


#ekomiasto, #klimat miasta,
#działania proekologiczne,
#adaptacja miast do zmian
klimatu, #Kraków

EKOMIASTO – przykład Krakowa


Antoni Matuszko*

Instytut Rozwoju Miast i Regionów
e-mail: amatuszko@irmir.pl

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5601-6624>

Dorota Matuszko

Instytut Geografii i Gospodarki
Przestrzennej UJ

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1909-6519>

Abstrakt

Pod pojęciem ekomiasta rozumiano miasto ekologiczne działające zgodnie z koncepcją zrównoważonego rozwoju. Celem opracowania jest przedstawienie działań proekologicznych w zakresie poprawy klimatu w mieście. Na wstępie opisano niekorzystne cechy klimatu miasta w aspekcie globalnego ocieplenia na przykładzie danych klimatologicznych z Krakowa. Zwrócono uwagę na zróżnicowanie przestrzenne warunków klimatycznych w zależności od zagospodarowania terenu. Przedstawiono sposoby poprawy warunków arosanitarnych i adaptacji miasta do zmian klimatu. Wykazano, że działania proekologiczne podejmowane w Krakowie dają podstawę do stwierdzenia, że Kraków już wkrótce może stać się przykładem ekomiasta, a także wzorem dla innych miast w Polsce.

©2020 Antoni Matuszko, Dorota Matuszko. This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>).

Wstęp

Kraków, ze względu na położenie geograficzne i duże zanieczyszczenie powietrza, postrzegany jest jako miasto o niekorzystnych warunkach klimatycznych. Co więcej, istnieje zagrożenie, że wraz z globalnymi tendencjami do ocieplenia klimatu warunki życia w mieście mogą się jeszcze pogorszyć.

Czy można zapobiec obniżaniu się komfortu życia w mieście? Czy można ograniczyć wzrost temperatury powietrza w terenach zurbanizowanych? Czy można coś zrobić, aby poprawić klimat w mieście? Jak zagospodarowanie terenu wpływa na warunki termiczne miasta? Czy podejmowane działania mogą sprawić, że Kraków stanie się przykładem ekomiasta, czyli miasta ekologicznego działającego zgodnie z koncepcją zrównoważonego rozwoju? Celem artykułu jest próba odpowiedzi na powyższe pytania, a także przedstawienie możliwości planowania przestrzennego jako narzędzia do tworzenia warunków ograniczających niekorzystne cechy klimatu miasta i łagodzących współczesne zmiany klimatu.

Niniejsze opracowanie jest wstępem do analizy konkretnych zapisów planistycznych, które mają poprawić warunki bioklimatyczne w terenach zurbanizowanych. Stanowi syntezę wyników badań dotyczących klimatu miasta i działań proekologicznych na przykładzie Krakowa.

Cechy klimatu miasta a klimat Krakowa

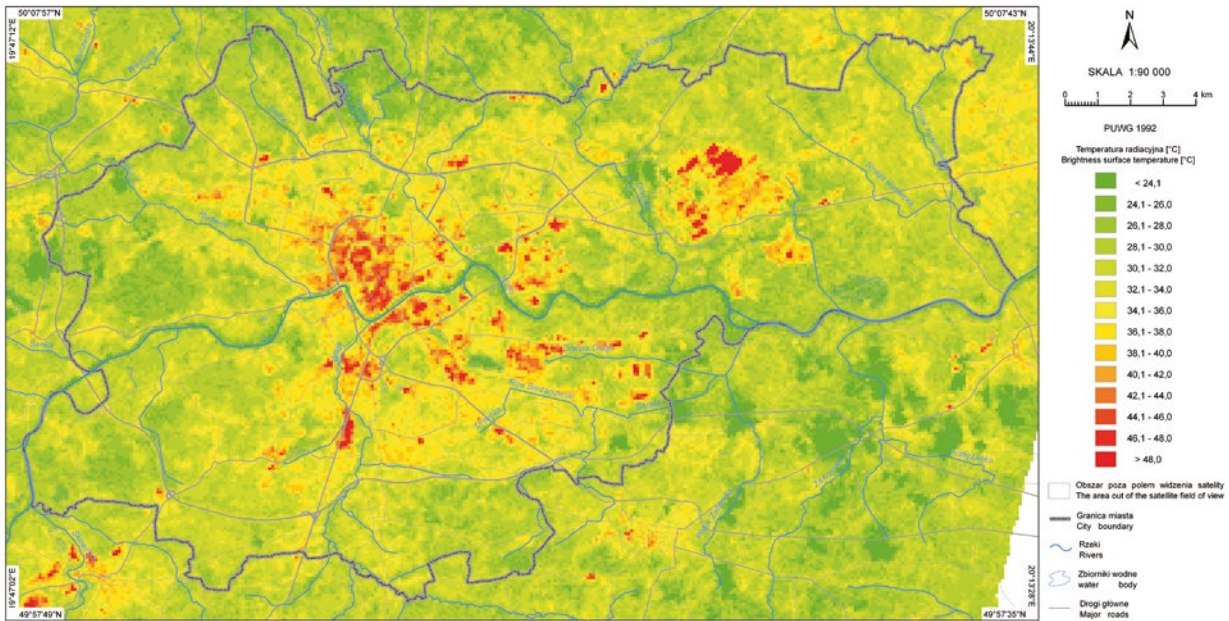
Klimat miasta w porównaniu z terenem pozamiejskim różni się wieloma cechami. Do najważniejszych należą m.in.: osłabienie natężenia promieniowania słonecznego, wyższa temperatura powietrza, mniejsze prędkości wiatru, krótsze zaleganie pokrywy śnieżnej czy większe zanieczyszczenie powietrza (m.in. Kratzer 1956; Landsberg 1981; Oke 1987; Lewińska 2000). Poglądy na temat warunków wilgotnościowych w mieście są podzielone (Matuszko, Piotrowicz, Kowanetz 2015). Wielu autorów uważa (m.in. Landsberg 1981; Oke 1987; Tamulewicz 1997), że do atmosfery miasta dostają się dodatkowe ilości pary wodnej, które powodują tworzenie się chmur, zwiększenie ilości opadów i burz oraz wzrost częstości występowania mgieł. Jest też wielu zwolenników opinii, że miasto odgrywa rolę wysuszającą (m.in. Kratzer 1956; Yoshino 1975; Matuszko, Piotrowicz, Kowanetz 2015). Według wymienionych autorów wynika to z wyższej temperatury powietrza i szybkiego spływu wód opadowych do sieci kanalizacyjnej, a zatem z ograniczonego parowania z podłoża.

Najbardziej charakterystyczną cechą klimatu miasta jest miejska wyspa ciepła (MWC), czyli obszar o wyższych wartościach temperatury powietrza w porównaniu z terenami otaczającymi (m.in. Lewińska 2000; Fortuniak

2003; Szymanowski 2004; Matuszko, Piotrowicz 2015). Najcieplejsze są z reguły centra miast (zwarta zabudowa) i rejonny dużych zakładów przemysłowych. Geneza słowa „wyspa” wiąże się z obrazem zamkniętych, koncentrycznych izoterm, których wartości maleją ku krańcom miasta i które wykreślone na planie miasta przyjmują kształt podobny do konturu wyspy, którą otacza „morze” względnie chłodniejszych przedmieść (Fortuniak 2003). MWC powstaje z powodu akumulacji ciepła przez materiały, z których zbudowane są budynki, place i ulice oraz emisję ciepła antropogenicznego uwalnianego do atmosfery w wyniku procesów spalania m.in. węgla i gazu, a także z transportu samochodowego. Zróżnicowanie temperatury na obszarze zurbanizowanym charakteryzuje się dużą zmiennością dobową i roczną. Największe różnice temperatury między miastem a terenem zamiejsczym obserwuje się w lecie podczas bezwietrznych i bezchmurnych nocy. Dzieje się tak dlatego, że duże ilości ciepła zgromadzone w mieście w ciągu dnia w nocy uwalniane są do atmosfery wolniej niż na terenach pozamiejsczych z uwagi na zwiększoną pojemność cieplną sztucznych powierzchni (Fortuniak 2003). Miejska wyspa ciepła często nie stanowi jednorodnej powierzchni, ale składa się z wielu wyraźnych ognisk ciepła porozidzielanych obszarami chłodnego powietrza. Jej zasięg poziomy nawiązuje do zabudowy (Ryc. 1.). W dużych miastach amerykańskich i przy sprzyjających warunkach pogodowych różnice temperatury między centrum a peryferiami mogą przekraczać 12°C, natomiast w polskich miastach najczęściej wynoszą do 7–10°C (m.in. Wawer 1998; Kaszewski, Siwek 1999; Fortuniak 2003; Szymanowski 2004).

W Krakowie intensywność MWC wynosi średnio 1,2°C, ale w skrajnych przypadkach może osiągać nawet wartości 5–7°C (Kłysik 1985; Lewińska 2000). Zasięg przestrzenny krakowskiej MWC zwiększał się wraz z rozwojem miasta. W latach 50. XX w. obejmował jedynie obszar śródmiejski, czyli najgęściej zabudowaną część miasta. Po ok. 10 latach nad obszarem Nowej Huty powstała druga wyspa ciepła. Z biegiem czasu w związku z zabudową terenu pomiędzy centrum Krakowa a Nową Hutą obie wyspy połączyły się. Powstała jedna, ponad trzykrotnie większa niż w latach 50. XX w., o różnym natężeniu w zależności od użytkowania terenu (Lewińska 2000).

Zróżnicowanie powierzchniowej wyspy ciepła (*Surface Urban Heat Island – SUHI*) na obszarze Krakowa przedstawia mapa temperatury radiacyjnej (Ryc. 1.) opracowana na podstawie interpretacji wielospektralnego zdjęcia satelitarne wykonane 6 lipca 2001 r. o godz. 11.57 przez radiometr satelity Terra Aster (Matuszko, Wojkowski 2007). Różnica między najcieplejszą a najchłodniejszą



Mapa stanowi załącznik do książki:
Dorota Matuszko (red.)
KLIMAT KRAKOWIA W XX WIEKU
IGIGP UJ Kraków, Kraków 2007

Redakcja i opracowanie graficzne: J. Wojkowski

Ryc. 1.

Temperatura radiacyjna powierzchni Krakowa [°C] w dniu 6 lipca 2001 r. o godz. 11:57

Źródło: Wojkowski 2007

powierzchnią miasta wyniosła 44,8°C, a średnia dla całego obszaru: 31,2°C. Duże kontrasty termiczne na stosunkowo małym obszarze (31,7 km x 18,9 km) wynikają przede wszystkim z różnorodności typów użytkowania i rodzaju pokrycia terenu. W Krakowie zaznaczają się dwa obszary o podwyższonej temperaturze (MWC). Pierwszy obszar, oddzielony od reszty miasta wyraźnie chłodniejszym pasem zieleni, związany jest z terenem przemysłowym kombinatu metalurgicznego w Nowej Hucie, gdzie temperatura radiacyjna wynosiła średnio 35,7°C. Zarejestrowano tu najwyższą temperaturę radiacyjną na całym analizowanym obszarze Krakowa (63,5°C). Drugi obszar o podwyższonej temperaturze obejmuje zwartą zabudowę w centrum miasta ze średnią 41,1°C, a maksymalną 49,7°C. Na tle cieplejszego obszaru Starego Miasta wyróżniają się także chłodniejsze Planty ze średnią temperaturą 34,3°C. Niższa temperatura niż w śródmieściu ze średnią 33,5°C kształtuje się na osiedlach mieszkaniowych i w zabudowie rozproszonej. Najchłodniejszymi obszarami są powierzchnie zbiorników wodnych oraz Wisły i jej dopływów (średnio 20,7°C), a także duże kompleksy zieleni (średnio 27°C): Las Wolski, Lasy Tynieckie, Uroczysko Skotniki, Park Leśny Witkowiec, Las Borkowski, Lasek Mogilski, Lasek Łęgowski, a także tereny parków miejskich, ogródków działkowych i cmentarzy (średnio 31,6°C). Obszary leżące poza granicami Krakowa, które cechują się temperaturami wyższymi od otoczenia (wyspami ciepła),

to tereny miejskie Skawiny (średnio 35,6°C) i Wieliczki (średnio 34,8°C) (Matuszko, Wojkowski 2007). Podobne wyniki zróżnicowania powierzchniowej wyspy ciepła otrzymał J.P. Walawender (2015) w dniu 7 sierpnia 2013 r. o godz. 9:35 na podstawie danych satelitarnych zarejestrowanych przez satelitę Landsat-8 OLI/TIRS. W tym dniu zakres temperatury powierzchni wynosił od 24,8°C do 58,3°C. W obrębie granic administracyjnych Krakowa zaobserwowano dwa obszary o największej emisji ciepła: Stare Miasto i kombinat metalurgiczny Arcelor Mittal Poland S.A. Ponadto znacznie wyższą temperaturę charakteryzowały się inne tereny przemysłowe, duże centra handlowe, szlaki komunikacyjne oraz gęsto zabudowane osiedla mieszkaniowe. Zdecydowanie najchłodniejsze były zbiorniki wodne, lasy, parki miejskie oraz zadrzewione cmentarze.

Zmiany klimatu – zagrożenia dla mieszkańców miast

W literaturze klimatologicznej istnieje wiele publikacji na temat współczesnego ocieplenia w różnych częściach świata (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] 2018). Wzrost temperatury powietrza potwierdzają zarówno pomiary naziemne, jak i dane satelitarne, które nie są obciążone efektem miejskiej wyspy. Według Raportu Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC 2018) w stuleciu 1906–2005 średnia temperatura powietrza na Ziemi podniosła się o ok. 0,7°C ± 0,2°C.

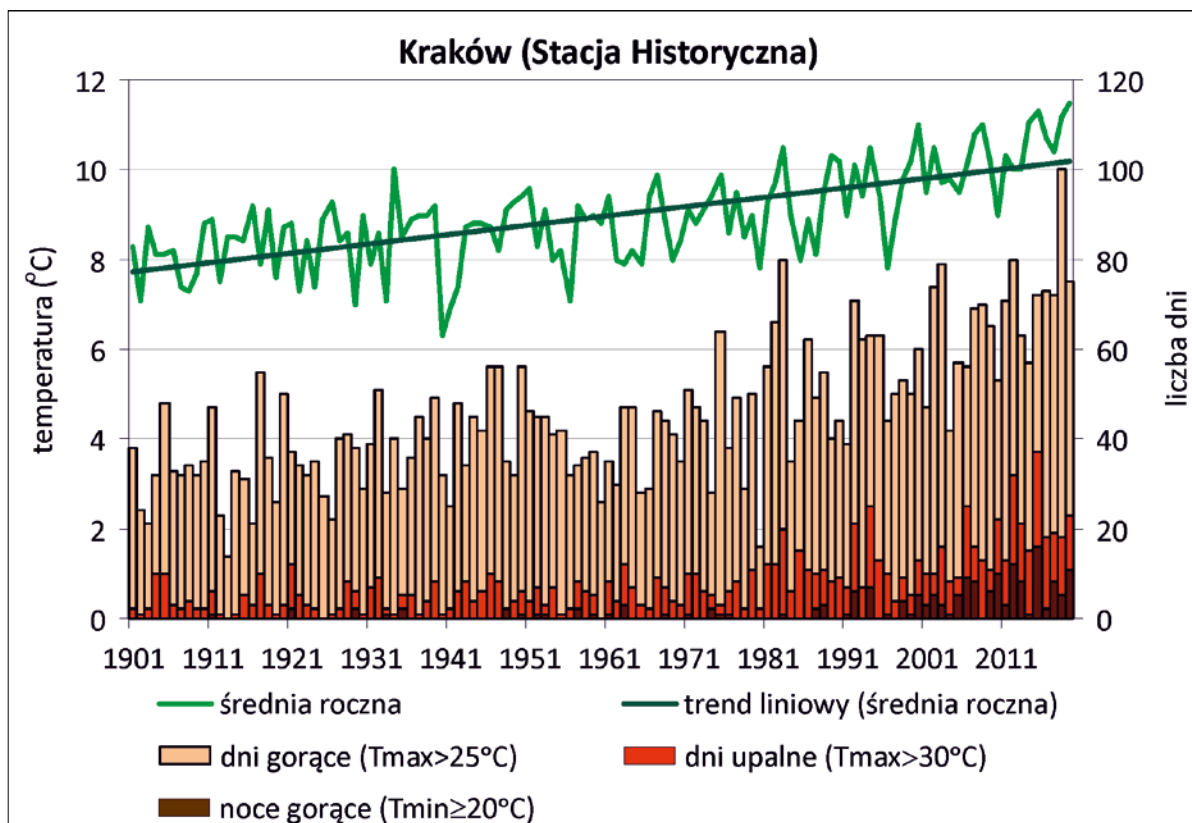
Światowa Organizacja Meteorologiczna (WMO – *World Meteorological Organization*) potwierdza, że rok 2018 był czwartym najcieplejszym w dziejach pomiarów meteorologicznych, co więcej poprzedzające go lata 2015–2017 znajdują się na pierwszych miejscach w rankingu. Średnia roczna temperatura powietrza globu w 2018 r. przekroczyła o 1°C średnią z okresu przedindustrialnego (lata 1850–1900).

Przebieg wieloletni temperatury powietrza na podstawie danych z Krakowa (Ryc. 2.) potwierdza wyniki otrzymane w innych miejscach na świecie i wskazuje także na wzrastające ocieplenie klimatu. Średnia roczna temperatura powietrza w wieloleciu 1901–2019 wahała się od 6,4°C w 1940 r. do 11,6°C w 2019 r. (Ryc. 2.). Od początku XXI w. notowane są najwyższe średnie temperatury powietrza w historii pomiarów w Krakowie. Wzrost temperatury zaznaczył się w każdym miesiącu, przy czym największy był w styczniu, kwietniu i sierpniu (2,1°C na 100 lat), a najmniejszy we wrześniu i październiku (1,0°C na 100 lat).

Warto zaznaczyć, że w miastach zjawiskiem groźniejszym i bardziej uciążliwym dla mieszkańców niż tylko podniesienie średniej rocznej temperatury powietrza jest wzrost liczby dni gorących ($t_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$), upalnych ($t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) oraz nocy gorących ($t_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$). W 2018 r. padł w Krakowie rekord – było 100 dni gorących (Ryc. 2.).

Wysoka temperatura podczas dni gorących i upalnych powoduje u ludzi złe samopoczucie (zmęczenie, rozdrażnienie), wzrost tętna i obniżenie ciśnienia krwi, przyspieszenie oddechu (zaburzenie termoregulacji). Przyczynia się także do wzrostu umieralności na choroby układu sercowo-naczyniowego i oddechowego oraz zwiększenia liczby zdarzeń na drogach i wypadków przy pracy. Po upalnym dniu, przy spadku temperatury powietrza w ciągu nocy, organizm człowieka może zregenerować siły. Niestety ten proces zostaje zaburzony podczas występowania tzw. nocy gorących, do których zalicza się te, w których temperatura minimalna powietrza jest wyższa bądź równa 20°C. W takie noce nie można wychłodzić mieszkania, by zapewnić w nim komfort termiczny w sposób naturalny w ciągu dnia. W Krakowie od 1901 r. rekordowo dużą liczbę nocy z $t_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$ zanotowano w 2006 i 2010 r., odpowiednio 9 i 10 nocy. Wyjątkowe było również to, że analizowane noce pojawiły się w XXI w. w najdłuższych ciągach (licząc od 1901 r.): 5-dniowym (od 20/21 do 24/25 lipca 2006 r.) i 7-dniowym (16–22 lipca 2007 r.). Na wzrost od początku XX stulecia liczby nocy gorących miały wpływ z pewnością czynniki antropogeniczne, w tym obecność miejskiej wyspy ciepła.

Jedną z głównych przyczyn zmian klimatycznych jest powszechna urbanizacja, która pochłania naturalne powierzchnie ziemi i postępuje w coraz szybszym tempie.



Ryc. 2.

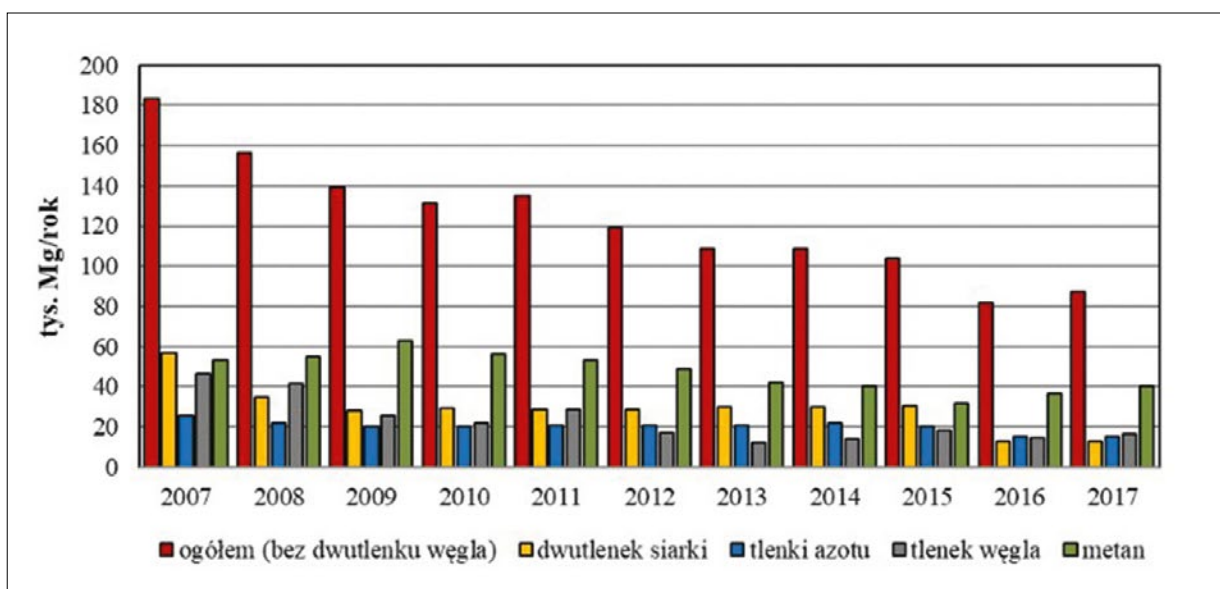
Przebieg wieloletni (1901–2019) średniej rocznej temperatury powietrza, liczby dni gorących i upalnych oraz nocy gorących w Krakowie
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ze stacji naukowej Uniwersytetu Jagiellońskiego

Sztucznie ukształtowane podłoże w postaci zabudowy, asfaltowych i betonowych ciągów komunikacyjnych tworzą wewnątrz miasta specyficzne warunki termiczno-wilgotnościowe charakteryzujące się całkiem innymi cechami od naturalnego klimatu na danym terenie. Wraz ze wzrostem temperatury powietrza, nasileniem fal gorąca i długich okresów bez opadów pogłębia się niedobór wody. Długie okresy bezopadowe skutkują zarówno spadkiem wilgotności gleby w wyniku intensywnego parowania, jak i obniżeniem się przepływów w rzekach i zwierciadła wód podziemnych, co może utrudniać zaopatrzenie miast w wodę. Dodatkowo na obszarach zurbanizowanych średnio aż 70% wody opadowej jest bezpowrotnie tracone. Woda deszczowa szybko spływająca po uszczelnionej powierzchni ulic, chodników, placów, parkingów jest odprowadzana systemem kanalizacji. Przez szybki odpływ deszczówki nie ma wody na parowanie, które obniżałoby temperaturę powietrza, brakuje jej na utrzymanie roślin, które dawałyby cień i hamowały nagrzewanie powierzchni (United Nations 2015).

Dużym zagrożeniem w miastach jest emisja zanieczyszczeń powietrza, których stężenie w Krakowie jest nasilone z powodu położenia we wklęsłej formie terenu, zabudowania kanałów przewietrzania miasta oraz dużej liczby dni bezwietrznych. Jesienią 2013 r. Europejska Agencja Środowiska ogłosiła ranking miast o najbardziej zanieczyszczonym powietrzu. Przeanalizowano ok. 400 metropolii położonych w Europie. Uwzględniano liczbę dni, w których dzienne normy dla stężenia pyłu zawieszonego (PM10) zostały przekroczone. W tym rankingu Kraków znalazł się na trzecim miejscu. Oszacowano, że każdego roku z powodu zanieczyszczenia powietrza py-

łem zawieszonym przedwcześnie umiera ok. 400 mieszkańców Krakowa (Krakowski Alarm Smogowy). Według raportu o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2017 r. Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie (2018) jakość powietrza w województwie małopolskim nie spełnia kryteriów określonych dla pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5, benzo(a)pirenu w pyłe zawieszonym PM10, a także dwutlenku azotu. W aglomeracji krakowskiej podstawową przyczyną występujących przekroczeń jest emisja powierzchniowa związana z indywidualnym ogrzewaniem budynków w sektorze komunalno-bytowym (w Krakowie emisja pyłu na poziomie 39% emisji całkowitej), a także emisja komunikacyjna (w Krakowie na poziomie 16%). Znaczny udział w zanieczyszczeniu powietrza w Krakowie ma napływ z sąsiednich gmin (dla pyłu PM10 ok. 39%), a w województwie napływ z sąsiednich stref, zwłaszcza z województwa śląskiego. Ukształtowanie terenu województwa i warunki meteorologiczne mają decydujący wpływ na szczególne lokalne warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń i kumulację zanieczyszczeń. W ostatnich latach obserwuje się nieznaczną poprawę jakości powietrza (Ryc. 3., Ryc. 4.), zwłaszcza biorąc pod uwagę poziom pyłu zawieszonego PM10 (Ryc. 5) na obszarze województwa oraz dwutlenku azotu w aglomeracji krakowskiej.

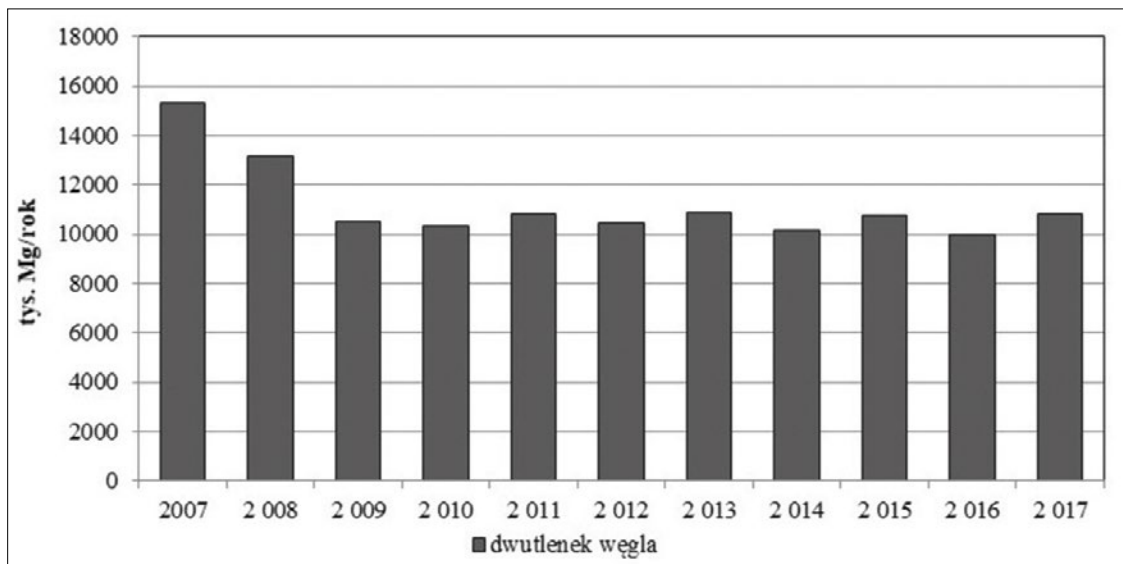
Stan klimatu akustycznego należy do podstawowych czynników wpływających na jakość życia mieszkańców miast. Zagrożenie hałasem wiąże się przede wszystkim ze wzrastającym ruchem samochodowym i lotniczym (Degórska, Maciejewska, Jaroszewicz 2015). Hałas jest nieprzyjemnym, dokuczliwym, a nawet szkodliwym dźwiękiem, niepożądanym w określonych warunkach



Ryc. 3.

Emisja zanieczyszczeń gazowych z zakładów szczególnie uciążliwych w latach 2007–2017 w województwie małopolskim

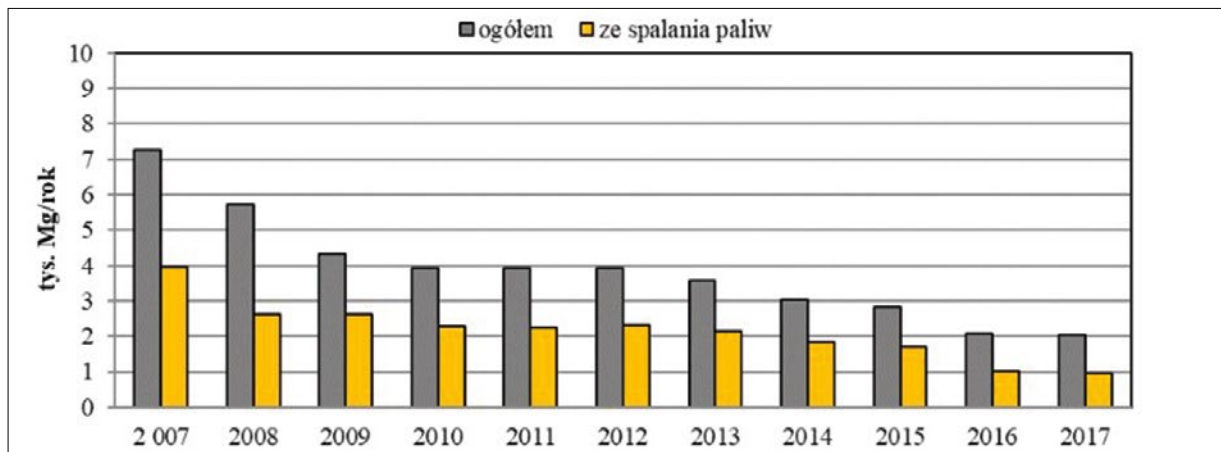
Źródło: BDL GUS



Ryc. 4.

Emisja dwutlenku węgla z zakładów szczególnie uciążliwych w latach 2007–2017 w województwie małopolskim

Źródło: BDL GUS



Ryc. 5.

Emisja zanieczyszczeń pyłowych z zakładów szczególnie uciążliwych w latach 2007–2017 w województwie małopolskim

Źródło: BDL GUS

miejsca i czasu. Stopień uciążliwości zależy zarówno od poziomu hałasu, jak i długości jego oddziaływania na organizm ludzki. W Krakowie wpływ na klimat akustyczny ma przede wszystkim hałas komunikacyjny, który jest obecnie najpowszechniejszym i najbardziej uciążliwym rodzajem hałasu w środowisku zurbanizowanym. Liczba pojazdów silnikowych w województwie małopolskim systematycznie rośnie. W latach 2006–2017 odnotowano jej wzrost z 1,5 mln do poziomu 2,4 mln (Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie 2018). Rosnąca tendencja poziomu hałasu komunikacyjnego staje się w Krakowie coraz większym problemem, który może prowadzić do konsekwencji zdrowotnych i społecznych. Na podstawie mapy akustycznej Krakowa należy uznać obecny stan hałasu w otoczeniu ciągów komunikacyjnych za

niekorzystny. W związku z niewielką liczbą zakładów emitujących hałas uciążliwy dla otoczenia, zlokalizowanych w pobliżu zabudowy wrażliwej akustycznie takich jak gospodarstwa domowe, hałas przemysłowy nie ma znaczącego wpływu na klimat akustyczny miasta. Wzrosła natomiast uciążliwość hałasu lotniczego, która dotyczy zwłaszcza mieszkańców północno-zachodniej części Krakowa z powodu zwiększenia natężenia ruchu lotniczego, głównie liczby startów i lądowań na lotnisku w Balicach. W ostatnich latach zwiększył się także hałas związany z rozwojem sektora usług generowany przez małe obiekty usługowe i rzemieślnicze, hurtownie, urządzenia wentylacyjno-klimatyzacyjne i chłodnicze obiektów handlowych, parkingi oraz lokale rozrywkowe, restauracje, kawiarnie, puby i kluby (Degórska, Maciejewska, Jaroszewicz 2015).

Sposoby poprawy warunków klimatycznych w mieście – walka z globalnym ociepleniem

Unia Europejska chce osiągnąć neutralność klimatyczną do 2050 r. Obecnie wiele miast prowadzi działania zmierzające do osiągnięcia zerowej emisji CO₂ – należy do nich m.in. Kopenhaga, która chce być pierwszą stolicą obojętną dla klimatu (Kucińska 2015). Jedną z najważniejszych koncepcji, które mają pomóc w osiągnięciu tego celu, jest *five-minute city*. Polega ona na przekonaniu mieszkańców do sprawnego przemieszczania się po mieście przy wykorzystaniu komunikacji miejskiej, jazdy na rowerach i chodzenia pieszo. Miasto jest zaplanowane w taki sposób, że przejście z mieszkania do przedszkola, sklepu czy obiektu użyteczności publicznej zajmuje tylko 5 minut. Zachętą dla dojeżdżających do pracy komunikacją miejską jest zautomatyzowany system, który dba o to, by pociągi metra nie jeździły rzadziej niż co 2 minuty. Prowadzone są także starania, aby wprowadzić zakaz wjazdu do miasta samochodów z silnikiem Diesla. W Kopenhadze od czasów kryzysu naftowego w latach 70. rozbudowywana jest sieć dróg rowerowych. Obecnie liczy już ok. 500 km, co powoduje, że na rowerach dojeżdża do pracy 6 na 10 mieszkańców. W związku z dużym ruchem na ścieżkach rowerowych miasto zaczęło je poszerzać, stawiać mosty rowerowe i podzieliło drogi na czerwone (szybkiego ruchu) i zielone (dla amatorów rekreacyjnej jazdy). Stolica Danii inwestuje też w elektryczne autobusy, które są zasilane prądem z energii odnawialnej. Miasto zainstalowało już 62 turbiny wiatrowe i planuje kolejne, które do 2025 r. mają produkować 460 MW prądu. Energia produkowana jest także z odpadów spalanych w elektrowni położonej blisko centrum miasta, a także z paneli słonecznych założonych na wielu budynkach w mieście. Do chłodzenia budynków używa się wody morskiej, która w porównaniu z tradycyjnymi metodami klimatyzowania mieszkań zmniejsza zużycie energii nawet o 80%. W Kopenhadze powstał Adaptacyjny Plan Klimatyczny zakładający wiele zielonych inicjatyw i projektów przeciwdziałających negatywnym skutkom zmian klimatu. Jednym z punktów tego programu jest postanowienie, aby miasto adaptowało się do zmian klimatu poprzez zielone dachy i fasady. Powstał program zielonych dachów: od 2010 r. podjęto decyzję, aby wszystkie nowo budowane i modernizowane budynki z dachem płaskim były obsadzone roślinami. Od 2010 r. obowiązek realizacji zielonych dachów istnieje w większości planów lokalnych, a plany przyjęte w 2010 i 2011 r. przewidują powstanie ok. 200 000 m² powierzchni zielonych dachów. Bezpośrednią przyczyną tej znaczącej decyzji były katastrofalne opady, które nawiedziły to miasto. Zielone dachy wchłaniają od 50% do 80% rocznego opadu deszczu spadającego na dach, opóźniają spływ deszczówki do kanalizacji, dzięki czemu jest

ona mniej przeciążona, wspomagają miejskie systemy kanalizacyjne w krytycznych sytuacjach. Zielone dachy są jednym ze sposobów przeciwdziałania podtopieniom i powodziom w mieście. W Danii masowo sadzone są drzewa. W 2015 r. władze Kopenhagi wytyczyły sobie cel zasadzenia 100 tys. drzew w ciągu dekady. Ambitny plan uczynienia z Kopenhagi pierwszej zeroemisyjnej stolicy powstał w 2009 r. Efekty pojawiają się stopniowo, ale już są widoczne. Od 2005 do 2017 r. ilość CO₂ uwalnianego do atmosfery udało się ograniczyć o 40%. Emisja na poziomie 2,2 tony rocznie na mieszkańca (średnia UE to 10, a ogóln światowa – 5) pokazuje, że stolica Danii jest na dobrej drodze do osiągnięcia celu (Kucińska 2015).

Także Kraków dołączył do grona sześciu innych europejskich metropolii: Amsterdamu, Edynburga, Malmö, Mediolanu, Leuven i Orleanu, które będą dążyły do zeroemisyjności już w 2030 r. Projekt będzie realizowany we współpracy z mieszkańcami, organizacjami pozarządowymi, ekspertami i przedsiębiorstwami. Władze Krakowa przystąpiły do projektu współtworzonego z EIT Climate-KIC i firmą Pracownia Miejska. Projekt zakłada 10-letnie partnerstwo obejmujące wypracowanie strategii, innowacje i pilotaże, a także realizację projektów, programów i polityk zawierających niezbędne rozwiązania możliwe ze względu na postęp technologiczny. Udział Krakowa w tym przedsięwzięciu potwierdza, że jest ono miastem innowacji, liderem w wielu dziedzinach jak choćby poprawa jakości powietrza czy gospodarka odpadami. Warto przypomnieć, że Kraków jest pierwszym miastem w Polsce, w którym powstała sieć stacji monitoringu jakości powietrza (1991) i które jako pierwsze wprowadziło zakaz palenia węglem i drewnem (01.09.2019). Co więcej, w Krakowie z powodzeniem wdrażane są programy rządowe: „Mój prąd”, „Program ograniczania niskiej emisji”, „Program czyste powietrze”, „Krakowski program małej retencji wód opadowych”. Warto zwrócić uwagę na program „Mój prąd”, który stanowi istotne wsparcie dla rozwoju produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł. Dzięki promowaniu prosumenckiego wytwarzania energii wzmacniane jest nie tylko lokalne bezpieczeństwo energetyczne kraju, ale także poprawie ulega czystość powietrza. Pod koniec 2018 r. funkcjonowało w Polsce 54,2 tys. mikroinstalacji. Był to wzrost o 88% w porównaniu z 2017 r. oraz aż o 235% w porównaniu z 2016 r. (Magiczny Kraków).

W Krakowie dobrze rozwija się zielona i błękitna infrastruktura. Według raportu Najwyższej Izby Kontroli (2019) Kraków znalazł się w pierwszej trójce miast pod względem wydatków na zagospodarowanie i utrzymanie terenów zielonych. W Krakowie dokonano najwięcej zakupów lub zamiany gruntów na potrzeby zwiększania udziału zieleni. W listopadzie 2019 r. ponad 5533 ha

powierzchni stanowiły tereny zielone, istniało 50 dużych parków, 18 parków kieszonkowych i kolejnych 7 było w przygotowaniu, 10 ha zajmowały łąki kwietne. W 2020 r. na terenie Krakowa zasadzonych zostanie 70 tys. młodych drzew. Nowe tereny leśne zajmą powierzchnię ok. 12 ha, czyli trzy razy większą niż Rynek Główny. W krajobrazie miasta coraz częściej widoczne są zielone przystanki, zielone torowiska, zielone ekrany, zielone dachy, zielone ściany, parki kieszonkowe i łąki kwietne. Kwiaty zasiane np. pomiędzy ruchliwymi miejskimi arteriami pełnią funkcję antyśmogową, obniżają temperaturę powietrza i spowalniają odpływ wody do kanalizacji. Utrzymanie łąki kwietnej jest tańsze niż trawnika, ponieważ jest ona koszona tylko raz lub dwa razy w roku. Ponadto kwitnąca od wiosny do wczesnej jesieni roślinność jest niezwykle kolorowa i upiększa wspólną przestrzeń miejską.

Doskonałym sposobem przeciwdziałania negatywnym skutkom klimatu miasta są zielone dachy (Walawender 2015). Podobnie jak łąki kwietne pełnią one trzy podstawowe funkcje:

- redukują zanieczyszczenia powietrza,
- opóźniają odpływ wody opadowej,
- obniżają temperaturę.

Dachy pokryte roślinnością są znacznie chłodniejsze od konwencjonalnych z powodu:

- zwiększonego albedo (współczynnika odbicia promieniowania – A) – większa część promieniowania słonecznego jest odbijana od powierzchni dachu zielonego ($A = \text{ok. } 0,15\text{--}0,4$) w porównaniu ze sztucznym dachem czarnym ($A = 0,1$) co powoduje, że nagrzewa się on w mniejszym stopniu,
- ewapotranspiracji – ochładzanie poprzez parowanie z powierzchni gleby (substratu) oraz transpirację z powierzchni roślin (efekt ochładzania zależy od dostępności pary wodnej oraz temperatury powietrza),
- zacienienia – ochładzanie poprzez zasłonięcie powierzchni dachu roślinnością, która blokuje dopływ promieniowania słonecznego do jego powierzchni (efekt ochładzania zależy od rodzaju roślinności i pory roku).

Badania przeprowadzone w Nowym Jorku (Rosenzweig, Gaffin, Parshall 2006) wykazały, że w upalne letnie popołudnie temperatura powierzchni dachu standardowego może być nawet o 40°C wyższa od temperatury powierzchni dachu zielonego. Średnio (pomiar prowadzone w lipcu 2003 r.) temperatura powierzchni dachu standardowego była wyższa o 19°C w ciągu dnia i niższa o 8°C nocą od powierzchni dachu zielonego. Temperatura dachu ma oczywiście wpływ na temperaturę wewnątrz budynku – w domu pokrytym dachem zielonym była w dzień średnio o 2°C niższa, a w nocy średnio

o $0,3^{\circ}\text{C}$ wyższa niż pokrytym standardowo (Rosenzweig, Gaffin, Parshall 2006). Analiza temperatury dachów na wybranych obiektach zlokalizowanych w centrum Krakowa przeprowadzona przez J.P. Walawendera (2015) na podstawie obrazu satelitarnego Landsat-8 OLI/TIRS zarejestrowanego 7 sierpnia 2013 r. o godz. 9:35 wykazała, że temperatura dachu zielonego była niższa od temperatury dachów zabudowy staromiejskiej o ok. $8\text{--}10^{\circ}\text{C}$ i aż ok. 20°C od dachu centrum handlowego. Temperatura powierzchni dachu zielonego była zbliżona do temperatury zieleni miejskiej (Plant). Przeprowadzona na terenie Krakowa w sierpniu 2013 r. inwentaryzacja wykazała 107 dachów zielonych zainstalowanych na dachach obiektów o różnych funkcjach (od zabudowy mieszkaniowej przez biurową, usługową po obiekty użyteczności publicznej), co składa się łącznie na powierzchnię z dachami zielonymi wynoszącą nieco ponad $56\ 000\ \text{m}^2$. Poza licznymi walorami ekologicznymi tarasy i dachy użytkowe są dodatkową przestrzenią do życia i wypoczynku. W Krakowie tendencją do wykorzystywania dachów i tarasów jako miejsc użytkowych widać wyraźnie. W centrum miasta istnieje kilka zagospodarowanych dachów, gdzie znajdują się modne kawiarnie i punkty widokowe. Zielone dachy i tarasy mają też znaczenie ekonomiczne.

Zgodnie z przepisami Ustawy z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego jednym z obowiązkowych wskaźników zagospodarowania terenu jest ustalenie minimalnego udziału procentowego powierzchni biologicznie czynnej w odniesieniu do działki budowlanej. Powinien to być teren o nawierzchni urządzonej w sposób zapewniający naturalną vegetację roślin i retencję wód opadowych (również w obrębie tarasów i stropodachów) zapewniający naturalną vegetację roślin. Ponieważ nie zawsze jest możliwe pozostawienie niezabudowanej dużej części działki, inwestycja w zielone dachy i tarasy może być optymalnym rozwiązaniem dla zachowania zasad kompensacji przyrodniczej.

W Krakowie prowadzi się również działania mające na celu rozszczelnienie podłoża, np. w parkach i w terenach rekreacyjnych pozostawia się powierzchnie trawiaste i ziemne lub układa nawierzchnie przepuszczalne ze żwiru i kamieni. Zaleca się budowanie parkingów wyłożonych kratownicami betonowymi przepuszczającymi wodę zamiast parkingów z betonowych płyt.

Zmienna intensywność opadów powodująca susze bądź powodzie sprawiła, że miasta uznały konieczność retencjonowania wód opadowych. Decyzja o budowie kanalizacji deszczowej wraz z retencją jest często następstwem zidentyfikowania zagrożeń powodowanych na skutek zmian klimatu i urbanizacji. Stąd koncepcja mia-

sta-gąbki, które zatrzymuje wodę, a następnie powoli ją oddaje. Jednym z działań korzystnie wpływających na zasoby wodne obszarów zurbanizowanych jest magazynowanie wody opadowej, tzw. deszczówki. Umiejętne wykorzystanie deszczówki niesie za sobą nie tylko działania proekologiczne, ale ma też zalety ekonomiczne związane z zagospodarowaniem odzyskanej wody. W Krakowie od 2013 r. udzielana jest dotacja celowa na wykonanie systemów deszczowych do gromadzenia i wykorzystania wód w ramach programu „Krakowski program małej retencji wód opadowych”.

Poprawa jakości powietrza jest jednym z priorytetów władz Krakowa. Dążąc do zapewnienia mieszkańcom możliwości życia w zdrowym środowisku, na wielu szczeblach zarządzania podejmowany jest szereg działań zmierzających do jego poprawy. Z uwagi na występujące przekroczenia wartości dopuszczalnych pyłu zawieszonego PM10 i dwutlenku azotu w 2005 r. został opracowany przez Wojewodę Małopolskiego program ochrony powietrza dla województwa małopolskiego. Po przejęciu w 2008 r. kompetencji w tym zakresie przez władze samorządu województwa kolejne aktualizacje programu uchwały Sejmik Województwa Małopolskiego w latach: 2009, 2011, 2013 i 2017 (Uchwała nr XXXII/451/17 sejmiku województwa małopolskiego z dnia 23 stycznia 2017 r.). Ocena jakości powietrza i obserwacja zachodzących w nim zmian prowadzona jest przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) w ramach państwowego monitoringu. Wyniki pomiarów ze stacji zamieszczane są na stronie internetowej WIOŚ. Na stronie tej dostępne są także do pobrania aplikacje o stanie powietrza. Informacje o stężeniu zanieczyszczeń umieszczane są także na wyświetlaczach zlokalizowanych na przystankach komunikacji miejskiej przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A. na podstawie danych otrzymywanych z WIOŚ w Krakowie. Informacje takie są również wyświetlane na paskach informacyjnych monitorów znajdujących się w pojazdach komunikacji miejskiej.

W 2019 r. władze miasta przeznaczyły 32 mln zł dotacji na likwidację palenisk na drewno i węgiel. Większość mieszkańców w centrum Krakowa, likwidując paleniska, została podłączona do sieci ciepłowniczej należącej do Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej. Coraz więcej budynków użyteczności publicznej i prywatnych domów wytwarza prąd za pomocą paneli fotowoltaicznych na własne potrzeby, a nadwyżki oddawane są do sieci energetycznej. Rozwijany jest niskoemisyjny transport publiczny, wykorzystywane są autobusy hybrydowe i powstaje Szybka Kolej Aglomeracyjna. Do 2030 r. ma być ponad 4 tys. miejsc na parkingach „parkuj i jedź” (P&R). Coraz popularniejsza staje się koncepcja ekono-

mii współdzielenia polegająca na ograniczeniu liczby samochodów w mieście przez zachęcanie mieszkańców do wypożyczania samochodów do jazdy po mieście (np. *traficar*), a nie zakup własnego samochodu. Wskazane jest, aby promować kierowców, którzy wiozą większą liczbę pasażerów, np. podwożąc innych do pracy. Zwiększana jest długość ścieżek rowerowych, która w 2018 r. wynosiła 174,7 km; powstają również wypożyczalnie rowerów miejskich.

Doskonałym przykładem działań proekologicznych w Krakowie jest ekospalarnia, która z powodzeniem przekształca odpady komunalne produkowane przez mieszkańców miasta w energię elektryczną i ciepłą (Ekospalarnia Kraków). Odzyskiwanie energii zawartej w odpadach niemożliwych do wykorzystania w procesach recyklingu i ponownego użycia jest obecnie w Europie najbardziej rozpowszechnioną i proekologiczną metodą utylizacji. W krakowskiej ekospalarni została zastosowana nowoczesna instalacja spełniająca wymagania tzw. najlepszych dostępnych technik, gwarantująca zachowanie najwyższych standardów ochrony środowiska. Zakład spełnia wszystkie standardy określone prawem, które są zdecydowanie bardziej rygorystyczne niż wobec obiektów energetycznych opalanych paliwami kopalnymi. Energia produkowana w ekospalarni jest uznawana częściowo za energię zieloną. Krakowski Holding Komunalny S.A. (KHK S.A.) jako pierwszy operator spalarni odpadów w Polsce podjął wyzwanie związane z przygotowaniem metodyki oraz przystąpieniem do badań odpadów i opracowywaniem wniosków o przyznanie świadectw pochodzenia energii wytworzonej w zakładzie z odnawialnego źródła energii – tzw. zielone certyfikaty. Takimi źródłami są między innymi wiatr, promieniowanie słoneczne, geotermia, a także odpady. Warto przypomnieć, że KHK S.A., właściciel i operator ekospalarni, podobnie jak inne spółki miejskie, w których aż 30% zużywanej energii pochodzi ze źródeł odnawialnych, stawia na produkcję energii zielonej. W kwietniu 2019 r. na budynku administracyjno-biurowym ekospalarni w ramach programu pilotażowego zamontowano 92 ogniwa solarne o łącznej mocy 28,06 kWp (kilowatopików), co pozwoli na uzyskanie 32 690 kWh prądu rocznie. Wytworzony dzięki energii słonecznej prąd jest przeznaczany na potrzeby zasilania budynku. Z kolei w październiku 2019 r. na dachu wiaty parkingowej zamontowano kolejne 42 ogniwa, z których zasilana jest wewnętrzna stacja ładowania samochodów elektrycznych. Warto przypomnieć, że od 1 stycznia do 31 grudnia 2018 r. zakład przekształcił w energię elektryczną i ciepłą 219 951,1 ton odpadów. W tym samym czasie ekospalarnia wytworzyła i wprowadziła do sieci 57 062,8 MWh energii elektrycznej i 817 080 GJ energii

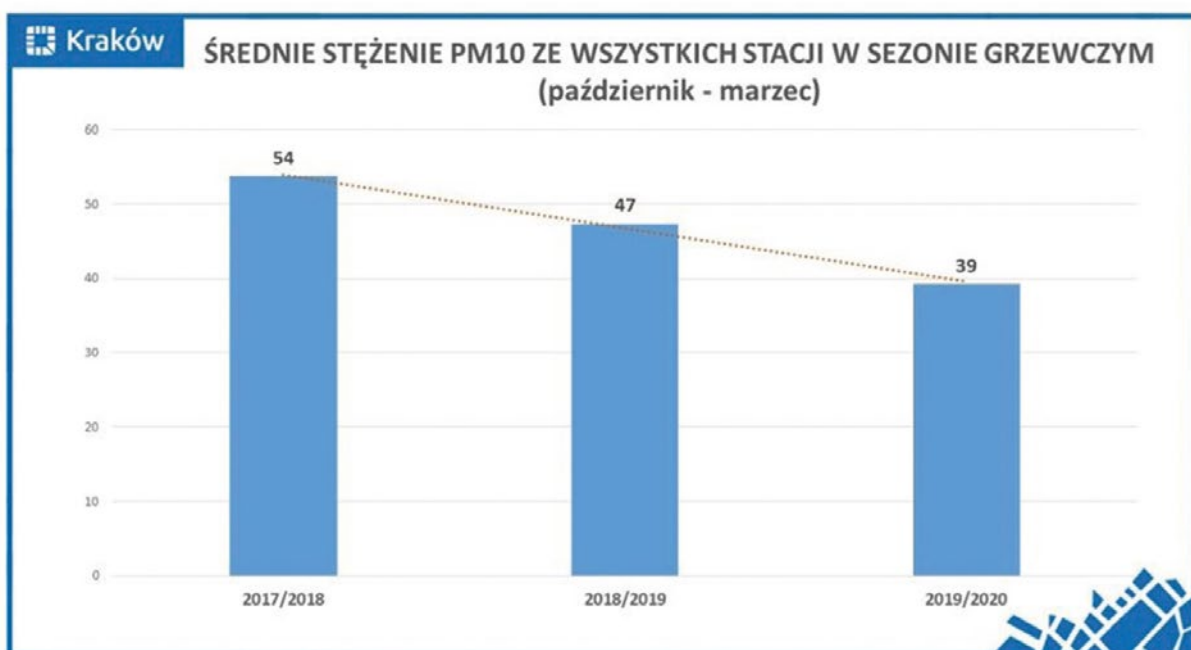
cieplej – to tyle energii, ile w ciągu roku zużywa się na oświetlenie krakowskich ulic, natomiast do miejskiej sieci ciepłowniczej przekazywane jest tyle ciepła, ile potrzeba do ogrzania ok. 8,5% mieszkań podłączonych do ciepła systemowego (Ekospalarnia Kraków). W Ekospalarni spala się dwa rodzaje odpadów: zmieszane odpady komunalne oraz odpady z mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych w Centrum Ekologicznym Barycz pochodzące wyłącznie z terenu Gminy Miejskiej Kraków. W sąsiedztwie ekospalarni na terenach zieleni w 2018 r. powstała pasieka w ramach programu miejskiego Pasieka Kraków. W pięciu ulach mieszka ok. 400 tys. pszczoł. To pierwsza pasieka w Krakowie usytuowana na terenie zakładu przemysłowego.

W Krakowie wprowadzono szereg inwestycji, których celem było nie tylko ograniczenie emisji zanieczyszczeń, ale także uciążliwości hałasem, jak: budowa odcinków miejskich obwodnic, budowa i przebudowa ulic w mieście, usprawnienie systemu zarządzania ruchem pojazdów, budowa ścieżek rowerowych oraz promocja komunikacji rowerowej. Polepszenie stanu klimatu akustycznego, jak również zmniejszenie liczby osób i lokali mieszkalnych narażonych na hałas powinno nastąpić głównie poprzez odciążanie ciągów komunikacyjnych (budowa alternatywnych odcinków dróg), jak również poprzez metody organizacyjne, w tym kontrole i/lub ograniczanie prędkości pojazdów. Należy dążyć również do zapewnienia odpowiedniej odległości nowych obiektów podlegających ochronie przed hałasem od

drogi. Dobrą metodą redukcji hałasu jest również stosowanie nowoczesnych nawierzchni. Należy również wprowadzać ekrany akustyczne zmniejszające oddziaływanie hałasu oraz strefy ograniczonego użytkowania. Istotnym elementem walki z ponadnormatywną emisją hałasu drogowego jest podnoszenie świadomości społecznej użytkowników dróg.

Innymi podejmowanymi działaniami w celu poprawy warunków klimatycznych jest edukacja ekologiczna. Odbywa się ona w urzędach, szkołach i przedszkolach, na internetowych portalach informacyjnych, a także przez organizowanie cyklicznych imprez edukacyjnych takich jak np.: Dni Ziemi, Sprzątanie świata, Krakowska Wystawa Ekologiczna, Rodzinne pikniki ekologiczne, Europejski Tydzień Zrównoważonego Transportu, ścieżka edukacyjna na terenie ekospalarni.

W działaniach proekologicznych często niedoceniana jest rola naukowców. W Krakowie działa np. Rada Programowa ds. Ochrony Powietrza. Jej członkowie są wybitnymi naukowcami i znawcami problematyki ochrony powietrza, przedstawicielami najważniejszych krakowskich uczelni wyższych oraz instytucji naukowo-technicznych. Jednak ciągle współpraca między światem nauki a decydentami jest słaba. Władze lokalne powinny w większym stopniu korzystać z wiedzy eksperckiej naukowców, np. przez zastosowanie nowych technologii albo wskazówek, np. jakie sadzić gatunki drzew i krzewów, aby skutecznie pochłaniały CO₂ i pyły, aby dawały cień, wydzielaly jak najwięcej tlenu, tłumily hałas.



Ryc. 6.

Stężenie PM10 w sezonie grzewczym w latach 2017–2020

Źródło: Magiczny Kraków

Skutki

Prawdopodobnie globalnych zmian klimatu nie da się zatrzymać, ale można poprawić warunki bioklimatyczne w skali lokalnej. Kraków to miasto troszczące się o środowisko, jednocześnie wdrażające odpowiednie regulacje prawne i pomagające mieszkańcom świadomie zmieniać nawyki na coraz bardziej ekologiczne. O poprawie jakości powietrza w Krakowie świadczą dane z ośmiu stacji Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ) zlokalizowanych na terenie miasta (Ryc. 6.). To efekt zaangażowania Krakowian w wymianę ponad 45 tys. palenisk węglowych oraz wejścia w życie zakazu palenia węglem i drewnem.

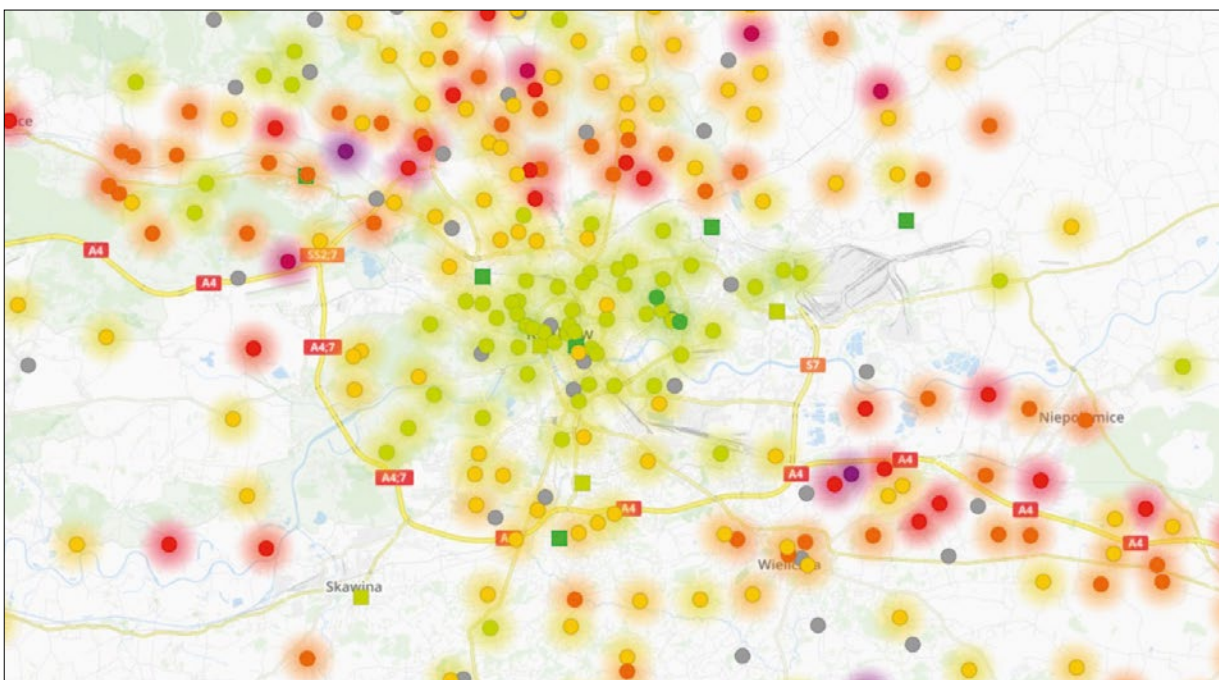
Urzednicy szacują, że likwidacja pieców zmniejszyła emisję pyłu do powietrza o 1,3 tys. ton rocznie. Poziom stężenia średniorocznego pyłu zawieszonego PM10 obniżył się z poziomu $54 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w 2017/2018 r. do $39 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w 2019/2020 r. To oznacza, że średnioroczne stężenie pyłu mieści się w normie ustalonej przez Unię Europejską i Europejską Agencję Środowiska. Kraków, po wprowadzeniu całkowitego zakazu palenia węglem i drewnem i uwolnieniu miasta od 45 tys. pieców, coraz częściej ze względu na stan powietrza nazywany jest zieloną wyspą (Ryc. 7.).

Troska o jakość powietrza, wymiana taboru komunikacji miejskiej na ekologiczny, ekologiczne samochody dla miejskich służb, ochrona ważnych terenów miasta przed zabudową to tylko wybrane działania, które pokazują proekologiczne myślenie o Krakowie – mieście zrównoważonego rozwoju. Tym przedsięwzię-

ciom towarzyszy zwiększenie powierzchni zielonych. W ciągu ostatnich dwóch lat na inwestycje w zielenie miasto wydało ok. 300 mln zł, m.in. na rewitalizację starych parków i zakładanie nowych, sadzenie drzew, a także sadzenie roślin pyłochwytnych i łąk kwiatnych wzdłuż głównych ciągów komunikacyjnych. W 2018 r. miasto nabyło 12,9 ha nieruchomości z przeznaczeniem pod zielenie. Na koniec 2018 r. tereny zielone będące w posiadaniu Gminy Miejskiej Kraków stanowiły 11,2% powierzchni miasta (Urząd Miasta Krakowa 2019). Zielone przestrzenie dostosowywane są do potrzeb i oczekiwań Krakowian. Mieszkańcy korzystają z parków miejskich i parków kieszonkowych tworzonych blisko osiedli oraz siłowni pod chmurką, uczestniczą w piknikach miejskich i seansach kinowych organizowanych w parkach. Miasto wykorzystuje zielony potencjał dostępnych przestrzeni na wiele sposobów, o czym świadczą kolejne przedsięwzięcia, inwestycje w zielenie oraz rewitalizacje.

Wnioski

Na efekty działań proekologicznych trzeba jeszcze poczekać, ale prowadzone inicjatywy wskazują, że za kilkanaście lub kilkadziesiąt lat Kraków stanie się czystym miastem odpowiadającym na wyzwania dużych aglomeracji miejskich w zakresie zmian klimatu. Jak wynika z przeprowadzonej analizy, Kraków jest miastem innowacji, liderem w wielu dziedzinach takich jak poprawa jakości powietrza czy gospodarka odpadami. Wypracowane w Krakowie rozwiązania mogą być wzorem do naślado-



Ryc. 7.
Zanieczyszczenie powietrza w Krakowie i okolicy na podstawie danych z AIRLY
Źródło: baza danych Airly

wania w Polsce i Europie Środkowo-Wschodniej, zatem Kraków może stać się przykładem ekomiasta.

Należy jednak pamiętać, że samo ograniczenie zanieczyszczeń i hasło zeroemisyjności nie rozwiązują problemu skutków zmian klimatu, wzrostu temperatury powietrza, fal upałów, nocy tropikalnych czy braku wody pitnej. W mieście ciągle dużym problemem pozostaje emisja ciepła antropogenicznego (wskutek ogrzewania domów zimą, działania klimatyzacji latem, procesów produkcyjnych w zakładach przemysłowych, intensywnego ruchu ulicznego oraz innych procesów komunalnych) i zamiana powierzchni naturalnych na sztuczne. Powierzchnie betonowe i asfaltowe, które przeważają w mieście, pochłaniają więcej promieniowania słonecznego niż powierzchnie naturalne. Sztuczne powierzchnie charakteryzują się również większą pojemnością cieplną, w związku z czym mają tendencje do gromadzenia ciepła.

Ponadto naturalne procesy ochładzające (parowanie) działają mniej efektywnie niż poza miastem. W mieście przeważają powierzchnie uniemożliwiające wsiąkanie wody w podłoże (asfalt, beton itp.). Woda opadowa szybko spływa i dostaje się do kanalizacji miejskiej, stąd parowanie w mieście jest niewielkie. Złożona geometria budynków w mieście utrudnia efektywne wypromieniowanie energii przez ulice i ściany budynków, ponieważ znaczna jego część jest absorbowana przez otaczającą zabudowę. Efekt ten jest tym silniejszy, im bardziej gęsta jest zabudowa.

Poprawa warunków bioklimatycznych w mieście zależy od właściwego gospodarowania przestrzenią, dlatego urbanisci powinni wskazywać jak najlepsze rozwiązania w planowaniu zabudowy i kształtowaniu zieleni miejskiej, która jest najlepszą metodą melioracji klimatu miasta.

LITERATURA

- Degórska B., Maciejewska A., Jaroszewicz J., 2015, *Klimat akustyczny*, [w:] B. Degórska, M. Baścik (red.), Środowisko przyrodnicze Krakowa. Zasoby – Ochrona – Kształtowanie, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 195–202.
- Fortuniak K., 2003, *Miejska Wyspa ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 233. Dostępne na: http://nargeo.geo.uni.lodz.pl/~meteo/kf/publikacje_kf_PDF/r2003_Miejska_Wyspa_Ciepła.pdf [data dostępu: 07.04.2020].
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018, *Global Warming of 1,5°C*, Szwajcaria. Dostępne na: https://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_spm_final.pdf [data dostępu: 07.04.2020].
- Kaszewski B.M., Siwek K., 1999, *Cechy przebiegu dobowego temperatury powietrza w centrum i na peryferiach Lublina*, [w:] K. Kłyśik (red.), *Klimat i bioklimat miast*, Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica Physica, 3, 213–220.
- Kłyśik K., 1985, *Wpływ struktury termiczno-wilgotnościowej przyziemnych warstw powietrza na klimat lokalny w wybranych warunkach terenowych*, Acta Geographica Lodzianis, 49, 104–109.
- Kratzer P.A., 1956, *The climate of cities*, Braunschweig, Vieweg.
- Kucińska A., 31.10.2015, *Pierwsza na świecie dzielnica odporna na zmiany klimatu*, AdaptCity. Dostępne na: <http://adaptcity.pl/pierwsza-na-swiecie-dzielnica-odporna-na-zmiany-klimatu/> [data dostępu: 07.04.2020].
- Landsberg H.E., 1981, *The urban climate*, International Geophysics Series, 28, Academic Press, Nowy Jork.
- Lewińska J., 2000, *Klimat miasta: zasoby, zagrożenia, kształtowanie*, IGPIK, Kraków, 151.
- Matuszko D., Piotrowicz K., 2015, *Cechy klimatu miasta a klimat Krakowa*, [w:] P. Trzepacz, J. Więclaw-Michniewska, A. Brzosko-Sermak, A. Koło (red.) *Miasto w badaniach geografów*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 1, 221–240.
- Matuszko D., Piotrowicz K., Kowanetz L., 2015, *Klimat*, [w:] B. Degórska, M. Baścik (red.), Środowisko przyrodnicze Krakowa. Zasoby – Ochrona – Kształtowanie, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 81–108.
- Matuszko D., Wojkowski J., 2007, *Zróżnicowanie przestrzenne wybranych cech klimatu Krakowa*, [w:] D. Matuszko (red.), *Klimat Krakowa w XX wieku*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 201–204.
- Oke T.R., 1987, *Boundary Layer Climates*, Routledge, 2nd edition, 262–303.
- Rosenzweig C., Gaffin S., Parshall L. (red.), 2006, *Green Roofs in the New York Metropolitan Region: Research Report*, Columbia University Center for Climate Systems Research and NASA Goddard Institute for Space Studies, Nowy Jork, 59. Dostępne na: <http://pubs.giss.nasa.gov/abs/ro05800e.html> [data dostępu: 07.04.2020].
- Szymanowski M., 2004, *Miejska wyspa ciepła we Wrocławiu*, Studia Geograficzne, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, 77, 288.
- Tamulewicz J., 1997, *Pogoda i klimat Ziemi*, [w:] *Wielka encyklopedia geografii świata*, Wydawnictwo Kurpisz, Poznań.
- United Nations, 2015, *World Urbanization Prospects. The 2014 Revision*, Nowy Jork. Dostępne na: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf> [data dostępu: 07.04.2020].
- Urząd Miasta Krakowa, 2019, *Raport o stanie miasta 2018*, Kraków. Dostępne na: <https://www.bip.krakow.pl/zalaczniki/dokumenty/n/253681/karta> [data dostępu: 07.04.2020].
- Walawender J.P., 2015, *Miejska wyspa ciepła – negatywne skutki urbanizacji oraz możliwości przeciwdziałania (na przykładzie Krakowa)*, serwis internetowy Zielona Infrastruktura. Dostępne na: <http://zielonainfrastruktura.pl/miejska-wyspa-ciepła-negatywne-skutki-urbanizacji-oraz-mozliwosci-przeciwdzialania-na-przykladzie-krakowa/> [data dostępu: 07.04.2020].
- Wawer J., 1998, *Zależność miejskiej wyspy ciepła od cyrkulacji atmosferycznej*, Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica Physica, 3, 45–50.
- Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie, 2018, *Raport o stanie środowiska w województwie małopolskim w 2017 roku*, Kraków. Dostępne na: <http://www.krakow.pios.gov.pl/Press/publikacje/raporty/raport17/raport2017.pdf> [data dostępu: 07.04.2020].
- Wojkowski J., 2007, *Temperatura radiacyjna powierzchni Krakowa [°C] w dniu 6 lipca 2001 roku o godz. 11:57*, [w:] D. Matuszko (red.), 2007, *Klimat Krakowa w XX wieku*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 251.
- Yoshino M., 1975, *Climate in a small area – an introduction to local meteorology*, University of Tokyo Press.

AKTY PRAWNE I ORZECZNICTWA

Uchwała nr XXXII/451/17 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 23 stycznia 2017 r. w sprawie zmiany uchwały nr XXXIX/612/09 Sejmiku Województwa Małopolskiego z dnia 21 grudnia 2009 r. w sprawie „Programu ochrony powietrza dla województwa małopolskiego” zmienionej uchwałą nr VI/70/11 z dnia 28 lutego 2011 r. oraz uchwałą nr XLII/662/13 z dnia 30 września 2013 r., Dziennik Urzędowy Województwa Małopolskiego poz. 811.

Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, DzU 2020 poz. 293 z późn. zm.

ŹRÓDŁA INTERNETOWE I BAZY DANYCH

AIRLY – sieć sensorów powietrza w Krakowie, <https://airly.eu/pl/> [data dostępu: 07.04.2020].

BDL GUS – Bank Danych Lokalnych Głównego Urzędu Statystycznego, <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/start> [data dostępu: 07.04.2020].

Ekospalarnia Kraków, <https://khk.krakow.pl/pl/ekospalarnia/> [data dostępu: 07.04.2020].

Krakowski Alarm Smogowy, <https://krakowskialarmsmogowy.pl/smog> [data dostępu: 07.04.2020].

Magiczny Kraków, https://www.krakow.pl/?dok_id=209662 [data dostępu: 07.04.2020].

Miejski System Informacji Przestrzennej Krakowa – mapa akustyczna Krakowa,

https://msip.krakow.pl/kompozycje_mapowe/229837,2051,komunikat,mapy_halasu_3d_2017.html, [data dostępu: 07.04.2020].

NIK – Najwyższa Izba Kontroli, <https://www.nik.gov.pl/kontrola/wyniki-kontroli-nik/#> [data dostępu: 07.04.2020].

WIOŚ – System monitoringu jakości powietrza, <http://monitoring.krakow.pios.gov.pl/>, [data dostępu: 07.04.2020].

ECO-CITY example of Kraków

#eco-city, #city climate, #pro-ecological activities, #adaptation of cities to climate change, #Kraków

Abstract

The term eco-city stands for an ecological city, operating in accordance with the concept of sustainable development. The aim of the study is to present pro-ecological activities in the field of improving the climate in the city. At the beginning, unfavorable characteristics of the city's climate in the aspect of global warming are described on the example of climatological data from Kraków. Attention was paid to the spatial diversity of climatic conditions depending on the land development. Ways to improve aerosanitary conditions and adaptation of the city to climate change were presented. It has been shown that pro-ecological activities undertaken in Kraków provide the basis for the statement that Kraków may soon become an example of an eco-city, as well as a model for other cities in Poland.