

Katarzyna Osińska-Skotak

PRZYDATNOŚĆ ZDJĘĆ TERMALNYCH DLA PLANOWANIA PRZESTRZENNEGO W OBSZARACH MIEJSKICH

Streszczenie. Referat prezentuje problematykę planowania przestrzennego miast w aspekcie klimatologicznym. Zasadniczym celem referatu jest przede wszystkim podkreślenie wagi postrzegania roli warunków klimatycznych jako istotnej przesłanki dla planowania rozwoju i modernizacji miast tak, aby poprawić jakość życia mieszkańców miast.

1. Wstęp

Od dość dawna ludzie zdawali sobie sprawę z wpływu klimatu na zdrowie i życie człowieka, ale wiedza ta była w dużym stopniu intuicyjna. W starożytnych miastach np. w Babilonie i w Atenach można znaleźć dowody na zastosowanie wiedzy klimatologicznej przy planowaniu osad. Witruwiusz opisywał stan miast rzymskich i często poruszał kwestie klimatu w kontekście rozbudowy miast już istniejących lub budowy nowych miast. Mówił on, że „Należy dokonać wyboru jak najzdrowszego miejsca; znajdować się ono będzie na wzniesieniu, niedostępne dla mgły i szronu. W sztuce lekarskiej architekt musi orientować się na tyle, by znać nachylenie nieba, które Grecy nazywają klima, właściwości czystego i zakażonego powietrza oraz właściwości wód, albowiem bez znajomości tych zasad nie można założyć zdrowego osiedla”.

Obecna wiedza pozwala już udowodnić, że klimat - w szerszym rozumieniu tego słowa - ma wpływ na jakość życia i samopoczucie psychofizyczne człowieka. W sposób szczególnie jego działanie uwidacznia się w miastach, gdzie następuje duża kumulacja i synergizm czynników stresogennych, takich jak: gęste zaludnienie i duże zagęszczenie zabudowy, wzrost zanieczyszczenia i zapylenia powietrza oraz hałas, które tworzą specyficzne warunki mikroklimatyczne. Od jakiegoś czasu mówi się już nawet o klimacie miejskim jako odrębnym pojęciu. Istotę tego tematu podkreśla J. Lewińska [1991] stwierdzając, że obecnie w miastach lub bezpośrednio w ich sąsiedztwie żyje blisko 70% ludności globu ziemskiego, a dalszy wzrost urbanizacji jest nieunikniony, to zaś pociągnie za sobą również zmiany w środowisku i klimacie lokalnym.

2. Rozwój miasta a jego klimat

Prowadzone dotychczas badania nad klimatem miast wyjaśniły szereg zjawisk zachodzących w granicznej warstwie atmosfery nad miastem, ale pozostaje jeszcze wiele spraw niewyjaśnionych oraz często kontrowersyjnych hipotez nie popartych doświadczeniami empirycznymi. Metody badań mikroklimatycznych na ogół opierają

się na analizie ciągów danych pomiarowych ze stacji meteorologicznych i klimatycznych. Mają one jednak poważny mankament: dają punktowy obraz sytuacji. Do badań klimatycznych, w szczególności dużych miast, najbardziej odpowiednimi są przestrzenne rozkłady parametrów meteorologicznych oraz charakterystyk klimatologicznych, dają one bowiem kompleksowy, przestrzenny obraz badanego obszaru.

Z badań prowadzonych w Polsce i na całym świecie wiemy, że mikroklimat dużych miast charakteryzuje się sporą rozpiętością temperatur na stosunkowo niewielkim terenie, w wyniku czego powstają silne gradienty termiczne kształtujące warunki termiczne i dynamiczne w atmosferze nad miastem. Przestrzenny rozkład temperatury powietrza wynika przede wszystkim z nierównomiernego nagrzewania się podłoża oraz emisji ciepła antropogenicznego do atmosfery miejskiej.

Wpływ na specyficzny klimat miasta ma szereg czynników dwojakiego rodzaju. Wśród czynników geograficzno-przyrodniczych można wymienić [Lewińska i in., 1991; Fortini-Morawska, 1990]: krainę geograficzną, ukształtowanie terenu a w szczególności ekspozycję i nachylenie stoków, pokrycie terenu, właściwości gleb (głównie pod względem właściwości cieplnych). Czynniki antropogeniczne związane są zaś przekształcaniem typu pokrycia terenu, rodzajem zabudowy, jej intensywnością, wysokością, rozmiarami budynków i właściwościami cieplnymi powierzchni miejskich oraz z emisją zanieczyszczeń powietrza, ciepła antropogenicznego oraz pary wodnej.

Zmiana warunków pochłaniania i emisji ciepła wywołana zwiększonym pokryciem powierzchni naturalnych betonem, asfaltem, kostką brukową, itp. oddziałuje na bilans energetyczny oraz warunki wymiany powietrza. Jak wykazały prowadzone dotychczas badania, wpływ urbanizacji ujawnia się: podwyższeniem temperatury powietrza, zmniejszeniem jego wilgotności, zmianami warunków wiatrowych oraz tworzeniem się specyficznego aerozolu miejskiego i nierównomiernym dopływem promieniowania słonecznego. Nad miastami częściej tworzą się chmury na skutek większej koncentracji cząsteczek zawieszonych w atmosferze. Na ogół wzrasta również częstość występowania inwersji co przyczynia się do powstawania i zalegania smogu nad miastem.

Wiadomo, że w miastach niewielkich wpływ urbanizacji na lokalne warunki klimatyczne również jest niewielki. Najsilniej zmiany mikroklimatu lokalnego ujawniają się na dużych obszarach zurbanizowanych i w przypadku takich terenów można zauważyć zdecydowany rozwój miasta na warunki klimatyczne. Najłatwiej dostrzeganymi i odczuwalnymi cechami klimatu miasta są większe zanieczyszczenie powietrza i podwyższona temperatura powietrza. Temperatura powietrza pomierzona w punktach znajdujących się w bardzo małej odległości może się różnić nawet o kilka stopni (w pobliżu ściany budynku znajdującej się w cieniu i obok ściany tego samego budynku ale nasłonecznionej). Ogólnie rzecz ujmując, najwyższe wartości temperatury występują nad centrum miasta, gdzie gęstość zabudowy osiąga najwyższy wskaźnik a terenów zielonych jest na ogół najmniej. Poza tym, centrum miasta jest zdecydowanie słabiej przewietrzane, gdyż napływ świeżego powietrza z obszarów pozamiejskich jest ograniczony przez zabudowę. Dlatego tak ważnym zagadnieniem w przypadku dużych aglomeracji miejskich jest budowa i zachowanie systemu korytarzy i klinów przewietrzających.

W latach 60-tych w Zespole Środowiska Przyrodniczego Pracowni Urbanistycznej Warszawy opracowana została koncepcja układu terenów otwartych Warszawy, która miała ułatwić wymianę powietrza nad miastem oraz umożliwić napływ świeżego powietrza z peryferii miasta do obszarów śródmiejskich [Mączak, 1990]. Niestety z biegiem lat tereny otwarte stanowiące kliny przewietrzające traktowano jako rezerwę terenów budowlanych i obecnie układ ten został poważnie zaburzony (rozbudowa osiedli Bemowa, Goławia i Ursynowa). Również lokalizacja elektrociepłowni i innych zakładów przemysłowych – głównych emiterów zanieczyszczeń powietrza (EC Siekierki, EC Wola, EC Żerań, EC Kawęczyn, Huta Lucchini) stworzyła niekorzystną sytuację. Znajdują się one w obrębie głównych kierunków napływu świeżego powietrza [mapa: *Założenia systemu regeneracji i wymiany powietrza*, Atlas Województwa Warszawskiego, 1993]. Ciągła rozbudowa osiedli w obrębie korytarzy przewietrzających powoduje pogarszanie się stanu sanitarnego powietrza w mieście a w szczególności w obszarach śródmiejskich.

Istotną rolę w kształtowaniu się klimatu lokalnego w miastach odgrywa charakter zabudowy. Inaczej bowiem kształtują się warunki termiczne i wiatrowe w osiedlach o zabudowie luźnej i wysokiej a inaczej na terenach zabudowy zwartej, zamkniętej. W mieście, wiatr ulega dużym deformacjom (prędkości i kierunku), wynikającym z usytuowania budynków i różnorodnej szorstkości podłoża. W niektórych fragmentach osiedla można zaobserwować stagnację powietrza a w innych nagły wzrost prędkości wiatru. Z badań w osiedlu Sady Żoliborskie wynika, że w tym samym momencie prędkości wiatru mogą się wahać od 1 do 10 m/s [Fortini-Morawska, 1990].

Teren z zabudową luźną i wysoką charakteryzuje się na ogół warunkami klimatycznymi zbliżonymi do tych, jakie panują na terenie nie zabudowanym [Fortini-Morawska, 1990]. Na skutek swobodnego przepływu powietrza w porze chłodnej może być obserwowany wzrost częstości odczuwania stanu chłodu. Większe zagęszczenie budynków może powodować silne wzrosty prędkości wiatru, w szczególności w kanionach ulicznych. Także w prześwitach pomiędzy długimi budynkami obserwowane są silne dwu-trzykrotne wzrosty prędkości wiatrów. W lecie obszary zabudowy luźnej, wysokiej charakteryzują się warunkami komfortu klimatycznego, właśnie w wyniku swobodnego ruchu mas powietrza, który zapobiega nadmiernemu nagrzewaniu się powietrza od podłoża.

Zabudowa o układzie zamkniętym cechuje się szczególnie częstym występowaniem warunków przegrzania w porze letniej ale komfortem klimatycznym zimą. Stany odczuwania gorąca w lecie występują o 20-30 % częściej niż na terenach nie zabudowanych. Ponieważ swobodny ruch powietrza jest w tego rodzaju strukturze utrudniony, układy tego rodzaju zabudowy charakteryzują się gorszymi warunkami aerosanitarnymi, na skutek stagnacji powietrza i koncentracji zanieczyszczeń.

W przypadku obu typów zabudowy możliwe jest ograniczanie niekorzystnych wpływów poprzez odpowiednie wprowadzenie i ukształtowanie zieleni osiedlowej. Udokumentowano pozytywny wpływ terenów zielonych o różnorodnej roślinności na warunki klimatyczne miast [Olszewski, 1978; Kossowska-Cezak, 1978; Kopacz-Lembowicz i in., 1984; Bednarek, 1984]. Charakter stagnacyjny mikroklimatu zabudowy zwartej można ograniczyć poprzez dążenie do ożywienia pionowej wymiany powietrza, czemu sprzyja urozmaiczone zagospodarowanie terenów zieleni

osiedlowej (tworzenie wielowarstwowej struktury roślinności). Należy jednak uważać, aby nadmiar zieleni (głównie zwartej, wysokiej) nie doprowadził do powstawania stanów parności w okresie letnim. W przypadku zabudowy luźnej, wysokiej wprowadzając wysoką roślinność drzewiastą można ograniczać uciążliwe warunki wiatrowe. Klimatotwórcza rola zieleni (jak również zbiorników wodnych) jest bardzo duża i objawia się wpływem na temperaturę i wilgotność powietrza, oddziaływaniem na pole wiatru i warunki wymiany powietrza. Zieleń miejska pełni również istotną rolę w ograniczaniu hałasu i filtracji zanieczyszczeń. Jak pokazują badania, wielkość obszarów zielonych również jest bardzo istotnym elementem w kształtowaniu korzystnych warunków klimatycznych w osiedlach miejskich [Fortini-Morawska, 1990; Fukuoka, 1997]. Rolę zieleni podkreślono również w opracowaniu *Ocena klimatu lokalnego do projektu zespołu osiedli mieszkaniowych w Białoleśce Dworskiej w Warszawie* [Stopa-Boryczka M. i in., 1982], gdzie specyficzne położenie projektowanego osiedla sprzyjało stagnacji powietrza.

Najkorzystniejsze dla człowieka warunki klimatyczne panują na terenach, gdzie zabudowa jest urozmaicona (różnorodność rozmiarów i wysokości budynków) a zieleń osiedlowa w odpowiedni sposób oddziałuje na klimat osiedla [Fortini-Morawska, 1990]. Oznacza to, że koncepcja np. osiedli mieszkaniowych na Ursynowie (Jary, Koński Jar, Stokłosa) była jedną z ciekawszych i lepszych koncepcji urbanistycznych w Warszawie.

Inną możliwością oddziaływania na klimat miast jest zazielenianie dachów i ścian. Latem, dachy nagrzewają się nawet do 50-80°C zaś zimą może spadać do – 30°C. Ich zazielenianie, z jednej strony stanowi swoistą izolację cieplną budynku a z drugiej strony polepsza bilans wilgotności i korzystnie oddziałuje na temperaturę. Poza tym tam gdzie brak jest wolnego miejsca na inne tereny zielone jest to jedyna możliwość poprawienia warunków klimatycznych miasta. Doświadczenia w innych krajach dowiodły, że prawidłowo wykonane zazielenianie dachów i ścian budynków nie powoduje ich niszczenia i nie narusza konstrukcji.

3. Klimat miasta a planowanie przestrzenne w Niemczech

Sprawy klimatu na całym świecie postrzegane są od kilkunastu lat przede wszystkim w kontekście zmian globalnych, wywołanych – jak się przypuszcza – głównie zanieczyszczeniami atmosfery. Prowadzone badania pozwoliły na lepsze zrozumienie procesów i zmian zachodzących w atmosferze, co w konsekwencji doprowadziło do wskazania kierunków powstrzymania i zapobiegania negatywnym zmianom w środowisku. Efektem tych działań są konwencje międzynarodowe i umowy międzypaństwowe, określające w sposób ramowy politykę ochrony m.in. klimatu. Większość krajów realizuje politykę ochrony klimatu i działania, które są podejmowane schodzą do poziomów regionalnego i lokalnego.

W Niemczech polityka ochrony klimatu wspierana jest przez rząd federalny a liczne działania podejmowane przez miasta niemieckie realizowane są w ramach „komunalnej ochrony klimatu” [Jędraszko, 1999]. Zagadnienia te podejmowane są jako część tzw. Lokalnej Agendy 21.

Globalny program działań Agenda 21 to obszerny dokument precyzujący zakres przedsięwzięć, które każde państwo powinno wprowadzać na poziomie krajowym i lokalnym. Agenda 21 poświęca wiele miejsca roli władz lokalnych, gdyż to właśnie one tworzą, prowadzą i utrzymują infrastrukturę techniczną i społeczną, realizują zadania w zakresie zagospodarowania przestrzennego, utrzymania czystości i porządku, tworzą własną i realizują krajową i regionalną politykę ekologiczną. To władze lokalne mają za zadanie podjęcie i prowadzenie dialogu ze społeczeństwem oraz propagowanie zasad zrównoważonego rozwoju wśród społeczności lokalnych.

Władze Niemiec w sposób szczególnie stymulują i zachęcają do tworzenia Lokalnej Agendy 21, czego efektem jest szereg inicjatyw prośrodowiskowych podjętych przez ponad 200 miast [Jędraszko, 1999]. Działania niemieckie dotyczące klimatu miasta mają na celu przede wszystkim badania mikroklimatu miasta oraz jego uwarunkowań w nawiązaniu do zmian użytkowania terenu i form jego zagospodarowania oraz emisji różnego typu zanieczyszczeń powietrza oddziałujących na klimat i samopoczucie mieszkańców [Jędraszko, 1999]. Przede wszystkim chodzi o wskazanie odpowiednich rozwiązań planistycznych i budowlanych, które nie spowodują negatywnych zmian klimatu lokalnego i nie pogorszą jakości życia mieszkańców. Szczególnie istotne jest to w dużych miastach lub aglomeracjach miejskich. A. Jędraszko [1999] w publikacji „Polityka środowiska w Niemczech” opisuje na przykładzie Stuttgartu inicjatywy podejmowane przez władze lokalne realizujące zasady zrównoważonego rozwoju, w tym również działania związane z ochroną klimatu miasta w aspekcie planowania przestrzennego.

Stuttgart należy do miast, w których zagadnienia lokalnego klimatu są przedmiotem zainteresowania od ponad 25 lat. W połowie lat 60-tych Zarząd Miasta zatrudnił specjalistę klimatologa, którego zadaniem była ocena warunków klimatycznych oraz wprowadzanie przesłanek klimatologicznych przy opracowywaniu planów zagospodarowania przestrzennego. Później utworzono Wydział Klimatologiczny, który początkowo działał w strukturze miejskiego Urzędu Badań Chemicznych a obecnie działa jako część oddzielnego pionu Zarządu Miasta do spraw środowiska i bezpieczeństwa publicznego a do jego zadań należą zagadnienia klimatu i czystości powietrza oraz zwalczanie hałasu. W ramach tych prac prowadzone są również stałe obserwacje i pomiary w terenie. Współpracuje on ściśle z innymi instytucjami państwowymi takimi jak: Niemiecka Służba Meteorologiczna i Zakład Ochrony Środowiska Badenii-Wirtembergii. Prace tego Wydziału nie ograniczają się jedynie do rozpoznania i zbadania istniejącego klimatu bądź jego zmian. Przede wszystkim chodzi w nich o wyprzedzenie i niedopuszczenie do powstania niekorzystnych zmian w klimacie lokalnym. Formułowane przez Wydział oceny i wnioski zgłaszane są do Urzędu Planowania Miasta, który sporządza plany zagospodarowania przestrzennego. Dopiero po wprowadzeniu tych wniosków do planów zagospodarowania przestrzennego, plany te stają się obowiązujące.

W badaniach klimatu miasta dla planowania przestrzennego miasta Stuttgartu rozważane są: 1) charakterystyka wiatrów jako element o zasadniczym znaczeniu w procesie wymiany powietrza i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń; 2) warunki termiczne determinujące kształtowanie się m.in. wysp ciepła oraz 3) zanieczyszczenie powietrza wynikające z komunikacji, emisji ze źródeł przemysłowych oraz systemów ogrzewania. Punktem wyjścia do rozpoznania i monitorowania wymienionych

zagadnień są informacje pochodzące z sieci stałych stacji pomiarowych. Dane te powinny być w miarę potrzeb uzupełniane o badania specjalne. W Stuttgarcie wykonywane są lotnicze zdjęcia termalne, które umożliwiają lepszy opis zróżnicowania przestrzennego warunków termicznych powierzchni miejskich. Dodatkowo prowadzone są okresowo badania wiatru, imisji zanieczyszczeń oraz badanie częstości i miejsc występowania mgieł. Dzięki ciągłości zbierania informacji możliwe jest określenie zmian klimatycznych i trendów zachodzącym na terenie miasta.

Ponieważ jednak większość pomiarów ma charakter punktowy i nie daje rozkładu przestrzennego, w Niemczech stosowane są również modele obliczeniowe, które służą m.in. do określania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza, modelowania pola wiatru w mieście (model REWIMET). Zrzeszenie Inżynierów Niemieckich w roku 1993 opracowało również wytyczne w sprawie biometeorologicznej oceny klimatu i higieny powietrza w miastach. W tych wytycznych modele obliczeniowe zostały wprowadzone jako oficjalne zalecenia dla metod i technik planowania.

Główne cele działań związanych z ochroną klimatu miasta związane są po pierwsze z ograniczeniem niekorzystnego oddziaływania klimatu na zdrowie i samopoczucie mieszkańców (zapewnienie komfortu klimatycznego) a po drugie usuwaniem lub zapobieganiem powstawaniu utrudnień w funkcjonowaniu miasta. Ten drugi cel związany jest przede wszystkim z transportem i zjawiskami mu towarzyszącymi, takimi jak m.in. powstawanie smogu i mgieł. W wielu miastach na świecie w celu zapobiegania powstawaniu smogu, w sytuacjach meteorologicznych sprzyjających jego powstawaniu i zaleganiu nad miastem, praktycznie w sposób automatyczny następuje reorganizacja komunikacji miejskiej. Przykładowo, w czasie stanu smogu alarmowego w Strasburgu środki zbiorowego transportu miejskiego są bezpłatne, co ma zachęcać do korzystania z transportu masowego. Podobne działania mają miejsce również w innych miastach na świecie.

4. Klimat miasta a planowanie przestrzenne w Polsce

Podstawowym aktem prawnym, według którego przeprowadza się prace związane z planowaniem przestrzennym w Polsce jest „Ustawa o zagospodarowaniu przestrzennym” z dnia 7 lipca 1994 r. z dalszymi poprawkami, której jednolity tekst ogłoszono w Obwieszczeniu Prezesa Rady Ministrów z dnia 22 stycznia 1999 r. (Dz. U. Nr 15, poz. 139 z 25 lutego 1999 r.).

Ustawa ta już w art. 1. ust. 1 podkreśla, że *„przy przeznaczaniu terenów na określone cele i ustalaniu zasad ich zagospodarowania, przyjmuje się rozwój zrównoważony jako podstawę tych działań”*. Nigdzie w ustawie nie mówi się wprost o tym, iż lokalne uwarunkowania klimatyczne powinny być brane pod uwagę przy planowaniu przestrzennym, co jest istotne w szczególności w przypadku obszarów miejskich. W art. 1 ust. 2 mówi się jedynie, że: *„W zagospodarowaniu przestrzennym uwzględnia się zwłaszcza:*

- 1) wymagania ład przestrzennego, urbanistyki i architektury,
- 2) walory architektoniczne i krajobrazowe,

- 3) *wymagania ochrony środowiska przyrodniczego, zdrowia oraz bezpieczeństwa ludzi i mienia, a także wymagania osób niepełnosprawnych,*
- 4) *wymagania ochrony dziedzictwa kulturowego i dóbr kultury,*
- 5) *walory ekonomiczne przestrzeni i prawo własności,*
- 6) *potrzeby obronności i bezpieczeństwa państwa”.*

Jedynie punkt 3 – podkreślając znaczenie uwzględniania wymagań ochrony środowiska przyrodniczego, zdrowia oraz bezpieczeństwa ludzi – jest tym elementem, który zawiera przesłanki wymuszające niejako branie pod uwagę lokalnego mikroklimatu przy wykonywaniu studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz sporządzaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, a co już w postaci jawnej znajduje się w najnowszej ustawie „Prawo ochrony środowiska” z 27 kwietnia 2001 r. (Dz.U. nr 62 poz. 627 z 20 czerwca 2001 r.). Ustawa ta zawiera nawet specjalny dział VII pt. „Ochrona środowiska w zagospodarowaniu przestrzennym i przy realizacji inwestycji”.

Art. 72. ust.1. zawiera wskazania do planowania przestrzennego w aspekcie ochrony środowiska. Zapis, że *„W studium i miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego zapewnia się warunki utrzymania równowagi przyrodniczej, racjonalną gospodarkę zasobami przyrodniczymi środowiska i ochronę walorów krajobrazowych oraz warunków klimatycznych. Przeznaczenie i sposoby zagospodarowania terenów powinny w największym stopniu zapewniać zachowanie ich walorów naturalnych”* - obowiązuje od roku 1997, kiedy to wprowadzono w życie „Ustawę o zmianie ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska oraz o zmianie niektórych ustaw” z dnia 29 sierpnia 1997 r. (Dz. U. Nr 133, poz. 885 z 29 października 1997 r.). We wcześniej obowiązującej „Ustawie o ochronie i kształtowaniu środowiska” (Dz. U. Nr 49, poz. 169 z 15 kwietnia 1994 r.) nie wspomniano o warunkach klimatycznych jako elemencie istotnym w planowaniu przestrzennym. Podkreślano w niej jedynie ważną rolę zieleni miejskiej: *„Art. 43 ust. 1. Układ terenów zieleni miejskiej powinien zapewniać właściwe warunki zdrowotne, klimatyczne i wypoczynkowe, niezbędne do zaspokojenia potrzeb mieszkańców miast, związanych z zamieszkaniem, pracą i wypoczynkiem.”*

Art. 10 ust. 1 pkt. 6 „Ustawy o zagospodarowaniu przestrzennym” mówi, że: *„W miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego ustala się, w zależności od potrzeb lokalne warunki, zasady i standardy kształtowania zabudowy oraz zagospodarowania terenu, w tym również linie zabudowy i gabaryty obiektów, a także maksymalne lub minimalne wskaźniki intensywności zabudowy”*. Z wieloletnich badań klimatologicznych wiadomo, że takie elementy jak: gęstość zabudowy, rozmiary i wysokość budynków oraz ekspozycja mają duże znaczenie przy kształtowaniu się przyszłych lokalnych warunków klimatycznych i wpływają na warunki przewietrzania w miastach.

Jak na razie, trudno zauważyć skutki wprowadzonych ustaw. Nadal niewidoczne są aspekty klimatu i jego roli w życiu mieszkańców miast w opracowaniach takich, jak: studium czy miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego. Najbardziej brak postrzegania wagi tego problemu uwidacznia się w dużych miastach. Trudno bowiem mówić o planowym i rozsądnym zagospodarowaniu

i rozbudowie np. Ursynowa wzdłuż Al. Komisji Edukacji Narodowej a w szczególności wzdłuż linii metra pomiędzy stacjami Natolin i Kabaty. Gęsta zabudowa oraz niewielka ilość terenów zielonych nie sprzyja poprawie warunków życia obecnych, jak również przyszłych mieszkańców. Poza tym, zabudowa wzdłuż Al. KEN ogranicza napływ świeżego powietrza z nad Lasu Kabackiego [mapa: *Założenia systemu regeneracji i wymiany powietrza*, Atlas Województwa Warszawskiego, 1993], który traktowany jest jako obszar zasilania i regeneracji powietrza. Podobna sytuacja ma miejsce również w innych rejonach Warszawy a nie jest to jedyne miasto w Polsce gdzie występują podobne problemy.

Podstawą dla działalności w aspekcie planowania rozwoju miast, gmin i regionów w Polsce jest II Polityka Ekologiczna Państwa. Dokument ten przyjęty został przez Rząd w czerwcu 2000 r. a jego głównym celem jest określenie podstaw dla wdrożenia strategii zrównoważonego rozwoju kraju. Zakłada on stworzenie takich struktur zarządzania na szczeblu samorządowym oraz taki podział kompetencji, zadań i procedur, aby cele polityki były wyznaczane w oparciu o rozpoznanie potrzeb lokalnych, regionalnych i krajowych, a środki do ich osiągnięcia były dobierane w oparciu o kryteria efektywności ekologicznej i ekonomicznej. Podkreśla się tu wiodącą rolę samorządów lokalnych przy wprowadzaniu zasad zrównoważonego rozwoju. Również Rada Warszawy postawiła sobie za cel stworzenie strategii i mechanizmów, które pozwolą na lepsze zagospodarowanie i rozwój miasta.

„Założenia do polityki ekorozwoju Warszawy” to załącznik do uchwały Rady m.st. Warszawy nr XXIX/301/96 przyjętej 26 lutego 1996 r. Jak można przeczytać we wstępie*, dokument ten „*wyraża intencje władz Warszawy, określa główne kierunki działań związanych z przygotowaniem tej polityki oraz zasady ich rozwiązywania – w ujęciu ramowym*”. Za naczelny cel polityki rozwoju Warszawy uznano: „*Ukształtowanie Warszawy jako metropolii europejskiej, zintegrowanej z regionem, zapewniającej dobrą jakość życia i współtworzącej wartości kultury i nauki*”. Podkreśla się również istotną rolę planowania przestrzennego oraz ekorozwoju jako głównych celów zagospodarowania i użytkowania przestrzeni. Dalej wymienione zostały priorytety i cele polityki rozwoju miasta. Z punktu widzenia zagospodarowania przestrzennego miasta istotnymi są tutaj trzy elementy:

- *tworzenie i rozwijanie programów budownictwa bezpiecznego z punktu widzenia zdrowia ludzi i ochrony środowiska oraz realizowania idei „Zdrowego Miasta”;*
- *ochrona przestrzeni miejskiej przed ekstensywnym użytkowaniem między innymi poprzez lepsze wykorzystanie terenów zabudowanych i infrastruktury transportowej oraz zachowanie wartości przyrodniczych;*
- *odpowiednie gospodarowanie gruntami dla lepszego, zgodnego z wymaganiami ochrony środowiska wykorzystania ograniczonych zasobów gruntowych, zapewniając jednocześnie właściwe ukształtowanie w mieście terenów otwartych.*”

Ten ostatni priorytet jest bardzo istotny ze względu na zachowanie i właściwe kształtowanie obszarów regenerujących powietrze miejskie oraz umożliwiających poprawę warunków wymiany powietrza w Warszawie. W 1998 r. Rada m.st.

* [Biuletyn Warszawskiej Lokalnej Agendy 21 „Razem w XXI wiek”, zeszyt 1/ 1997]

Warszawy uchwaliła program ochrony i rozwoju terenów zielonych. Przeprowadzono inwentaryzację i waloryzację terenów zielonych, która wg autorów odzwierciedla potencjał i stan terenów zielonych w Warszawie i stanowi punkt wyjścia dla potrzeb prawidłowego gospodarowania terenami zielonymi oraz planowania przestrzennego. Do terenów najbardziej cennych zaliczono: Łazienki Królewskie i Północne, Park w Wilanowie, Park Skaryszewski i Rezerwat Natoliński, natomiast za tereny najmniej cenne uznano zespoły ogródków działkowych oraz niewielkie obszary zieleni przyulicznej. Należy mieć nadzieję, że te najmniej cenne tereny zielone nie zostaną w pierwszej kolejności przeznaczone pod zabudowę, gdyż skutki takich zmian byłyby z pewnością dotkliwe dla mieszkańców Warszawy nie tylko z przyczyn rekreacyjnych.

Do chwili obecnej uchwalone zostały „Zasady polityki zrównoważonego rozwoju miasta” (uchwała Rady m.st. Warszawy LXX/594/98). Podobnie jak „Założenia do polityki ekorozwoju Warszawy”, również i tu podkreśla się, iż zasady zrównoważonego rozwoju obowiązują przy wszelkich działaniach dotyczących planowania zagospodarowania przestrzennego. A jedną z tych zasad jest *zasada przezorności ekologicznej w planowaniu*, która zakazuje podejmowania działań mogących znacząco oddziaływać na środowisko bez wystarczającego rozeznania ich potencjalnych skutków dla środowiska oraz bez podjęcia kroków służących zminimalizowaniu takich szkodliwych wpływów. Nie ulega chyba wątpliwości, że zabudowywanie każdej wolnej powierzchni w mieście nie należy do działań o skutkach pozytywnych dla środowiska, w którym żyje mieszkaniec miasta.

Mimo uchwalenia szeregu ustaw i uchwał, z pewnością przyjdzie jeszcze długo czekać na realizację zasad i mechanizmów oddziaływania służących ochronie środowiska. Póki co aspekty ekonomiczne biorą górę nad aspektami ekologicznymi i poprawą jakości życia ludzi.

5. Przydatność zdjęć termalnych w planowaniu przestrzennym

Stosowane metody badań klimatu miasta są na ogół metodami punktowymi, przez co analiza rozkładu przestrzennego poszczególnych charakterystyk meteorologicznych czy radiacyjnych jest właściwie niemożliwa. Oczywiście możliwe jest wykonanie interpolacji pomiędzy punktami pomiarowymi, ale aby dość precyzyjnie określić zróżnicowanie przestrzenne dowolnego parametru na obszarze miejskim potrzebna jest duża liczba takich punktów. Różnice temperatury powietrza w mieście nawet na niewielkim obszarze mogą sięgać kilku czy kilkunastu stopni, co można zauważyć np. w pobliżu parków miejskich.

Zdalne metody badania powierzchni Ziemi oraz atmosfery umożliwiają uzyskanie danych (na różnych poziomach pomiarowych), które mają charakter ciągły w przestrzeni. Dotyczyć mogą samego podłoża lub profili wysokościowych różnych parametrów (satelitarne urządzenia sondujące). W przypadku metod teledetekcyjnego pomiaru promieniowania termalnego możliwe jest wyznaczenie rozkładu przestrzennego temperatury podłoża, nawet na dużym terenie, w krótkim czasie i z dość dużą (szczególnie przy porównaniu z siecią stacji pomiarowych) rozdzielczością przestrzenną. Przy zastosowaniu uproszczonych procedur obliczeniowych możliwe

jest również określenie temperatury powietrza na 2 m – poziomie pomiarów standardowych.

W Polsce, w badaniach klimatu lokalnego, wykorzystywano dotychczas głównie lotnicze zdjęcia termalne. Głównym celem przeprowadzonych badań było określenie termicznych warunków podłoża (Ciołkosz, Halemba, 1978; Kraujalis, 1980) analiza mikroklimatu lokalnego terenów silnie uprzemysłowionych (Ciołkosz, Mularz, 1977; Halemba i in., 1992). Na świecie już od początku lat siedemdziesiątych stosowano dane satelitarne do badania klimatu miasta, a w szczególności zaś do badania zjawiska miejskiej wyspy ciepła. Rozwój technik teledetekcji termalnej zachęcał coraz bardziej do stosowania tych metod w klimatologii. Przemawiało za tym jednocześnie obrazowanie dużego obszaru terenu w krótkim czasie oraz jego cykliczność, które to stanowią duże ułatwienie przy badaniu zjawisk zachodzących w atmosferze, mających z natury charakter ciągły, zarówno w czasie jak i w przestrzeni. Również w Polsce w ostatnich latach pojawiły się opracowania dotyczące badania miejskiej wyspy ciepła już przy zastosowaniu zdjęć satelitarnych (Osińska-Skotak, Madany, 1998; Struzik P., 1998).

Ze względu jednak na długą tradycję prowadzenia pomiarów nie można ograniczać się jednak jedynie do nowoczesnych technik pomiarowych. Przykładowo, w Warszawie od 1779 r. rozpoczęto nieprzerwaną serię obserwacji a w 1888 roku powstało pierwsze opracowanie klimatologiczne dotyczące rozkładu wiatrów w Warszawie [Wawer, 1994 za Pietkiewicz, 1888]. Analizy zachodzących zmian bez tych archiwalnych ciągów pomiarowych są niemożliwe a i same dane teledetekcyjne jak dotąd nie mogą zastąpić wszystkich pomiarów naziemnych, ale można stwierdzić zdecydowanie, iż stanowią bardzo pomocne źródło informacji o powierzchni Ziemi i atmosferze.

W planowaniu przestrzennym, które jest przedmiotem rozważań tego artykułu, można szeroko zastosować właśnie zdjęcia satelitarne. Jest to obecnie najbardziej wygodne źródło aktualnej informacji o zmianach zachodzących na powierzchni Ziemi. Stosując je można uzyskać szereg informacji tematycznych o dużej rozdzielczości przestrzennej, nawet poniżej 1 m (QuickBird, IKONOS, EarlyBird). Dla potrzeb planowania przestrzennego konieczna jest m.in. aktualna informacja o pokryciu terenu, udziale terenów zielonych w osiedlach mieszkaniowych, itp. Wiele potrzebnych dla omawianych celów danych można uzyskać poprzez odpowiednie przetworzenie zdjęć satelitarnych.

Bardzo przydatnymi w aspekcie kształtowania poprawnych warunków klimatycznych w miastach są rozkłady przestrzenne temperatury podłoża, modele wysokościowe rzeźby terenu oraz modele wysokościowe budynków (dla Warszawy i Poznania opracowane zostały modele wysokościowe budynków przez firmę GEOSYSTEMS). Przy ich pomocy można modelować zarówno warunki termiczne, jak również wiatrowe w tzw. miejskiej warstwie granicznej atmosfery. Przy obecnych możliwościach wielu systemów GIS-owych możliwe jest również opracowanie stosunkowo prostych procedur umożliwiających modelowanie i prognozowanie zmian (w termice oraz w polu wiatru), jakie najprawdopodobniej zaszłyby po wybudowaniu nowego osiedla mieszkaniowego lub zagęszczeniu zabudowy już istniejącej. Oczywiście konieczne byłoby wprowadzenie kilku informacji a priori, chociażby na temat właściwości cieplnych projektowanego budynku. Opracowania takie powinny

być wykonywane przy planowaniu zagospodarowania przestrzennego zarówno w zakresie warunków termicznych, jak również deformacji pola wiatru. A ich wyniki pozwoliłyby w przyszłości na uniknięcie sytuacji skrajnych, jak np. występowania silnych wzrostów prędkości wiatru w przewężeniach między wysokimi budynkami.

Przykładowe opracowanie pokazujące przestrzenny rozkład temperatury podłoża dla Warszawy przedstawia rys. 1. Rozkłady te wykonano na podstawie zdjęcia satelitarnego LANDSAT TM zarejestrowanego 15 lipca 1987 r. [Osińska-Skotak, 2001] oraz zdjęcia LANDSAT ETM+ otrzymanego w dniu 3 maja 2001 r. Rozkład z 15 lipca 1987 r. przedstawia bardzo wyraźnie zjawisko miejskiej wyspy ciepła na poziomie podłoża i dlatego został tu specjalnie zamieszczony. Inne opracowywane zdjęcia nie przedstawiały w tak specyficzny sposób powierzchni miejskiej. Wynika to z tego, iż na kilka dni przed rejestracją tego zdjęcia wystąpiły opady deszczu, co spowodowało silniejsze skontrastowanie powierzchni miejskich i terenów otaczających. Z powierzchni miasta szybciej nastąpiło wyparowanie wody opadowej, natomiast tereny naturalne zaabsorbowały wilgoć i dzięki temu słabiej się nagrzewały. Obraz ten nie należy do sytuacji typowych o tej porze dnia (ok. 9.30 lokalnego czasu słonecznego), gdyż tuż po wschodzie Słońca kontrasty termiczne są mniejsze i na ogół nie obserwuje się tak wyraźnych wysp ciepła.

Warszawa jest największym miastem w Polsce. Położona na wysokości 75-115 m n.p.m. zajmuje powierzchnię ok. 495 km² i jest bardzo zróżnicowana pod względem gęstości i rodzaju zabudowy. W samym centrum przeważa zabudowa wysoka i zwarta, na obrzeżach zabudowa jest luźniejsza, o zróżnicowanej wysokości budynków i większym udziale terenów zielonych. W poszczególnych dzielnicach Warszawy różny jest również stopień uprzemysłowienia, co wpływa na kształtowanie się lokalnych warunków termicznych. W granicach miasta znajduje się stosunkowo dużo terenów rolniczych (31,9 %) oraz zieleni osiedlowej (3,9 %), terenów zalesionych, zadrzewionych i zakrzewionych (13,6 %). Zabudowa stanowi jedynie 24,9 %. Pozostałe tereny to drogi i koleje (13,5 %), wody (3,8 %) oraz inne [Rocznik Statystyczny Warszawy, 1995]. Taka struktura użytkowania terenu decyduje między innymi o łagodniejszym reżimie termicznym Warszawy, w porównaniu z innymi silnie zurbanizowanymi i uprzemysłowionymi aglomeracjami Polski [Wawer, 1994].

Aby porównać uzyskane dla Warszawy wyniki analizy zmienności przestrzennej temperatury podłoża wykorzystano również szereg opracowań klimatologicznych wykonanych dla Warszawy m.in. w Zakładzie Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego oraz w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.

W wyniku przeprowadzonych dla Warszawy badań [Osińska-Skotak, Madany, 1998; Osińska-Skotak, 2001] stwierdzono, iż jest to obszar charakteryzujący się dużym zróżnicowaniem temperatur (co można zauważyć również na rys.1). Dnia 15 lipca 1987 r. rozpiętość temperatury powierzchni wynosi 31°C, 2 kwietnia 1990 r. – 34°C, 25 maja 1992 r. i 3 maja 2001 r. – 30°C, zaś 16 sierpnia 1993 r. – 24°C. Tak znaczny kontrast termiczny spowodowany jest dużą różnorodnością w pokryciu terenu, specyficzną strukturą przestrzenną miasta i właściwościami radiacyjnymi podłoża. Jedynie na obrazie sierpniowym wystąpił mniejszy kontrast, na co wpłynęły wyraźnie warunki meteorologiczne panujące przed rejestracją obrazu termalnego.



Rys. 1 Rozkład przestrzenny temperatury podłoża w dniu a) 15 lipca 1987 r. i b) 3 maja 2001 r. wykonany na podstawie zdjęcia satelitarnego LANDSAT.

Długotrwałe upały i brak opadów deszczu spowodowały duży deficyt wilgotności w glebie i powietrzu. Tereny zakładów przemysłowych i ich okolicy mają wyraźnie wyższą temperaturę dla wszystkich analizowanych terminów nawet od obszarów zabudowy zwartej, co jest skutkiem dodatkowej emisji ciepła antropogenicznego.

15 lipca 1987 r. średnie różnice pomiędzy temperaturą powierzchniową terenów miasta Warszawy a obszarami zamiejskimi wyniosły 8-10°C (a nawet do 20°C w przypadku dzielnic przemysłowych). Zwarta zabudowa śródmiejska charakteryzowała się najwyższymi (po terenach przemysłowych) wartościami temperatury powierzchniowej (30-35°C). Luźna zabudowa osiedlowa miała znacznie niższą temperaturę i w zależności od struktury osiedla oraz udziału terenów zielonych wahała się ona w granicach 26-30°C (Żoliborz, Bielany, Saska Kępa czy Wilanów). W przypadku Ursynowa, wartości temperatury powierzchniowej zabudowy wynosiły 27-31°C. Potwierdzają się zatem wyniki badań klimatologicznych dotyczących wpływu terenów zielonych na reżim termiczny osiedli miejskich [Mierzwiński, 1992]. Podobny wpływ można zaobserwować w przypadku zabudowy położonej w pobliżu zbiorników wodnych. Porównując uzyskane rozkłady temperatury powierzchni miejskiej z rozkładami przestrzennymi np. *Dominującego odczucia cieplnego przez człowieka* lub *Obciążenia cieplnego człowieka* [Atlas Warszawy, 1996, IGiPZ PAN] obliczonych przy założeniu różnych teoretycznych warunków meteorologicznych można zauważyć dużą zgodność. Osiedla o dużym udziale zieleni mają zdecydowanie niższe wartości temperatury i obciążenie cieplne człowieka jest również znacznie mniejsze niż w dzielnicach zwartej zamkniętej zabudowy. Przy założeniu dość dużej prędkości wiatru 8 m/s różnice w obciążeniu cieplnym dla organizmu człowieka znacznie maleją, gdyż taki wiatr ma duże właściwości przewietrzające i poprawiające warunki arosanitarne. Poza tym nie pozwala na nadmierne nagrzewanie się powietrza od podłoża.

Biorąc pod uwagę aspekt planowania przestrzennego obszarów miejskich, obrazy termalne mogą być przydatne jako jedno z dodatkowych źródeł informacji. Sam charakter zagadnień planowania wymaga korzystania z wielu różnorodnych materiałów pomocniczych i praktycznie żaden z nich pojedynczo nie może dać wystarczających informacji a zdjęcia termalne dają informacje o przestrzennym rozkładzie temperatury – parametru, który jest kluczowy dla oceny lokalnych warunków cieplnych. Obrazy termalne pomocne są dla lokalizacji tzw. wysp ciepła i chłodu na badanym obszarze. W przypadku wysp ciepła o dużych powierzchniach wiadomo, iż tam będą występowały silne prądy konwekcyjne i tam powietrze będzie się nagrzewać najbardziej. Na ogół również w tych miejscach najczęściej wypiętrzają się chmury kłębiaste.

Analiza zdjęć termalnych umożliwia również lokalizację obszarów gromadzenia się zimnego powietrza, co w połączeniu z dodatkowymi danymi (pomiarzy meteorologiczne i klimatologiczne) daje obraz przebiegu lokalnej wymiany powietrza oraz pozwala na zlokalizowanie naturalnych korytarzy przewietrzania. Należy przy tym wykorzystać dodatkowe materiały np. o przeważających kierunkach wiatrów występujących na danym obszarze. Jednak już sama analiza obrazu termalnego pokazuje gdzie najprawdopodobniej występują korytarze przewietrzające. Zarówno na zdjęciu z 15 lipca 1987 r, jak i 3 maja 2001 r. można zauważyć korytarze,

gdzie następuje przepływ chłodniejszych mas powietrza: np. wzdłuż Al. Krakowskiej oraz z kierunku Powisina. Do tego rodzaju analizy najlepsze byłyby jednak zdjęcia uzyskane w kilku terminach w ciągu doby, umożliwiłyby to bardziej kompleksową ocenę. Porównując oba przedstawione na rys. 1 rozkłady temperatury powierzchni (z 1987 r. i 2001 r.) nasuwa się również wniosek, że na przestrzeni blisko 15 lat nastąpiło zabudowanie oraz ograniczenie i zaburzenie istotnych funkcji niektórych korytarzy i klinów przewietrzających.

Dysponując rozkładami temperatury z kilku terminów (np. poranny, nocny) można analizować zmiany np. dobowe bilansu cieplnego podłoża miejskiego. Wiadomo, że jeśli osiedle wykazuje nocą tendencje do dużego wychłodzenia a w ciągu dnia do nadmiernego nagrzewania się, należy temu przeciwdziałać, właśnie poprzez wprowadzenie odpowiedniej zieleni osiedlowej, która poprawi warunki termiczne i zniweluje tak duże kontrasty cieplne niekorzystne dla samopoczucia mieszkańców. Podobnie, analizując obrazy z różnych pór roku można stwierdzić, czy nie występują skrajne warunki odczucia cieplnego dla ludzi i w miarę możliwości spróbować przeciwdziałać uciążliwym dla mieszkańców warunkom.

Mając pewien ciąg czasowy obrazów termalnych w połączeniu z danymi o pokryciu terenu (np. CORINE LAND COVER) czy mapami administracyjnymi obszarów miejskich możliwa jest również analiza ekspansji miasta oraz monitorowanie zmian jakie zaszły w termice podłoża pod wpływem zmian wynikających z określonego zagospodarowania terenu. Na rys. 1 mimo, iż obrazy te nie są zarejestrowane w tych samych miesiącach, to jednak widać jakie zamiany zaszły w Warszawie na przestrzeni blisko 15 lat. Szczególnie widoczna jest ekspansja Warszawy w kierunku Piaseczna i wzdłuż linii kolejowej do Otwocka oraz rozbudowa m.in. osiedli Kabaty i Tarchomin.

Dysponując granicami poszczególnych osiedli możliwe jest przeprowadzenie różnych operacji statystycznych jak np.: obliczenie średnich i skrajnych wartości temperatury podłoża, udziału terenów zielonych w osiedlu, itp. W ciągach czasowych tego rodzaju analizy pozwalają na określenie trendu i charakteru zmian zachodzących na określonym obszarze. W wyniku nałożenia na obraz temperatury z dnia 15 lipca 1987 r. warstwy wektorowej Corine Land Cover z informacją o pokryciu terenu wykonana została analiza wariancyjna zmienności wartości temperatur powierzchni w klasach pokrycia terenu. Warstwa pokrycia terenu Corine Land Cover dla terenu tak zróżnicowanego jakim jest Warszawy, jest raczej niewystarczająca, jeżeli chodzi o jej szczegółowość (liczba klas pokrycia terenu), ale mimo to wyniki uzyskane z tej analizy wskazują tendencje opisane powyżej. I tak, najwyższą temperaturą podłoża charakteryzują się obszary przemysłowe (np. Ursus – 28-43°C). Pewne zróżnicowanie na tym terenie wynika z urozmaicenia typu pokrycia (beton, hale produkcyjne, powierzchnie asfaltowe, dachy pokryte blachą, itp.). Również wysoką temperaturę posiada zabudowa zwarta (26-35°C), której zróżnicowanie termiczne wynika m.in. z właściwości cieplnych materiałów wykorzystanych do ich budowy. Stara zabudowa Mokotowa i Pragi jest chłodniejsza od nowszej zabudowy Śródmieścia. Bardzo duże zróżnicowanie temperatur występuje w osiedlach zabudowy luźnej, co spowodowane jest przede wszystkim różnym udziałem zieleni, która wpływa obniżająco na wartość temperatury powietrza oraz samego podłoża. Porównując miejskie tereny zielone z obszarami zielonymi poza miastem można stwierdzić, że miasto powoduje wzrost

temperatury terenów zielonych w stosunku do ich odpowiedników pozamiejskich o ok. 2-4°C. Podobnego rodzaju analizy można wykonać dla innych parametrów, np. wskaźników roślinności, które w przypadku terenów miejskich dają informację m.in. udział roślinności zielonej w danym osiedlu.

Istnieją również pewne procedury pozwalające na przejście z temperatury podłoża (zdjęcia termalne) na wartość temperatury powietrza na określonej wysokości (standardowo pomiary podstawowych parametrów meteorologicznych wykonywane są na wysokości 2 m). A jak już wcześniej zostało podkreślone, praktycznie żadna inna metoda – poza pomiarem teledetekcyjnym - nie daje takich możliwości. Temperatura powietrza z kolei jest jednym z głównych parametrów służących do oceny warunków bioklimatycznych oraz warunków odczucia ciepłego i obciążenia ciepłego człowieka.

Analizując rozkład temperatury podłoża, charakterystykę dominujących kierunków wiatrów na badanym terenie i kilka innych dodatkowych elementów, można określić miejsca i przyczynę częstszego występowania mgieł, miejsc zalegania smogu czy też obszarów gdzie obserwowana jest często stagnacja mas powietrza. Wszystkie te elementy pogarszają stan aerosanitarny badanego obszaru a jeśli pozna się przyczynę można tym bardzo niekorzystnym zjawiskom przeciwdziałać.

Przy wykorzystaniu zdjęć satelitarnych można również uzyskać przestrzenny rozkład właściwości emisyjnych powierzchni. Opracowane zostały metody, które przy pewnych założeniach pozwalają osiągnąć dobre wyniki przy określaniu właściwości emisyjnych, stosując tzw. znormalizowany wskaźnik roślinności NDVI [Osińska-Skotak, 2001]. To z kolei w połączeniu z danymi o temperaturze podłoża dokładniej opisuje bilans radiacyjny powierzchni miejskich i umożliwia bardziej precyzyjne określanie np. gradientów termicznych występujących na granicy podłoże-atmosfera.

Już z tak krótkiego przedstawienia możliwości wykorzystania zdjęć termalnych widać, że ich przydatność w procesie planowania przestrzennego jest nieoceniona. Stosowanie tego rodzaju danych z pewnością pomaga jednoznacznie zlokalizować miejsca o skrajnych warunkach termicznych. Praktycznie tylko podczerwień termalna umożliwia tak wyraźne podkreślenie właściwości obszarów zurbanizowanych. W procesie klasyfikacji pokrycia terenu, jak żaden inny zakres spektralny, pozwala na rozróżnienie obszarów uprzemysłowionych od zabudowy zwartej. Sam charakter zagadnień planowania zagospodarowania przestrzennego wymaga wykorzystania wielu różnorodnych źródeł informacji a zdjęcia termalne z pewnością są jednym z bardziej interesujących. Mankamentem wykorzystania obrazów satelitarnych dla omawianych celów jest ich nadal zbyt mała powtarzalność i nie zawsze wystarczająca rozdzielczość przestrzenna. Obrazy satelitarne o najwyższej obecnie rozdzielczości przestrzennej, LANDSAT ETM+, wykonywane są co 16 dni a w dodatku tylko w godzinach porannych, co ogranicza możliwości ich wykorzystania. Najwygodniej byłoby gdyby zdjęcia rejestrowano przynajmniej w dwóch terminach (porannym i nocnym), gdyż to pozwoliłoby na bardziej kompleksową analizę bilansu radiacyjnego powierzchni miejskich.

6. Podsumowanie

Do podsumowania tych rozważań posłużmy się cytatem z publikacji A. Jędraszko [1999]: „*Każda zmiana użytkowania i zagospodarowania terenu oraz form zabudowy, a w szczególności przekształcanie terenów otwartych w zabudowane, prowadzi do zmian lokalnych warunków klimatycznych. Skutki mają na ogół charakter negatywny i dlatego pojawiło się pojęcie ochrony klimatu lokalnego. Ochronę tą można realizować poprzez ograniczanie negatywnych wpływów przekształceń zagospodarowania. Punktem wyjścia tej ochrony jest gruntowne rozpoznanie występujących zjawisk klimatycznych, pozwalające na dokonanie wyprzedzającej oceny (prognozy), jaki wpływ na warunki klimatyczne będą miały proponowane zmiany zagospodarowania, i wskazanie, w jaki sposób unikać lub ograniczać negatywne skutki wysuwanych rozwiązań planistycznych i projektowych dla lokalnego klimatu.*”

Wykorzystując najnowsze zdobycze techniki możemy dokładniej badać zmiany jakie już zaszły oraz prognozować te zmiany, które dopiero powstaną. Należy więc korzystać z nich aby skutki negatywne możliwie najbardziej ograniczyć i aby mieszkańcom miast żyło się lepiej nie tylko w aspekcie ekonomiczno-kulturalnym ale również samopoczucia psychofizycznego.

7. Literatura

- Bednarek A., 1984, *Z badań nad mikroklimatem miasta*, praca zbiorowa: „Wpływ zieleni na kształtowanie środowiska miejskiego”, Instytut Kształtowania Środowiska, PWN, str. 79-93
- Ciołkosz A., Halemba B., 1978, *Wykorzystanie lotniczych obrazów termalnych w opracowaniu termicznych warunków podłoża południowej Warszawy*. Prace IGiK, tom XXV, zeszyt 2, PPWK.
- Ciołkosz A., Mularz S., 1977, *Badanie powierzchniowych zmian termiki gruntu rejonu złoża siarki w Grzybowie metodą termowizyjną*, Prace IGiK, tom XXIV, z. 1/55, str. 23-30
- Fortini-Morawska J., 1990, *Wpływ zabudowy na warunki klimatyczne*, praca zbiorowa: „Środowisko przyrodnicze Warszawy”, PWN, Warszawa, str. 611-616
- Fukuoka Y., 1997, *Biometeorological studies on urban climate*, Int. J. Biometeo. vol. 40, pp. 54-57
- Halemba B., Truszkowski L., Wrona A., 1992, *Lotnicze obrazy termalne jako element badań mikroklimatu obszaru przemysłowego na przykładzie doliny Bytomki*. Archiwum Ochrony Środowiska.
- Jędraszko A., 1999, *Polityka środowiska w Niemczech na przykładzie Stuttgartu*, Unia Metropolii Polskich, Warszawa.
- Kopacz-Lembowicz M., 1978, *Wpływ zieleni miejskiej na wielkość ochładzającą powietrza*, Prace i Studia Instytutu Geograficznego UW, z. 26, seria: Klimatologia z. 11, str. 81-92

- Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., 1984, *Wpływ zieleni miejskiej na klimat lokalny*, praca zbiorowa: Wpływ zieleni na kształtowanie środowiska miejskiego, Instytut Kształtowania Środowiska, PWN, str. 61-78
- Kossowska-Cezak U., 1978, *Wpływ dużego kompleksu zieleni miejskiej na warunki termiczno-wilgotnościowe powietrza (na przykładzie Warszawskiego Ogródu Zoologicznego)*, Prace i Studia Instytutu Geograficznego UW, z. 26, seria: Klimatologia z. 11, str. 10-35
- Kraujalis M.W., 1980, *Zróźnicowanie warunków termicznych podłoża atmosfery na obszarze miasta*, Dokumentacja Geograficzna, z.4, 84-88.
- Witruwiusz, *O architekturze ksiąg dziesięć*, w przekładzie K.Kumanieckiego, Warszawa, 1956
- Landsberg H.E., 1983, *Klimat goroda*. Gidrometeoizdat, Leningrad. Tłumaczenie w języku rosyjskim pracy H.E. Landsberg: *The urban climate*
- Lewińska J., Zgud K., Baścik J., Wiatrak W., 1990, *Klimat obszarów zurbanizowanych*. Wydawnictwa Instytutu Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa.
- Lewińska J. (red.), 1991, *Klimat miasta*. Vademecum urbanisty, Wydawnictwa Instytutu Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej - Oddział w Krakowie, Kraków.
- Mączak S., 1990, *Uwarunkowania klimatyczne*, praca zbiorowa: Środowisko przyrodnicze Warszawy, PWN, Warszawa, str. 289-296
- Martyn D., 1978, *Wpływ śródmiejskiego parku na warunki termiczno-wilgotnościowe powietrza (na przykładzie Ogródu Saskiego w Warszawie)*, Prace i Studia Instytutu Geograficznego UW, z. 26, seria: Klimatologia z. 11, str. 37-80
- Mierzwiński B., 1992, *Dzienne zmiany różnic temperatury powietrza między osiedlem z dużym udziałem zieleni i terenem pozamiejskim*. Prace i Studia Geograficzne, tom 11.
- Olszewski K., 1978, *Rola trawników w kształtowaniu warunków termiczno-wilgotnościowe w mieście*, Prace i Studia Instytutu Geograficznego UW, z. 26, seria: Klimatologia z. 11, str. 93-114
- Osińska-Skotak K., Madany A., 1998, *Wykorzystanie danych satelitarnych LANDSAT TM do określania warszawskiej wyspy ciepła*, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej-Inżynieria Środowiska, z.26, str. 5-33
- Osińska-Skotak K., 2001, *Analiza wybranych metod przetwarzania satelitarnych zdjęć termalnych LANDSAT TM*, rozprawa doktorska, GiK PW
- Smith K., 1978, *Osnovy prikladnoj meteorologii*. Gidrometeoizdat, Leningrad. Tłumaczenie w języku rosyjskim pracy K. Smith: *Principles of applied climatology*.
- Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz, Ryczywolska E., Boryczka J., Górka A., 1982, *Ocena klimatu lokalnego do projektu zespołu osiedli mieszkaniowych w Białoleśce Dworskiej w Warszawie*. Człowiek i Środowisko, tom 6/3-4/1982 s. 335-349, Warszawa
- Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Błazek E., Kicińska B., Żmudzka E., 1995, *Antropogeniczne zmiany temperatury powietrza w Warszawie: pozytywne i negatywne skutki*. Materiały z konferencji „Klimat i Bioklimat miast”, Wydawnictwa Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, str.169-179

- Struzik P., 1998, *Zastosowanie informacji satelitarnej AVHRR/NOAA do badania zjawiska miejskiej wyspy ciepła*, Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica Physica 3, str. 161-169
- Wawer J., 1994, *Cechy termiczne klimatu lokalnego Warszawy*. Praca doktorska, Zakład Klimatologii UW

Recenzował: prof. dr hab. Adam Linsenbarth