



Prof. dr hab. n. med.  
Cezary Palczyński

Dr n. med.  
Wojciech Dudek

Prof. IMP  
dr hab. n. med.  
Beata Kręcisz

Klinika Alergologii  
i Zdrowia Środowiskowego  
Instytutu Medycyny Pracy  
im. Prof. J. Nofera w Łodzi

Kierownik Kliniki:  
Prof. dr hab. n. med.  
Cezary Palczyński

# Zmiany klimatu, miejska wyspa ciepła i choroby alergiczne

Climate change, urban heat island and allergic diseases

## SUMMARY

Global climate changes is potentially the largest environmental, social and economic threat also from public health and allergology point of view. The effects of these changes are extreme temperature events, worsening of air pollution, extreme weather events and changes in distribution and allergenicity of aeroallergens. This review highlights links between global climate changes, air pollution, aeroallergens asthma and related allergic diseases.

.....

Globalne zmiany klimatyczne stanowią największe zagrożenie środowiskowe, społeczne i ekonomiczne, także z punktu widzenia zdrowia publicznego i alergologii. Efektami tych zmian są m.in. ekstremalne temperatury, zwiększenie zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, ekstremalne zjawiska pogodowe oraz zmiany w dystrybucji i składzie aeroalergenów. W pracy omówiono związki pomiędzy zmianami klimatu, zanieczyszczeniami powietrza, aeroalergenami, astmą i chorobami alergicznymi.

Palczyński C.: Zmiany klimatu, miejska wyspa ciepła i choroby alergiczne, 2012, 4: 26-28

W okresie ubiegłego stulecia średnia temperatura powietrza na Ziemi wzrosła o 0,7°C. Według szacunków Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) średnia globalna powierzchniowa temperatura powietrza w latach 2090-2099 osiągnie wartości wyższe o 1,8 – 4°C od odnotowanej w latach 1980-1999. Nasilenie zmian klimatycznych w ostatnim czasie, jest z dużym, przekraczającym 90% prawdopodobieństwem, wynikiem aktywności ludzkiej. Emisja gazów takich jak dwutlenek węgla, metan, tlenki azotu i para wodna (tzw. gazy cieplarniane) do atmosfery powoduje zwiększenie absorpcji promieniowania podczerwonego przez powietrze i co za tym idzie wzrost jego temperatury. Dekada 2000-2009 była w wielu krajach najcieplejsza w historii – potwierdzając trend obserwowany od 1940 roku - każde następne dziesięciolecie jest cieplejsze od poprzedniego. Zwiększenie stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze jest w przeważającej mierze skutkiem antropogenicznym – wynikiem spalania paliw kopalnych i zmniejszeniem powierzchni lasów. Wzrost liczebności populacji ludzkiej i związane z nim zwiększone zużycie energii oraz zmiany krajobrazu będą pogłębiać te procesy. Ocenia się, że w 2100 roku stężenie dwutlenku węgla w atmosferze będzie od 2 do 4 razy wyższe niż w XVIII. wieku.

**Natomiast, nawet jeżeli wytwarzanie dwutlenku węgla spadłoby do zera, to i tak, ze względu na inercję systemu klimatycznego oraz długi okres pozostawania tego gazu w atmosferze ocieplenie postępowałoby do końca XXI. wieku i prawdopodobnie przetrwałoby setki lat (1).**

Już w chwili obecnej następstwami ocieplenia klimatu są np. występowanie ekstremalnych wartości temperatury

przejawiających się m.in. jako fale upałów, występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych oraz zwiększenie zanieczyszczenia powietrza (2). Prognozowane jest znaczne zwiększenie opadów deszczu w Europie Północnej przy jednoczesnym wystąpieniu nasilającej się suszy w regionie Morza Śródziemnego (3).

Modelem ekologicznych konsekwencji globalnego ocieplenia jest tzw. miejska wyspa ciepła (ang. urban heat island - UHI) będąca przejawem odrębności klimatu miasta poprzez wzrost temperatury powietrza w przyziemnej warstwie atmosfery w stosunku do temperatury powietrza w obszarach pozamiejskich (1). Geneza słowa wyspa związana jest z obrazem izoterm, które wykreślone na planie miasta przyjmują kształt wyspy otoczonej chłodniejszego powietrza. Miejska wyspa ciepła jest zjawiskiem dynamicznym charakteryzującym się bardzo dużą zmiennością dobową i roczną (5,6). W dużych miastach amerykańskich przy sprzyjających warunkach pogodowych różnice temperatur pomiędzy miastem a terenem zamiejskim mogą przekraczać 12°C, podczas gdy w miastach europejskich najczęściej dochodzą do 10°C (7,8). Forma i intensywność miejskiej wyspy ciepła są wynikiem wielu procesów fizycznych takich jak specyficzny bilans radiacyjny miast, duża pojemność cieplna materiałów budowlanych, antropogeniczny strumień ciepła, zmniejszona ewapotranspiracja oraz zmniejszony turbulencyjny transport ciepła. Dodatkowo charakterystyczne dla terenów zurbanizowanych zanieczyszczenia powietrza, głównie pyły, zwiększają efekt kumulacji ciepła poprzez blokowanie i odbijanie wypromieniowywanego przez miasto ciepła z powrotem w kierunku powierzchni ziemi (9).

**Słowa kluczowe:**  
zmiany klimatu,  
miejska wyspa ciepła,  
alergia, astma

**Key words:**  
climate change,  
urban heat island,  
allergy, asthma



Z punktu widzenia zdrowia publicznego zmiany klimatyczne już skutkują lub będą skutkować wzrostem liczby urazów i chorób oraz śmiertelności z powodu katastrof naturalnych i fal upałów, zachorowalności na infekcje pokarmowe i choroby zakaźne (w tym malarię i dengę), zwiększeniem zaburzeń odżywiania z powodu suszy oraz chorobowości i śmiertelności związanej z zanieczyszczeniami powietrza w tym także alergii i astmy.

Oczywiście negatywne efekty zdrowotne będące wynikiem zmian klimatycznych nie obejmą całej populacji ludzkiej w jednakowym stopniu – będzie to zależało od wielu czynników takich jak: położenie geograficzne, wysokość nad poziomem morza, charakterystyka populacji, stopień rozwoju gospodarczego, rodzaj zabudowy czy infrastruktura zdrowia publicznego (1).

Zmiany klimatu wpływają na dystrybucję, ilość i jakość pyłków roślin oraz powodują zmiany w zakresie i długości trwania sezonu pylenia wielu gatunków. Potencjalny wpływ na epidemiologię i przebieg kliniczny chorób alergicznych i astmy wywierany jest także poprzez interakcje pomiędzy aeroalergenami a narastającymi zanieczyszczeniami powietrza, wzrost stężenia ozonu w dolnych warstwach atmosfery oraz ekstremalne warunki pogodowe, szczególnie burze (1,2,3,4).

### Zmiany klimatu i zanieczyszczenia atmosferyczne

Zależności pomiędzy zmianą klimatu, poszczególnymi zanieczyszczeniami powietrza a chorobami alergicznymi są bardzo złożone i w dużej mierze nieznane.

### Ozon

Niemniej stosunkowo dużo wiadomo tutaj na temat potencjalnej roli ozonu ( $O_3$ ) obecnego w dolnej warstwie atmosfery (troposferze). Ozon jest składnikiem smogu fotochemicznego powstającego w wyniku działania światła słonecznego na produkty spalania paliw kopalnych. Jego synteza jest zwiększona w wyższych temperaturach, co jest szczególnie wyrażone na obszarach miejskich w wyniku efektu miejskiej wyspy ciepła. Ta właśnie cecha pozwala oczekiwać wzrostu stężenia ozonu w troposferze wraz ze podwyższeniem temperatury w nadchodzących latach. Jakkolwiek miasta są tu terenami najbardziej zagrożonymi to jednak należy zauważyć, że ozon w troposferze rozprzestrzenia się nie tylko przekraczając granice państw ale także kontynentów. Istnieje coraz więcej dowodów na naturalny „eksport” ozonu np. z Azji do USA. Ponadto głównym źródłem ozonu jest spalanie wodoru – tym samym rezygnacja z paliw kopalnych i powszechne wprowadzenie alternatywnego źródła energii jakim jest wodór nie tylko nie ograniczy a może nawet zwiększyć stężenie atmosferyczne  $O_3$ .

- Ekspozycja na ozon zaostreza przebieg astmy. Znalazło to odzwierciedlenie w wynikach wielu badań epidemiologicznych – zaobserwowano wzrost liczby zgłoszeń z powodu astmy do oddziałów ratunkowych, liczby hospitalizacji oraz zwiększone zużycia przeciwastmatycznych leków ratunkowych.
- Narażenie na ozon powyżej 0,12 ppm przez 1 godzinę spowodowało wzrost liczby zgłoszeń dzieci z powodu zaostreżeń astmy w oddziałach ratunkowych w Atlancie, Mexico City i Los Angeles (1). Ekspozycja na ozon wywiera również efekt adjuwantu.

- U osób chorych na astmę narażonych na ozon w stężeniach od 0,16 ppm do 0,25 ppm stwierdzono nasilenie odpowiedzi bronchospastycznej w przebiegu inhalacyjnych prób prowokacyjnych z alergenami (1).
- Wykazano również, że narażenie na ozon jest czynnikiem pierwotnie wywołującym astmę. Badanie prospektywne przeprowadzone w grupie 3535 dzieci z pierwotnie negatywnym wywiadem astmatycznym, wskazały na związek aktywności fizycznej na wolnym powietrzu uprawianej na terenach z wysokim stężeniem ozonu atmosferycznego a zachorowaniem na astmę. Udowodniono także, że ekspozycja na ozon jest czynnikiem ryzyka zachorowania na astmę u dorosłych niepalących mężczyzn (1).

Prognozowany jest więcej niż dwukrotny wzrost stężenia ozonu w troposferze do roku 2100.

### Tlenki azotu

Tlenki azotu ( $NO_x$ ) są wytwarzane w wyniku procesów spalania węglowodorów w wysokich temperaturach, głównie przez silniki pojazdów. Ekspozycja na  $NO_x$  powoduje zarówno ostre jak i przewlekłe zmiany w czynności płuc, neutrofilowe nacieki w błonie śluzowej oskrzeli, wzmożenie produkcji cytokin prozapalnych oraz zwiększa odpowiedź na inhalowane alergeny (1, 2).

Cząsteczki pyłu zawieszonego w atmosferze pochodzą zarówno ze źródeł naturalnych jak i antropogenicznych – te ostatnie w rejonach miejskich to głównie spalanie paliw płynnych. Pozostają one przez długi czas w atmosferze i mogą być przenoszone na bardzo duże odległości. Narażenie na te cząsteczki pogarsza czynność płuc i przebieg astmy zarówno u dzieci jak i u dorosłych.

**Antropogeniczne cząsteczki pyłu są mieszaniną różnych składników otaczających jądro cząsteczki złożone z węgla. W skład ich wchodzi lotne substancje organiczne (volatile organic substances – VOCs) takie jak toluen i ksylen, metale (żelazo, wanad, miedź, nikiel, cynk), węglowodory aromatyczne, pyłki roślin i endotoksyny.**

### Silniki Diesla

Szczególne znaczenie z punktu widzenia alergologii przypisywane jest cząsteczkom stałym gazów wydechowych silników Diesla (Diesel-exhausted particles – DEP). Ekspozycja na te cząsteczki wywołuje zapalenie dróg oddechowych, niespecyficzną nadreaktywność oskrzeli, nacieki złożone z neutrofilów i limfocytów B w oskrzelach oraz zwiększenie syntezy IgE w błonie śluzowej nosa połączone z nasileniem odpowiedzi alergicznej u osób uczulonych (1).

Należy wspomnieć, że istotnym źródłem pyłu atmosferycznego są skutki zjawisk klimatycznych takie jak pożary lasów, susze i pustynnienie obszarów Ziemi. Klęski żywiołowe pod postacią wielkich pożarów lasów są ponadto związane z emisją rozmaitych związków toksycznych, herbicydów, pestycydów i produktów spalania polimerów (2).

### Zmiany klimatu i aeroalergeny

Takie czynniki meteorologiczne jak temperatura, nasłonecznienie, wilgotność powietrza, opady atmosferyczne, wiatr, wywierają wpływ na emisję i dyspersję pyłków. Podwyższenie temperatury przy towarzyszącym wzroście stężenia dwutlenku węgla w powietrzu (czyli symulacja warunków naturalnych zmienionego w przyszłości klimatu) spowodowało wzrost zawartości głównego alergenu (Amb

a 1) w pyłku ambrozji bylicolistnej – sugeruje to możliwość zarówno zwiększenia częstości występowania uczulenia na ten alergen jak i stopnia nasilenia objawów klinicznych. Niemniej wyniki badań polowych, w których porównano zawartość tego alergenu w pyłkach ambrozji z terenów miejskich (tereny o wysokim stężeniu CO<sub>2</sub> w powietrzu) i wiejskich (o niskiej zawartości gazu) wykazały większą zawartość tego alergenu w drugim przypadku (3,4).

Brzozy rosnące w wyższych temperaturach wytwarzają pyłek o większej zawartości alergenu głównego Bet 1 i większym potencjale alergizującym. Niemniej w przypadku brzozy odnotowano duże różnice osobnicze oraz zmienność regionalną i porównywaną rok do roku w zawartości tego alergenu w pyłkach pomiędzy roślinami tego samego gatunku (3,4)

*Toxicodendron radicans* (dawna polska nazwa: sumak jadowity), rosnący w wyższych temperaturach charakteryzuje się zwiększeniem biomasy i zawartości urushiolu (3-pentadecylkatecholu) – znanej substancji wywołującej kontaktowe zapalenie skóry (3).

Wyniki bardzo wielu badań wskazują, że generalnie ocieplenie klimatu powoduje wcześniejszy termin rozpoczęcia pylenia (dotyczy to np. takich roślin istotnych z punktu widzenia alergologii jak np. bylica pospolita, dąb, brzoza, pokrzywka, trawy). Podobne zmiany zaobserwowano w obrębie miejskich wysp ciepła. Również czas trwania sezonu pylenia uległ wydłużeniu w przypadku roślin kwitnących latem i późnokwitnących oraz we Włoszech w przypadku pokrzywowatych (3,4).

**Zwiększenie stężenia dwutlenku węgla w atmosferze powoduje wzrost biomasy roślin i zwiększa ukwiecenie. Może to powodować zwiększone pylenie – zostało to potwierdzone w np. odniesieniu do ambrozji.**

Wyniki wielu badań wskazują na wpływ zmian klimatycznych na intensywność pylenia, jakkolwiek nie wszystkich gatunków i nie koniecznie znajduje to swoje odbicie w zapadalności na pyłkowicę w populacji (3,4).

Szczególnym zjawiskiem epidemiologicznym, którego częstość występowania rośnie w związku z narastaniem globalnych zmian klimatycznych jest „astma burzowa” (ang. thunderstorm asthma). Termin ten określa epidemie zaostrzeń astmy w czasie gwałtownych burz z licznymi wyładowaniami atmosferycznymi. Zjawisko to związane jest z osmotyczną lizą pyłków i zarodników grzybów w atmosferze skutkującą uwolnieniem alergenów do powietrza atmosferycznego (10).

Globalne ocieplenie wywiera także wyraźny wpływ na rodzaj szaty roślinnej, jej zróżnicowanie i gęstość, zasięg geograficzny gatunków roślin (zarówno horyzontalny jak i wertykalny tj. np. opanowywanie wyższych partii terenów górskich przez gatunki uprzednio tam nie spotykane lub występujące sporadycznie). Również zmiany kierunków wiatrów i ich nasilenia mogą wpłynąć na zapadalność na choroby alergiczne wywołane przez aeroalergeny, ciężkość ich przebiegu klinicznego oraz profil alergenowy uczuleń (1,3,4).

Zmiany klimatyczne mogą wpłynąć także na ekspozycję na alergeny w środowisku wewnętrznym. Zwiększenie wilgotności i temperatury wpływa pozytywnie na wzrost

mikroflory. Nie można tu także zapominać o zagrzybieniu pomieszczeń będącym skutkiem ciężkich i rozległych powodzi w następstwie zaburzeń klimatycznych (2, 3,4,).

### Interakcje pyłki - zanieczyszczenia powietrza

**Chemiczne zanieczyszczenia powietrza mogą powodować wzrost potencjału alergenowego pyłków roślin poprzez wzmoczenie syntezy tzw. białek zależnych od patogenezę (pathogenesis –related proteins – PRP). Białka te są syntetyzowane przez rośliny w odpowiedzi na stresor chemiczny. np. w pyłkach *Cupress arisonica* stwierdzono trzykrotnie wyższą zawartość alergenu Cup a (białko tauamtypopodobne należące do rodziny PRP) w pyłku pochodzącym od roślin rosnących w mieście w porównaniu z pyłkiem roślin z terenów pozamiejskich.**

Jest to jeszcze jeden dowód na konieczność wyjątkowej rozważa w projektowaniu szaty roślinnej terenów zielonych w miastach.

Narażenie tymotki na wyższe stężenia dwutlenku azotu i ozonu powoduje zwiększone uwalnianie ziaren pyłku zawierającego alergeny (3).

Cząsteczki pyłu, będącego istotnym składnikiem zanieczyszczeń powietrza terenów miejskich, stanowią nośnik dla wielu alergenów w tym pyłków roślin, zwiększając biodostępność i poziom narażenia w przypadku ekspozycji inhalacyjnej (3,4).

Narażenie na chemiczne zanieczyszczenia atmosferyczne może wywołać uszkodzenie śluzówki dróg oddechowych i zaburzyć klirens śluzowo-rzęskowy, zwiększając tym samym ryzyko wystąpienia zaostrzenia istniejącej astmy jak również dostępność alergenów dla komórek immunokompetentnych tj. wywierając działanie promujące alergizację (1,2,3).

### Uwagi końcowe

Reasumując, globalne zmiany klimatyczne, których efekty możemy już obserwować stanowią, jak dotychczas, największe zagrożenie środowiskowe, społeczne i ekonomiczne, także z punktu widzenia zdrowia publicznego. Należy jednak pamiętać, iż wszystkie dotychczasowe prognozy, w tym te wygenerowane przez najlepiej dobrane pod względem fachowości zespoły eksperckie mają jedynie charakter spekulacyjny. Tym samym prawdziwy obraz przyszłości planety Ziemia pozostaje nieznany i może zasadniczo odbiegać od przewidywanego, także w odniesieniu do zmian w zakresie epidemiologii alergii i astmy. Ze względu na stosunkowo niewielką liczbę wieloosrodkowych, długoterminowych badań dotyczących aerobiologii i jej wpływu na występowanie chorób alergicznych, szczególnie wśród dzieci, istnieje konieczność tworzenia odpowiednich sieci badawczych o zasięgu międzynarodowym i międzykontynentalnym.

Redukcja stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego oraz wyjątkowo rozważne planowanie szaty roślinnej terenów zurbanizowanych z udziałem ekspertów z dziedziny aerobiologii i specjalistów alergologii są absolutnie niezbędne.

Więcej na [www.eu-uh.edu](http://www.eu-uh.edu) ■

Pracę nadesłano.  
2012.12.02  
Zaakceptowano do  
druku. 2012.12.05

**Piśmiennictwo 1.** Shea K., Truckner R.T., Weber R.W., Peden D.B.: Climate change and allergic disease. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2008, 122, 443-453. **2.** Cucic V.: The influence of climate changes on respiratory allergic and infectious diseases. *HealthMED*, 2012, 6, 319-323. **3.** Cecchi L., D'Amato G., Ayres J.G., et al.: Projections of the effects of climate change on allergic asthma: the contribution of aerobiology. *Allergy* 2010, 65, 1073-1081. **4.** Ziska L.H., Beggs P.J.: Anthropogenic climate change and allergen exposure. The role of plant biology. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2012, 129, 27-32. **5.** Sundborg A.: Local climatological studies of the temperature condition in an urban area. *Tellus* 1950, 2, 222-232. **6.** Bornstein R.D.: Observation of the urban heat island effect in New York City. *J. Appl. Meteorol.* 1968, 7, 575-582. **7.** Landsberg H.E. The urban climate. Academic Press, NY, 1981. **8.** Oke T.R.: The energetic basis of the urban heat island. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 1982, 108, 1-24. **9.** Oke T.R., Boundary layer climates. Methuen, London, 1995. **10.** D'Amato G., Cecchi L., Annasi-Maessano I.: A trans-disciplinary overview of case reports of thunderstorm-related asthma outbreaks and relapse. *Eur. Respir. Rev.* 2012, 21, 1-7.