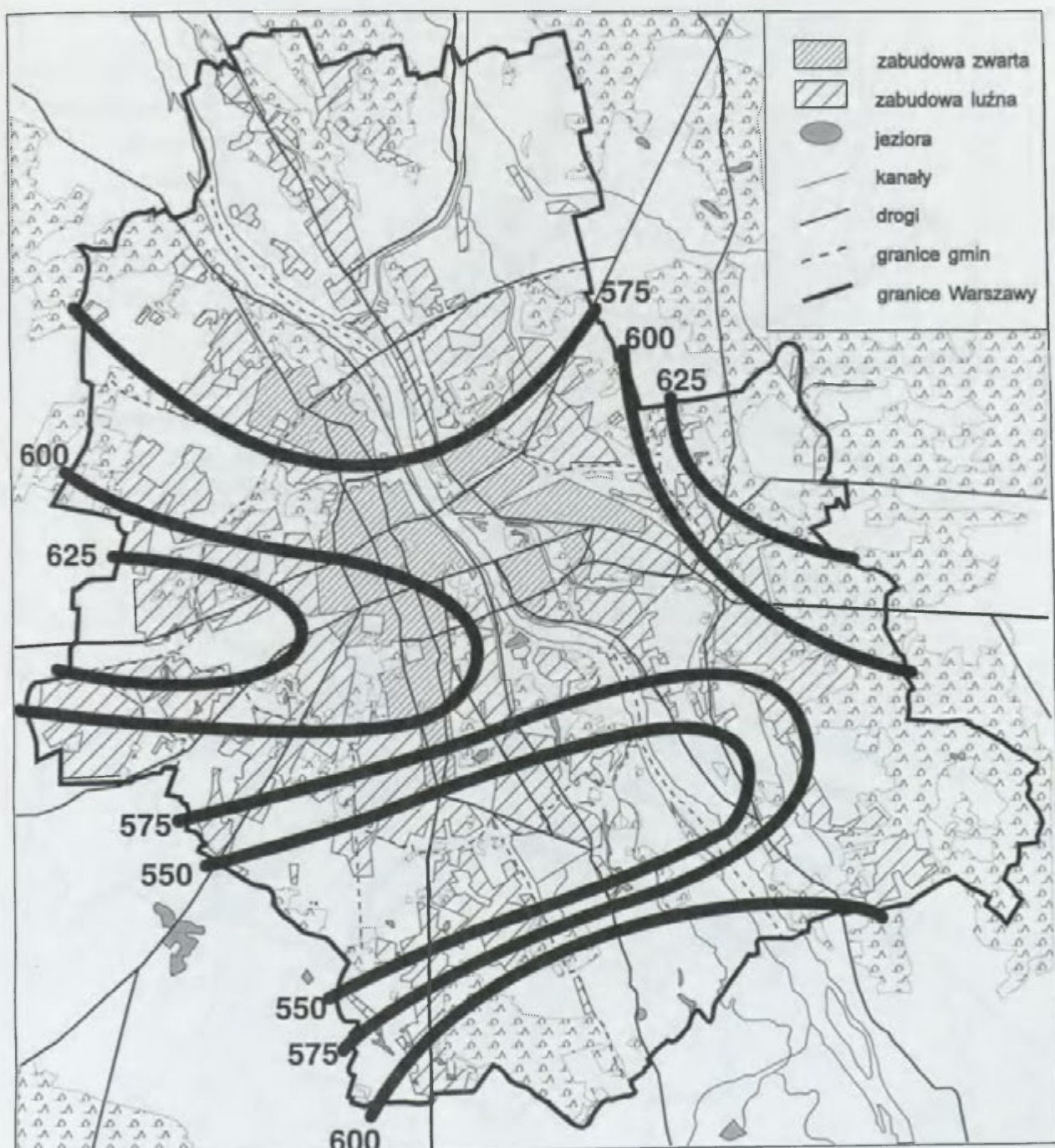


Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk, J. Baranowski

Autor: J. Baranowski

Średnie roczne sumy opadów (mm)

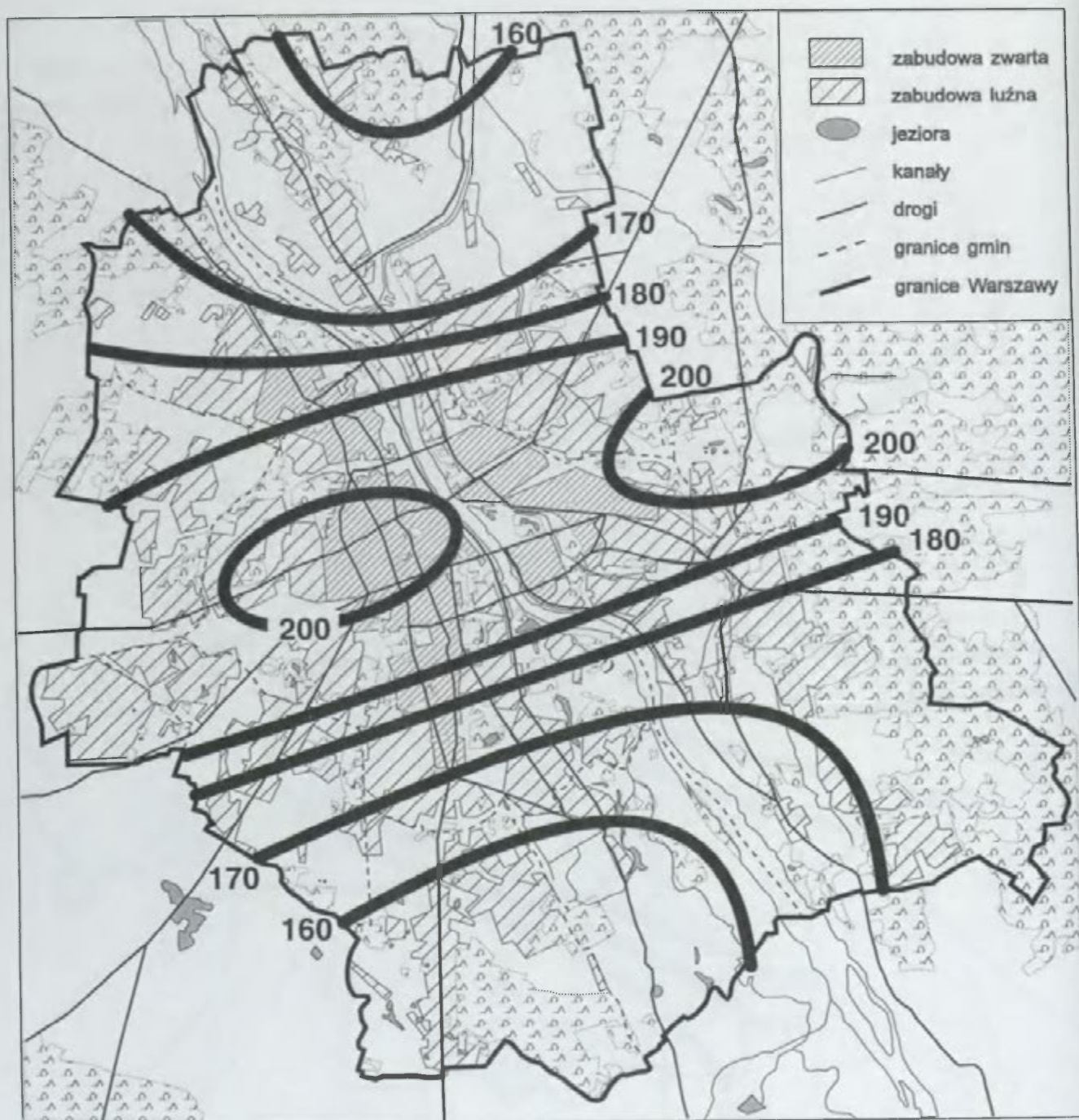
1 9 6 1 - 1 9 8 0



Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

Autor: H. Lorenc

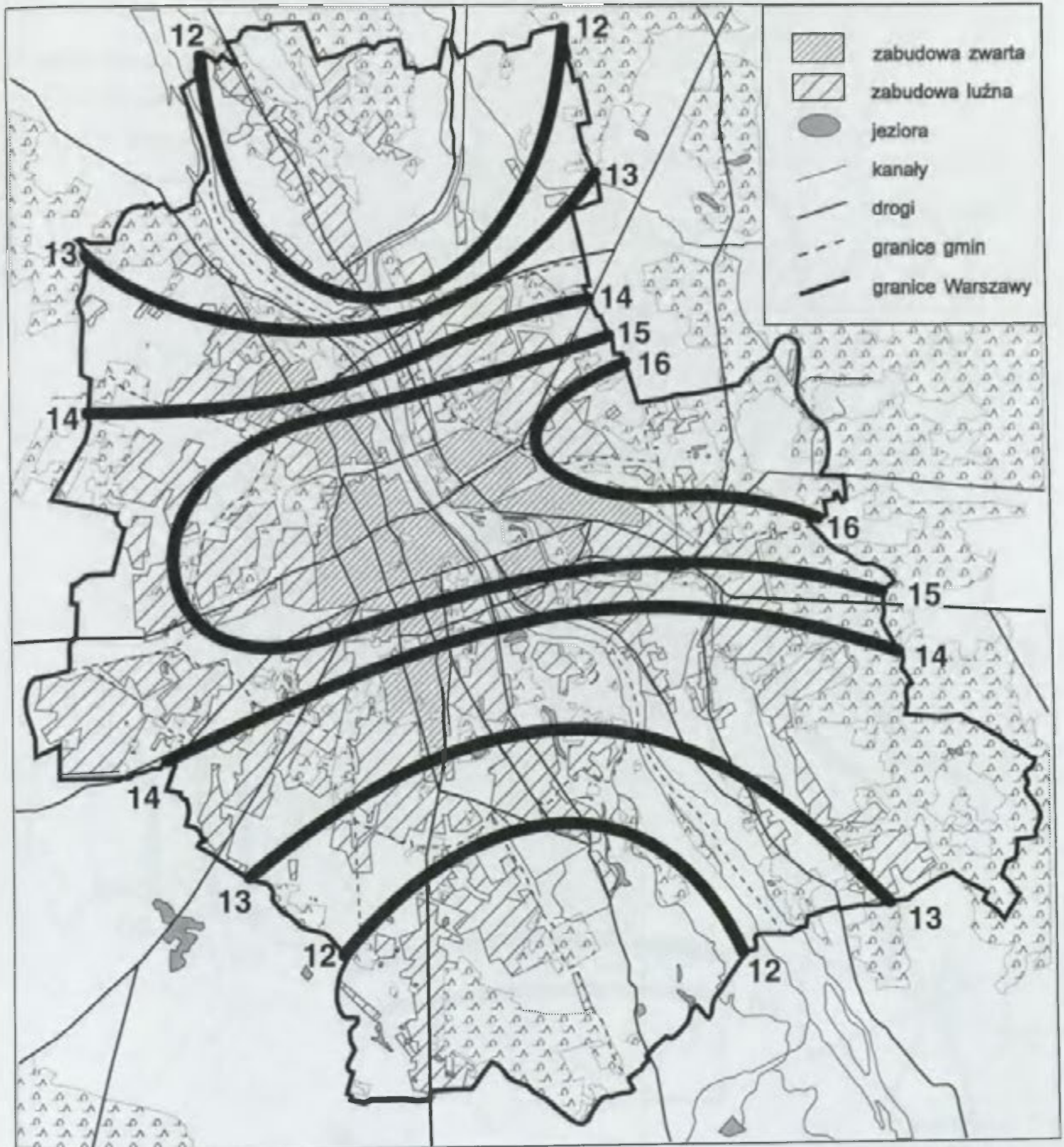
Średnia roczna liczba dni z opadem ≥ 0.1 mm 1961 - 1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: H. Lorenc

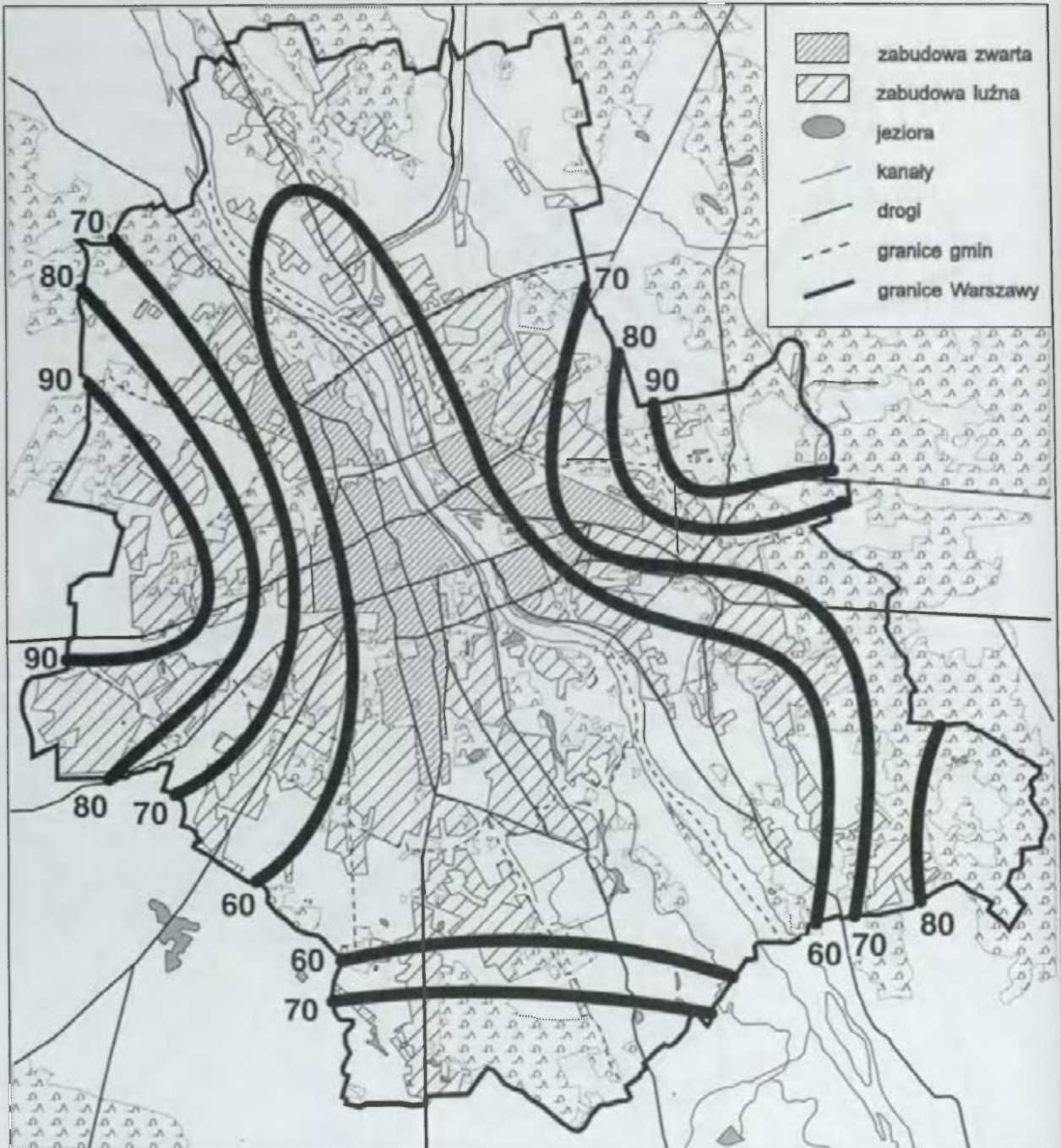
Średnia roczna liczba dni z opadem ≥ 10.0 mm
1961 - 1980



Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: H. Lorenc

**Średnie roczne prawdopodobieństwo wystąpienia
deszczu ulewnego (%)
1961 - 1970**

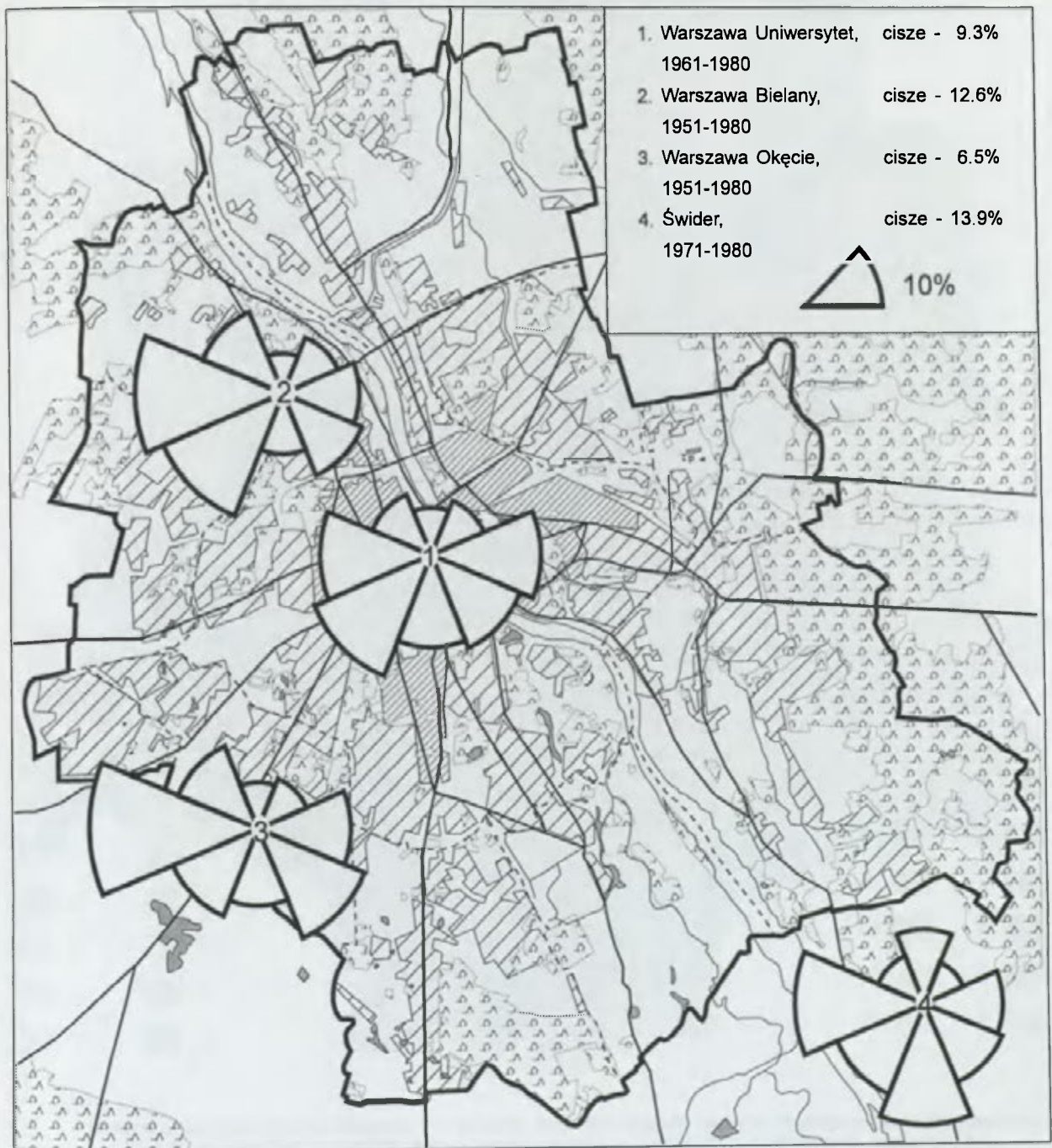


Opracowanie komputerowe: A.B. Adamczyk

Autor: H. Lorenc

Średnia częstość kierunków wiatru (%)

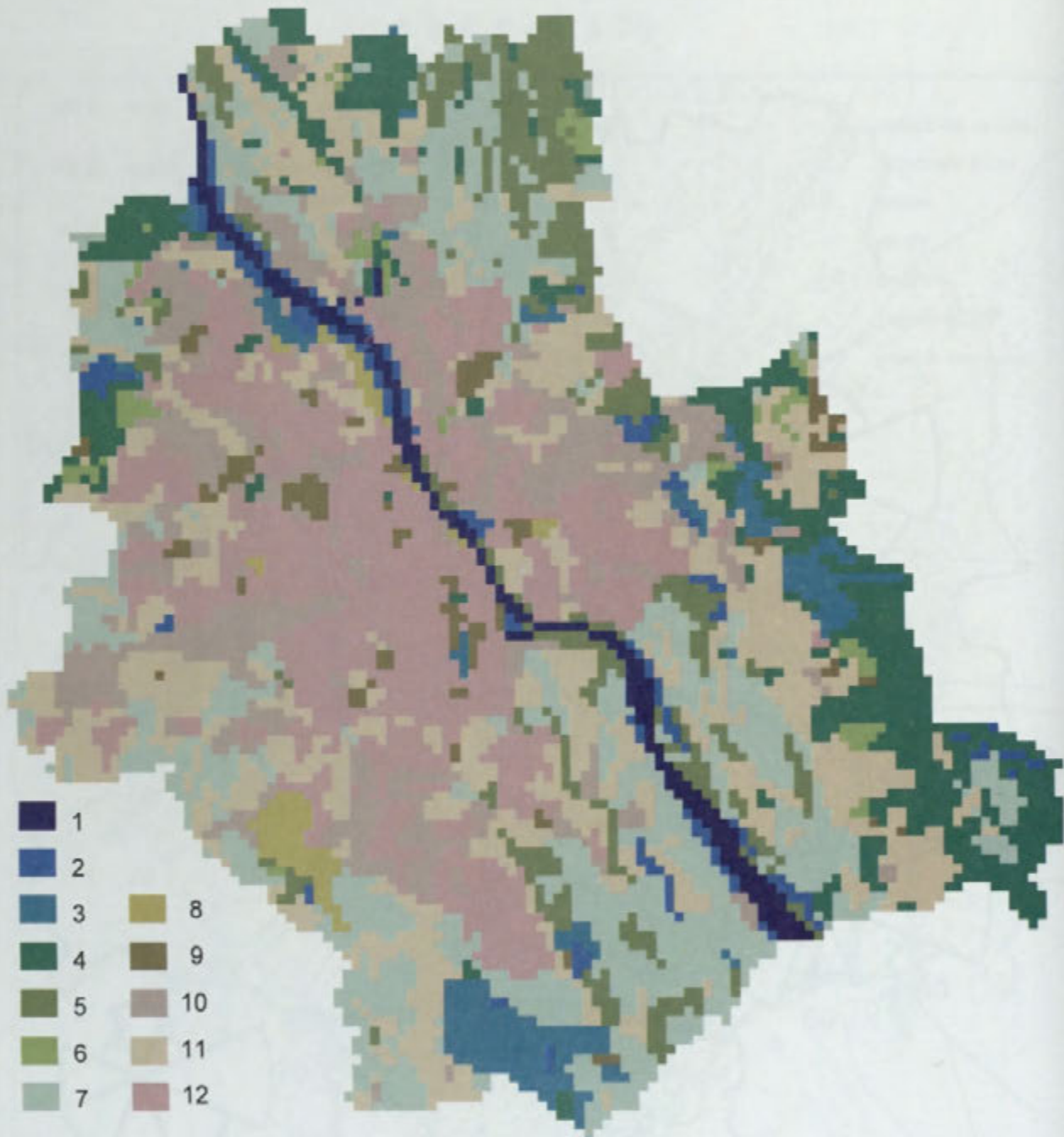
R O K



Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

Autor: D. Martyn

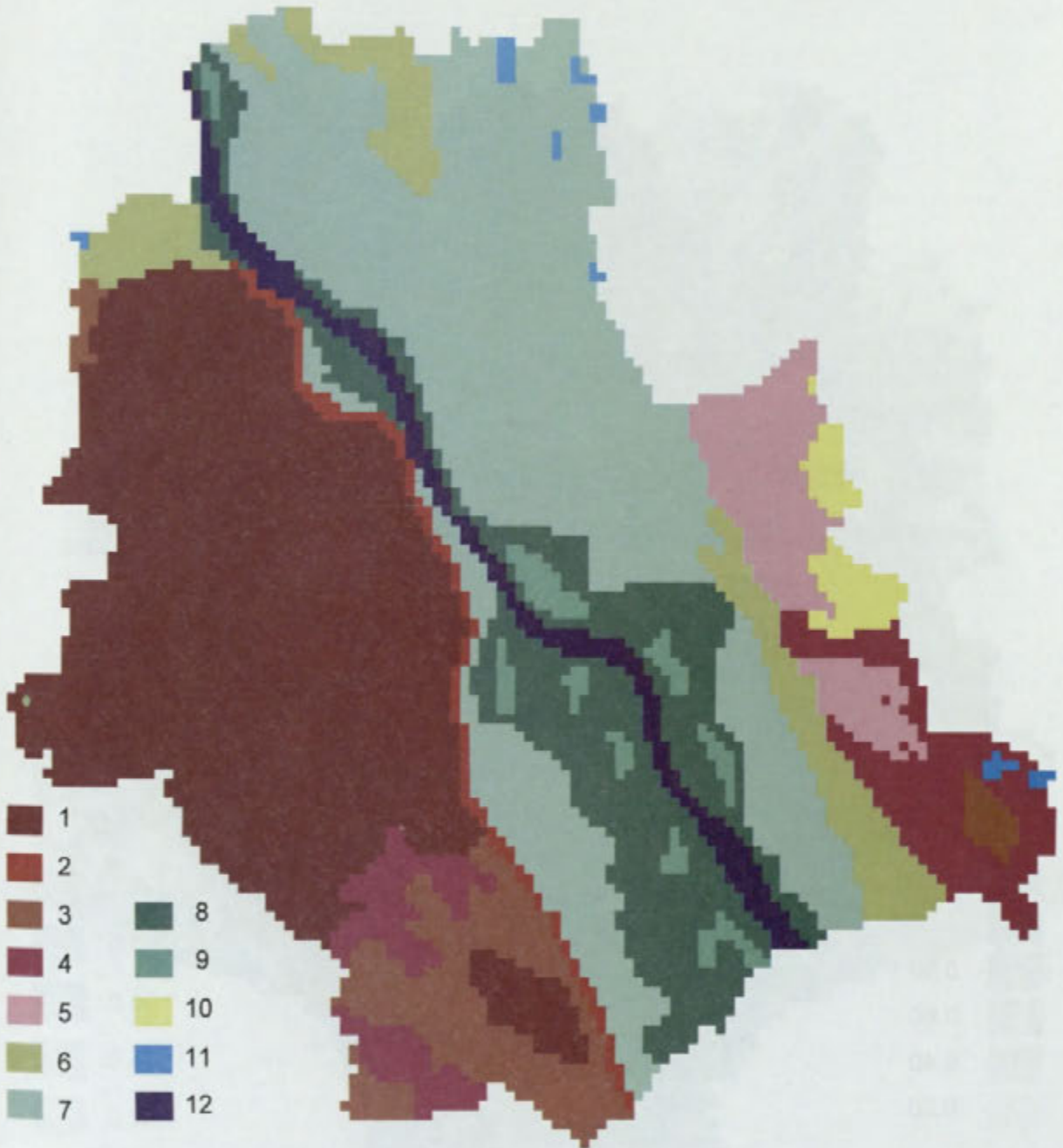
Roślinność rzeczywista



- 1 - wody, 2 - lasy podmokłe, 3 - lasy liściaste, 4 - bory mieszane i sosnowe, 5 - łąki podmokłe i świeże
 6 - łąki suche, 7 - roślinność segetalna pól uprawnych, 8 - parki, 9 - sztuczne murawy,
 10 - roślinność ruderalna, 11 - roślinność ogrodów działkowych i przydomowych,
 12 - szczątkowa roślinność w obrębie zabudowy miejskiej

Autor: K. Błażejczyk

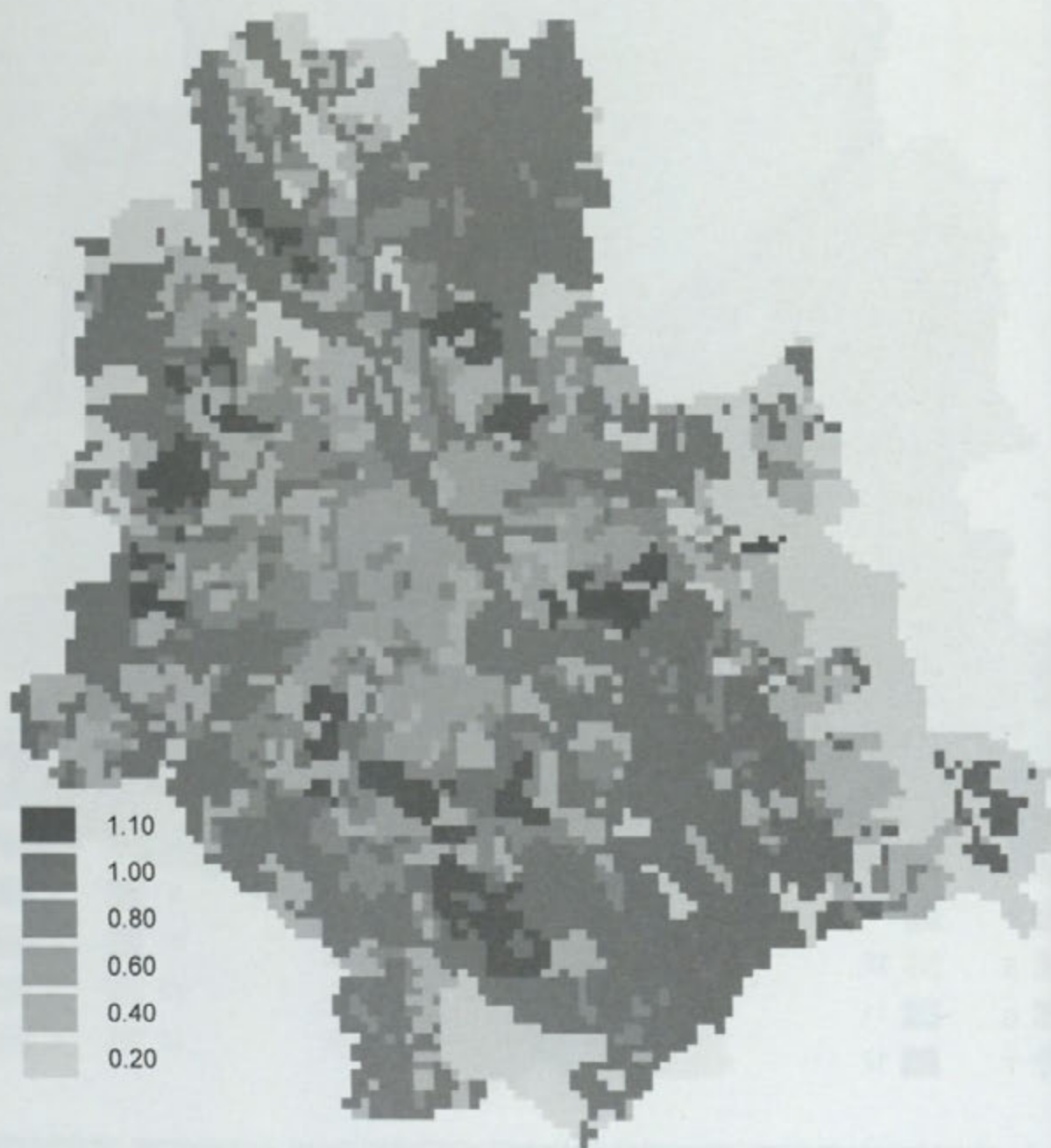
Główne jednostki rzeźby terenu



- 1 - wysoczyzna polodowcowa "warszawska", 2 - krawędź wysoczyzny (skarpa), 3 - wysoczyzna zdenudowana i świadki wysoczyzny, 4 - poziomy erozyjno-denudacyjny, 5 - równina zastoiskowa "radzyńska", 6 - tarasy akumulacyjne wyższe ("wydmowy", "otwocki"), 7 - tarasy akumulacyjne niższe ("praski", "powiślański", "nowodworski"), 8 - tarasy zalewowe, 9 - kępy nadwiślańskie, 10 - pole piasków eolicznych (przewianych), 11 - torfowiska, 12 - koryto Wisły

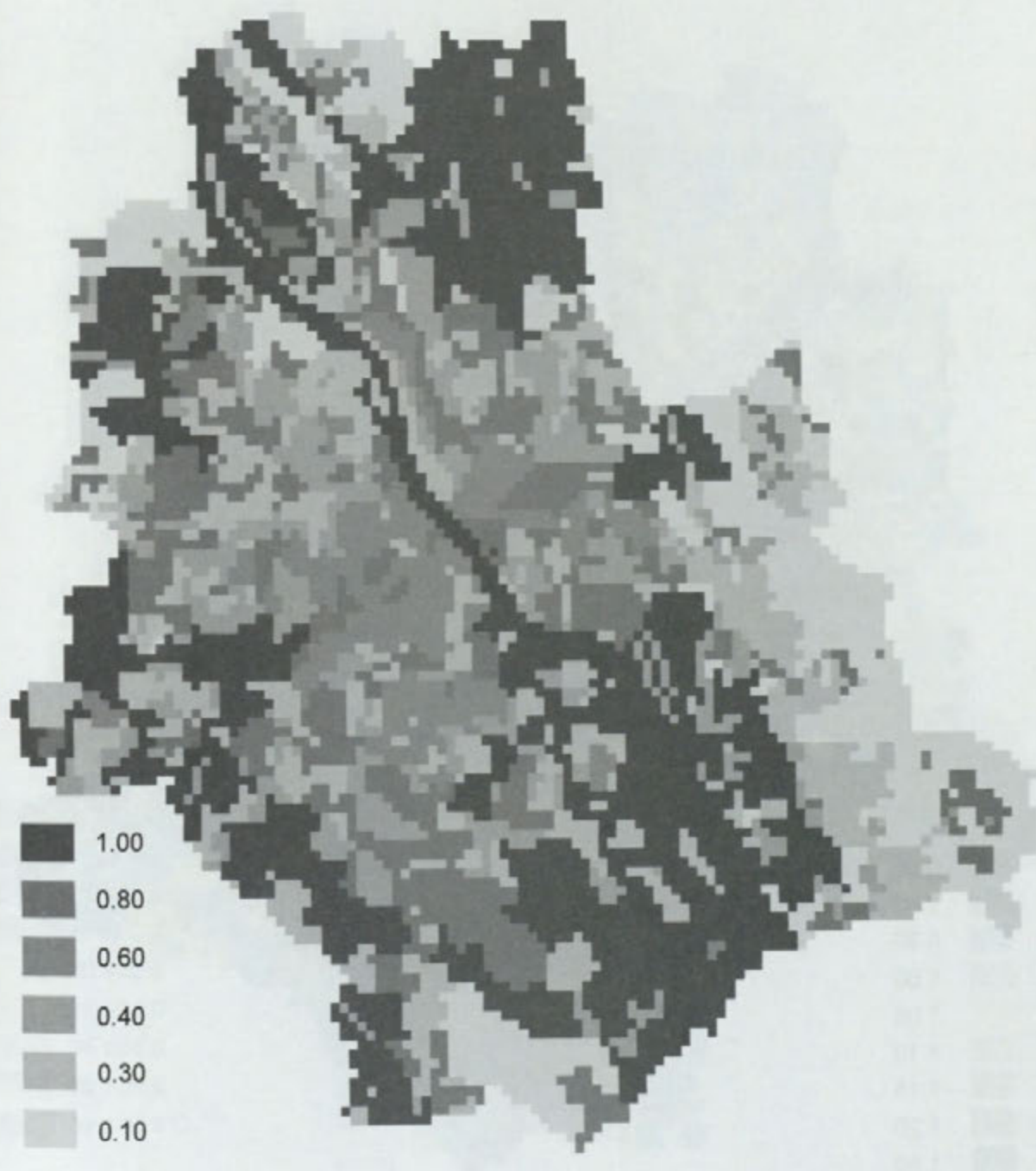
Autor: K. Błażejczyk

Względne wartości całkowitego promieniowania słonecznego



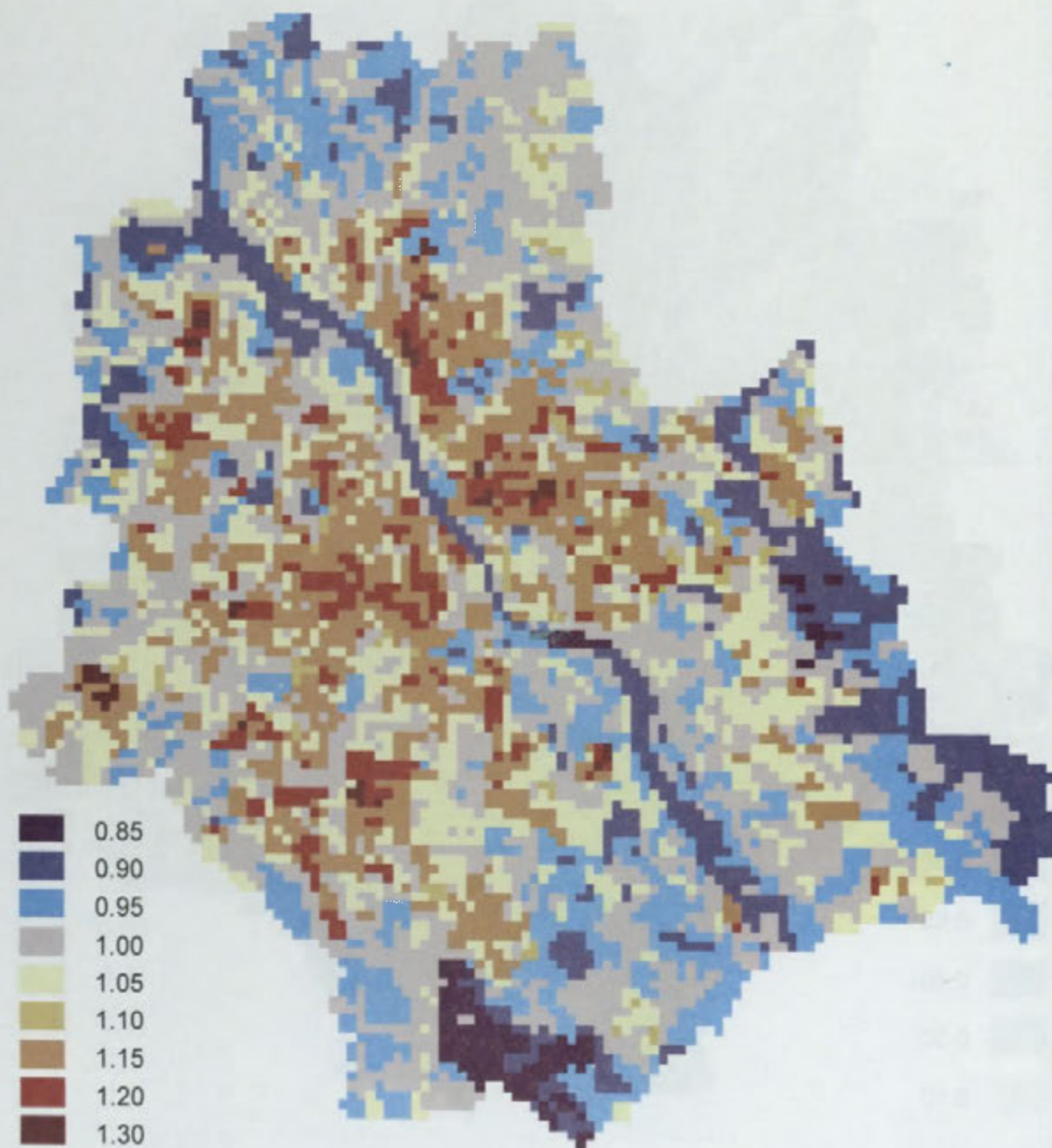
Autor: K. Błażejczyk

Względne wartości prędkości wiatru



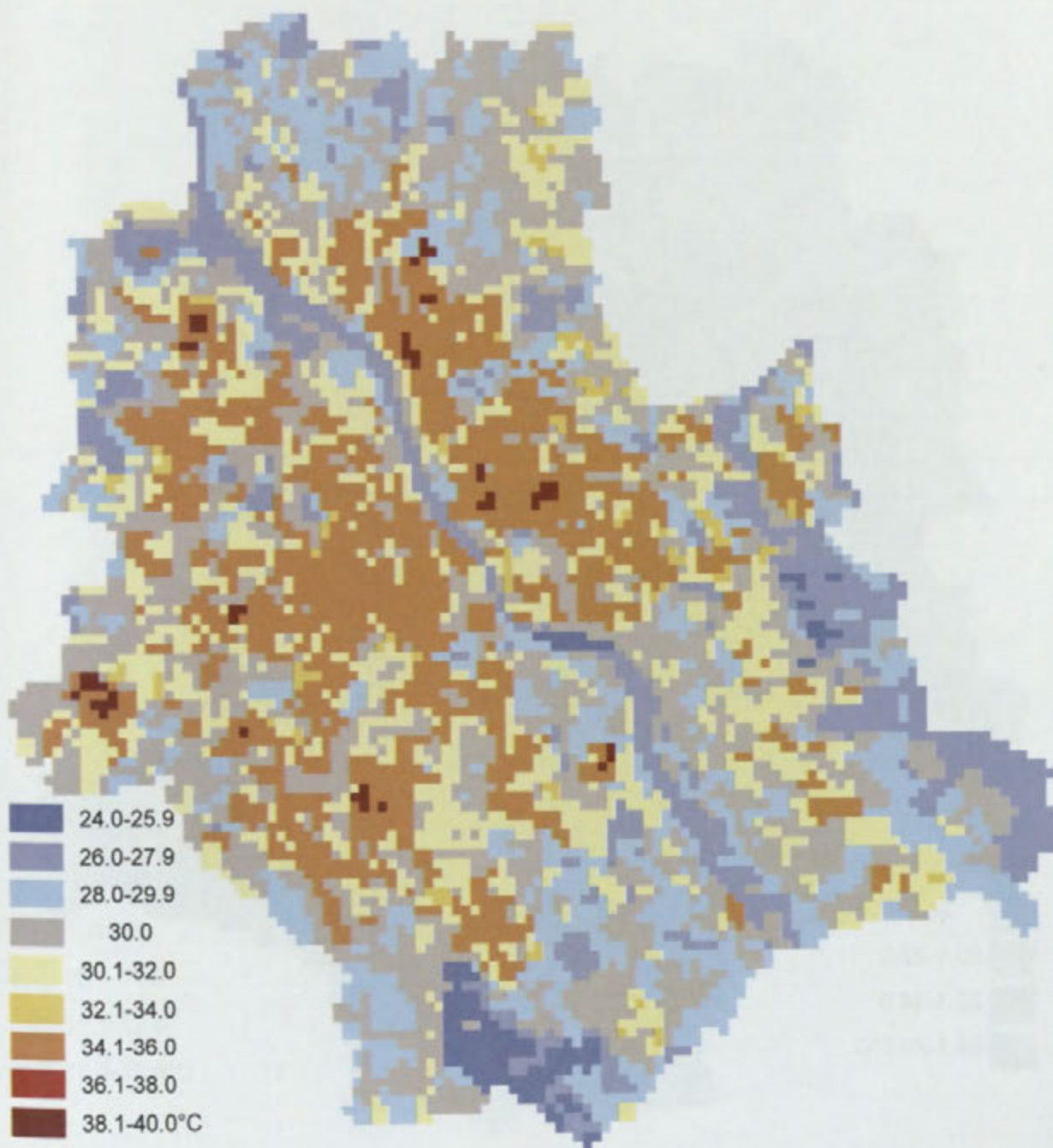
Autor: K. Błażejczyk

**Względne wartości temperatury powietrza
przy zachmurzeniu < 51%
(ciepła połowa roku)**



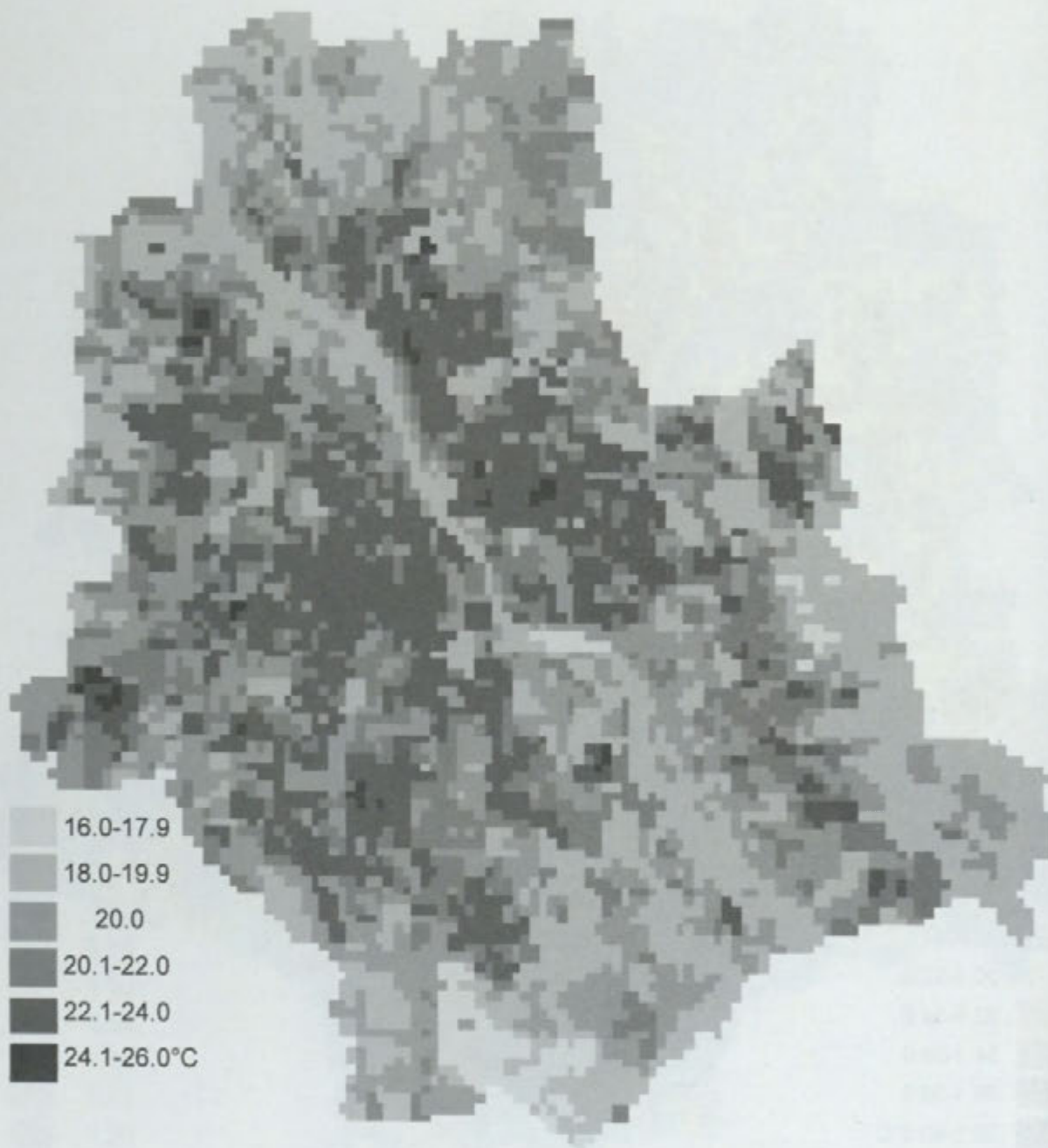
Autor: K. Błażejczyk

**Przewidywany rozkład temperatury powietrza
przy zachmurzeniu < 51%
i przy prognozie dla Okęcia 30°C**



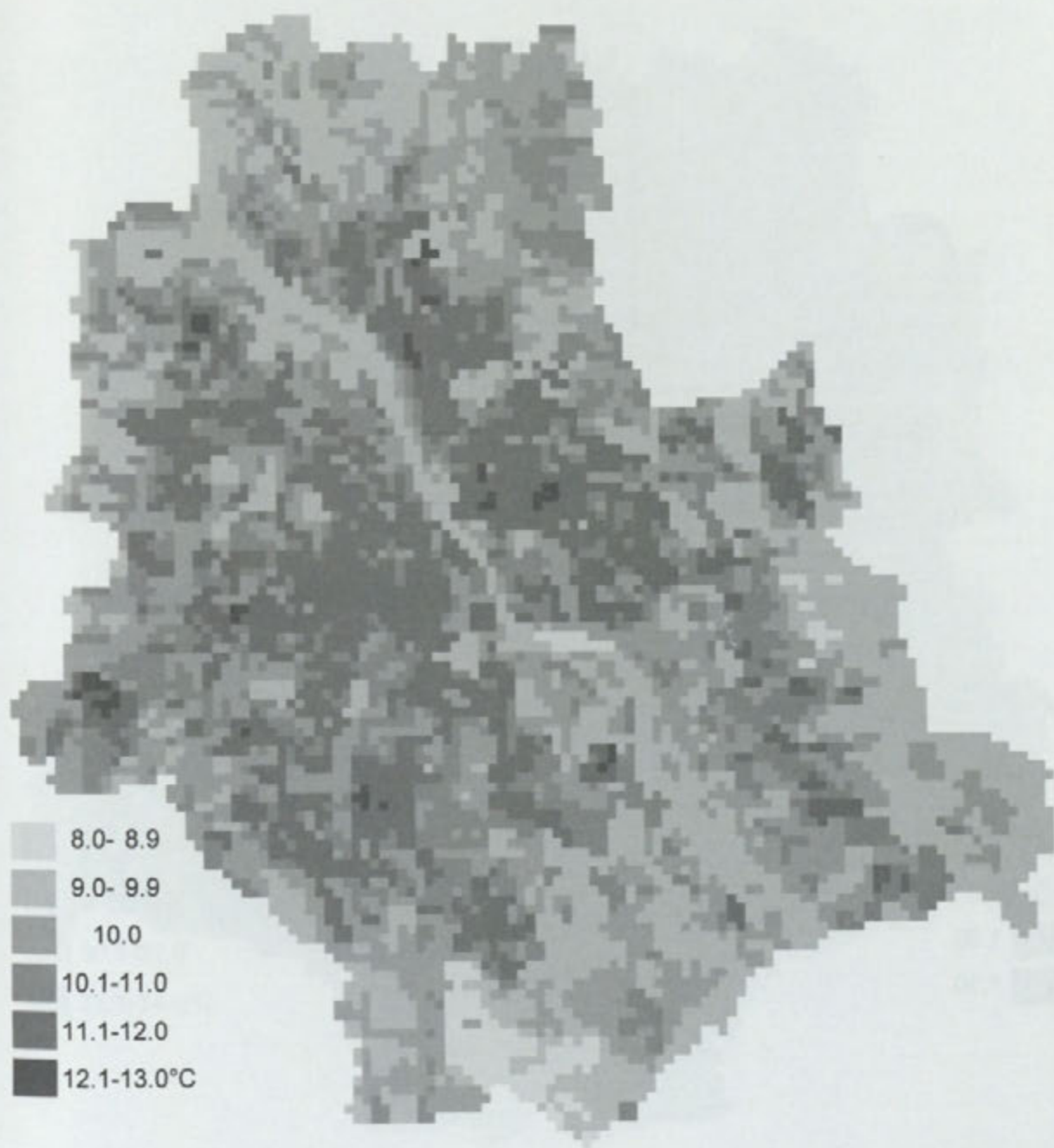
Autor: K. Błażejczyk

**Przewidywany rozkład temperatury powietrza
przy zachmurzeniu < 51%
i przy prognozie dla Okęcia 20°C**



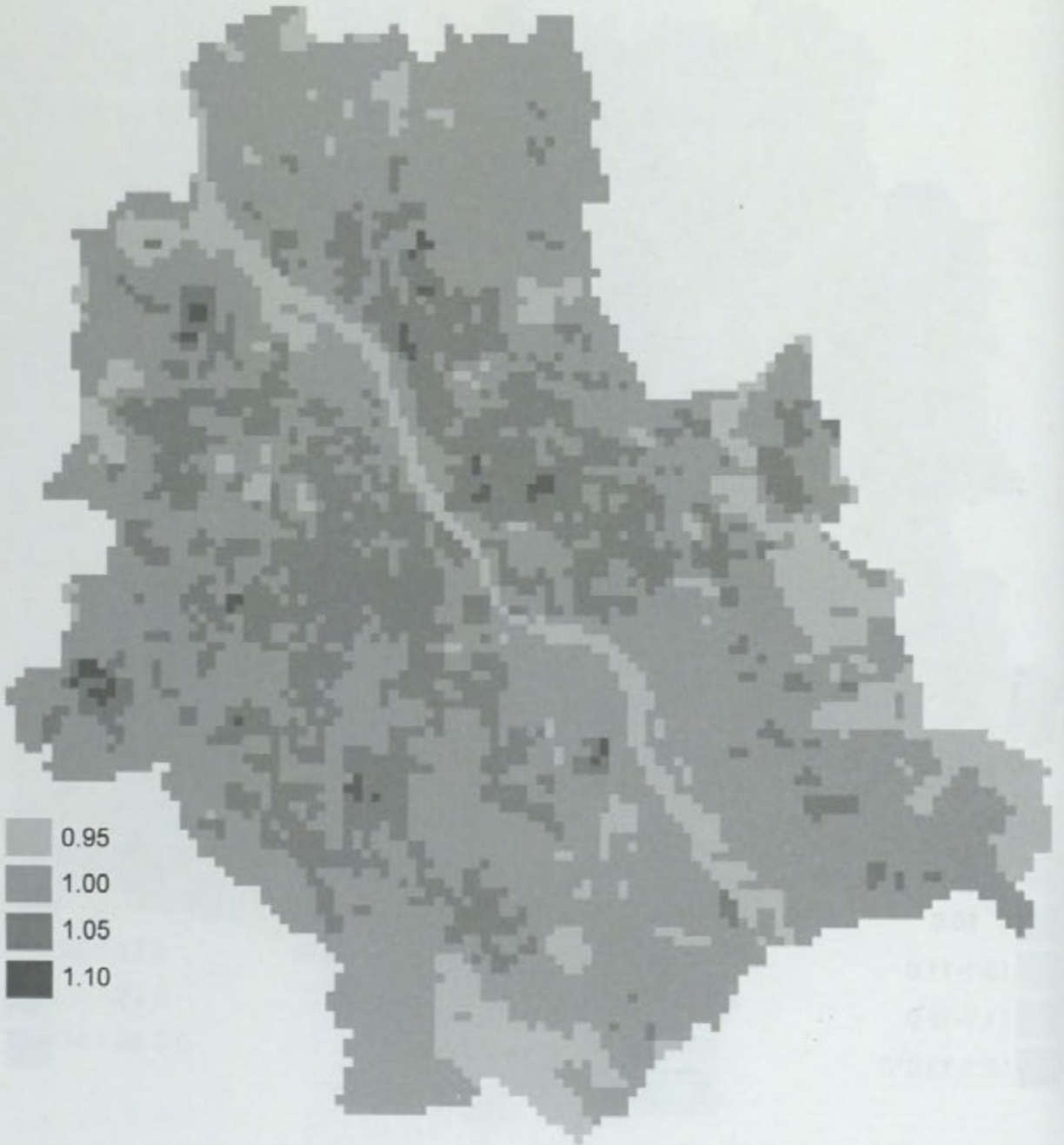
Autor: K. Błażejczyk

**Przewidywany rozkład temperatury powietrza
przy zachmurzeniu < 51%
i przy prognozie dla Okęcia 10°C**



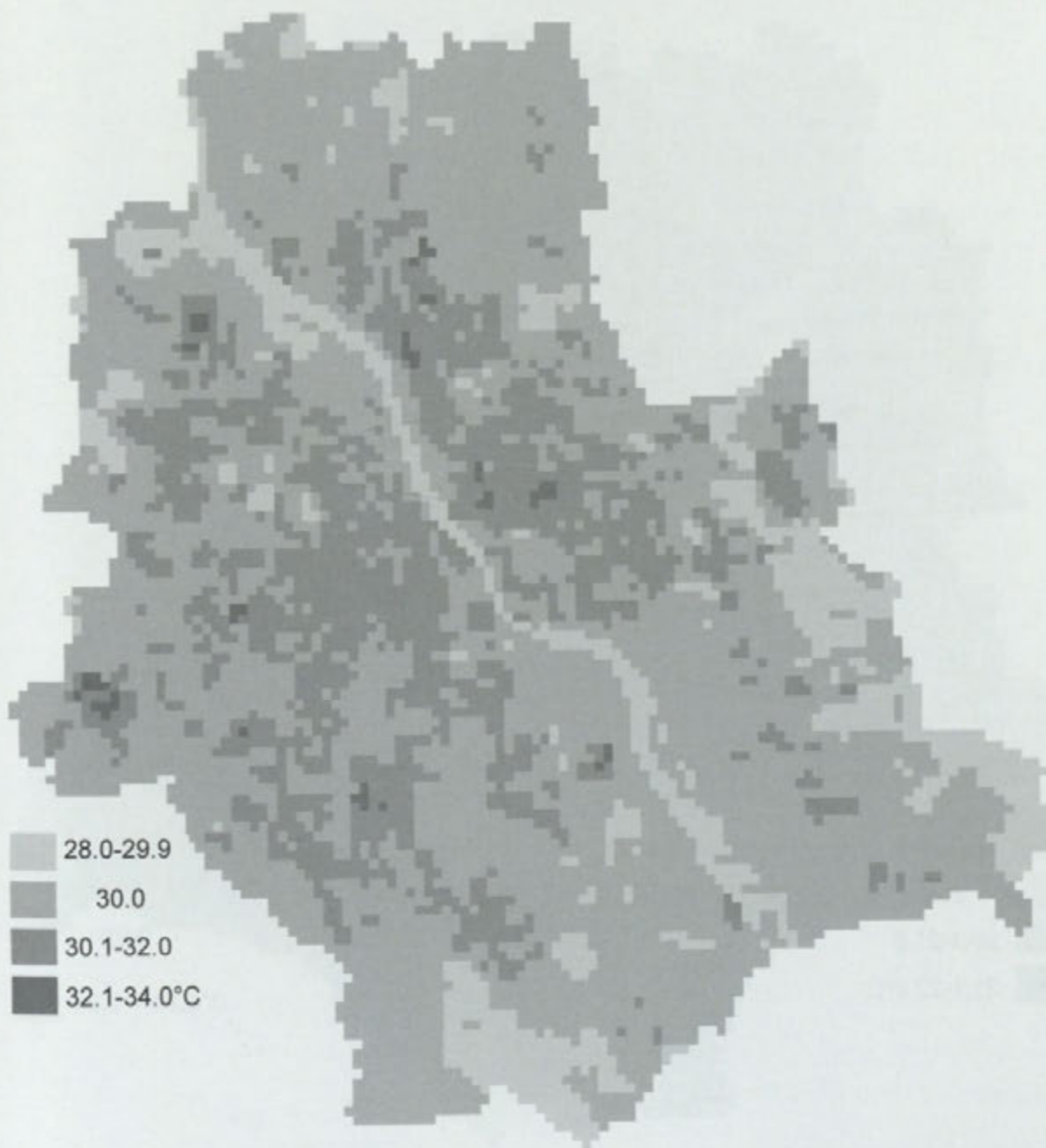
Autor: K. Błażejczyk

**Względne wartości temperatury powietrza
przy zachmurzeniu > 80%
(ciepła połowa roku)**



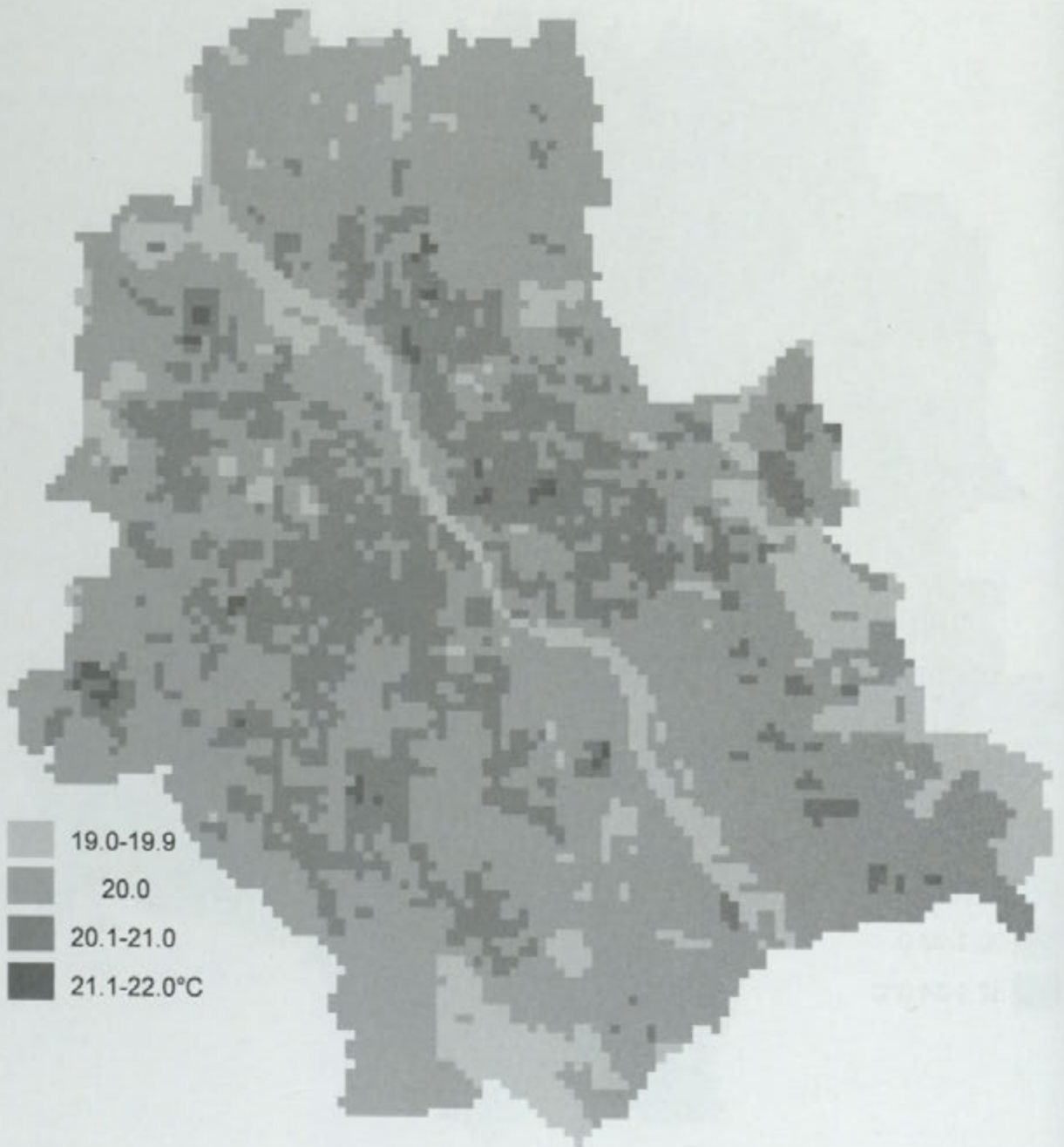
Autor: K. Błażejczyk

**Przewidywany rozkład temperatury powietrza
przy zachmurzeniu > 80%
i przy prognozie dla Okęcia 30°C**



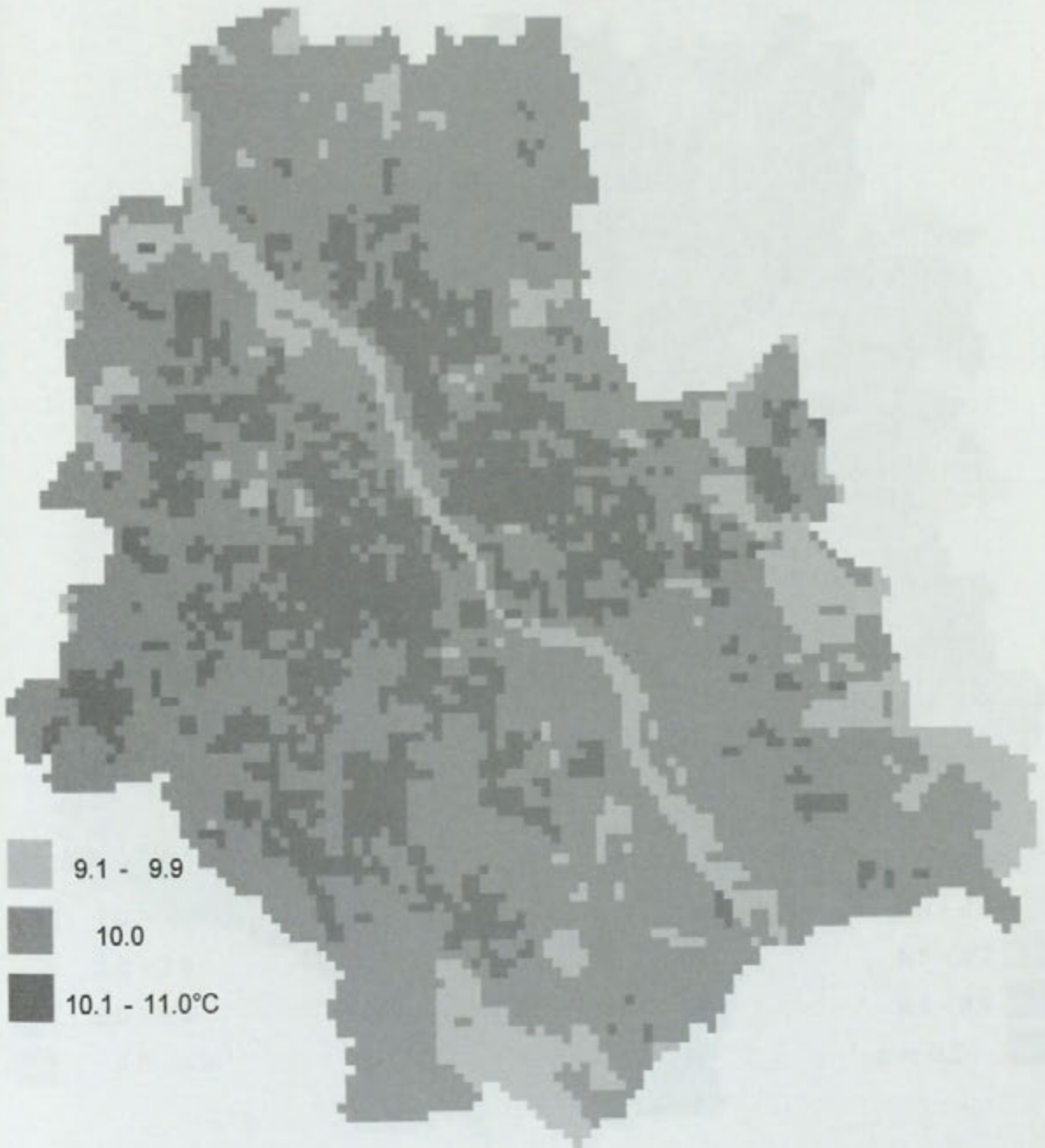
Autor: K. Błażejczyk

**Przewidywany rozkład temperatury powietrza
przy zachmurzeniu > 80%
i przy prognozie dla Okęcia 20°C**



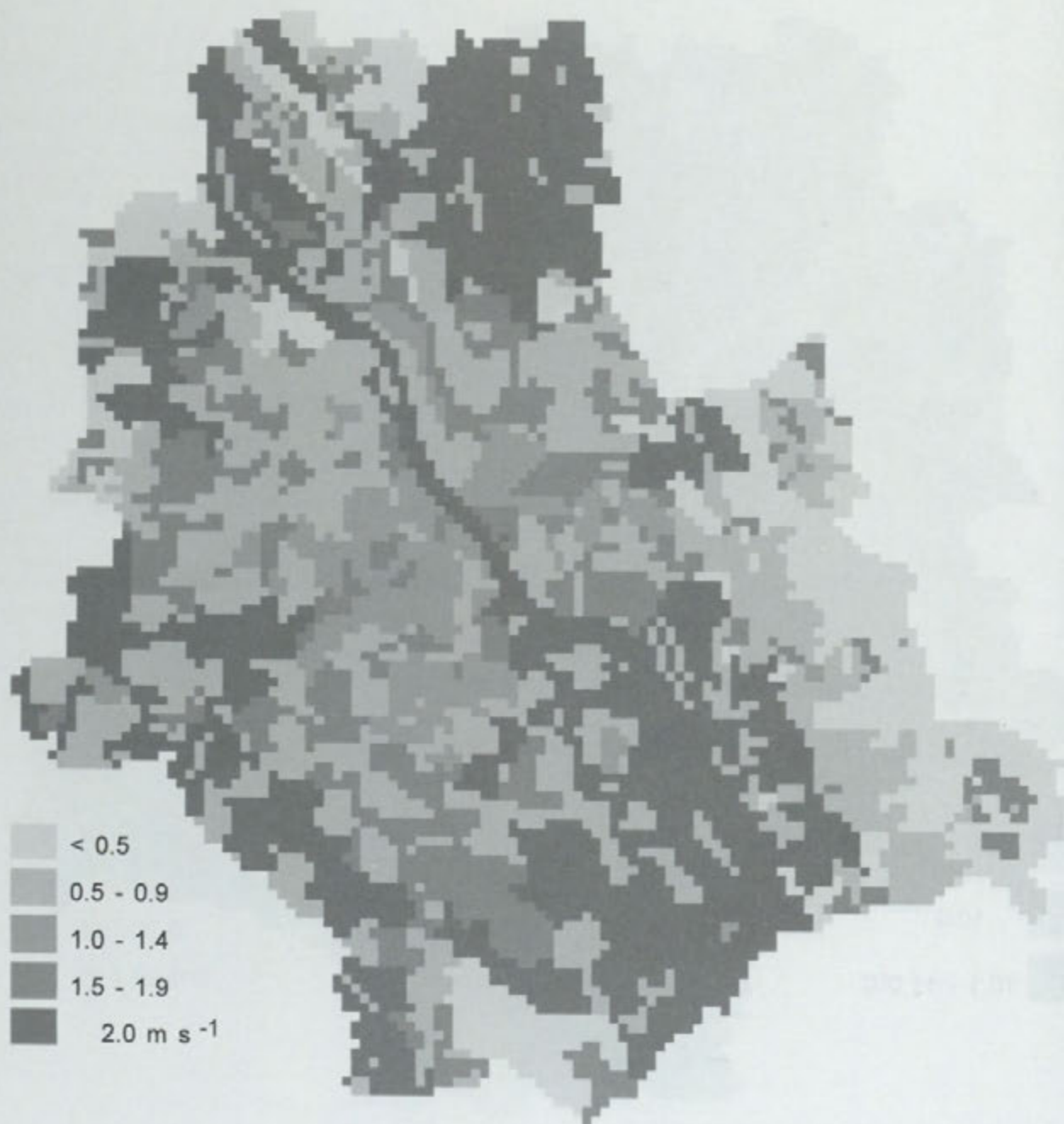
Autor: K. Błażejczyk

**Przewidywany rozkład temperatury powietrza
przy zachmurzeniu > 80%
i przy prognozie dla Okęcia 10°C**



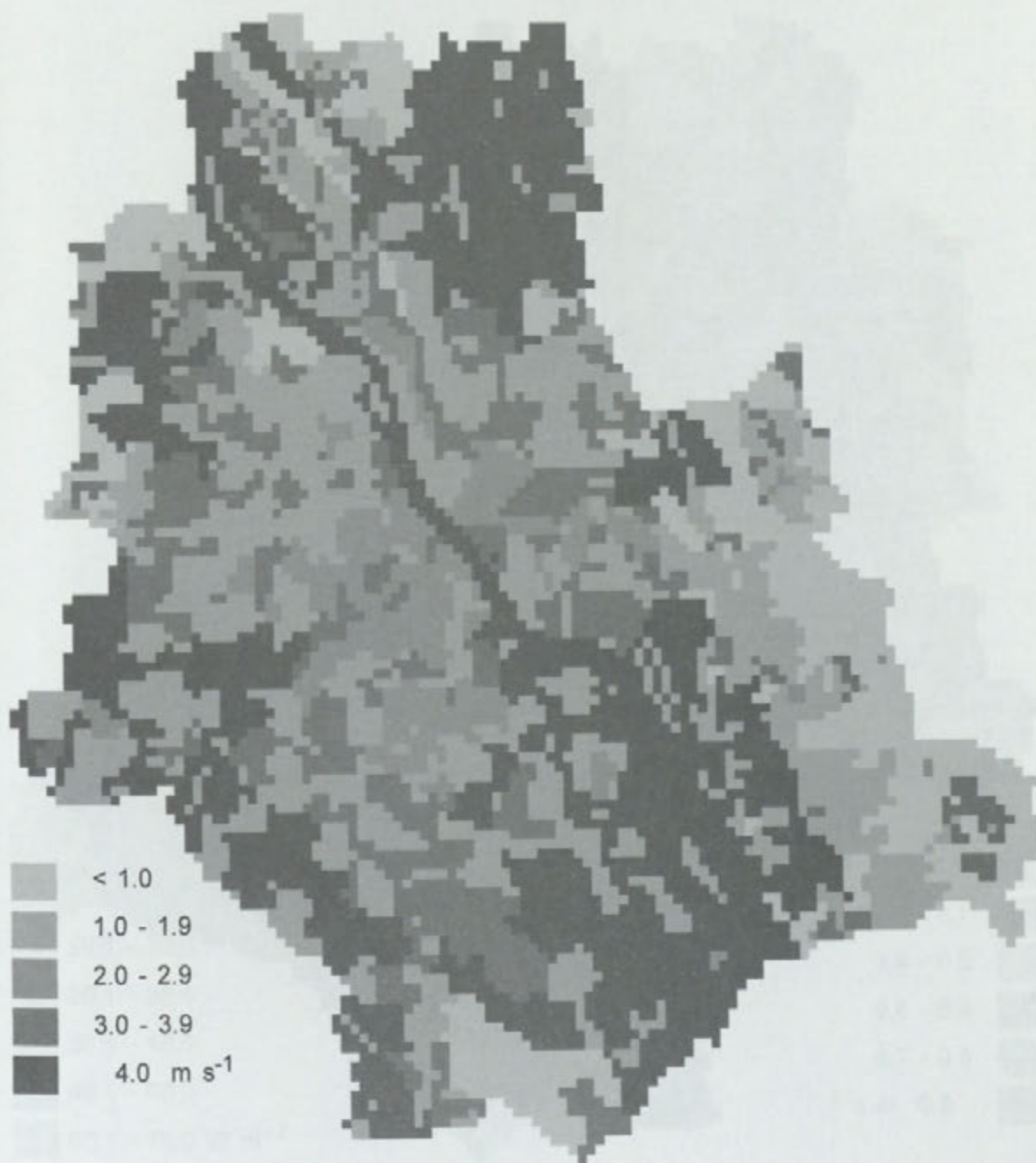
Autor: K. Błażejczyk

Przewidywany rozkład prędkości wiatru przy prognozie dla Okęcia 2 m s^{-1}



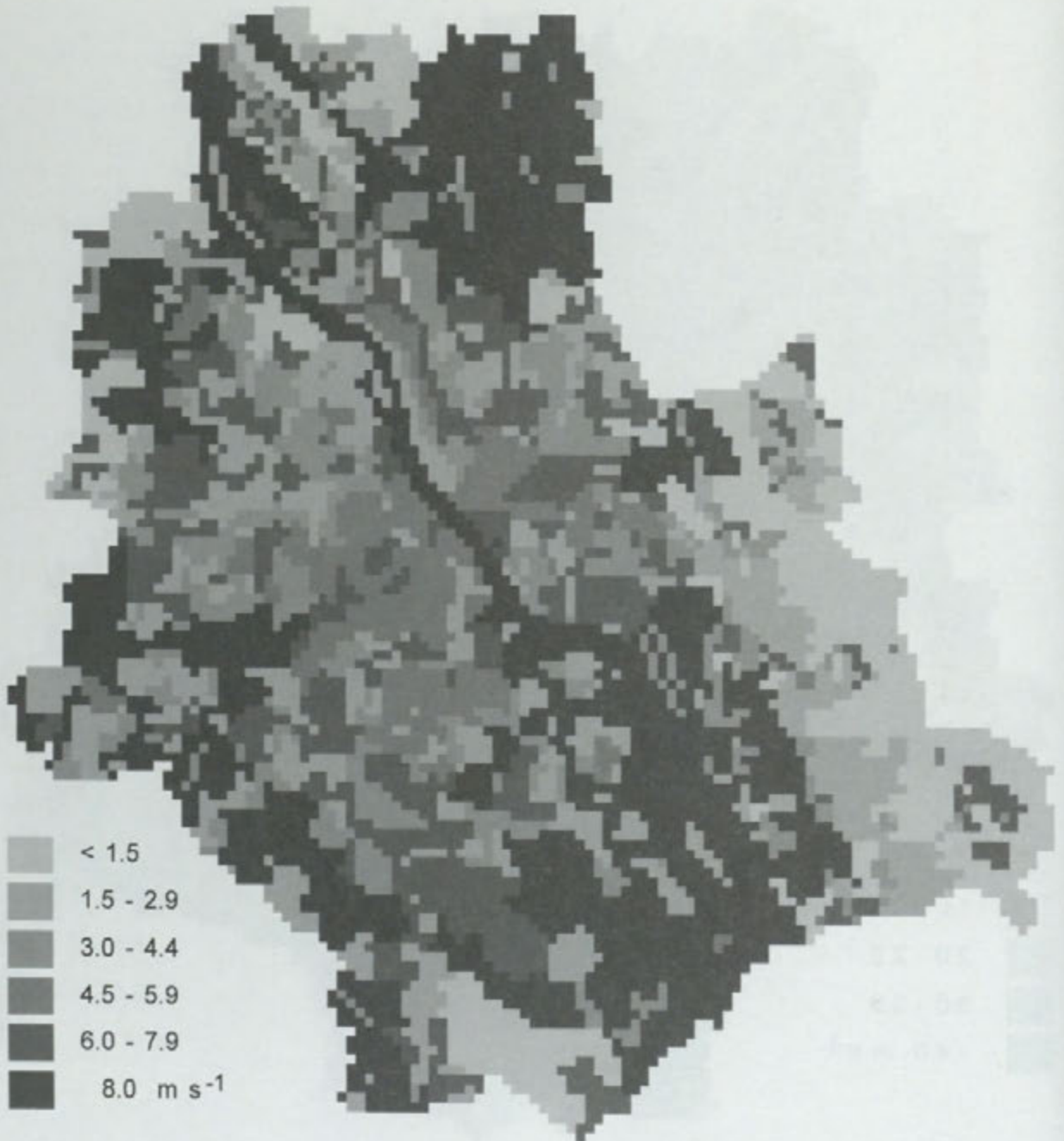
Autor: K. Błażejczyk

**Przewidywany rozkład prędkości wiatru
przy prognozie dla Okęcia 4 m s^{-1}**



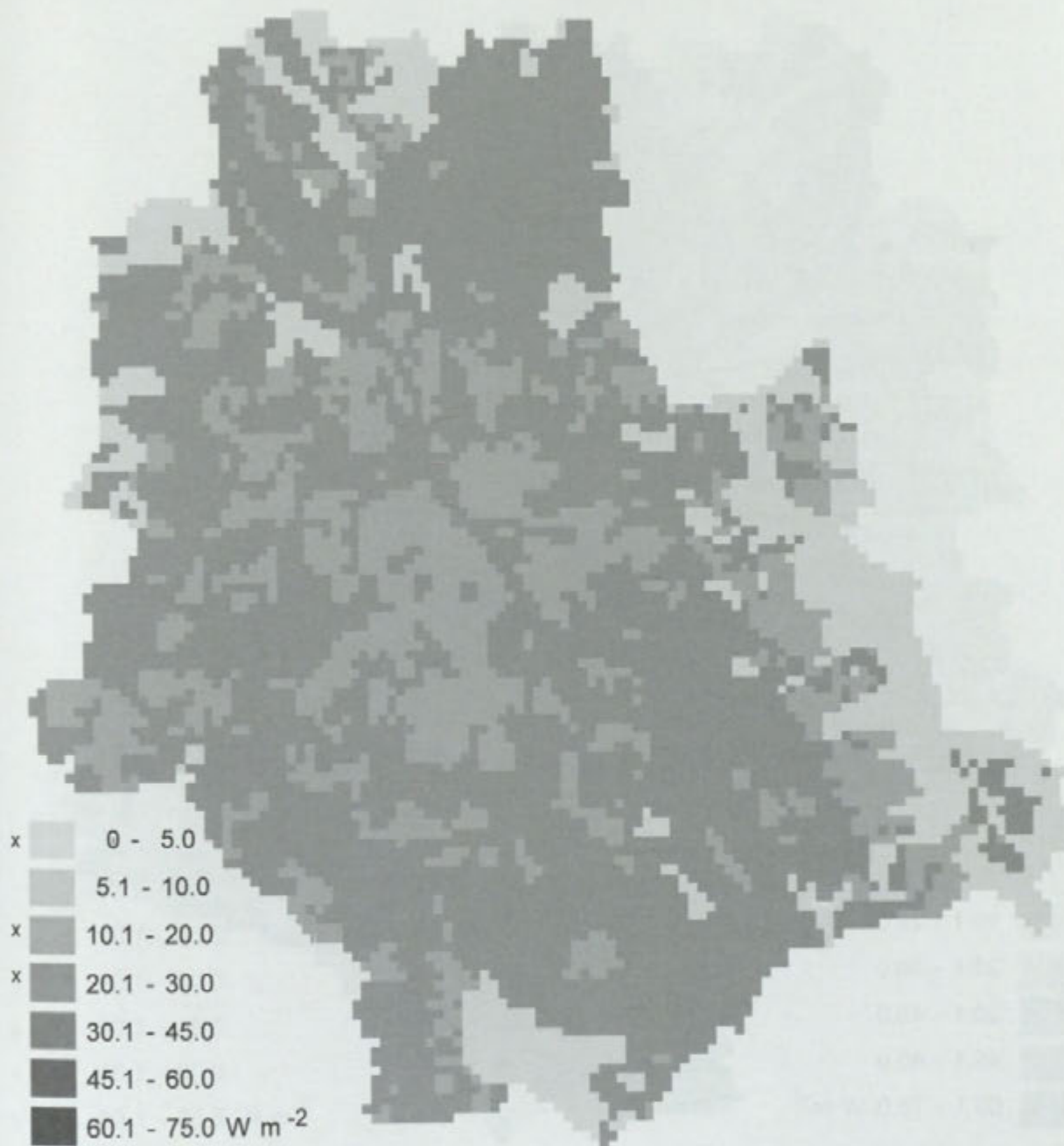
Autor: K. Błażejczyk

**Przewidywany rozkład prędkości wiatru
przy prognozie dla Okęcia 8 m s^{-1}**



Autor: K. Błażejczyk

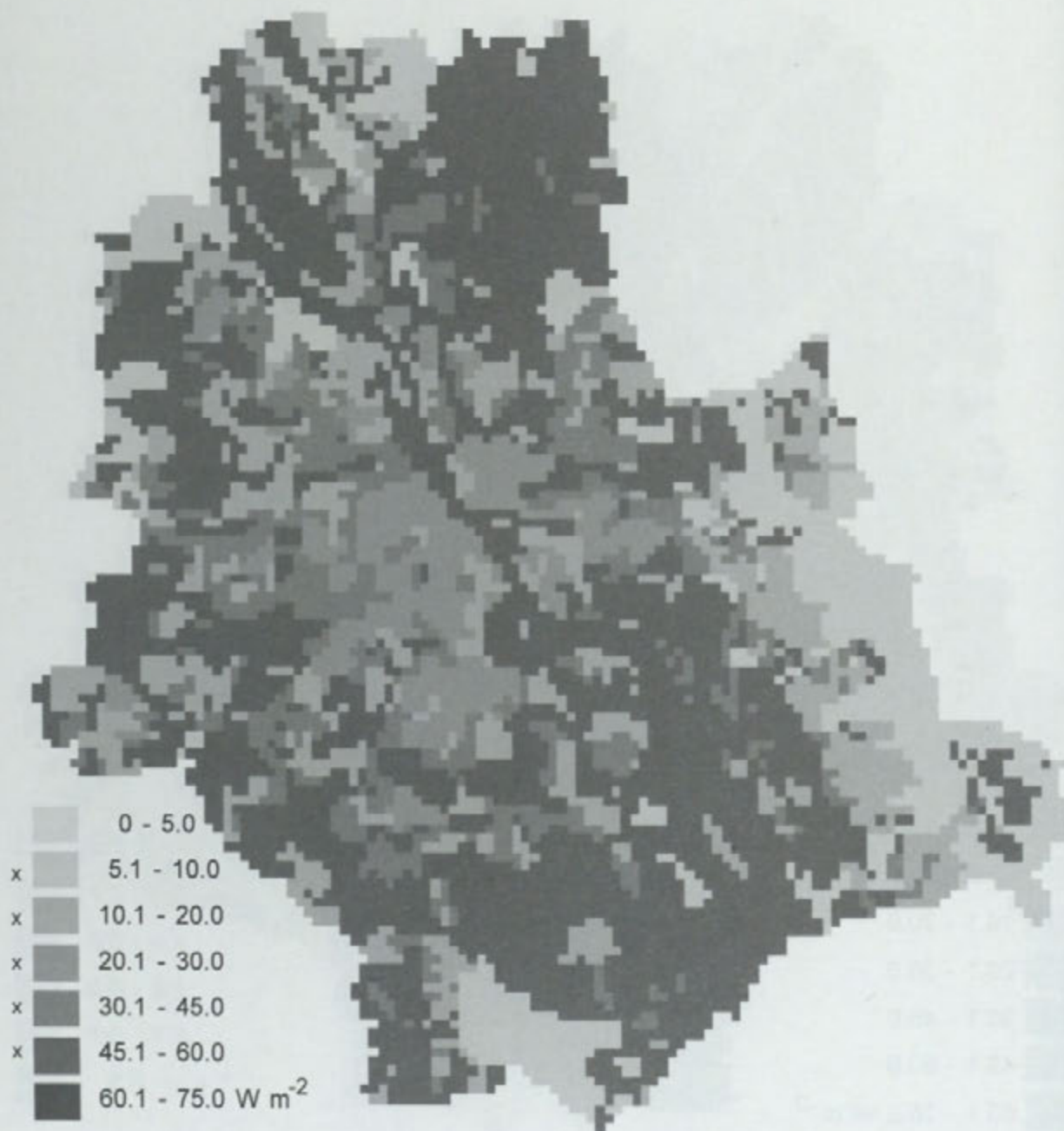
Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka przy niebie bezchmurnym, chmurach typu Ci i Ac oraz Cu (< 50% pokrycia nieba); wysokość Słońca 30°



(x - zakresy promieniowania pochłoniętego występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

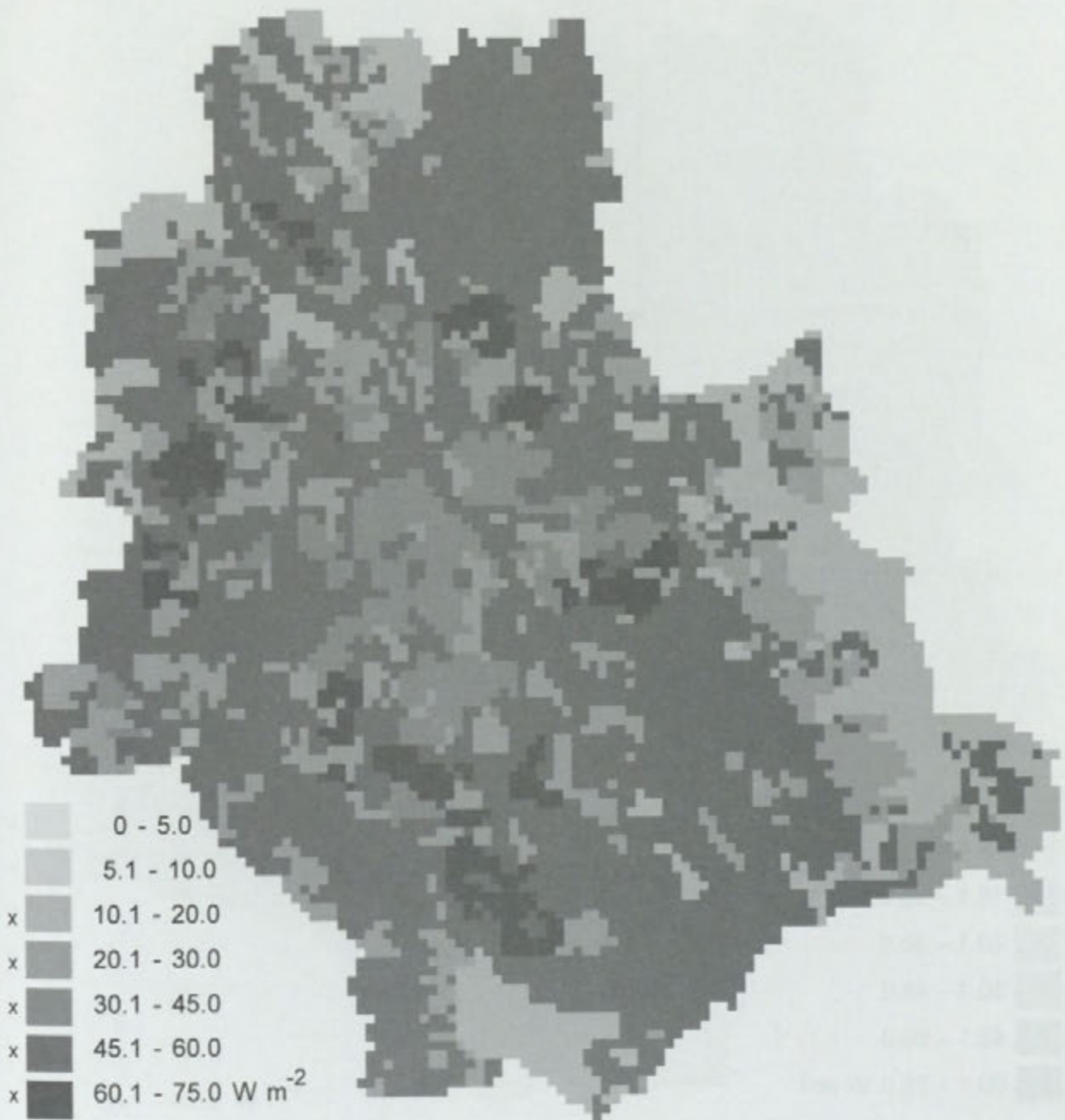
Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka przy niebie bezchmurnym, chmurach typu Ci i Ac oraz Cu (< 50% pokrycia nieba); wysokość Słońca 30°



(x - zakresy promieniowania pochłoniętego występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

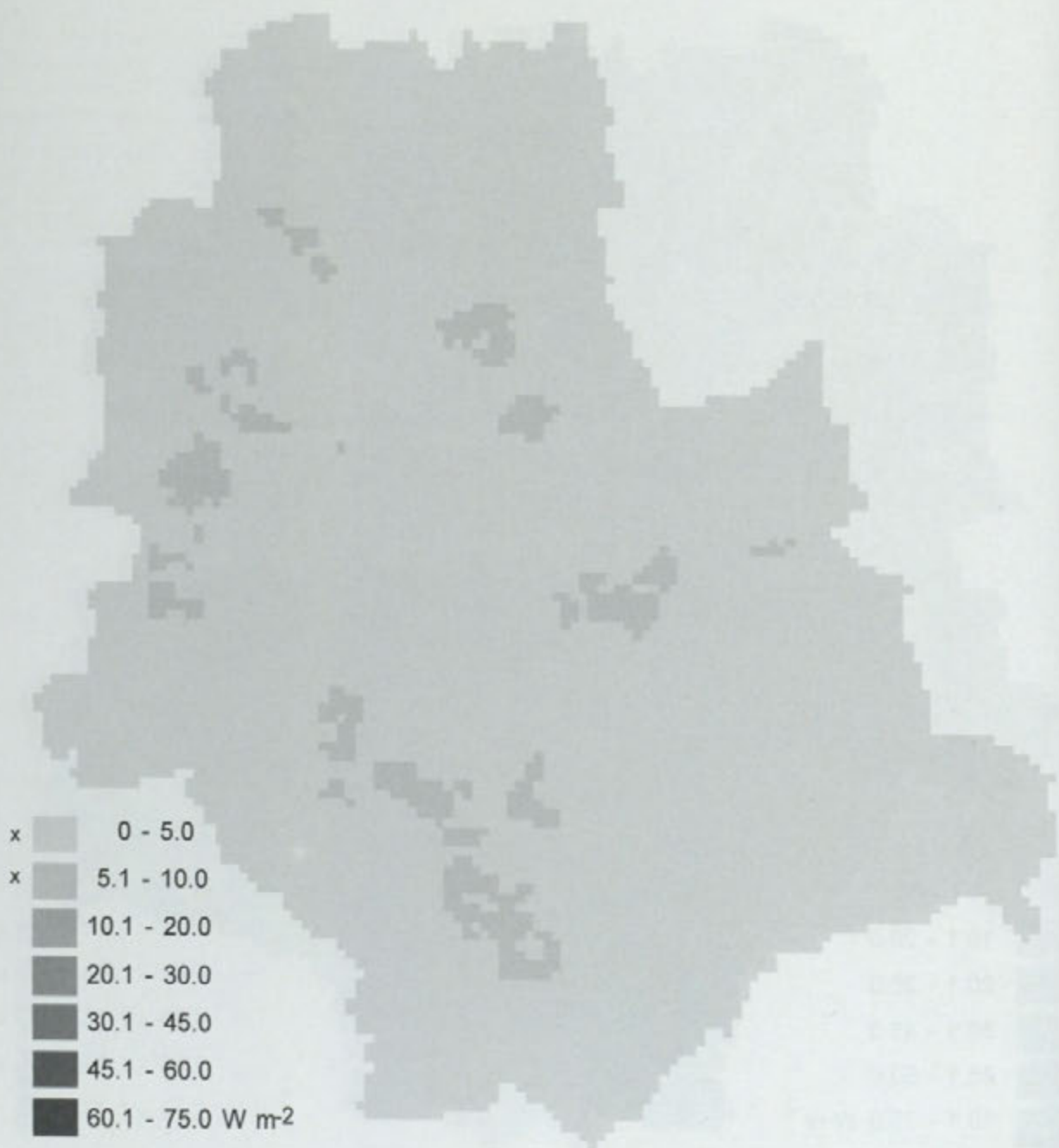
Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka przy niebie bezchmurnym, chmurach typu Ci i Ac oraz Cu (< 50% pokrycia nieba); wysokość Słońca 50°



(x - zakresy promieniowania pochłoniętego występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

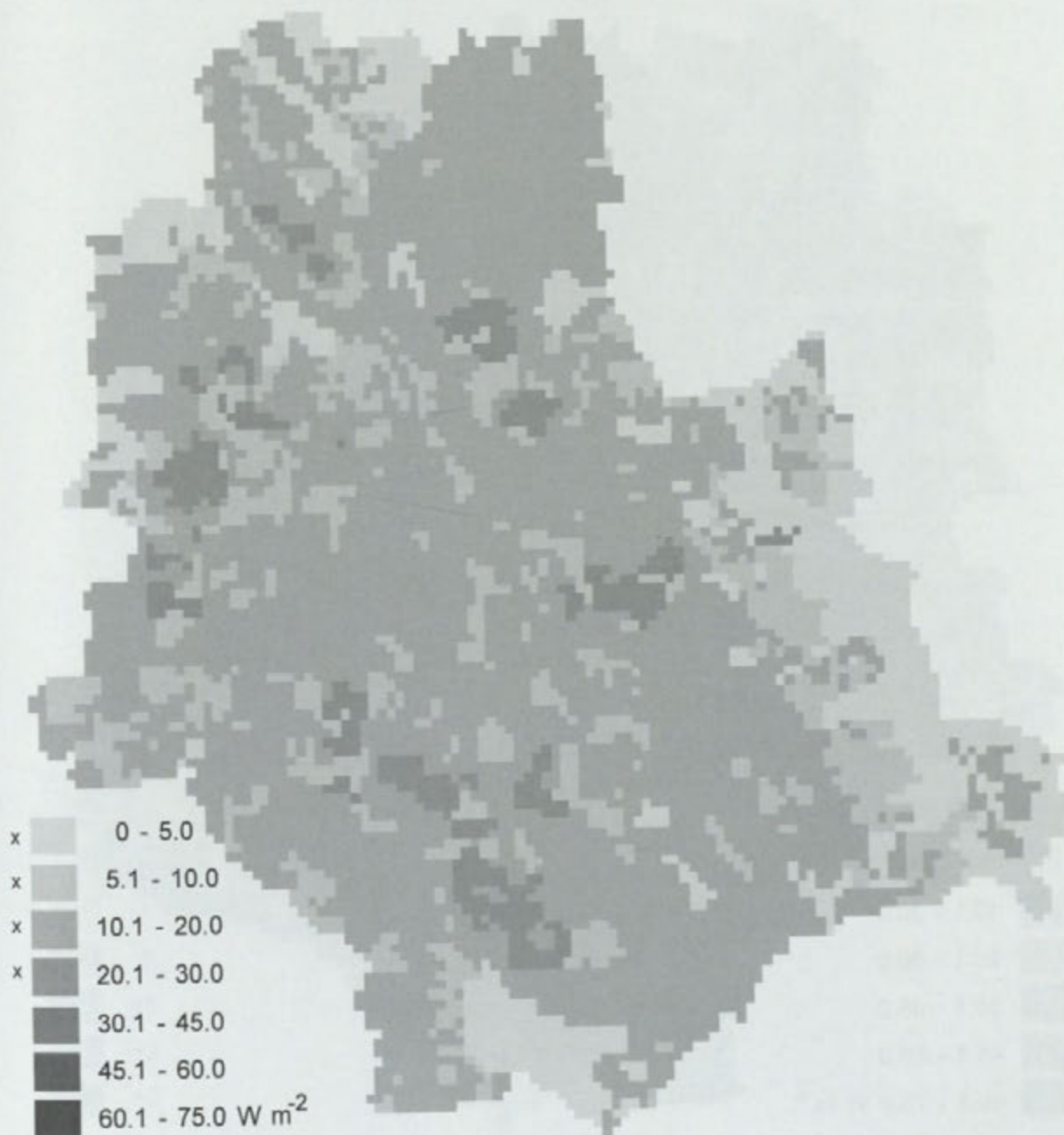
**Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka
przy zachmurzeniu > 80% typu Cu, Cb, Sc, St i Ns
wysokość Słońca 10°**



(x - zakresy promieniowania pochłoniętego występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

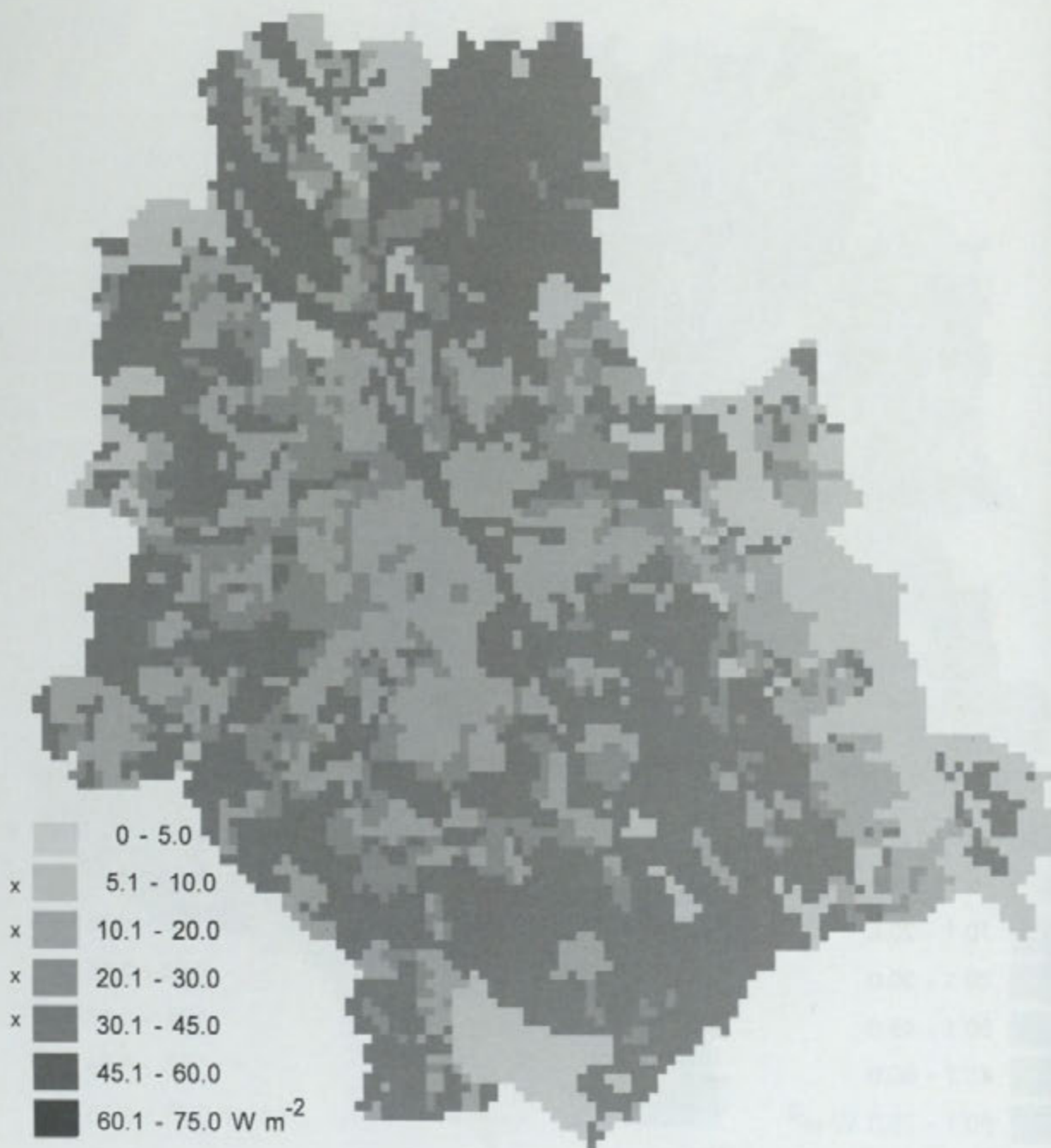
**Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka
przy zachmurzeniu > 80% typu Cu, Cb, Sc, St i Ns
wysokość Słońca 30°**



(x - zakresy promieniowania pochłoniętego występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

**Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez człowieka
przy zachmurzeniu > 80% typu Cu, Cb, Sc, St i Ns
wysokość Słońca 50°**



(x - zakresy promieniowania pochłoniętego występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

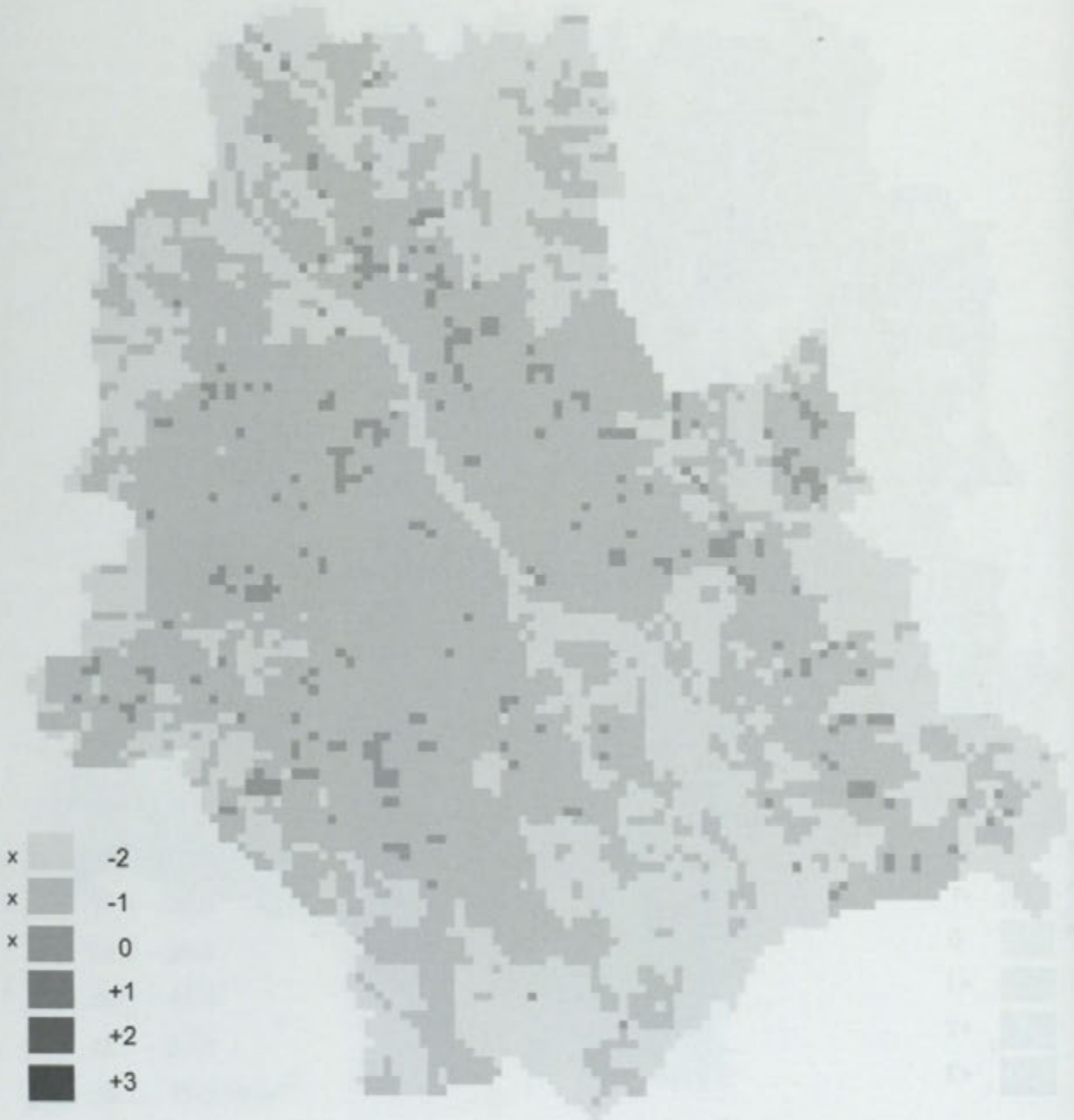
**Dominujące odczucia cieplne człowieka
podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego
i przy prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 10°C, prędkość wiatru 2 m s⁻¹**



-2 - zimno, -1 - chłodno, 0 - komfortowo, +1 - ciepło, +2 - gorąco, +3 - bardzo gorąco
(x - klasy odczuć cieplnych występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

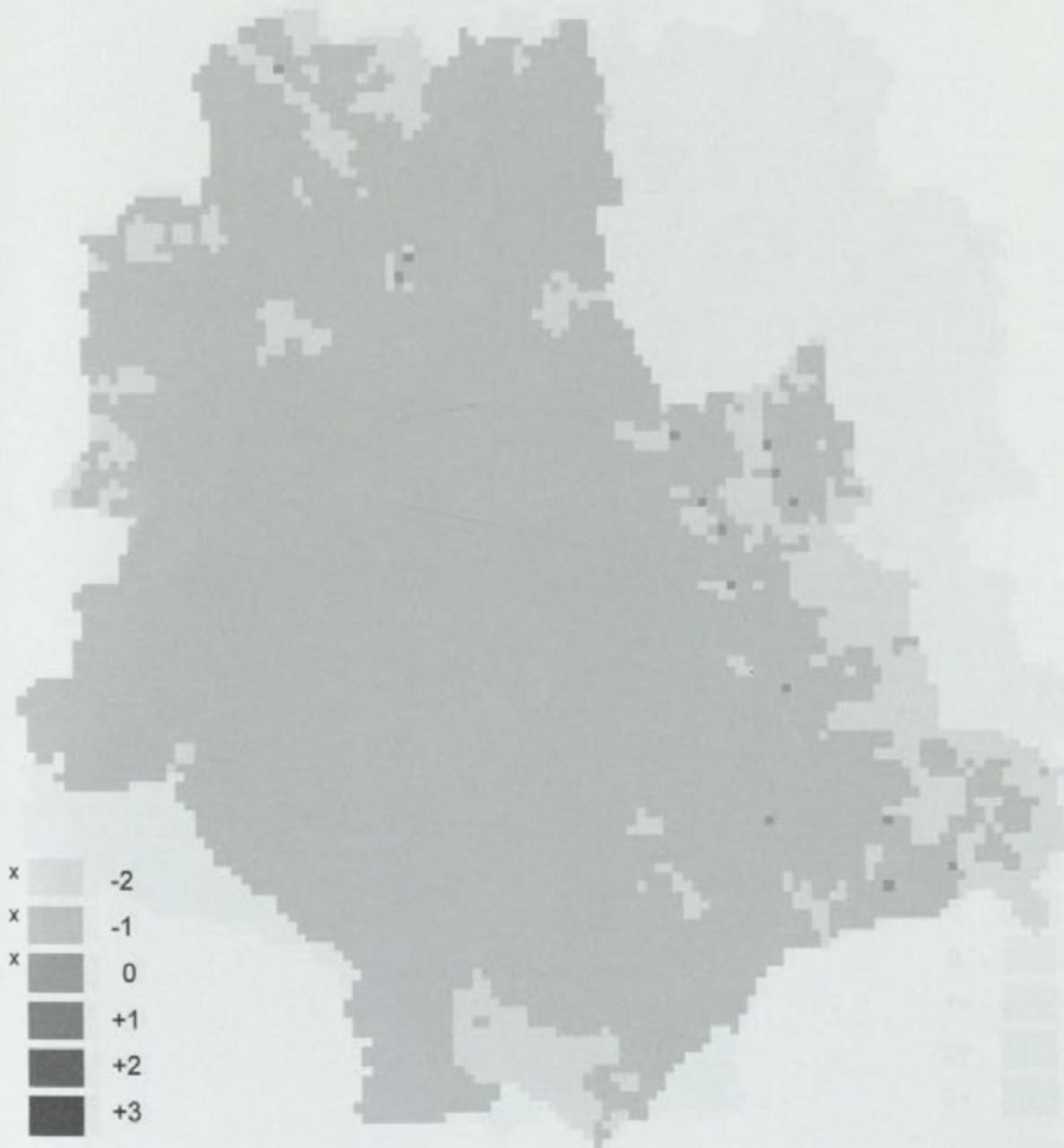
**Dominujące odczucia cieplne człowieka
podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego
i przy prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 10°C, prędkość wiatru 4 m s⁻¹**



-2 - zimno, -1 - chłodno, 0 - komfortowo, +1 - ciepło, +2 - gorąco, +3 - bardzo gorąco
(x - klasy odczuć cieplnych występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

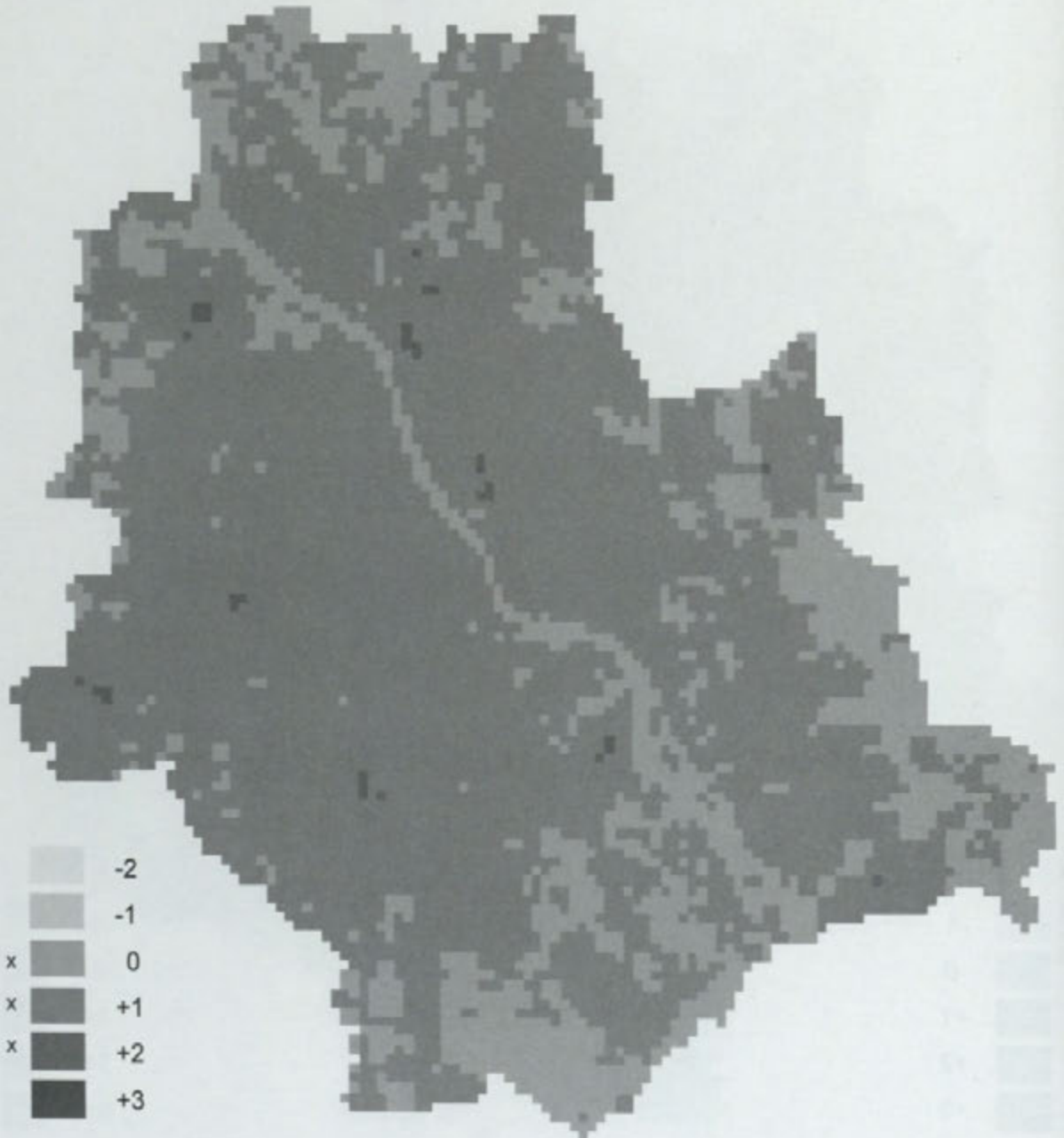
**Dominujące odczucia cieplne człowieka
podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego
i przy prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 10°C, prędkość wiatru 8 m s⁻¹**



-2 - zimno, -1 - chłodno, 0 - komfortowo, +1 - ciepło, +2 - gorąco, +3 - bardzo gorąco
(x - klasy odczuć cieplnych występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

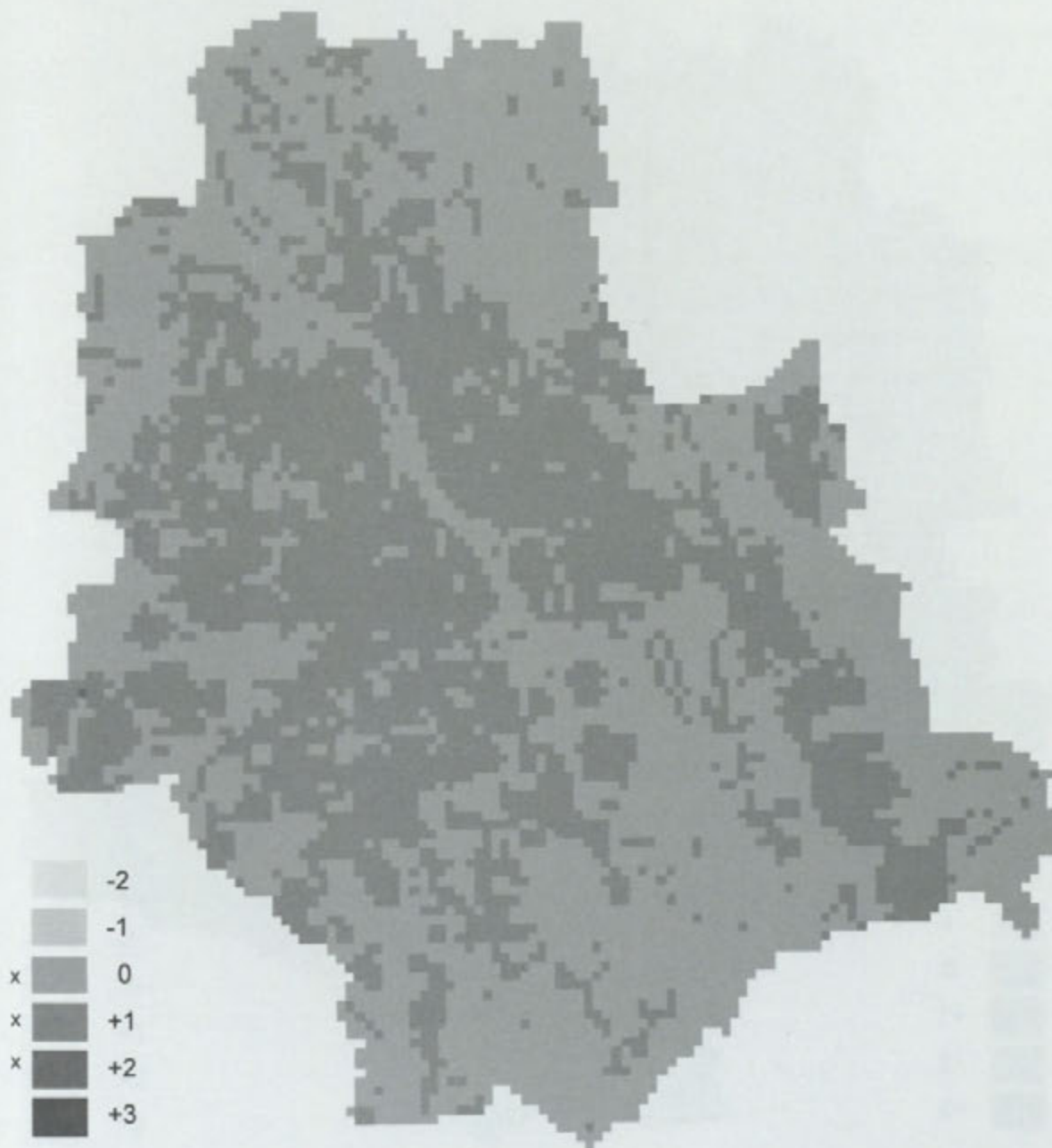
**Dominujące odczucia cieplne człowieka
podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego
i przy prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 2 m s⁻¹**



-2 - zimno, -1 - chłodno, 0 - komfortowo, +1 - ciepło, +2 - gorąco, +3 - bardzo gorąco
(x - klasy odczuć cieplnych występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

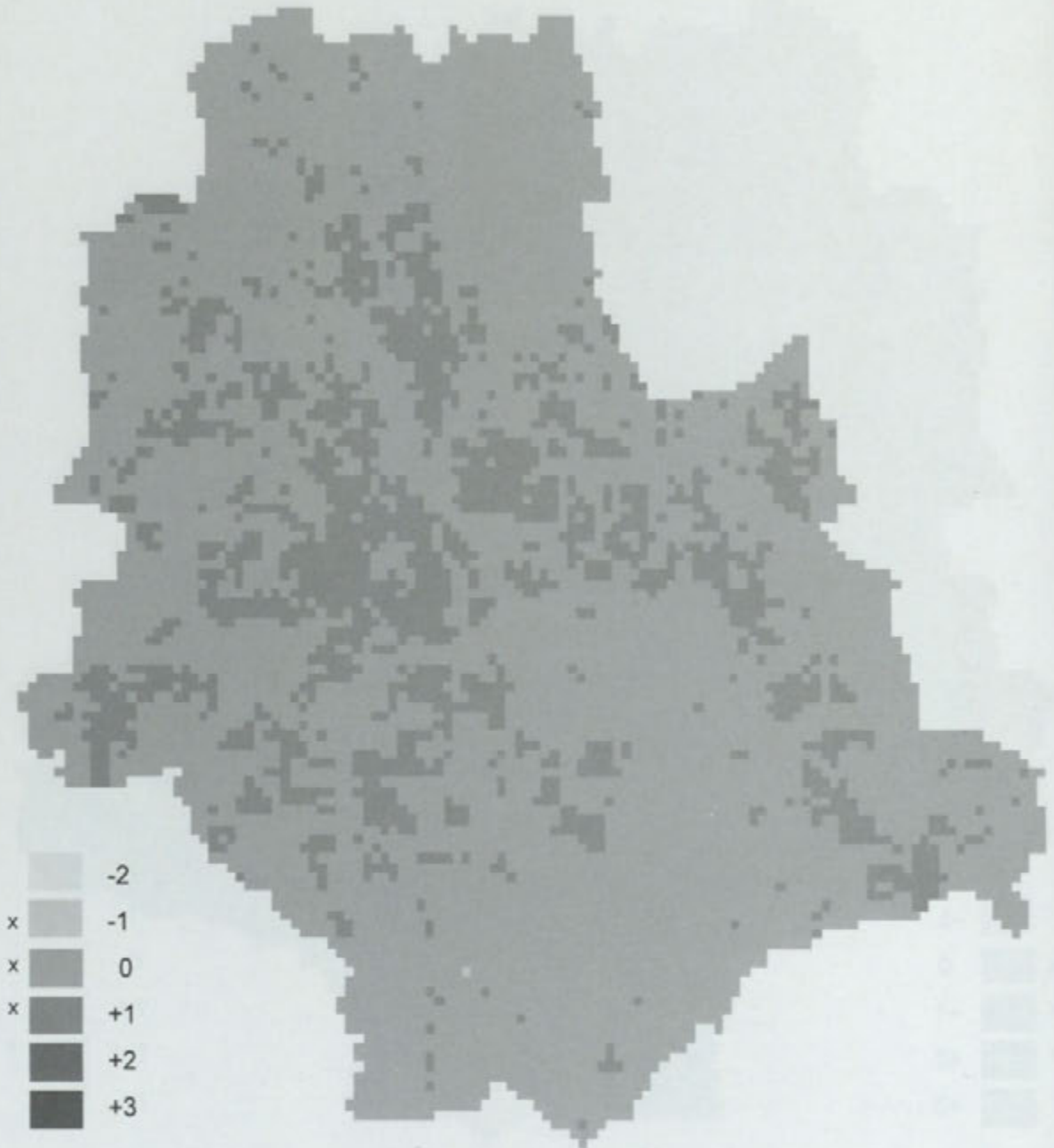
**Dominujące odczucia cieplne człowieka
podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego
i przy prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 4 m s⁻¹**



-2 - zimno, -1 - chłodno, 0 - komfortowo, +1 - ciepło, +2 - gorąco, +3 - bardzo gorąco
(x - klasy odczuć cieplnych występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

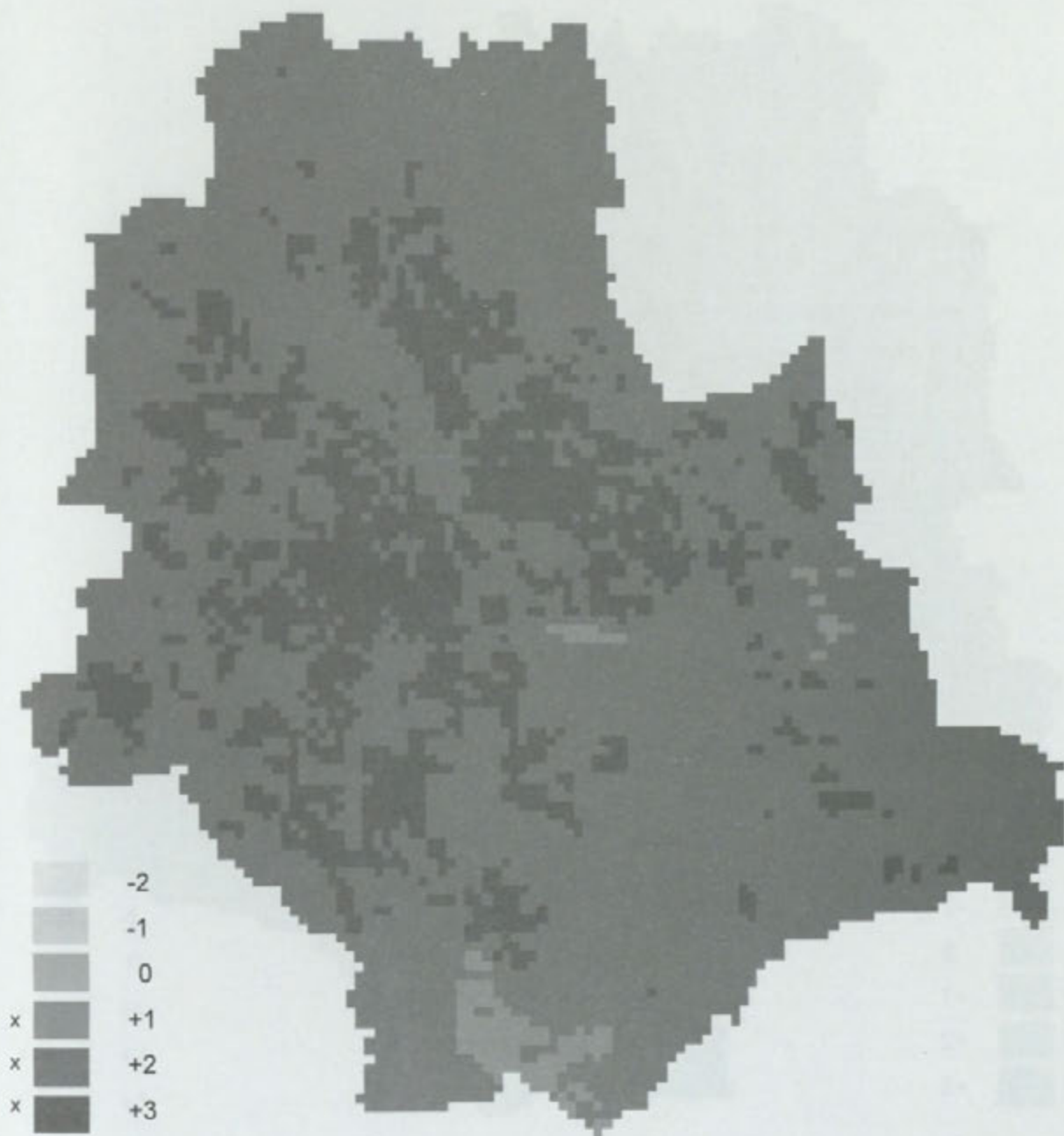
**Dominujące odczucia cieplne człowieka
podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego
i przy prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 8 m s⁻¹**



-2 - zimno, -1 - chłodno, 0 - komfortowo, +1 - ciepło, +2 - gorąco, +3 - bardzo gorąco
(x - klasy odczuć cieplnych występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

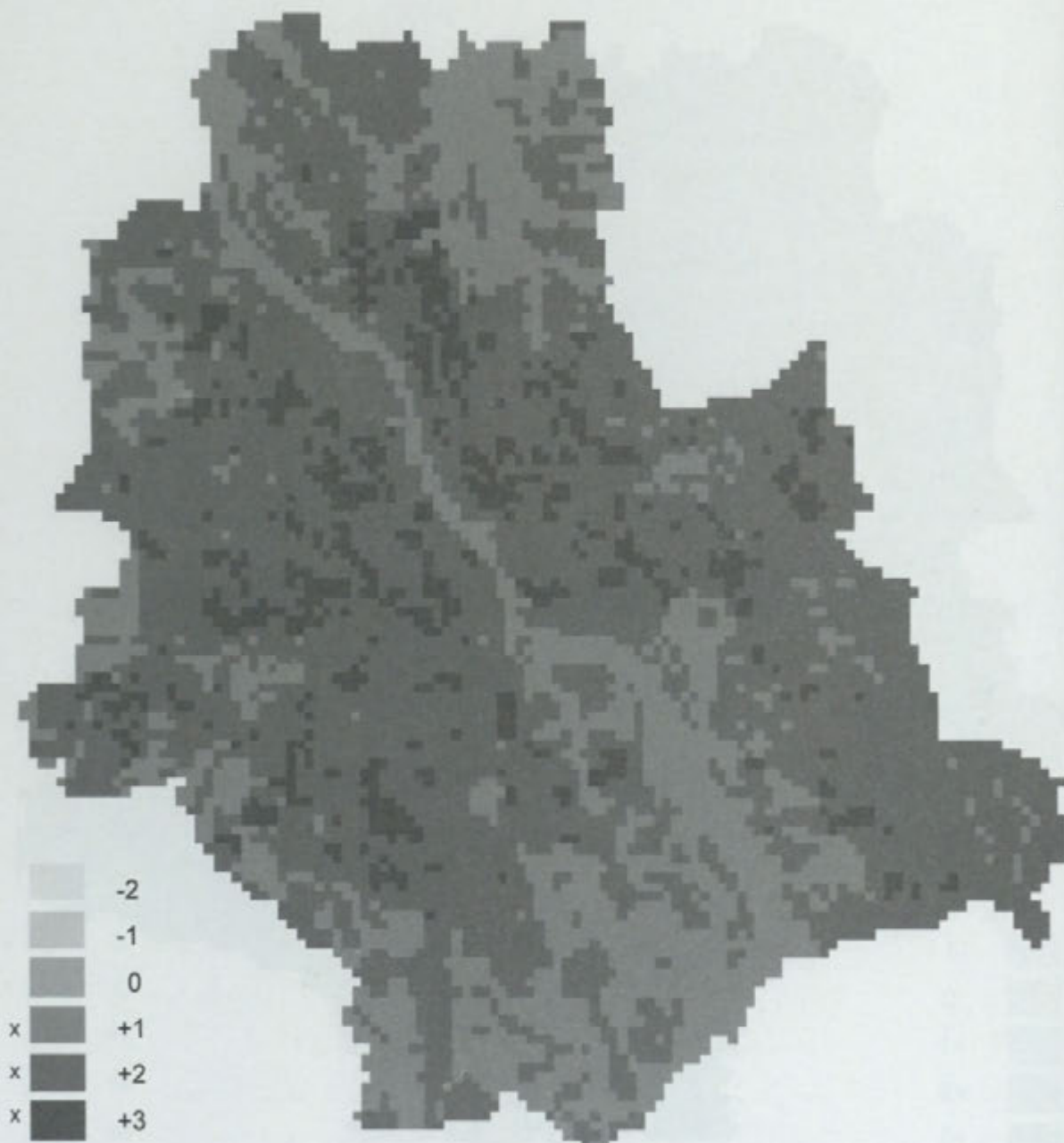
**Dominujące odczucia cieplne człowieka
podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego
i przy prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 30°C, prędkość wiatru 2 m s⁻¹**



-2 - zimno, -1 - chłodno, 0 - komfortowo, +1 - ciepło, +2 - gorąco, +3 - bardzo gorąco
(x - klasy odczuć cieplnych występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

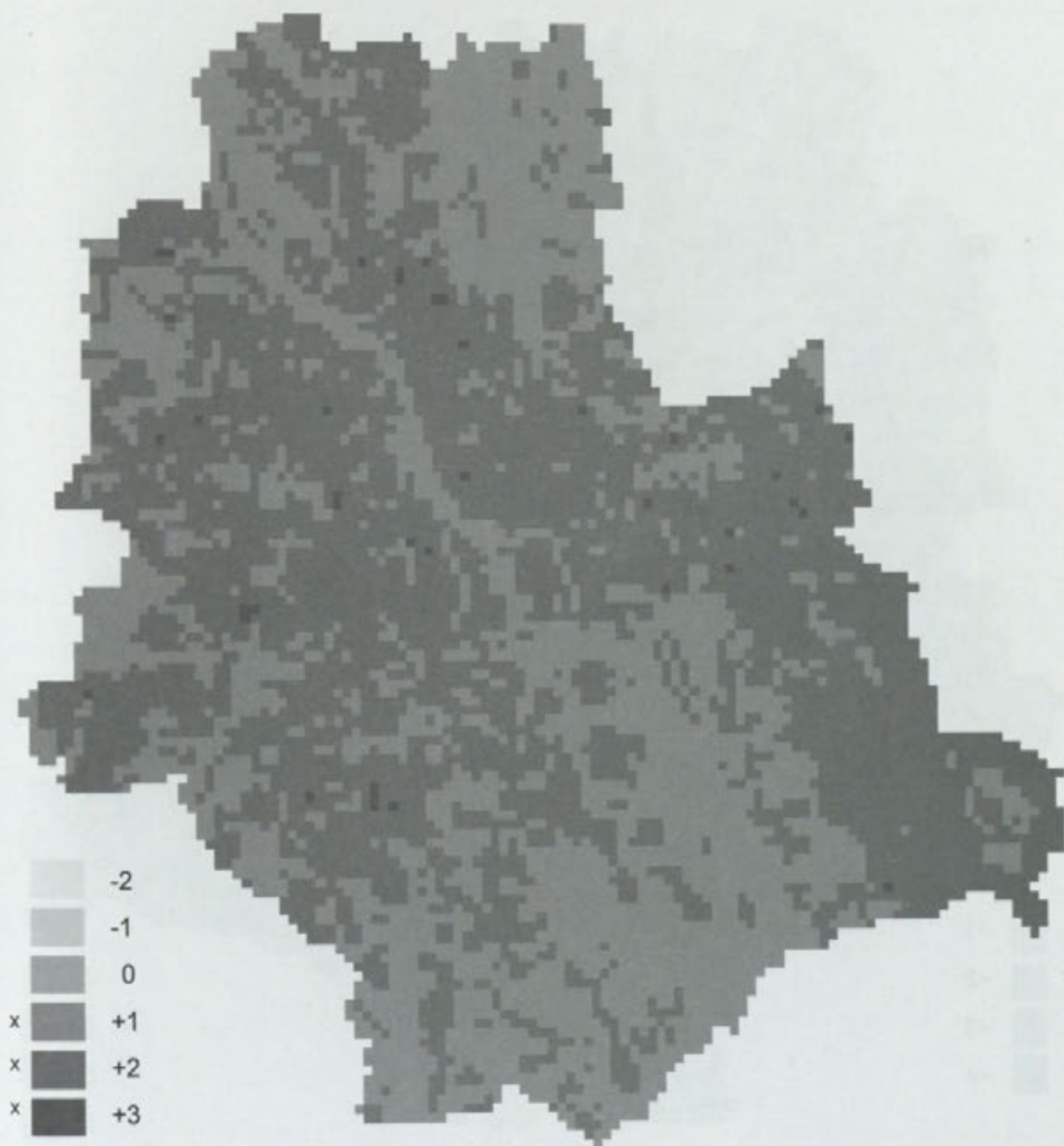
**Dominujące odczucia cieplne człowieka
podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego
i przy prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 30°C, prędkość wiatru 4 m s⁻¹**



-2 - zimno, -1 - chłodno, 0 - komfortowo, +1 - ciepło, +2 - gorąco, +3 - bardzo gorąco
(x - klasy odczuć cieplnych występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor: K. Błażejczyk

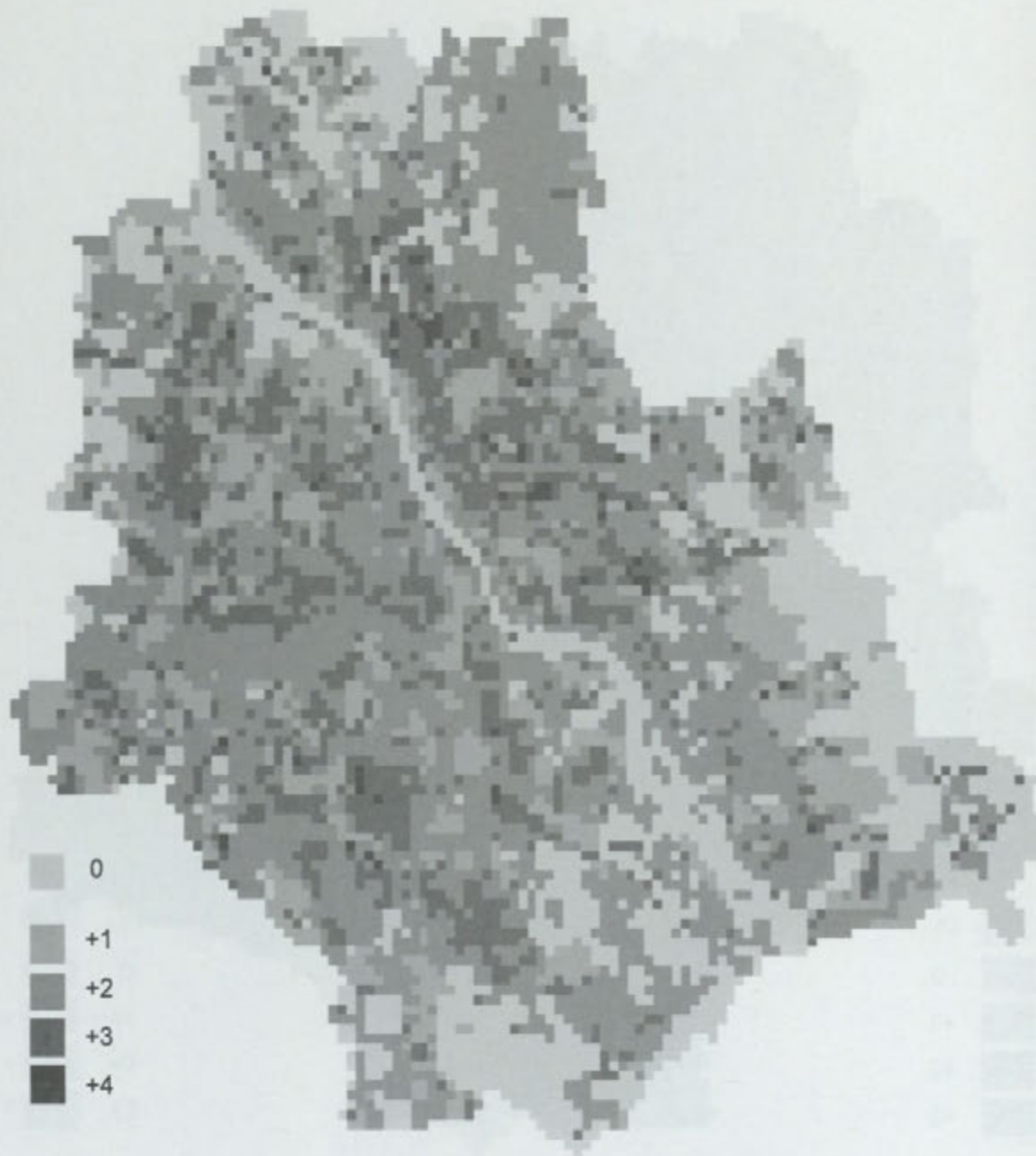
**Dominujące odczucia cieplne człowieka
podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego
i przy prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 30°C, prędkość wiatru 8 m s⁻¹**



-2 - zimno, -1 - chłodno, 0 - komfortowo, +1 - ciepło, +2 - gorąco, +3 - bardzo gorąco
(x - klasy odczuć cieplnych występujące w warunkach określonych w tytule mapy)

Autor K. Błażejczyk

**Obciążenie cieplne człowieka
w dzień pogodny, przy wysokości Słońca 30°
i prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 4 m s⁻¹**

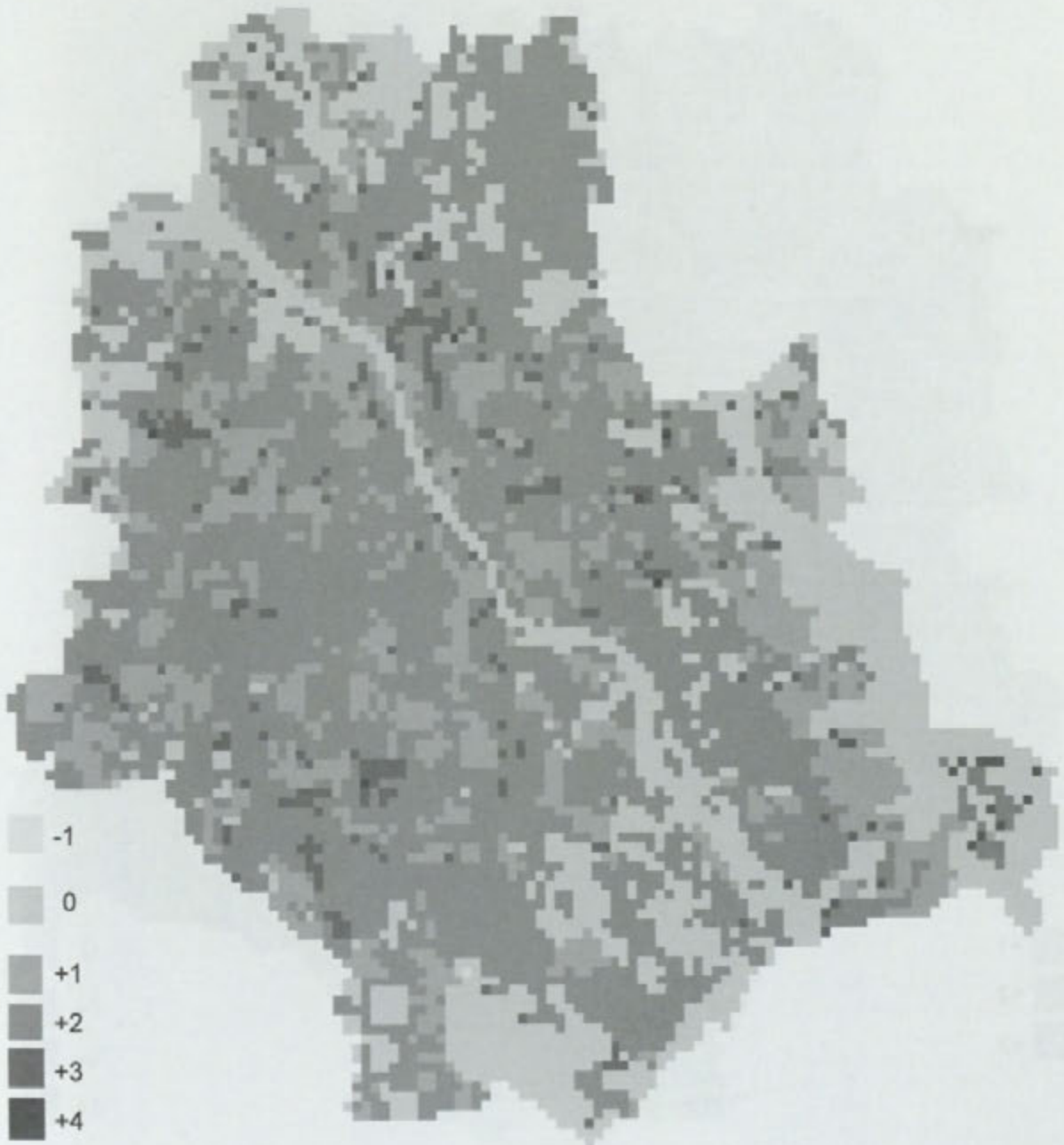


0 - warunki termoneutralne;

stres cieplny: +1 - bardzo mały, +2 - mały, +3 - umiarkowany, +4 - znaczny

Autor: K. Błażejczyk

**Obciążenie cieplne człowieka
w dzień pogodny, przy wysokości Słońca 30°
i prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 8 m s-1**

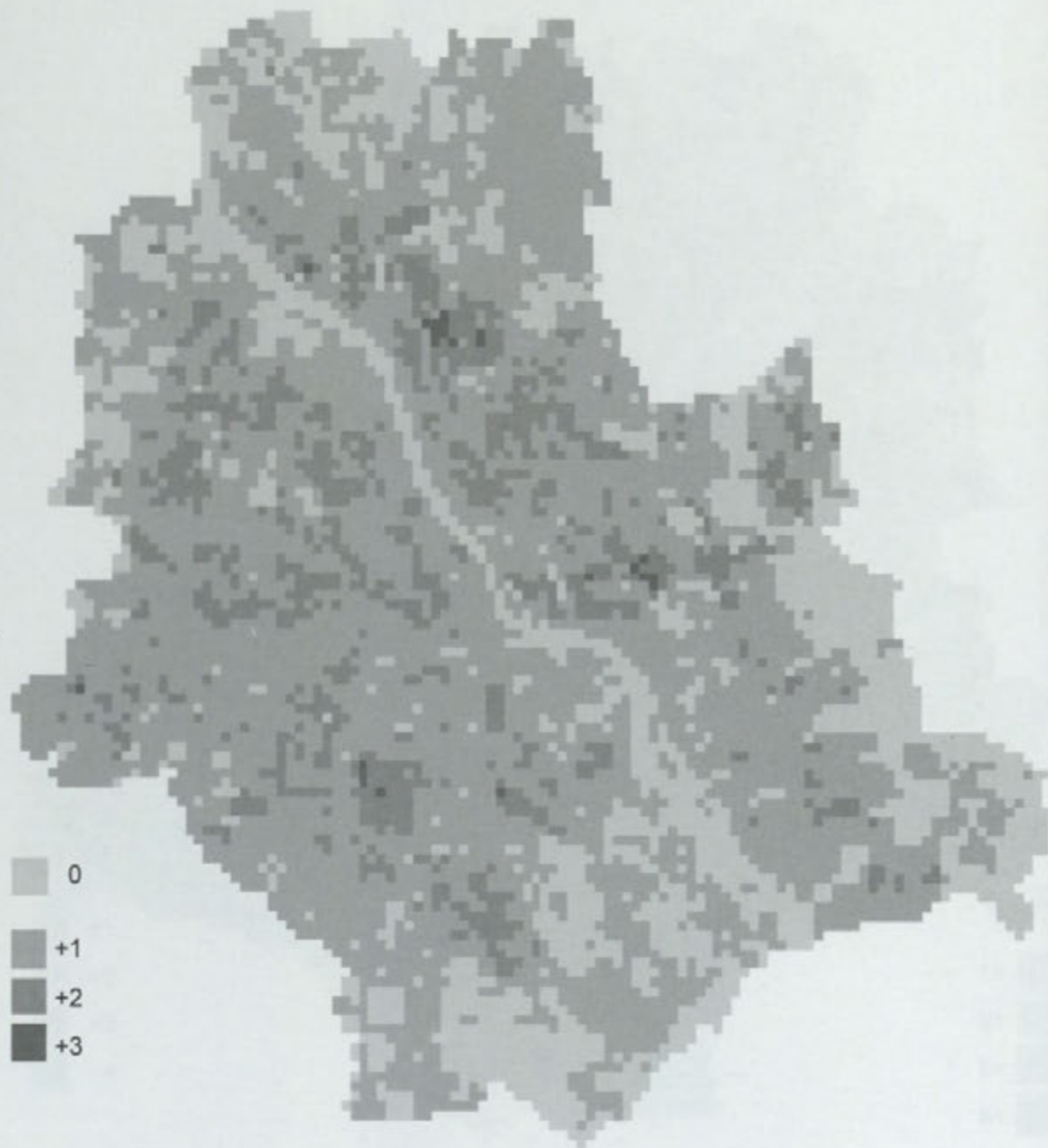


stres chłodny: -1 - bardzo mały;
0 - warunki termoneutralne;

stres ciepły: +1 - bardzo mały, +2 - mały, +3 - umiarkowany, +4 - znaczny

Autor: K. Błażejczyk

**Obciążenie cieplne człowieka
w dzień pochmurny, przy wysokości Słońca 30°
i prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 4 m s⁻¹**

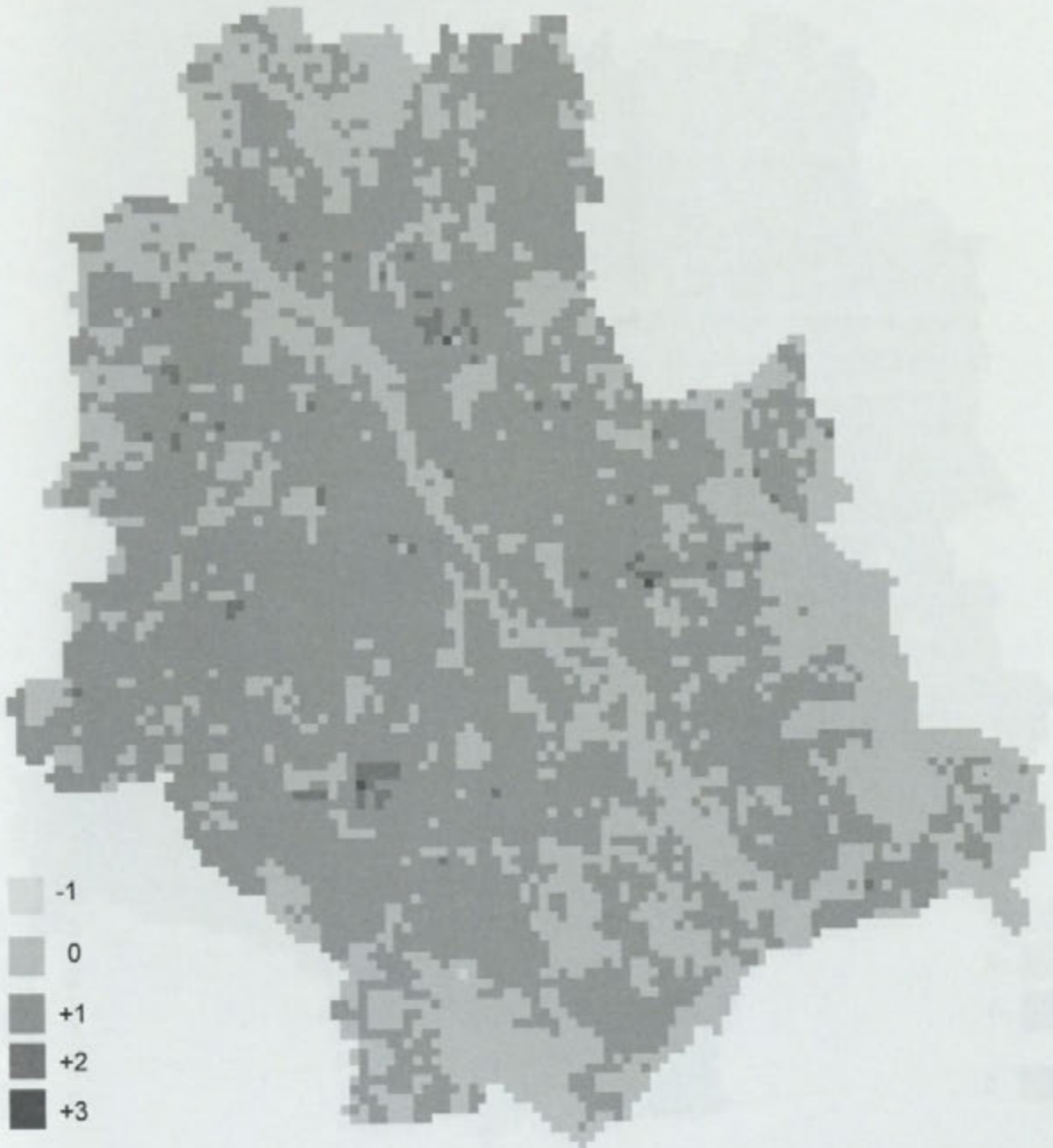


0 - warunki termoneutralne;

stres cieplny: +1 - bardzo mały, +2 - mały, +3 - umiarkowany

Autor: K. Błażejczyk

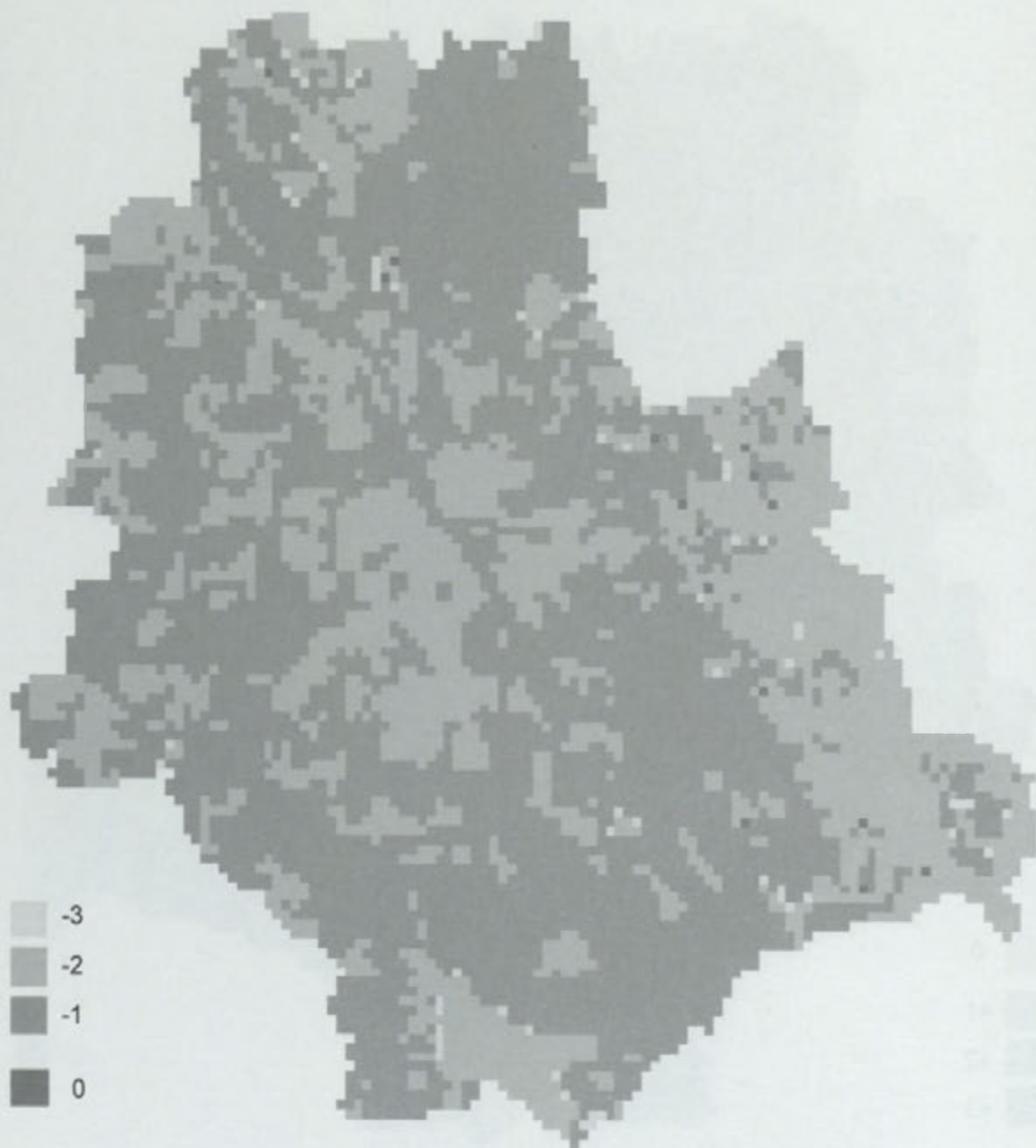
**Obciążenie cieplne człowieka
w dzień pochmurny, przy wysokości Słońca 30°
i prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 20°C, prędkość wiatru 8 m s⁻¹**



stres chłodny: -1 - bardzo mały;
0 - warunki termoneutralne;
stres ciepły: +1 - bardzo mały, +2 - mały, +3 - umiarkowany

Autor: K. Błażejczyk

**Obciążenie cieplne człowieka
w dzień pogodny, przy wysokości Słońca 10°
i prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 10°C, prędkość wiatru 8 m s⁻¹**



stres chłodny: -3 - umiarkowany, -2 - mały, -1 - bardzo mały;
0 - warunki termoneutralne;

Autor: K. Błażejczyk

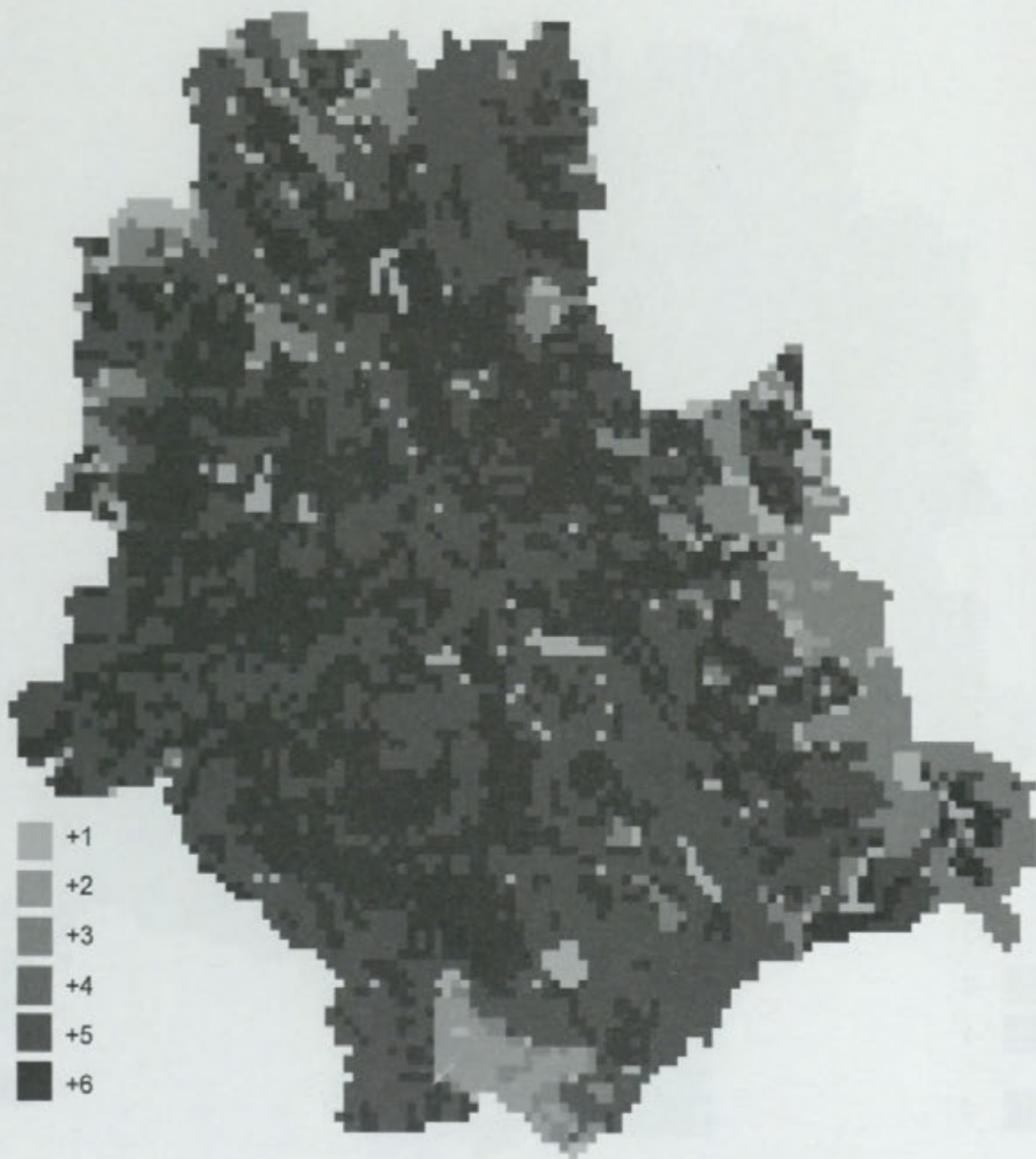
**Obciążenie cieplne człowieka
w dzień pochmurny, przy wysokości Słońca 10°
i prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 10°C, prędkość wiatru 8 m s⁻¹**



stres chłodny: -3 - umiarkowany, -2 - mały, -1 - bardzo mały;
0 - warunki termoneutralne;

Autor: K. Błażejczyk

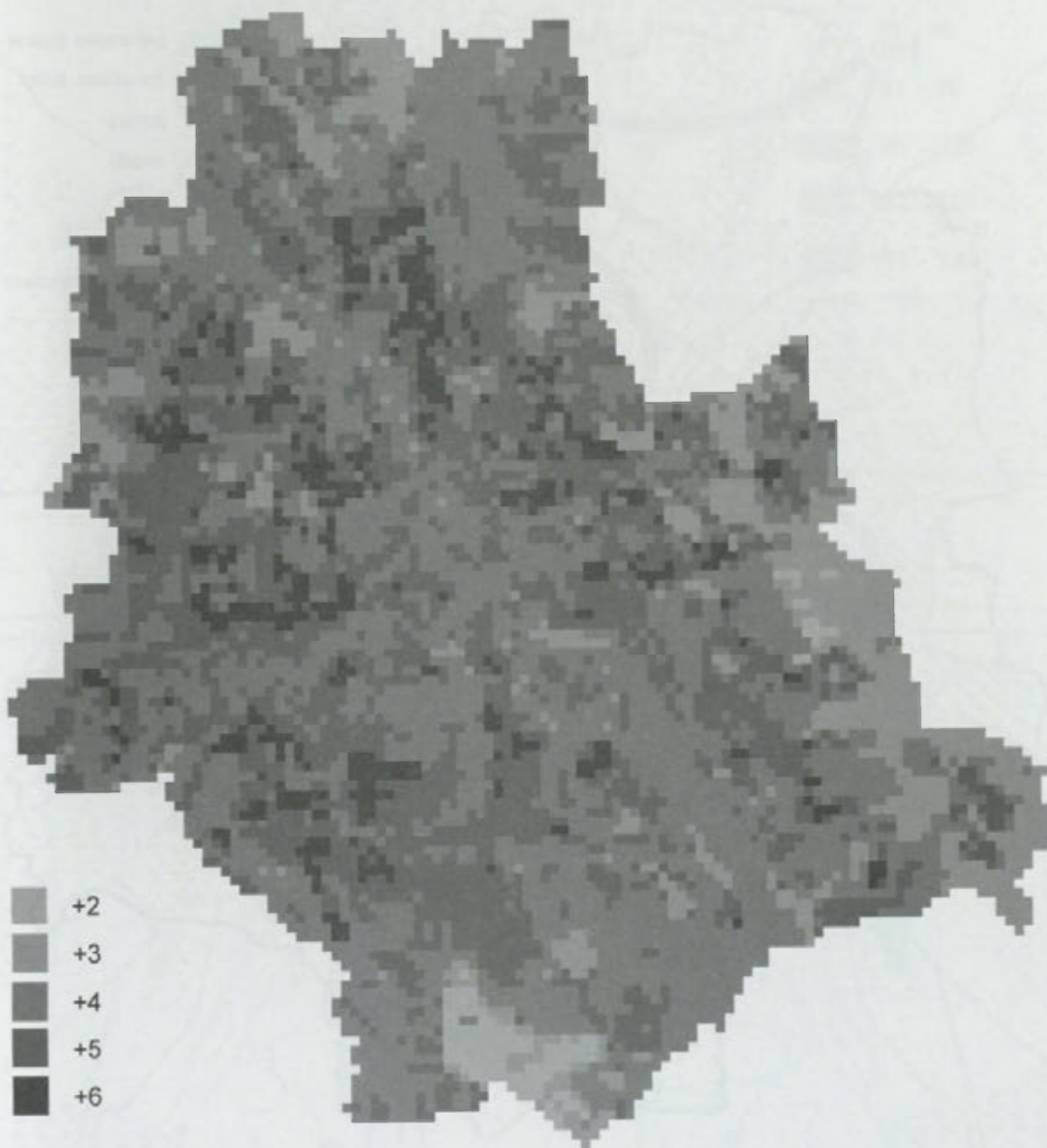
**Obciążenie cieplne człowieka
w dzień pogodny, przy wysokości Słońca 50°
i prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 30°C, prędkość wiatru 2 m s⁻¹**



stres cieplny: +1 - bardzo mały, +2 - mały, +3 - umiarkowany, +4 - znaczny, +5 - duży, +6 - bardzo duży

Autor: K. Błazejczyk

**Obciążenie cieplne człowieka
w dzień pochmurny, przy wysokości Słońca 50°
i prognozie dla Okęcia:
temperatura powietrza 30°C, prędkość wiatru 2 m s⁻¹**

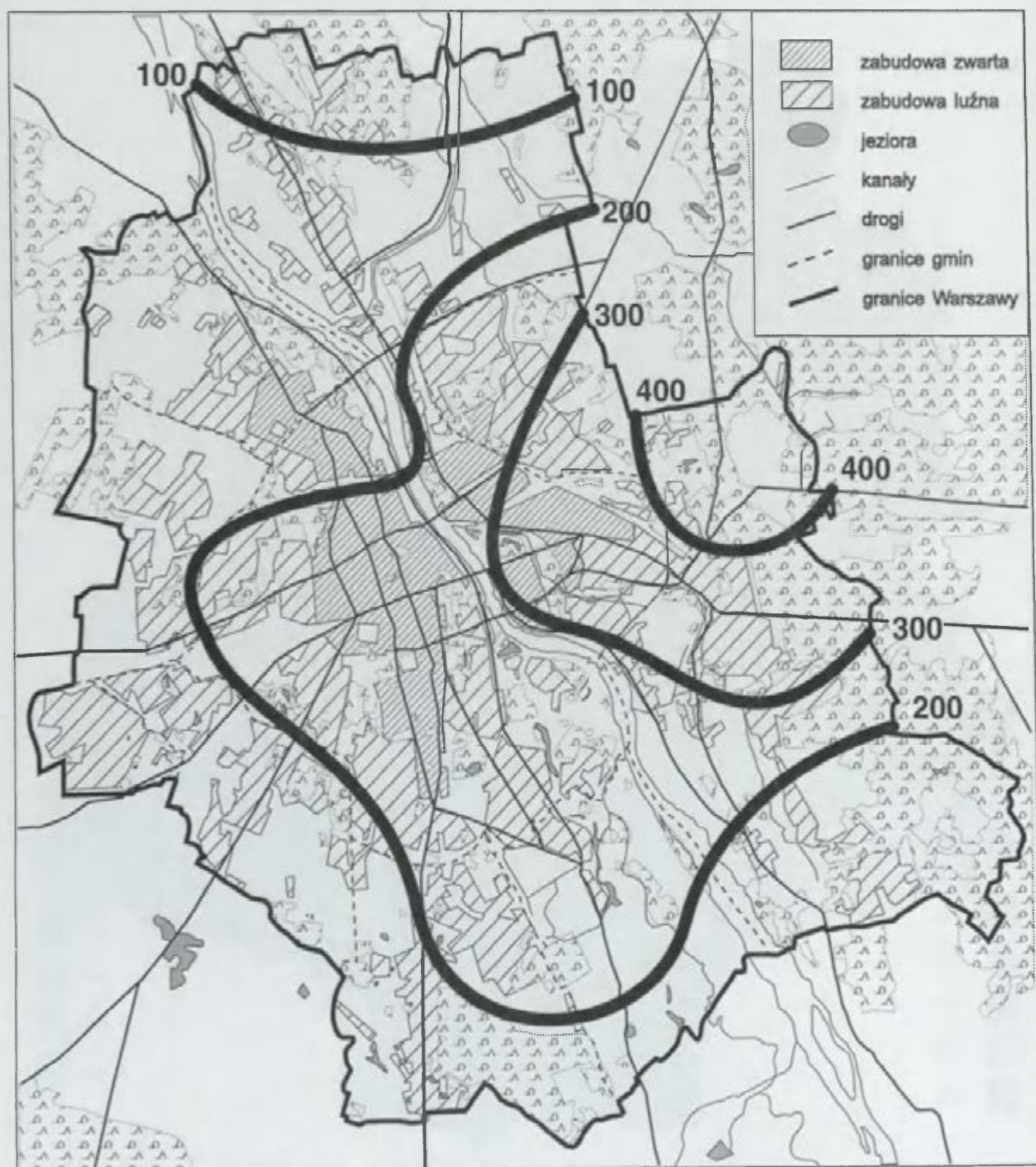


stres ciepły: +2 - mały, +3 - umiarkowany, +4 - znaczny, +5 - duży, +6 - bardzo duży

Autor: K. Błażejczyk

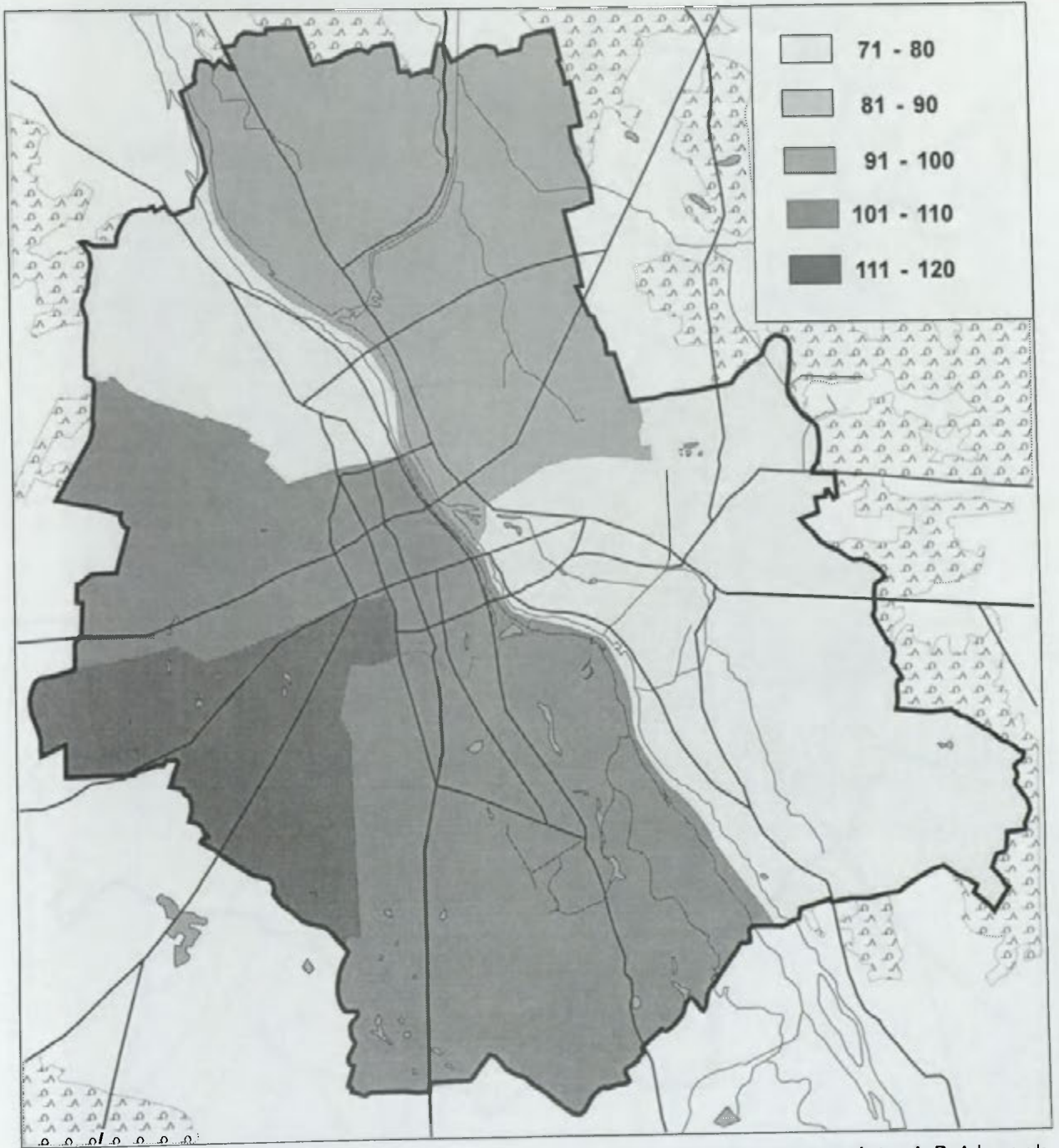
Sredni roczny opad pyłu ($t\ km^{-2}rok^{-1}$)

1966 - 1985



Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

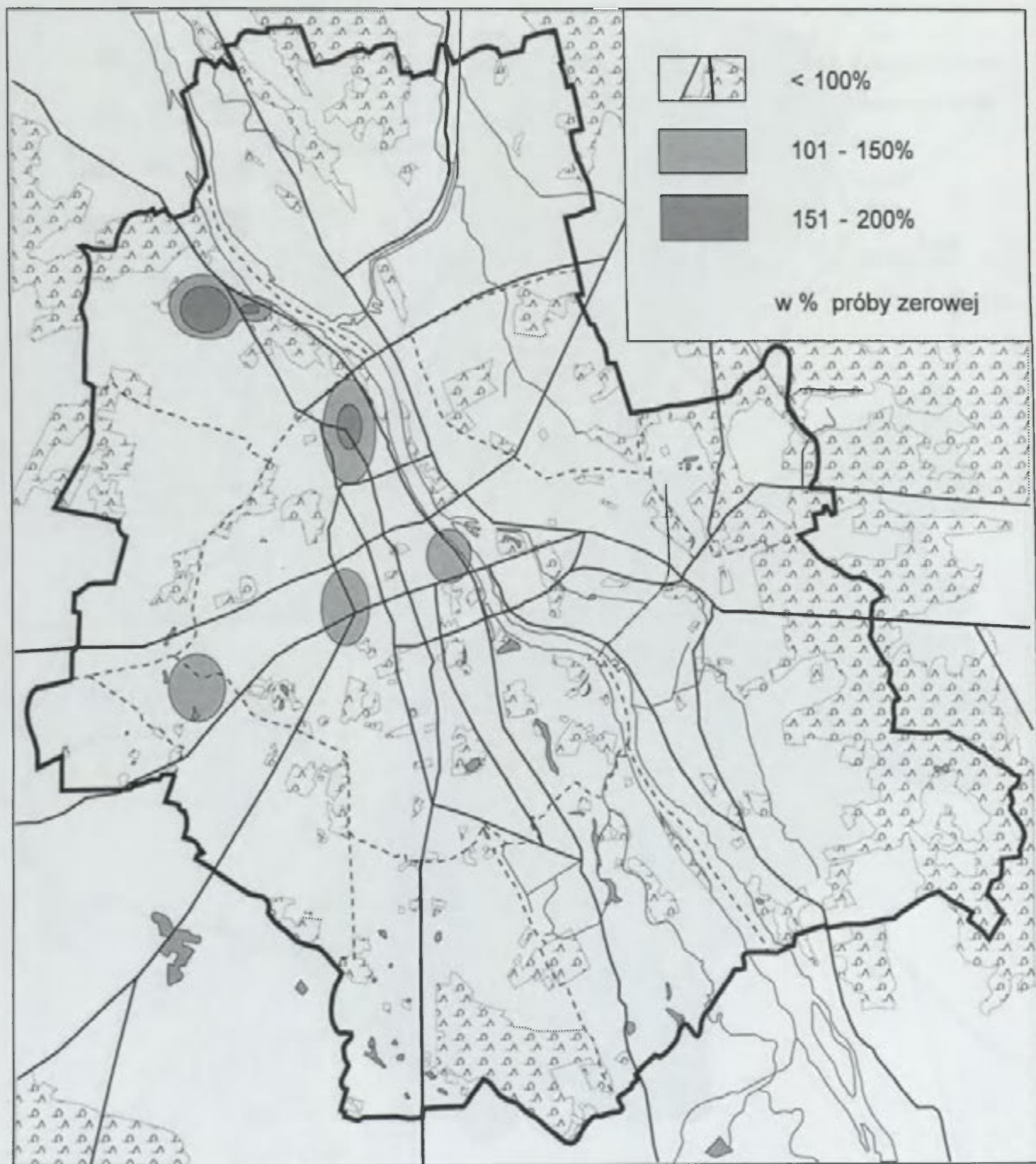
Autor: H. Lorenc

Opad pyłu ($\text{t km}^{-2}\text{rok}^{-1}$)**1 9 9 3**

Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

Autor: A. B. Adamczyk

**Zanieczyszczenie powietrza kadmem
1993
(okres wegetacyjny)**



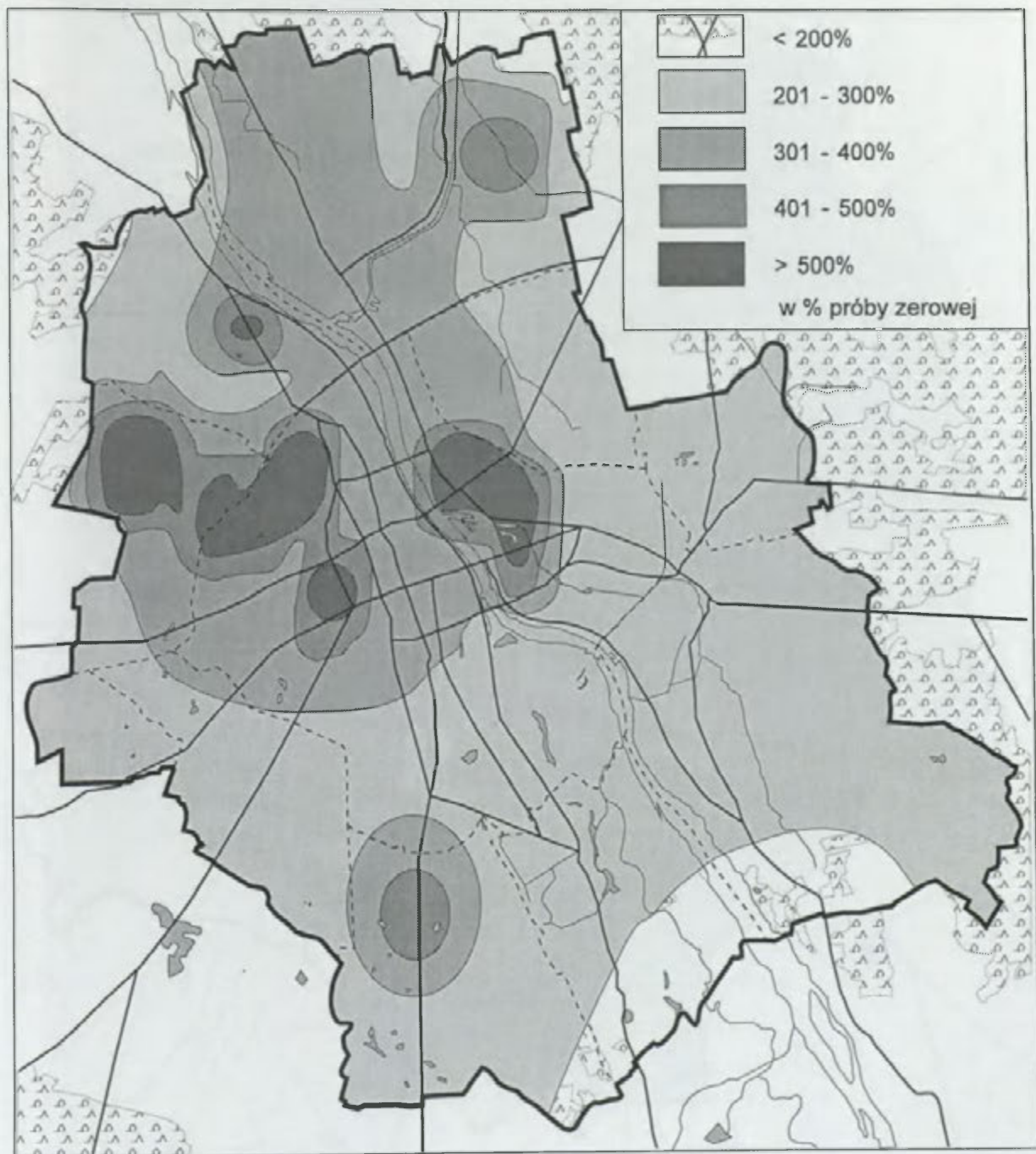
Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

Autorzy: W. Chmielewski, W. Dmuchański, S. Supłat

Zanieczyszczenie powietrza ołowiem

1 9 9 3

(okres wegetacyjny)



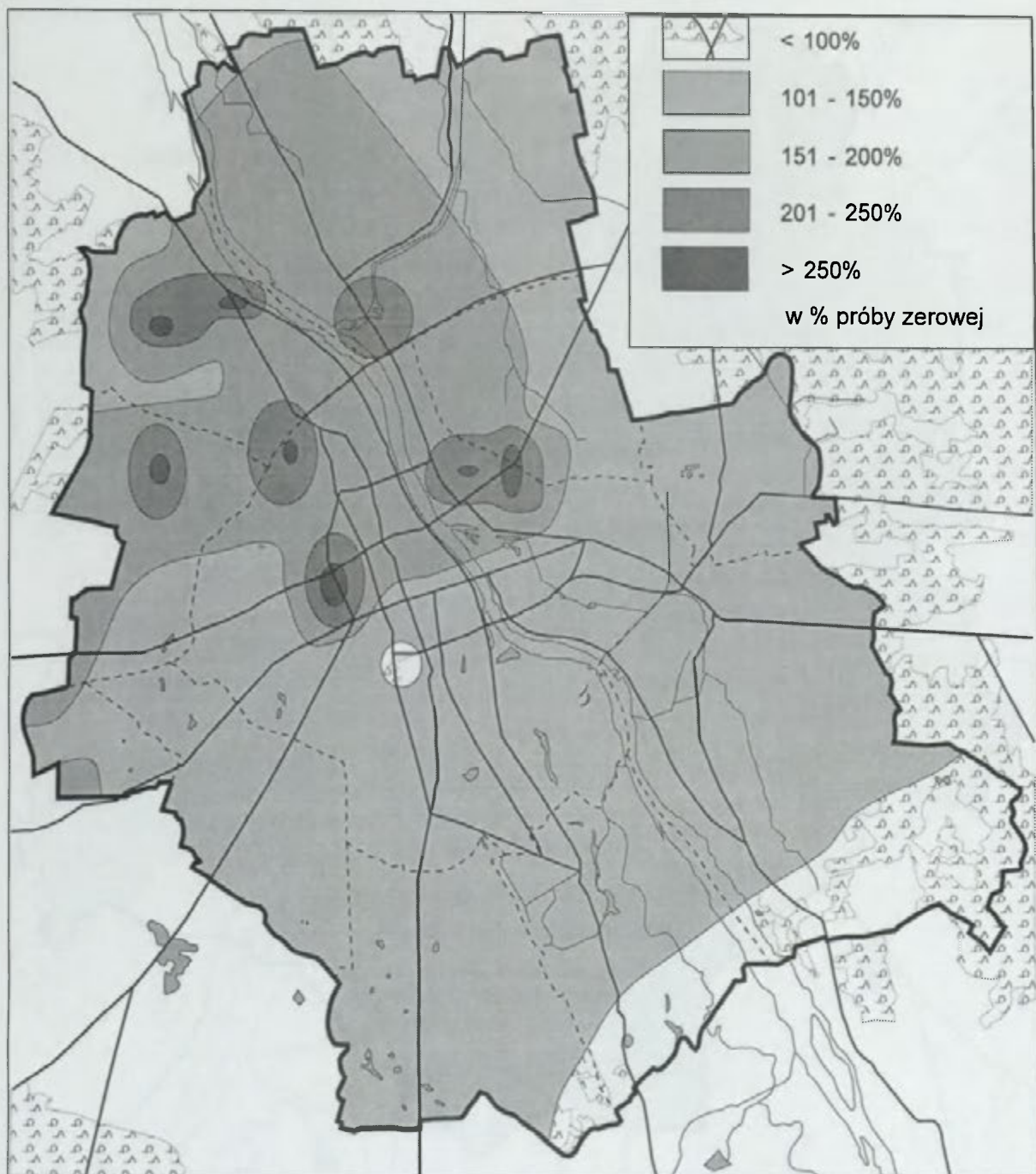
Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

Autorzy: W. Chmielewski, W. Dmuchowski, S. Supłat

Zanieczyszczenie powietrza cynkiem

1993

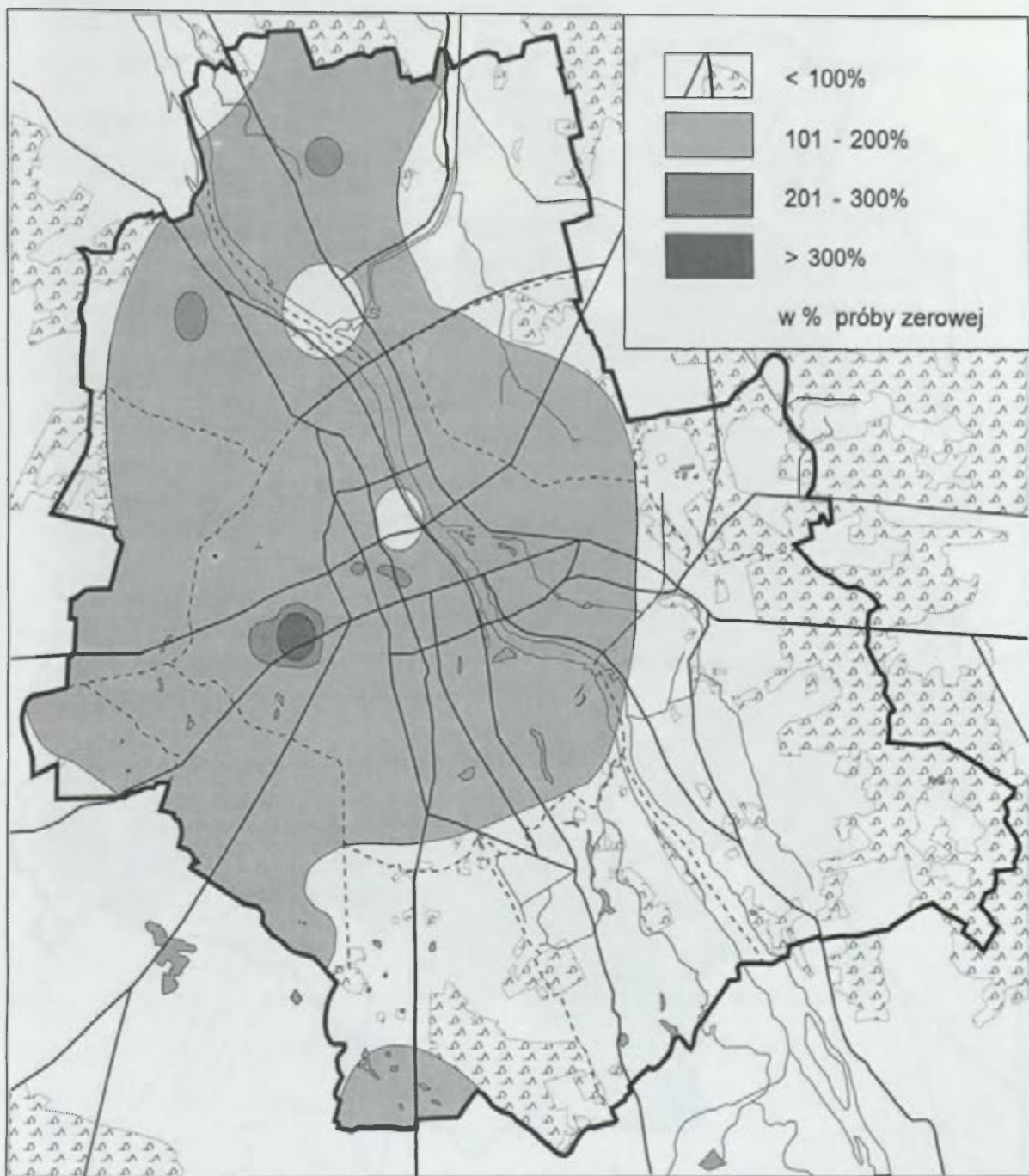
(okres wegetacyjny)



Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

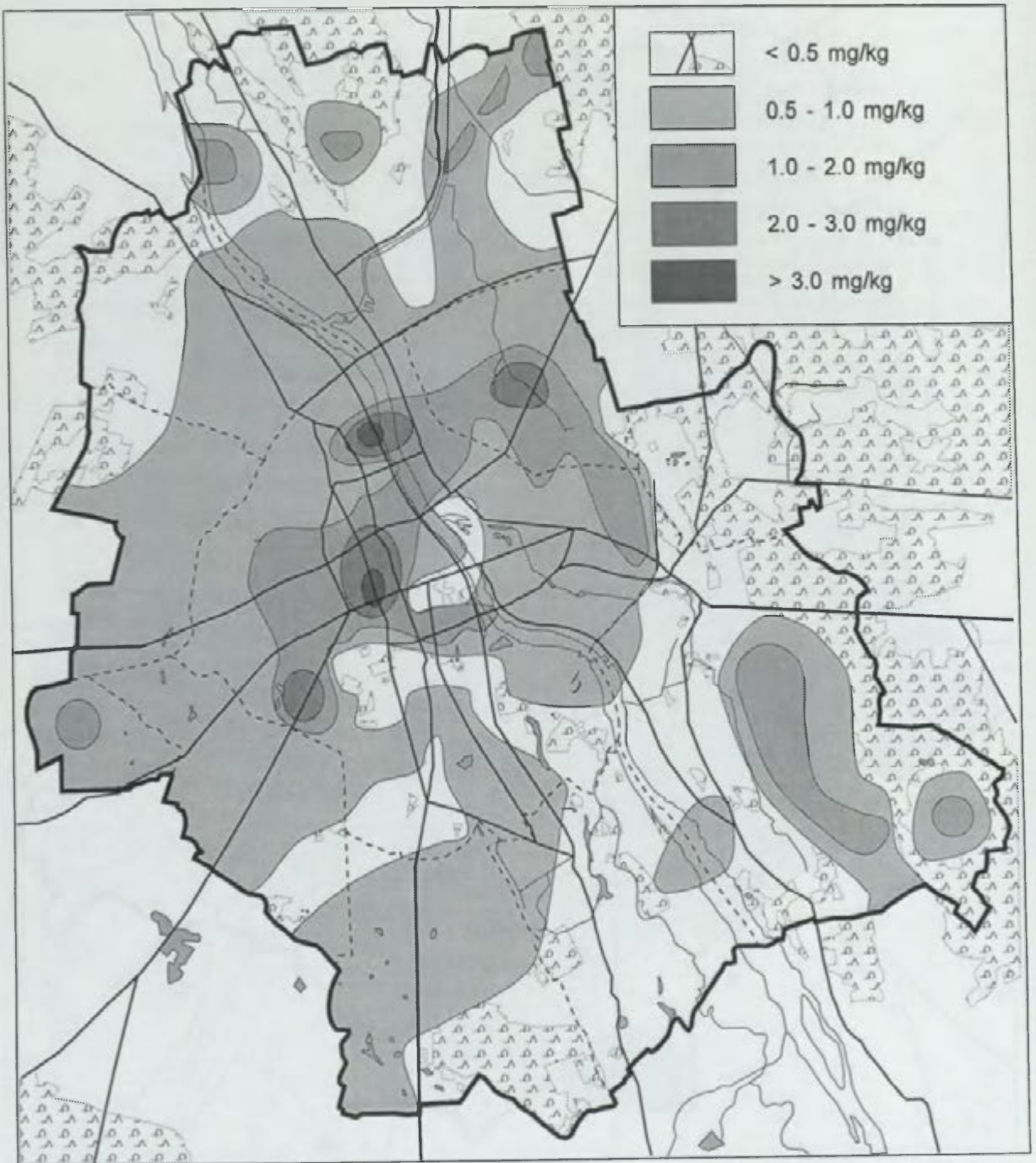
Autorzy: W. Chmielewski, W. Dmuchowski, S. Supłat

**Zanieczyszczenie powietrza miedzią
1993
(okres wegetacyjny)**



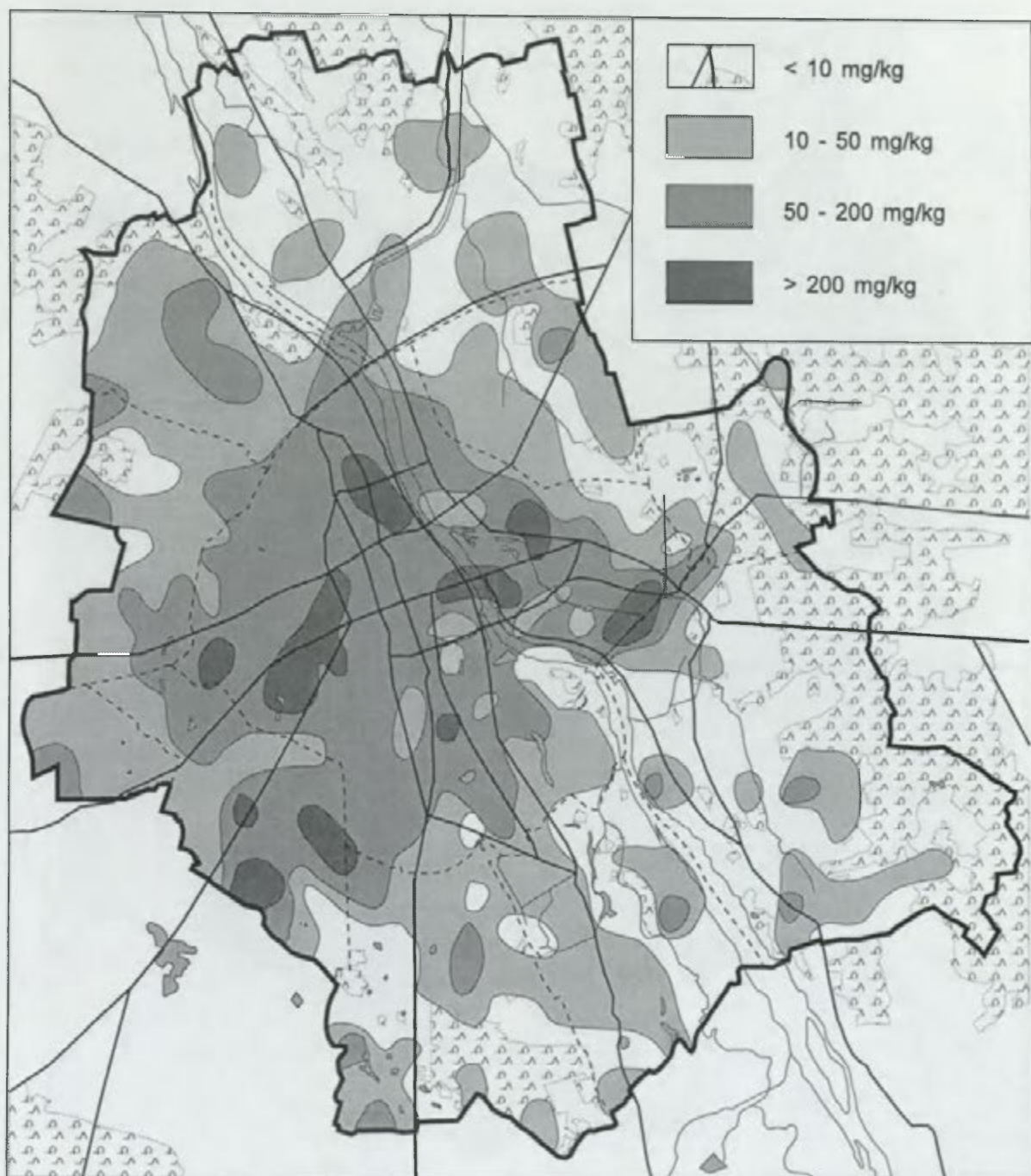
Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

Autorzy: W. Chmielewski, W. Dmuchowski, S. Supłat

Zawartość kadmu w glebie (w warstwie 0-10 cm)**1980**

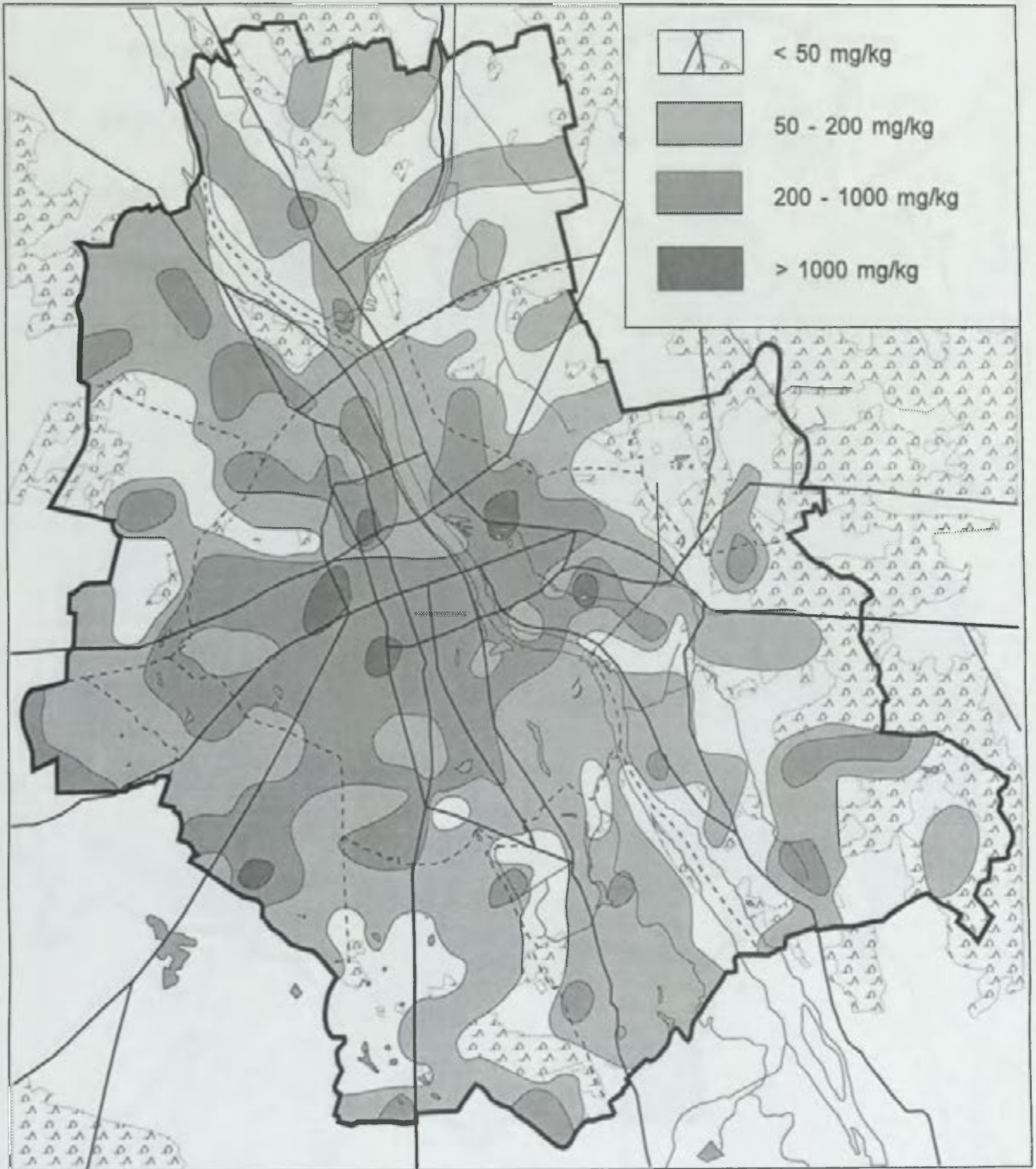
Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

Autorzy: K. Czarnowska, B. Gworek

Zawartość ołowiu w glebie (w warstwie 0-10 cm)**1980**

Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

Autorzy: K. Czarnowska, B. Gworek

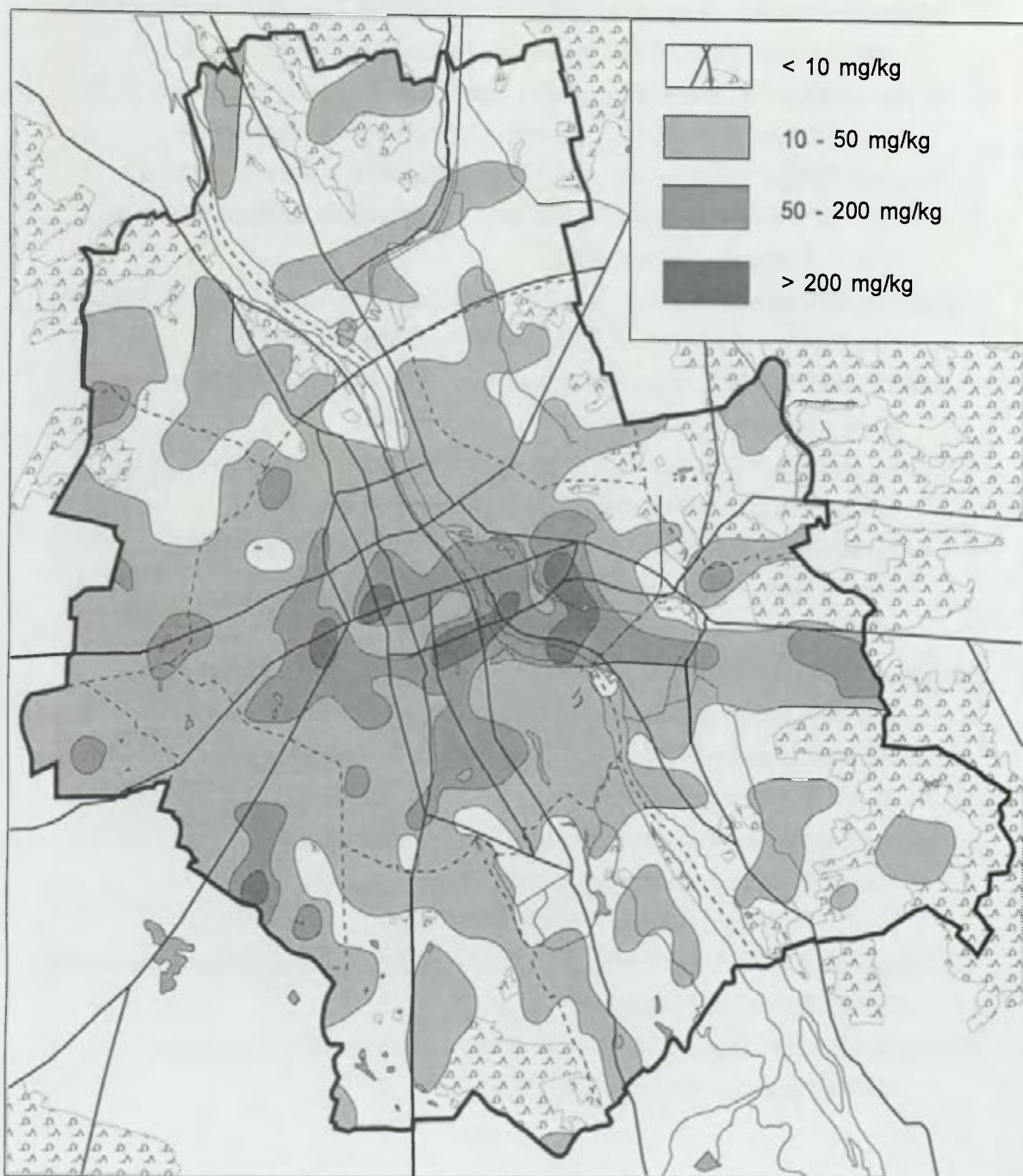
Zawartość cynku w glebie (w warstwie 0-10 cm)**1980**

Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

Autorzy: K. Czarnowska, B. Gworek

Zawartość miedzi w glebie (w warstwie 0-10 cm)

1980



Opracowanie komputerowe A.B. Adamczyk

Autorzy: K. Czarnowska, B. Gworek

Indeks autorów map:

1. Adameczyk Anna Beata, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Zakład Klimatologii, 00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30.
2. Baranowski Jarosław, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Zakład Klimatologii, 00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30.
3. Błażejczyk Krzysztof, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Zakład Klimatologii, 00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30.
4. Bochenek Zbigniew, Instytut Geodezji i Kartografii, 00-013 Warszawa, Jasna 2.
5. Chmielewski Waldemar, Ogród Botaniczny PAN, Pracownia Ekologii Stosowanej, 02-971 Warszawa, Prawdziwka 2.
6. Czarnowska Krystyna, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego Akademia Rolnicza, Katedra Gleboznawstwa, 02-517 Warszawa, Rakowiecka 26/30.
7. Dmuchowski Wojciech, Ogród Botaniczny PAN, Pracownia Ekologii Stosowanej, 02-971 Warszawa, Prawdziwka 2.
8. Gworek Barbara, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego Akademia Rolnicza, Katedra Gleboznawstwa, 02-517 Warszawa, Rakowiecka 26/30.
9. Kossowska-Cezak Urszula, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW, Instytut Nauk Fizycznogeograficznych, Zakład Klimatologii, 00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30.
10. Krawczyk Barbara, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Zakład Klimatologii, 00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30.
11. Lorenc Halina, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Ośrodek Meteorologii, 01-673 Warszawa, Podleśna 61.
12. Martyn Danuta, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW, Instytut Nauk Fizycznogeograficznych, Zakład Klimatologii, 00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30.
13. Podogrocki Janusz, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Ośrodek Meteorologii, 01-673 Warszawa, Podleśna 61.
14. Supłat Stanisław, Ogród Botaniczny PAN, Pracownia Ekologii Stosowanej, 02-971 Warszawa, Prawdziwka 2.

ISBN 83-901355-8-2

<http://rcin.org.pl>