

### [Akceptuję](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

 

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

## Legenda o smok(g)-u krakowskim i nie tylko

### I. Wprowadzenie:

#### 1. Czym są zanieczyszczenia powietrza?

Zanieczyszczenie powietrza to gazy oraz aerozole (czyli cząstki stałe i ciekłe unoszące się w powietrzu), które zmieniają naturalny skład powietrza atmosferycznego. Mogą one być szkodliwe dla zdrowia ludzi, zwierząt i roślin, a także niekorzystnie wpływać na glebę, wody i inne elementy środowiska przyrodniczego.

Czyste powietrze składa się z gazów, które występują w nim w sposób naturalny. Tlen i azot stanowią 99% suchego powietrza, zaś pozostałe 1% przypada na argon, dwutlenek węgla, hel i inne gazy

śladowe. Ponadto powietrze zawiera parę wodną, od 0,1% w suchym, zimnym powietrzu do nawet 4% objętości w powietrzu wilgotnym i gorącym. Czyste powietrze nie zawiera ani szkodliwych ilości gazów je stanowiących, ani też innych, szkodliwych substancji, które niekorzystnie wpływają na organizmy żywe. Niektóre składniki czystego powietrza, np. dwutlenek węgla, mogą, bowiem być szkodliwe jeśli ich koncentracja (czyli zawartość w powietrzu) wzrośnie znacznie powyżej naturalnego poziomu.

## **2. Podział zanieczyszczeń powietrza.**

Kolory na rycinie odpowiadają kolorom w tekście, gdzie odpowiednie kryteria podziału są objaśnione.

### **Do zanieczyszczeń powietrza należą:**

- 1) gazy i pary związków chem., np. tlenki węgla (CO i CO<sub>2</sub>), siarki (SO<sub>2</sub> i SO<sub>3</sub>) i azotu (NO<sub>x</sub>), amoniak (NH<sub>3</sub>), fluor, węglowodory (łańcuchowe i aromatyczne), a także ich chlorowe pochodne, fenole;
- 2) cząstki stałe nieorg. i org. (pyły), np. popiół lotny, sadza, pyły z produkcji cementu, pyły metalurg., związki ołowiu, miedzi, chromu, kadmu i in. metali ciężkich;
- 3) mikroorganizmy - wirusy, bakterie i grzyby, których rodzaj lub ilość odbiega od składu naturalnej mikroflory powietrza;
- 4) kropelki cieczy, np. kwasów, zasad, rozpuszczalników. Zanieczyszczenia powietrza mogą ujemnie wpływać na zdrowie człowieka, przyrodę ożywioną, klimat, glebę, wodę lub powodować inne szkody w środowisku, np. korozję budowli; lotne zanieczyszczenia powietrza będące substancjami zapachowymi mogą być dodatkowo uciążliwe dla otoczenia.

### **Zanieczyszczenie powietrza pochodzi z dwu głównych grup źródeł.**

- Naturalne zanieczyszczenia powietrza pochodzą z wybuchów wulkanów, pożarów lasów, ale są to także drobinki soli z rozbryzgów wody morskiej, pył kosmiczny i pyłki roślin oraz inne substancje pochodzące z naturalnych źródeł, np. bagien. Zanieczyszczenia te pojawiały się w atmosferze prawie od początku jej istnienia i nie wywoływały większych szkód w środowisku naturalnym.
- Zanieczyszczenia powietrza spowodowane przez działalność ludzi, czyli antropogeniczne, pochodzą z wielu źródeł. Są to np. dymy z kominów domów i fabryk, spaliny samochodowe, rolnictwo, spalanie węgla, ropy i gazu w elektrociepłowniach, górnictwo czy składowanie odpadów. Często te dodatkowe zanieczyszczenia osiągają wysokie, szkodliwe koncentracje w danym miejscu czy regionie. Dym z komina fabryki. Taki dym zawiera spaliny, ale niektóre kominy, zwłaszcza w elektrowniach, emitują tylko parę wodną.

### **Ze względu na typ substancji, zanieczyszczenie powietrza można podzielić na dwie zasadnicze grupy.**

- Gazy pochodzą przede wszystkim ze spalania paliw kopalnych. Zanieczyszczenia gazowe, które wpływają na atmosferę w skali globalnej to dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) i tlenki azotu (np. podtlenek azotu N<sub>2</sub>O).
- Freony (czyli chlorofluorowęglowodory, CFC) nie są już emitowane, bo ich produkcja jest zabroniona, ale te, które już dostały się do atmosfery wciąż wywierają wpływ na klimat. Wszystkie

te gazy nazywamy gazami cieplarnianymi ponieważ są odpowiedzialne za globalne ocieplenie, powodowane zarówno przez działalność człowieka, jak też procesy naturalne.

Główne zanieczyszczenia gazowe powietrza w skali regionalnej i lokalnej to tlenki azotu (NO<sub>x</sub>), dwutlenek siarki (SO<sub>2</sub>), tlenek węgla (CO) oraz wiele różnych węglowodorów (tzw. lotne związki organiczne). Wszystkie one dostają się do atmosfery głównie podczas spalania paliw kopalnych, z wyjątkiem lotnych związków organicznych, które są dostarczane do atmosfery przede wszystkim ze źródeł naturalnych. Zagrożenie dla zdrowia człowieka i środowiska przyrodniczego jest szczególnie duże, gdy dwa lub więcej z tych gazów występują w powietrzu równocześnie, w dużych stężeniach. Zarówno gazy cieplarniane jak też gazy oddziałujące w skali lokalnej to przykłady zanieczyszczeń pierwotnych, które pochodzą ze źródeł znajdujących się na powierzchni ziemi.

### **Ruch samochodowy dostarcza wiele zanieczyszczeń powietrza o znaczeniu zarówno regionalnym, jak też globalnym**

Zanieczyszczenia gazowe o zasięgu regionalnym mogą wchodzić w reakcje chemiczne zachodzące w atmosferze, mogą reagować między sobą. Gdy odbywa się to w obecności światła słonecznego, w wysokiej temperaturze, a czasem także przy wysokiej wilgotności powietrza to mogą się utworzyć zanieczyszczenia wtórne oraz smog fotochemiczny. Smog jest podstawowym problemem dotyczącym jakości powietrza w większości dużych miast na świecie. Głównym jego składnikiem jest ozon (O<sub>3</sub>), który przy wysokim stężeniu może powodować problemy z oddychaniem i pieczenie oczu. Ozon w powietrzu miejskim jest więc zagrożeniem, natomiast działanie ozonu znajdującego się w stratosferze jest dla nas bardzo korzystne, ponieważ pochłania on tam szkodliwe promieniowanie nadfioletowe (ultrafioletowe) docierające ze Słońca. Dowiedz się więcej o smogu fotochemicznym (pole tematyczne "Troposfera")!

Drugim zasadniczym rodzajem zanieczyszczeń są aerozole; są to małe cząstki różnych substancji w stanie stałym lub ciekłym, unoszące się w powietrzu. Aerozole o najmniejszych średnicach stanowią bardzo duże zagrożenie dla zdrowia ludzkiego. Dostają się do atmosfery z tych samych źródeł co gazy i również mogą powstawać w atmosferze wskutek zachodzących tam reakcji chemicznych. Zimą w wielu miejscowościach, zwłaszcza w krajach ubogich, ludzie palą drewnem w piecach aby ogrzać mieszkania. Dym powstający ze spalania drewna zawiera dużo cząstek stałych i może zalegać nad danym obszarem tworząc szkodliwą jakby mgłę. Większe cząstki osiadając powodują powstawanie plam na powierzchni, której dotkną. Mogą one też zaburzać rozwój roślin osiadając na ich liściach.

### **Pożary lasów dostarczają wiele gazów i cząstek stałych do atmosfery**

Jeszcze dwieście lat temu zanieczyszczenia powietrza pochodziły głównie ze źródeł naturalnych. Gwałtowny rozwój przemysłu po roku 1850, oparty na energii ze spalania węgla i ropy naftowej, stworzył wiele nowych antropogenicznych źródeł. Zanieczyszczenie powietrza jest głównym problemem dotyczącym środowiska naturalnego w wielu rejonach świata. Jeśli nie podejmiemy odpowiednich środków zaradczych to problem ten będzie coraz poważniejszy.

### **Naturalne zanieczyszczenie powietrza można podzielić na:**

- nieorganiczne, np. pyły i gazy z erupcji wulkanicznych, cząstki soli z wody morskiej, pył, który

dostaje się do atmosfery w czasie burzy pyłowych, gazy powstające w czasie wyładowań atmosferycznych (w czasie burzy), pył kosmiczny,

- organiczne, na które składają się dymy i pyły z pożarów lasów, niewielkie cząstki roślinne (np. pyłki roślin, zarodniki grzybów), organizmy żywe (np. bakterie) oraz tzw. fitoncydy, czyli lotne związki organiczne wydzielane przez drzewa i kwiaty; jest to mieszanina substancji organicznych produkowanych przez rośliny, np. terpeny i olejki aromatyczne.

### **Antropogeniczne zanieczyszczenia powietrza można podzielić na dwie grupy zależnie od charakteru emisji:**

- kontrolowane emisje, które odbywają się wg określonych przepisów, pod nadzorem wykwalifikowanego personelu,  
- przypadkowe emisje, występujące w czasie np. wyburzania budynków, eksploatacji kamieniołomów, katastrof przemysłowych, wskutek wycieków w instalacjach przemysłowych.

### **Ze względu na przemiany jakim podlegają zanieczyszczenia w atmosferze możemy je podzielić na:**

- pierwotne, czyli szkodliwe substancje emitowane bezpośrednio do atmosfery,  
- wtórne, czyli substancje, które stają się szkodliwe jakiś czas po ich wyemitowaniu lub powstają wskutek reakcji chemicznych zachodzących w powietrzu.

Wszystkie rodzaje zanieczyszczeń wymienione dotychczas są nazywane zanieczyszczeniami zewnętrznymi, jako że ludzie czasami powodują także zanieczyszczenie powietrza wewnątrz pomieszczeń. Powietrze w domach czy innych budynkach jest czasem bardziej zanieczyszczone niż powietrze na zewnątrz, nawet w największych i najbardziej uprzemysłowionych miastach. Zanieczyszczenie wewnątrz pomieszczeń może być spowodowane nieprawidłowym działaniem kominków, pieców, i gazy takie jak tlenek węgla (CO) dostają się wtedy do pomieszczenia zamiast być odprowadzane przez komin. Jest to spory problem zwłaszcza w biednych krajach, gdzie warunki mieszkalne są złe, a paleniska domowe raczej prymitywne i źle wentylowane.

Inne źródła zanieczyszczenia powietrza wewnątrz pomieszczeń to np. palenie tytoniu, używanie chemicznych środków czystości, kosmetyków, albo uprawianie jakiegoś hobby, np. klejenie modeli pojazdów. Wadliwa wentylacja może spowodować wzrost koncentracji zanieczyszczeń powietrza wewnątrz pomieszczeń, ponieważ z jednej strony nie ma dopływu wystarczającej ilości czystego powietrza żeby rozcieńczyć zawartość zanieczyszczeń, a z drugiej strony zanieczyszczenia powietrza nie są odprowadzane na zewnątrz pomieszczeń. Wysoka temperatura i wilgotność powietrza również mogą dodatkowo spowodować wzrost koncentracji zanieczyszczeń w powietrzu. Wielu ludzi żyjących w miastach spędza około 90% czasu wewnątrz budynków. Z tego powodu dla wielu ludzi zanieczyszczenia wewnątrz budynków mogą stanowić większe zagrożenie zdrowotne niż zanieczyszczenia zewnętrzne.

### **Skutki zanieczyszczeń powietrza:**

**Kwaśny deszcz** - opad atmosferyczny o niskim pH. Zawiera kwas siarkowy, powstały w atmosferze zanieczyszczonej tlenkami siarki ze spalania zasilanego węgla oraz kwas azotowy powstały z tlenków azotu. Przyczynia się do zwiększenia śmiertelności niemowląt i osłabienia płuc, powoduje zakwaszanie rzek i jezior, niszczenie flory i fauny, degradację gleby, niszczenie zabytków i architektury.

**Smog** - zanieczyszczone powietrze zawierające duże stężenia pyłów i toksycznych gazów, których źródłem jest głównie motoryzacja i przemysł.

**Odory** (niepożądane zapachy) - skutek obecności w powietrzu zanieczyszczeń pobudzających receptory węchowe (odoranty). Najczęściej są to mieszaniny bardzo wielu różnych związków, występujących w bardzo małych ilościach. Ich oddziaływanie na zdrowie ludzi ma zwykle charakter psychosomatyczny. Rozwiązywanie problemów związanych z uciążliwością zapachową wymaga stosowania specyficznych metod analitycznych (analiza sensoryczna, olfaktometri).

**Dziura ozonowa** - Spadek zawartości ozonu (O<sub>3</sub>) na wysokości 15-20 km głównie w obszarze bieguna południowego, obserwowany od końca lat 80. Tempo spadku wynosi ok. 3% na rok. Największe znaczenie mają w tym procesie związki chlorofluorowęglowe (freony), z których uwolniony chlor (pod wpływem promieniowania ultrafioletowego) atakuje cząsteczki ozonu, prowadząc do wyzwolenia tlenu (O<sub>2</sub>) oraz tlenku chloru(II) (ClO). Tempo globalnego spadku ozonu stratosferycznego pod wpływem działalności człowieka (z wyjątkiem Antarktydy), oszacowane na podstawie badań satelitarnych, wynosi 0,4-0,8% na rok w północnych, umiarkowanych szerokościach geograficznych i mniej niż 0,2% w tropikach. Powłoka ozonowa jest naturalnym filtrem chroniącym organizmy żywe przed szkodliwym promieniowaniem ultrafioletowym. W celu jej ochrony z inicjatywy UNEP (Program Ochrony Środowiska Narodów Zjednoczonych) przedstawiciele 31 państw podpisali w 1987 Protokół Montrealski - umowę zakładającą 50-procentowy spadek produkcji freonów do roku 2000, w stosunku do 1986. Od 1990 obserwowane jest zmniejszenie tempa wzrostu freonów w atmosferze - z 5% rocznie do mniej niż 3%. W 1995 Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii przyznano za badania nad wpływem freonów na ozon atmosferyczny oraz badania nad powstawaniem i reakcjami ozonu atmosferycznego.

**Efekt cieplarniany** - zjawisko zachodzące w atmosferze planety powodujące wzrost temperatury planety, w tym i Ziemi. Efekt wywołują gazy atmosferyczne, zwane gazami cieplarnianymi, ograniczające promieniowanie ciepłe powierzchni Ziemi i dolnych warstw atmosfery do przestrzeni kosmicznej. Odkryty przez Jean Baptiste Joseph Fourier w 1824 i zbadany przez Svante Arrheniusa w 1896 roku. Nazwa pochodzi od zjawiska zachodzącego w szklarni gdy Słońce oświetla pomieszczenie przykryte szkłem, panuje w nim temperatura wyższa niż na zewnątrz. Na planetach Mars i Wenus, czy na księżycu Tytan także zachodzi efekt cieplarniany, ale większość artykułu poświęcona jest Ziemi. Termin "efekt cieplarniany" odnosi się do efektu wywołanego przez czynniki naturalne w atmosferze Ziemi oraz do przypuszczalnych zmian efektu wywołanych przez gazy wyemitowane w wyniku działalności człowieka. Naturalny efekt cieplarniany, jest zjawiskiem bardzo korzystnym dla Ziemi podnosi on temperaturę o około 15 °C (choć podawane są różne wielkości i przyczyny tego efektu). W potocznym rozumieniu ten naturalny efekt jest często pomijany. Zanieczyszczenia powietrza w Polsce.

Stan powietrza atmosferycznego jest uwarunkowany przez emisję zanieczyszczeń do atmosfery z terytorium Polski, transport transgraniczny oraz warunki meteorologiczne. Nadmierne zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego występuje na ponad 20% powierzchni Polski.

**Czynnikami powodującymi taki stan są:**

- energetyka oparta na węglu kamiennym i brunatnym,
- rozwinięty ale nie doinwestowany ekonomicznie przemysł surowcowy,
- niedobór instalacji oczyszczających gazy odlotowe,
- dynamicznie rozwijający się transport samochodowy (pojazdy i drogi),

- opóźnienie w rozwoju prawa ekonomicznego i jego egzekwowania.

Stan czystości powietrza na Górnym Śląsku zależy od emisji zanieczyszczeń z krajowych źródeł przemysłowych oraz ich napływu z Czech i Niemiec. Z terytorium Polski zanieczyszczenia transportowane są nad terytorium wschodnich i północnych sąsiadów. Polska należy do krajów wymieniających zanieczyszczenia tzn. że wielkość „eksportu” zanieczyszczeń jest zbliżona do wielkości „importu”. Szacuje się, że w Polsce ogólna emisja zanieczyszczeń gazowych wyniosła w 1994 r. co najmniej 10 mln t, w tym dwutlenku siarki (SO<sub>2</sub>) - 2,6 mln t (1989- 3,9 mln t, 1991- 3,0 mln t), tlenków azotu - 1,1 mln t (1989-1,5 mln t, 1991-1,2 mln t), tlenku węgla (CO) - 4,4 mln t, lotnych substancji organicznych - 1,7 mln t, amoniaku (NH<sub>3</sub>) - 384 tys. t, dwusiarczku węgla (CS<sub>2</sub>) - 20 tys. t, siarkowodoru (H<sub>2</sub>S) - 9 tys. t i związków fluoru - 4 tys. t, dodatkowo emisja dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) jest szacowana na ok. 400 mln t. Emisja pyłów 1989-94 zmniejszyła się z 2,4 mln t do 1,4 mln t rocznie.

Przestrzenny rozkład emisji zanieczyszczeń jest bardzo nierównomierny - największy poziom osiąga ona na obszarach dużych aglomeracji miejskich oraz głównych okręgach przemysłowych. Zdecydowanie najgorsza sytuacja występuje w województwie śląskim, gdzie na obszarze stanowiącym zaledwie 2,1% powierzchni Polski koncentruje się aż 20-25% krajowej emisji dwutlenku siarki (SO<sub>2</sub>), tlenków azotu i pyłów. Od wielu lat są tu przekraczane wartości dopuszczalnych stężeń wszystkich ważniejszych zanieczyszczeń atmosfery, w tym metali ciężkich, tlenku węgla i węglowodorów. Na obszarach zurbanizowanych, zwłaszcza przy ruchliwych ulicach miejskich występuje podwyższone w stosunku do poziomu dopuszczalnego zapylenie oraz stężenie szkodliwych gazów.

Z kolei Kraków jest drugim co do wielkości miastem w Polsce, zamieszkanym przez 756 tys. ludzi, w którym jakość powietrza jest jedną z najgorszych w Europie. Głównym źródłem zanieczyszczeń powietrza w Krakowie jest niska emisja (ogrzewanie mieszkań węglem i śmieciami). Poza sezonem grzewczym do przekraczania norm zanieczyszczenia przyczynia się transport oraz przemysł.

### **W Krakowie i niektórych miastach Górnego Śląska występuje kwaśny smog typu londyńskiego.**

Zanieczyszczenie powietrza ma ogromny wpływ na życie człowieka. Smog kwaśny poraża oskrzela, drogi oddechowe, układ krążenia. Doprowadza również do degradacji zabytków.

#### **Żeby oczyścić powietrze należy dokonać:**

- zmian technologicznych,
- zamontować skuteczne urządzenia oczyszczające dla źródeł emisji (cyklony, filtry workowe, elektrofiltry, skrubery, odpylacze),
- ustalić prawidłowe kryteria oceny zanieczyszczeń.

Od początku lat 90. obserwuje się zmniejszenie emisji zanieczyszczeń powietrza, co początkowo było spowodowane spadkiem produkcji przemysłowej, obecnie - postępem w instalowaniu urządzeń ochrony powietrza. Wzrasta liczba urządzeń odpylających i ich średnia skuteczność. Powstają nowe instalacje odsiarczania spalin i usuwania z nich tlenków azotu. Ilość zanieczyszczeń zatrzymanych i zneutralizowanych w urządzeniach oczyszczających w przypadku pyłów stanowi ok. 98% zanieczyszczeń wytworzonych, a w przypadku dwutlenku siarki - ok. 26%. W rezultacie tych zmian udział emisji przemysłowych zmniejsza się na rzecz niskiej emisji.

Stężenie pyłów zawieszonych w pomieszczeniach jest o ok. 10% niższe od stężenia na zewnątrz. Stosowanie pokojowych filtrów powietrza HEPA zmniejsza stężenie w pomieszczeniach o ok. 30%.

## II SMOG groźny jak smok



Jednym z najpoważniejszych skutków zanieczyszczeń powietrza jest SMOG.

### 1. Czym jest smog?

Smog jest to najbardziej niebezpieczne dla zdrowia człowieka zanieczyszczenie powietrza. Powstaje w wyniku połączenia dymu oraz mgły lub pary wodnej, a nazwa smog jest połączeniem dwóch angielskich słów, smoke - czyli dym i fog - mgła. Smog jest nazywany inaczej mgłą inwersyjną, gdyż wzrost temperatury wraz z wysokością jest czynnikiem warunkującym jego powstawanie.

Smog to nienaturalne zjawisko atmosferyczne polegające na współwystępowaniu zanieczyszczeń powietrza spowodowanych działalnością człowieka oraz niekorzystnych naturalnych zjawisk atmosferycznych: znacznej wilgotności powietrza (mgła) i braku wiatru. Wchodzące w skład smogu szkodliwe związki chemiczne, pyły i znaczna wilgotność są zagrożeniem dla zdrowia.

### 2. Podział:

**Ze względu na miejsce i warunki powstawania oraz skład chemiczny możemy wyróżnić dwa rodzaje smogu:**

- **Smog londyński**, w skład którego wchodzi: tlenek siarki(IV), tlenki azotu, tlenki węgla, sadza oraz trudno opadające pyły. Występuje głównie w miesiącach od listopada do stycznia podczas inwersji temperatur w umiarkowanej strefie klimatycznej.
- **Smog Los Angeles** (smog fotochemiczny, ozon troposferyczny) - powstaje przede wszystkim w miesiącach letnich, w strefach subtropikalnych. Skład: tlenki węgla, tlenki azotu, węglowodory. Związki te ulegają późniejszym reakcjom fotochemicznym, w wyniku których powstają: PAN (azotan nadtlenoacetylu), aldehydy oraz ozon.

**3. Omówione zostaną obydwa rodzaje, ze szczególnym uwzględnieniem różnic pomiędzy nimi. Krótko scharakteryzowany zostanie też elektrosmog.**

#### A. Smog kwaśny

Smog kwaśny, czarny, zimowy, londyński - wiąże się z występowaniem w atmosferze bardzo wysokich stężeń dwutlenku siarki i drobnego pyłu. W smogu występują również zanieczyszczenia pierwotne takie jak CO, NO<sub>2</sub> i związki organiczne a także zanieczyszczenia wtórne: jony SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> i NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Pierwotne to szkodliwe substancje emitowane bezpośrednio do atmosfery, wtórne zaś to substancje które stają się szkodliwe jakiś czas po ich wyemitowaniu lub powstają w skutek zachodzących reakcji w powietrzu. Stężenia zanieczyszczeń mogą przekroczyć 30-krotnie notowane stężenia średnioroczne.

Wielki smog londyński utrzymywał się w Londynie od 5 do 9 grudnia 1952 roku i został utworzony z wyemitowanych do atmosfery gazów pochodzących głównie z kominów mieszkań i fabryk oraz spalin samochodowych. Smog doprowadził do środowiskowej katastrofy oraz śmierci tysięcy londyńczyków.

### **Przyczyny powstawania smogu kwaśnego:**

- duże emisje głównych składników smogu spowodowane zwiększonym spalaniem paliw kopalnych
- występowanie w zimie niekorzystnych warunków meteorologicznych:
- wyższa cyrkulacja atmosferyczna
- słaby wiatr
- utrzymywanie się warstwy inwersyjnej

### **Warunki te utrudniają wymieszanie zanieczyszczeń w pionie i prowadzą do wzrostu stężeń w przyziemnej warstwie atmosfery.**

- mniejsza efektywność procesów usuwania zanieczyszczeń z atmosfery w okresie zimy:
- dla pokrywy śnieżnej sucha depozycja zanieczyszczeń jest najmniej intensywna
- przemiany chemiczne w niskich temperaturach zachodzą wolniej
- zjawisko smogu potęguje lokalna topografia terenu utrudniająca wymieszanie zanieczyszczeń w atmosferze (np. obszary miast, doliny).

Smog kwaśny powstaje nad obszarami o największej koncentracji zanieczyszczeń. W Europie najwcześniej zaobserwowano zjawisko czarnego smogu w Londynie. Występuje również w Polsce (Kraków, obszar Górnego Śląska), w Czechach i we wschodniej części Niemiec.

Zanieczyszczone masy powietrza rozprzestrzeniają się na dalekie odległości nawet do 1000 km. Szacuje się, że 50-75% całkowitej ilości SO<sub>2</sub> i około 90% całkowitej ilości pyłu zawieszonego rejestrowanych w powietrzu w czasie epizodów smogu kwaśnego w krajach północnych Europy Zachodniej (Niemcy, Beneluks, Francja) pochodzi z Europy Wschodniej. Jest to spowodowane przez wiatry wschodnie. W związku z przewagą wiatrów zachodnich udział emisji z Europy Wschodniej w średniorocznym stężeniu SO<sub>2</sub> w północnej części Europy Zachodniej wynosi tylko ok. 10%.

### **B) Smog czarny:**

Najtragiczniejszy w skutkach, jak już wspomniano zarejestrowano w Londynie w grudniu 1952 r. Maksymalne wartości stężeń średniodobowych SO<sub>2</sub> i pyłów zawieszonych osiągnęły nie notowany do tej pory poziom 5000 µg/m<sup>3</sup> dla każdego z nich. Trwało to dwa tygodnie.

Kolejne poważne epizody wystąpiły w Północno-Zachodniej Europie, w styczniu 1985 i 1987 roku, kiedy maksymalne średniodobowe stężenia SO<sub>2</sub> osiągnęły wartość 900 µg/m<sup>3</sup>, a pyłów (TSP) 700 µg/m<sup>3</sup>. Ich przyczyną była emisja z Europy Wschodniej.



W 1989 roku na obszarze byłej NRD zaobserwowano zjawisko smogu kwaśnego. Średniodobowe stężenia SO<sub>2</sub> wynosiły 1000-2500 µg/m<sup>3</sup>. Natomiast w 1993 roku na obszarze północnej Bohemii w Czechach maksymalne średniodobowe stężenia SO<sub>2</sub> dochodziły do 825 µg/m<sup>3</sup>, a pyłów 480 µg/m<sup>3</sup>.

Średniodobowe stężenie dwutlenku siarki zalecane przez WHO wynosi 125 µg/m<sup>3</sup>, natomiast graniczne stężenie całkowitego pyłu zawieszonego to 120 µg/m<sup>3</sup>.

W Polsce nie odnotowano w ostatnich latach zjawiska czarnego smogu. Jest to związane z redukcją emisji dwutlenku siarki oraz pyłów.

Czarny smog wpływa bardzo niekorzystnie na zdrowie ludzkie i roślinność oraz przyczynia się do ograniczenia widzialności. Jest przyczyną zwiększonej śmiertelności i liczby zachorowań. Dwutlenek siarki jest absorbowany do organizmu przez błonę śluzową nos i górny odcinek dróg oddechowych. Niewielkie ilości docierają do dolnego odcinka dróg oddechowych a z nich do krwiobiegu.

### **Ekspozycja ludzi na duże stężenia SO<sub>2</sub> i pyłów zawieszonych powoduje następujące objawy:**

- Choroby górnego układu oddechowego
- Przewlekłe zapalenie oskrzeli
- Zaostrzenie chorób układu krążenia
- Zmniejszenie odporności płuc na infekcje.

### **C) Smog utleniający**

Smog utleniający nazywany też smogiem fotochemicznym typu Los Angeles - od miejsca pierwszego zaobserwowania, smogiem białym lub smogiem jasnym - typ smogu powstający w słoneczne dni przy dużym ruchu ulicznym. To widoczna z lotu ptaka brunatna mgła, która zwykle pojawia się nad miastami podczas gorącej, słonecznej pogody, kiedy to mieszanka czynników zanieczyszczających powietrze, zwłaszcza spalin wchodzi w reakcję ze światłem słonecznym, w wyniku czego powstaje trujący gaz, czyli ozon. Gaz ten może być przyczyną trudności w oddychaniu.

Smog typu Los Angeles na półkuli północnej obserwowany jest najczęściej od czerwca do września, przy wysokiej temperaturze (pomiędzy 25 a 35°C) i słabym wietrze. Jednym z powodów dla których mamy do czynienia ze smogiem typu fotochemicznego jest przede wszystkim rozwój motoryzacji (zwiększona ilość wydzielanych spalin). W samym Los Angeles smog obserwowany jest przez 95% dni w roku.

Pochodzące ze spalin samochodowych lub ze środowiska związki chemiczne takie jak np. tlenek azotu lub też węglowodory mogą reagować pod wpływem promieni słonecznych z utworzeniem niebezpiecznej mieszanki aerozoli i gazów - jest to podstawowym warunkiem istnienia smogu fotochemicznego.

W krajach uprzemysłowionych strefy umiarkowanej, z powodu słabszego promieniowania słonecznego, tendencje do tworzenia się smogu fotochemicznego są mniejsze. W ciepłych miesiącach letnich, w niektórych rejonach Niemiec powstaje także smog typu Los Angeles, ale o znacznie słabszym natężeniu, niż w strefach subtropikalnych.

Wzrost stężenia smogu fotochemicznego pozostaje w ścisłym związku z motoryzacją. Silniki spalinowe uwalniają do atmosfery zarówno tlenki azotu jak i węglowodory.

Smog fotochemiczny występuje w dzisiejszym czasie szczególnie często na terenach w dużych miast, w okresie letnim. Mówi się, że jest on zastępcą smogu typu londyńskiego po roku 1960, a w Europie

Zachodniej po roku 1980.

### **3. Występowanie:**

Smog charakterystyczny dla miasta Los Angeles, gdyż po raz pierwszy zaobserwowano go w właśnie w tym miejscu. Drugim równie zanieczyszczonym miastem gdzie obserwuje się to zjawisko jest metropolia Meksyk. Nagminnie występuje również w takich miastach jak Santiago, São Paulo, Caracas, Atenach, Kairze, Teheranie, Pekinie, Szanghaju, Bangkoku. Podobnie jak w miastach Niemiec (np. w rejonie Mannheim) w mniejszym stopniu można jeszcze spotkać smog w Tokio, Osace, Nowym Jorku, Paryżu, Rzymie czy Madrycie.

### **4. Skład:**

Nad miastem pojawia się często toksyczna mgła zawierająca tlenki azotu, nadtlenki organiczne i ozon. Podczas występowania smogu utleniającego wykryto ponad 60 substancji zanieczyszczających powietrze, a stężenie ozonu wzrastało 20-krotnie. Wiele substancji tworzących aerozol w środowisku atmosferycznym miasta cechuje się toksycznością i szkodliwym wpływem na zdrowie. Pierwotne zanieczyszczenia atmosfery, na skutek przekroczenia stężenia progowego i pod wpływem promieniowania ultrafioletowego tworzą tak zwane wtórne zanieczyszczenia powietrza.

- Lotne związki organiczne LZO
- Azotan nadtlenku acetylu PAN (PeroxyAcetyNitrate)
- Tlenki azotu
- Tlenek węgla
- Ozon
- Aldehydy, ketony
- Nadtlenek wodoru
- Pyły przemysłowe
- Pozostałe węglowodory

Reakcją fotochemiczną nazywamy absorpcję wysokoenergetycznego promieniowania przez substrat, co prowadzi do szeregu dalszych przemian fotochemicznych z utworzeniem atomów wzbudzonych czy rodników. Reakcjom tym ulegają przede wszystkim tlenki azotu. Duże znaczenie w cyklu fotolitycznym NO<sub>x</sub> mają węglowodory, które same ulegają reakcjom fotochemicznym tylko w niewielkim stopniu, ale są bardzo reaktywne np. z produktami fotolizy NO<sub>2</sub>.

Rodniki to atomy lub cząsteczki zawierające niesparowane elektrony, czyli charakteryzujące się spinem elektronowym różnym od 0 oraz niektóre układy o całkowitym spinie równym 0, lecz wykazujące tzw. polaryzację spinową (np. niektóre stany przejściowe) czasem traktowane są jako dwurodniki.

### **5. Składniki smogu utleniającego:**

- Węglowodory – produkty uwalniające się ze spalinami.

Na szczególną uwagę zasługują 2,4-benzopireny, wykazujące działanie rakotwórcze. Stężenie ich w atmosferze waha się w szerokich granicach - od 0,1 do 300 mg/1000 m<sup>3</sup> powietrza. W niezamieszkanym obszarze benzopireny w powietrzu nie występują.

Wśród zanieczyszczeń istotną grupę stanowią węglowodory, zwłaszcza gazy i ciecze o dużej lotności. Związki te nazwano lotnymi związkami organicznymi - LZO .

- Lotne związki organiczne - LZO (VOCs, ang. volatile organic compounds) - grupa związków

organicznych, wykazujących następujące własności:

- z łatwością przechodzą w postać pary lub gazu
- charakteryzują się wysoką prężnością par i niską rozpuszczalnością w wodzie
- ich temperatura wrzenia mieści się w zakresie: 50-250°C (pomiar w warunkach ciśnienia normalnego 101,3 kPa).

Zawierają również atomy tlenu, wodoru, fluoru, chloru, siarki, azotu, bromu.

**Przykładami LZO mogą być:**

- aceton - farby, pokrycia ochronne, zmywacze, materiały wykończeniowe i uszczelnienia.
- węglowodory alifatyczne (dekan, oktan, heksan) - farby, kleje, procesy spalania, składniki uszczelniaczy, fotokopiarki, benzyna, dywany, linoleum
- węglowodory aromatyczne (toluen, ksylen, benzen) - procesy spalania, kleje, farby, benzyna, linoleum, tynki, masy gipsowe
- związki zawierające chlor (dichlorometan, chlorek metylu, trichloroetan) - tapicerowanie, środki do czyszczenia dywanów, lakiery, zmywacze, rozpuszczalniki, korektory
- octan n-butylu - pokrycia dźwiękochłonne, linoleum, uszczelnienia
- dichlorobenzen - środki przeciw molom, odświeżacze powietrza, dywany
- 4-fenylocykloheksen (4-PC) - farby, dywany
- terpeny - nabyłszczacze, środki czystości, dezodoranty, zmiękczacze, papierosy

Lotne związki organiczne, na które zwraca się w ciągu ostatnich lat szczególną uwagę ze względu na ich reaktywność w atmosferze, powodują powstawanie m.in fotoutleniaczy.

- Nadtlutki organiczne

Są to związki organiczne o wzorze ogólnym  $R_1-O-O-R_2$  (gdzie R - podstawniki organiczne), np. nadtlutek metylu  $CH_3-O-O-CH_3$ , powstają w procesie samoutleniania się eterów, stosowane jako katalizatory i dodatki do paliw.

Nadtlenki organiczne kwasowe, o wzorze ogólnym  $R-CO-O-O-CO-R$ , np. lucidol, nadtlutek acetylu. W reakcji rodników organicznych z dwutlenkiem azotu powstaje azotan nadtlutku acetylu PAN (PeroxyAcetyNIttrate).

$R=CH_3$

Stężenie azotanu nadtlutku acetylu oraz innych wyższych przedstawicieli tej grupy jest największe przy dużym nasłonecznieniu.

- Tlenki azotu - nieorganiczne związki azotu, których nadmiar w powietrzu jest szkodliwy dla zdrowia. Ulegają reakcjom fotochemicznym pod wpływem światła. Ich cykle fotolityczne z rodnikami organicznymi stanowią rdzeń reakcji powstawania smogu utleniającego. Brunatne zabarwienie smogu to głównie skutek nasycenia parami  $NO_2$ .
- Tlenek węgla - czad, produkt niepełnego spalania, niebezpieczny dla zdrowia, znany jako „cichy zabójca”.
- Aldehydy, ketony, np. aldehyd octowy  $CH_3CHO$ , jako zanieczyszczenia wtórne lub pierwotne. Są to substancje organiczne o wzorze ogólnym  $RCHO$  (aldehydy).
- Ozon - tritlen ( $O_3$ ) - jedna z odmian alotropowych tlenu, posiadające silne własności aseptyczne i toksyczne. Stosowany jest przy wyjaławianiu wody oraz pełni ważną rolę w pochłanianiu części promieniowania ultrafioletowego dochodzącego ze Słońca do Ziemi. W stanie wolnym występuje w atmosferze, powstaje w górnych warstwach atmosfery pod wpływem promieniowania ultrafioletowego w wyniku rozpadu cząsteczek  $O_2$  pod wpływem światła i dalszego łączenia się ich.

Maksymalne stężenie ozonu w aglomeracjach miejskich zawierają się w granicach od 0,07 do 0,26 ppm. Zmiany stężenia ozonu zależą od pory dnia, od nasłonecznienia. Dla ludzi, może być trująca jedna cząsteczka ozonu w milionie cząstek atmosfery. W bliskiej odległości od powierzchni kuli Ziemskiej, ozon staje się trucizną. Jest on współuczestnikiem podczas tworzenia się smogu fotochemicznego. Jest zazwyczaj kojarzony z „przyjaznym” nam gazem warstwy ozonowej chroniącej przed szkodliwym promieniowaniem UV, lecz warto pamiętać, że w niższych warstwach troposfery staje się trujący dla organizmów żywych.

- Pyły przemysłowe - wszystkie cząsteczki stałe lub aerozole wytwarzane w procesach przemysłowych i emitowane do środowiska, ich cząsteczki mogą stać się ośrodkami reakcji chemicznych (a nawet ich katalizatorami) i przyspieszyć tworzenie się smogu.

## 6. Reakcje.

Początkowe zanieczyszczenia emitowane do atmosfery takie jak tlenki azotu, węglowodory i inne składniki, wydzielane przez samochody podczas spalania paliwa, na skutek dużych stężeń pod wpływem ich nagromadzenia i promieniowania ultrafioletowego tworzą wtórne zanieczyszczenia powietrza - powstają bardzo reaktywne rodniki, z których w kolejnych reakcjach powstają toksyczne związki, będące zasadniczo nadtlenkami (azotan nadtlenku acetylu). Pojawiają się wraz z nimi dodatkowe składniki takie jak tlenek węgla, ozon, tlenki azotu, aldehydy, węglowodory aromatyczne.

Węglowodory są zdolne do wchodzenia w reakcje z tlenem atomowym i ozonem powstającym w nadmionym cyklu. Dominującą jest tu reakcja z tlenem atomowym, gdzie produktem przejściowym jest wysoce reaktywny wolny rodnik **RO\***.

**Ten rodnik może reagować z tlenkami azotu, tlenem i różnymi węglowodorami. Przebiega to w następujących podpunktach:**

1. Powstaje NO w wyniku błyskawicznie przebiegającej reakcji wolnych rodników z NO<sub>2</sub>. Skutkiem reakcji jest wyeliminowanie z obszaru reakcji NO<sub>2</sub> i wzrost stężenia ozonu.
2. Możliwe staje się powstawanie niezwykle toksycznego azotanu (V) nadtlenoacetylu (nadtlenek organiczny, PAN) w reakcji wolnych rodników z O<sub>2</sub> i NO.
3. Powstają różne szkodliwe związki organiczne w wyniku reakcji wolnych rodników z innymi węglowodorami i tlenem(O, O<sub>2</sub> lub O<sub>3</sub>).

Składająca się z ozonu, tlenku węgla PAN i innych związków organicznych (aldehydów, ketonów i azotanów (V) alkili) mieszanina to elementy smogu tworzące się właśnie w wyniku działania LZO na cykl fotolityczny NO.

**Poniższy opis reakcji uwidacznia jak zachodzi proces powstawania smogu utleniającego :**

- Tworzą się aldehydy i rodniki w reakcji węglowodorów znajdujących się w powietrzu z ozonem;
- Powstają rodniki alkilowe i kwasy organiczne w reakcji węglowodorów z tlenem atomowym;
- Formują się rodniki nadtlenkowe - produkty reakcji wzbudzonych rodników z ozonem;
- W kolejnej reakcji otrzymywany jest z rodników nadtlenowych i tlenków azotu (NO) - dwutlenek azotu (NO<sub>2</sub>);

- Azotany organicznych nadtlenków np. PAN są końcowym produktem reakcji fotochemicznych zachodzących między rodnikami nadtlenkowymi a NOx.

## **7. Szkodliwość**

Smog utleniający jest źródłem szkodliwych wpływów na zdrowie człowieka: powoduje drobne podrażnienia skóry i oczu, często alergię i bóle głowy, nudności, nasilenie objawów astmy, prowadzi także do chorób układu oddechowego i krążenia. Powoduje też niszczące wpływy na zachowanie roślin czy zwierząt.

Jak już wspomniano, niezwykle szkodliwym gazem smogu utleniającego jest ozon: jest gazem drażniącym, powoduje uszkodzenie błon biologicznych przez reakcje rodnikowe z ich składnikami. Po dostaniu się do komórek może hamować działanie enzymów komórkowych, wstrzymując oddychanie wewnątrzkomórkowe. Pierwszymi objawami podrażnienia ozonem (obserwowanym w stężeniach 0,2 µg/dm<sup>3</sup>) są kaszel, drapanie w gardle, senność i bóle głowy. W większych stężeniach może prowadzić do wzrostu ciśnienia tętniczego, przyspieszenia tętna i obrzęku płuc prowadzącego do zgonu (w stężeniach 9-20 µg/dm<sup>3</sup>). Najwyższe dopuszczalne stężenie ozonu w miejscu pracy wynosi 0,1 µg/dm<sup>3</sup>.

Utleniające właściwości smogu mogą doprowadzić do powstawania wielu związków mutagennych i kancerogennych. W wielkich aglomeracjach miejskich narażonych na występowanie smogu odnotowuje się znacznie większą liczbę zachorowań na nowotwory. Toksyczne składniki smogu mają też wpływ na płody i dzieci, szczególnie podatne na ich działanie. Prowadzone przez Amerykański Narodowy Instytut Zdrowia badania pokazują, że dzieci dorastające w bardzo zanieczyszczonych smogiem miastach takich jak Szanghaj czy Los Angeles, rozwijają się 5 razy wolniej niż ich rówieśnicy z mniej zanieczyszczonych miast. Badania wykazują także, że dzieci żyjące na co dzień w smogu mają o wiele mniejszą objętość powietrznej płuc, co się bezpośrednio objawia efektem niedotlenienia mózgu.

Poza problemami zdrowotnymi, istotną cechą smogu jest ograniczenie widoczności. Gęsty dym często przysłania słońce, zamieniając miasta w ponure i ciemne siedliska.

## **8. Elektrosmog:**

Trzeci, nieformalny, typ smogu to elektrosmog. Ten typ smogu związany jest z wytwarzaniem i emitowaniem promieniowania elektromagnetycznego przez urządzenia elektryczne, szczególnie te używanych na co dzień np. telefony komórkowe czy komputery. Podejrzewa się, że nadmiar tych fal w otoczeniu człowieka może mieć zgubny wpływ na jego zdrowie i samopoczucie, np. zwiększać ryzyko zachorowania na nowotwór. Nie ma jednak na to jeszcze żadnych naukowych dowodów, nie musimy więc wyrzucać swoich telefonów do kosza, ale warto obserwować wyniki badań nad tym zjawiskiem.

## **9. Sposoby zapobiegania smogowi.**

Zapobieganie sytuacjom smogowym poprzez zmianę niekorzystnych warunków meteorologicznych jest praktycznie niemożliwe. Jest to wykonalne w tym wypadku jedynie poprzez ograniczenie emisji zanieczyszczeń powietrza. W przypadku smogu zimowego: ograniczenie emisji dwutlenku siarki, pyłów oraz tlenków azotu. W przypadku smogu fotochemicznego(smogu letniego) dotyczy to lotnych związków organicznych, tlenków azotu oraz tlenku węgla.

## **Ograniczenie zanieczyszczeń odbywać się może poprzez:**

- odsiaarczanie węgla ( produkcja koksu),
- stosowanie paliw o wyższej jakości,
- oczyszczanie spalin,
- zakładanie filtrów na kominy fabryk i zakładów przemysłowych,
- zmiana procesów technologicznych,
- korzystanie z czystych źródeł energii: słonecznej, wiatrowej itp.,
- jak najmniejsze wykorzystanie samochodów jako środka transportu ( korzystanie z komunikacji miejskiej, rowerów).

Jak dowodzą przykładu Londynu i Kalifornii są to działania skuteczne. W przypadku Londynu praktycznie zlikwidowano zjawisko smogu zimowego, w czasie którego występowały wysokie stężenia dwutlenku siarki. Znaczny wzrost motoryzacji spowodował jednak, iż zagrożeniem stały się bardzo wysokie stężenia dwutlenku azotu oraz pyłów. Jednakże rygorystyczna polityka ograniczenia emisji spalin z samochodów w Kalifornii doprowadziło do mierzalnego obniżenia stężeń ozonu.

Do czasu kiedy zostaną wyeliminowane lub bardzo znacznie ograniczone wielkości emisji zanieczyszczeń powietrza skazani jesteśmy na działania doraźne: czasowe ograniczenie emisji w sytuacjach, które zagrażają ludzkiemu zdrowiu. Aby takie działania były możliwe także w Polsce zachodzi konieczność:

- określenia na drodze administracyjnej rodzajów zanieczyszczeń powietrza, stężeń alarmowych oraz czasu trwania które dają podstawy do ogłaszania stanów zagrożenia
- opracowanie i wydanie aktów prawnych, które dadzą podstawy do podejmowania działań doraźnych ograniczających zagrożenie zdrowia ludności.

*Opracowała: Katarzyna Sowa-Lewandowska*

## **Literatura:**

1. Stanisław Kamiński: Podstawowe zanieczyszczenia powietrza. Ekoportal.gov.pl.
2. Joanna Kośmider, Barbara Mazur-Chrzanowska, Bartosz Wyszyński: Odory. Wyd. 1. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002. ISBN 978-83-01-14525-5.
3. Krakow Air Quality Details. Air Quality Now.
4. Eko-prognoza dla Małopolski. Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego.
5. Pył PM10. Eko-prognoza dla Małopolski.
6. Wpływ zanieczyszczenia powietrza na zdrowie. Krakowski Alarm Smogowy.
7. Problem zanieczyszczenia powietrza. Krakowski Alarm Smogowy.
8. The Impact of Portable Air Filters on Indoor Air Pollution and Microvascular Function in a Woodsmoke-Impacted Community. Epidemiology, 2009.
9. P. Górecki Niebo dla zielonych, Newsweek, nr 22/2007, 03.06.2007

<http://laboratoria.net/artukul/16255.html>

**Informacje dnia:** [Globalne zagrożenie związane z Omikronem bardzo wysokie Na prehistorycznej Ziemi lało jak z cebra Aktywność wpływa na zdrowie psychiczne w czasie pandemii Picie kawy może obniżyć ryzyko choroby Alzheimera BioNTech rozpoczyna badania nad szczepionką na wariant wirusa Omikron 300 mln zł na technologię RNA w Polsce Globalne zagrożenie związane z Omikronem bardzo wysokie Na prehistorycznej Ziemi lało jak z cebra Aktywność wpływa na zdrowie psychiczne w czasie pandemii Picie kawy może obniżyć ryzyko choroby Alzheimera BioNTech](#)

[rozpoczyna badania nad szczepionką na wariant wirusa Omikron 300 mln zł na technologię RNA w Polsce](#) [Globalne zagrożenie związane z Omikronem bardzo wysokie Na prehistorycznej Ziemi lało jak z cebra](#) [Aktywność wpływa na zdrowie psychiczne w czasie pandemii](#) [Picie kawy może obniżyć ryzyko choroby Alzheimera](#) [BioNTech rozpoczyna badania nad szczepionką na wariant wirusa Omikron 300 mln zł na technologię RNA w Polsce](#)

## **Partnerzy**