



## **VII. Wpływ człowieka na środowisko**

### **2. Wpływ działalności człowieka na atmosferę**

# Atmosfera ziemska

- ◆ **Atmosfera ziemska** jest powłoką wrażliwą na wszelkie antropogeniczne zmiany i łatwo ulega **zanieczyszczeniu**.
- ◆ Niestety przemysł i transport corocznie dostarcza do niej coraz to większych ilości szkodliwych gazów i pyłów.
  - ◆ Nawet jeżeli kraje bogate stają się coraz bardziej ekologiczne, to ze zdwojoną siłą niszczą atmosferę inne państwa.
- ◆ Wśród skutków nadmiernej emisji zanieczyszczeń atmosferycznych wymienia się, m.in.:
  - ◆ kwaśne opady,
  - ◆ zjawisko smogu,
  - ◆ zmniejszanie się ilości ozonu w stratosferze,
  - ◆ ocieplanie się klimatu na Ziemi.



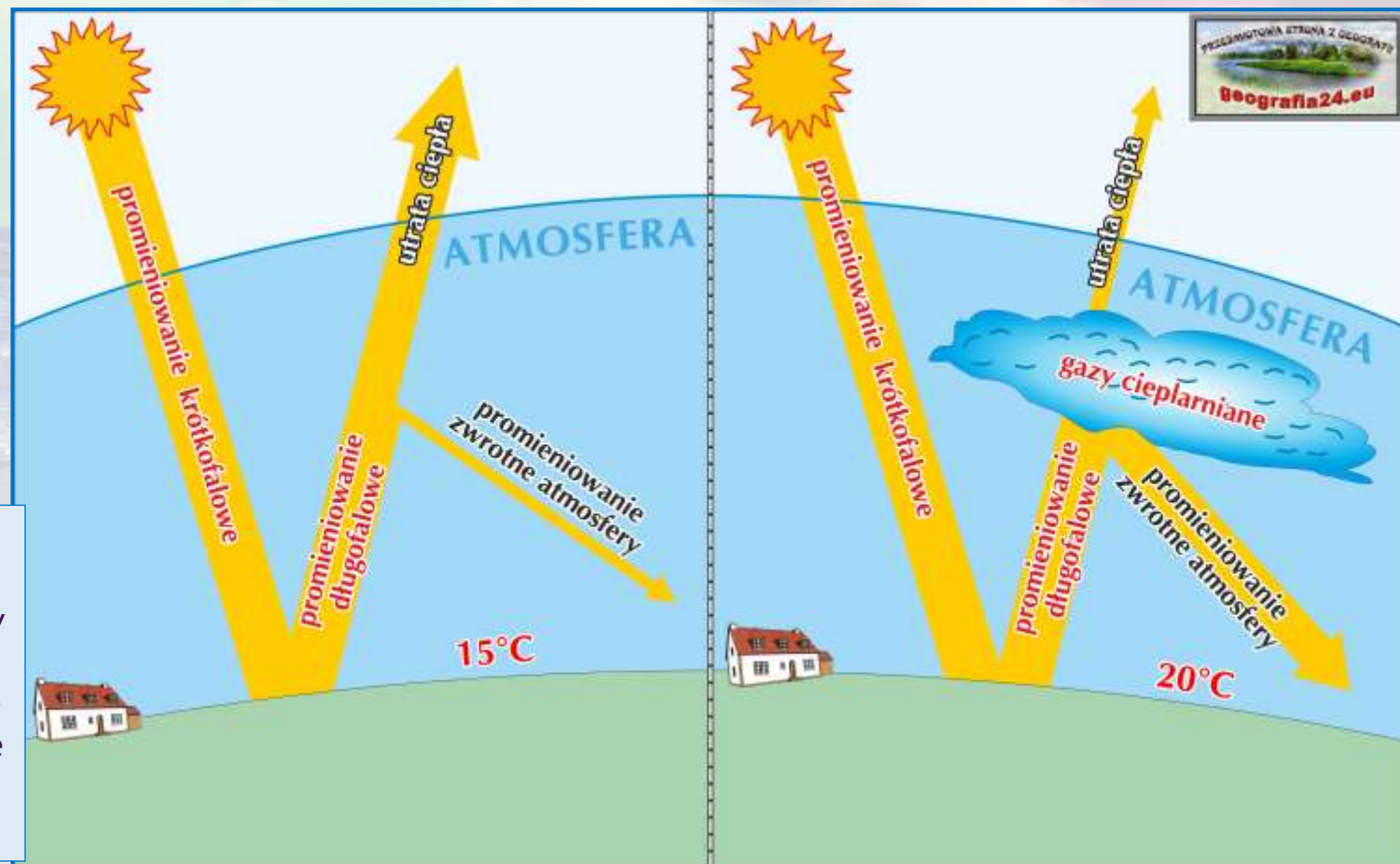
# Efekt cieplarniany

- ♦ **Efekt cieplarniany** – jest zjawiskiem naturalnym, spowodowanym występowaniem atmosfery ziemskiej, która ogrzewa się w wyniku pochłaniania przez nią promieniowania długofalowego emitowanego przez Ziemię.
- ♦ Gdyby nie istniała atmosfera i jej właściwości wywołujące efekt cieplarniany, średnia temperatura powietrza na naszym globie nie wynosiłaby ok.  $+15^{\circ}\text{C}$ , lecz około  $-15^{\circ}\text{C}$ .
- ♦ Świat bez efektu cieplarnianego byłby bardzo niekorzystny do zasiedlenia.
  - ♦ Większość Ziemi byłaby skuta lodem – tylko część okołorównikowa byłaby wolna od lodu!



## Mechanizm intensyfikacji efektu cieplarnianego

Ziemia otrzymuje ciepło w postaci promieniowania krótkofalowego (przenikając przez kolejne warstwy atmosfery promieniowanie to ogrzewa je). Ciepło emitowane przez Ziemię, w postaci promieniowania długofalowego blokowane jest przez tzw. gazy cieplarniane. Skutkiem jest podwyższenie temperatury powietrza w troposferze i na powierzchni samej Ziemi – zjawisko zwane efektem cieplarnianym.



## Jeżeli efekt cieplarniany jest naturalny – to o co chodzi?

- ◆ Problemem występującym na naszej pięknej planecie, za który odpowiedzialny jest człowiek, jest sztuczne wzmocnienie efektu cieplarnianego, w wyniku dostarczania dodatkowych ilości gazów cieplarnianych.
- ◆ Gazy te przez wiele lat kumulują się w atmosferze i prowadzi to do globalnego ocieplenia występującego na Ziemi.
- ◆ Nawet przez kilka tysięcy lat będą one jeszcze oddziaływać na atmosferę ziemską!



# Globalne ocieplenie dziś

- ◆ Naukowcy podają, że w ostatnich 150 latach średnia temperatura powietrza na Ziemi wzrosła o około  $1^{\circ}\text{C}$ .
- ◆ Według pomiarów satelitarnych prowadzonych od końca lat 70. XX w. tempo wzrostu temperatury powietrza przy powierzchni Ziemi wynosi  $0,1\text{-}0,2^{\circ}\text{C}$  na 10 lat.
- ◆ Przewiduje się jednak, że w następnych latach będzie ono jeszcze większe.
- ◆ Pod koniec obecnego wieku temperatura prawdopodobnie wzrośnie do min.  $16^{\circ}\text{C}$ .



# Przyczyny globalnego ocieplenia

- ◆ Trudno jednoznacznie wskazać główną i jedną przyczynę globalnego ocieplenia.
- ◆ Istnieją **dwa odmienne podejścia w wyjaśnieniu przyczyn** tych zmian:
  - ◆ ocieplenie się klimatu jest **procesem naturalnym**, związanym m.in. z **aktywnością Słońca** i **wulkanizmem**:
    - ◆ potwierdzają to okresy globalnego ochłodzenia i ocieplenia występujące na przemian w przeszłości geologicznej Ziemi;
  - ◆ jest to **negatywny skutek działalności gospodarczej człowieka**,
    - ◆ zwłaszcza nadmiernej emisji substancji zwanych **gazami cieplarnianymi**.



Przyczyny efektu cieplarnianego  
Przykład naturalnego procesu – wulkanizmu (po lewej) i przykład działalności człowieka (po prawej)

# Gazy cieplarniane i ich udział w efekcie cieplarnianym

Udział gazów szklarniowych w efekcie cieplarnianym.

Gaz cieplarniany	Ze źródeł naturalnych	Ze źródeł antropogenicznych
Para wodna	95,00	0,001
Dwutlenek węgla	3,50	0,117
Podtlenek azotu	0,90	0,05
Metan	0,29	0,07
Freon i inne	0,02	0,05
<b>RAZEM</b>	<b>99,71</b>	<b>0,29</b>

♦ Zalicza się do nich m.in.

♦ **tlenek węgla(IV) (dwutlenek węgla;  $\text{CO}_2$ )** – produkt:

♦ procesów naturalnych,

♦ np. wybuchy wulkanów,

♦ skutek działalności gospodarczej człowieka,

♦ np. spalanie paliw kopalnych;

♦ **metan ( $\text{CH}_4$ )** – produkt:

♦ rozkładu szczątków roślinnych na obszarach bagiennych i polach ryżowych;

♦ **podtlenki azotu ( $\text{N}_2\text{O}$ )** – produkt:

♦ spalania paliw kopalnych,

♦ wypalania lasów,

♦ stosowania nawozów azotowych;

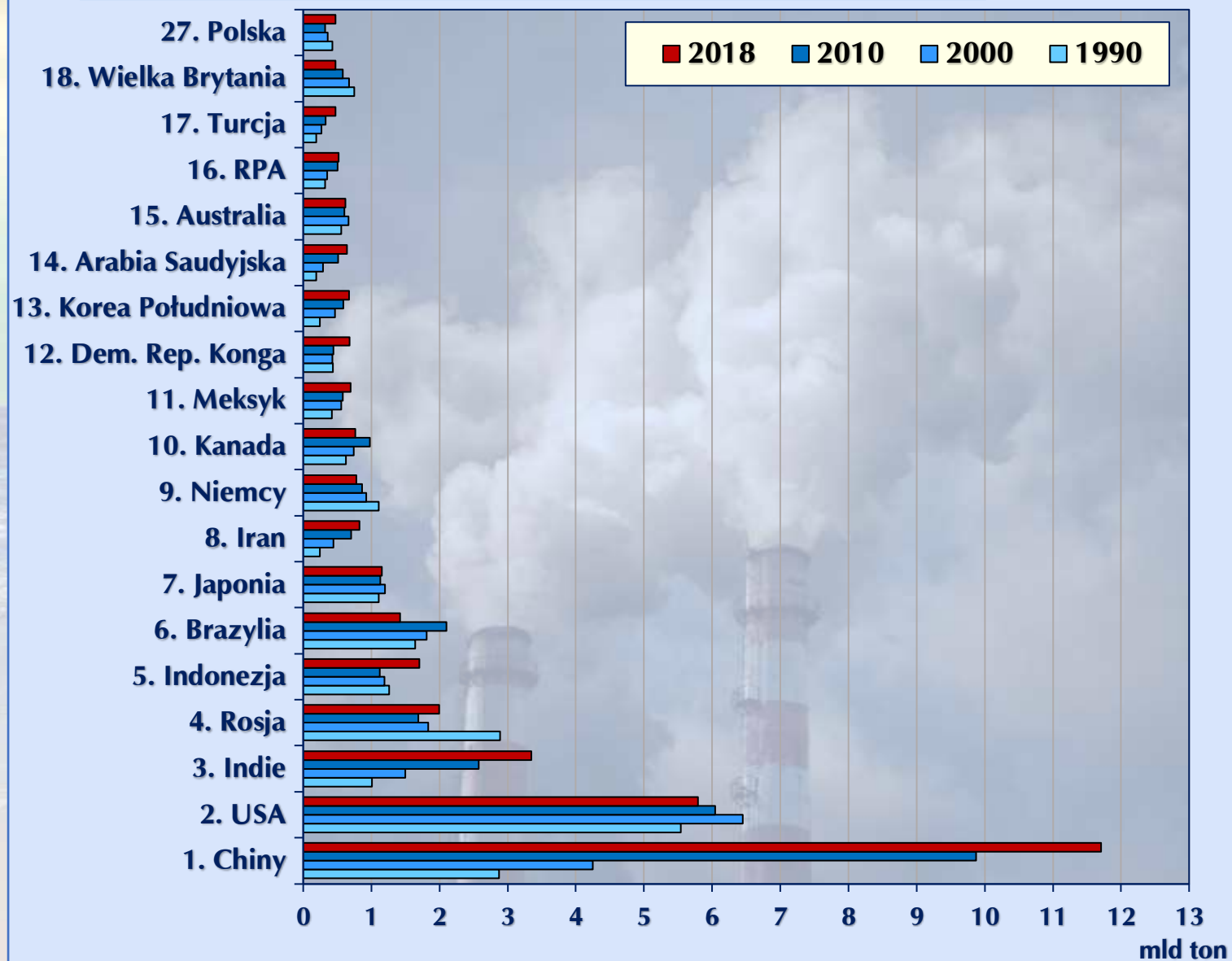
♦ **freony (CFC)** – stosowane powszechnie w XX wieku w chłodziarkach, klimatyzatorach i aerozolach, zaś obecnie uwalniane do atmosfery w wyniku prowadzenia działalności przemysłowej (np. **fluorowęglowodory (HFCs)**, **sześciofluorek siarki ( $\text{SF}_6$ )**, **perfluorowęglowodory (PFCs)**);

♦ **parę wodną** – najpowszechniejszą z gazów cieplarnianych, naturalnie występującą w przyrodzie (jej ilość w atmosferze praktycznie nie zależy od działalności człowieka).

# Wpływ gazów cieplarnianych na klimat

- ◆ Zaledwie niecałe 0,3% gazów cieplarnianych dostaje się do atmosfery w wyniku działalności człowieka, zaś pozostałe 99,7% pochodzi ze źródeł naturalnych.
- ◆ Należy podkreślić fakt, że emisja ze źródeł naturalnych jest równoważona naturalnym pochłanianiem gazów.
- ◆ Zupełnie inaczej jest w przypadku wytwarzania gazów cieplarnianych związanych z działalnością gospodarczą człowieka.
  - ◆ Skutkuje to stałym wzrostem ich udziału w powietrzu atmosferycznym.
- ◆ Emisja gazów cieplarnianych ze źródeł antropogenicznych wzrosła od połowy XIX wieku aż 50-krotnie (i dalej wzrasta).
  - ◆ Produkcja energii elektrycznej, ciepłej i transport odpowiada za prawie  $\frac{3}{4}$  globalnej emisji (duża emisja pochodzi także z rolnictwa).
  - ◆ 64% emisji gazów cieplarnianych pochodzi z zaledwie 10 krajów świata.

Emisja gazów cieplarnianych ze źródeł antropogenicznych wyrażona w ekwiwalencie dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>)



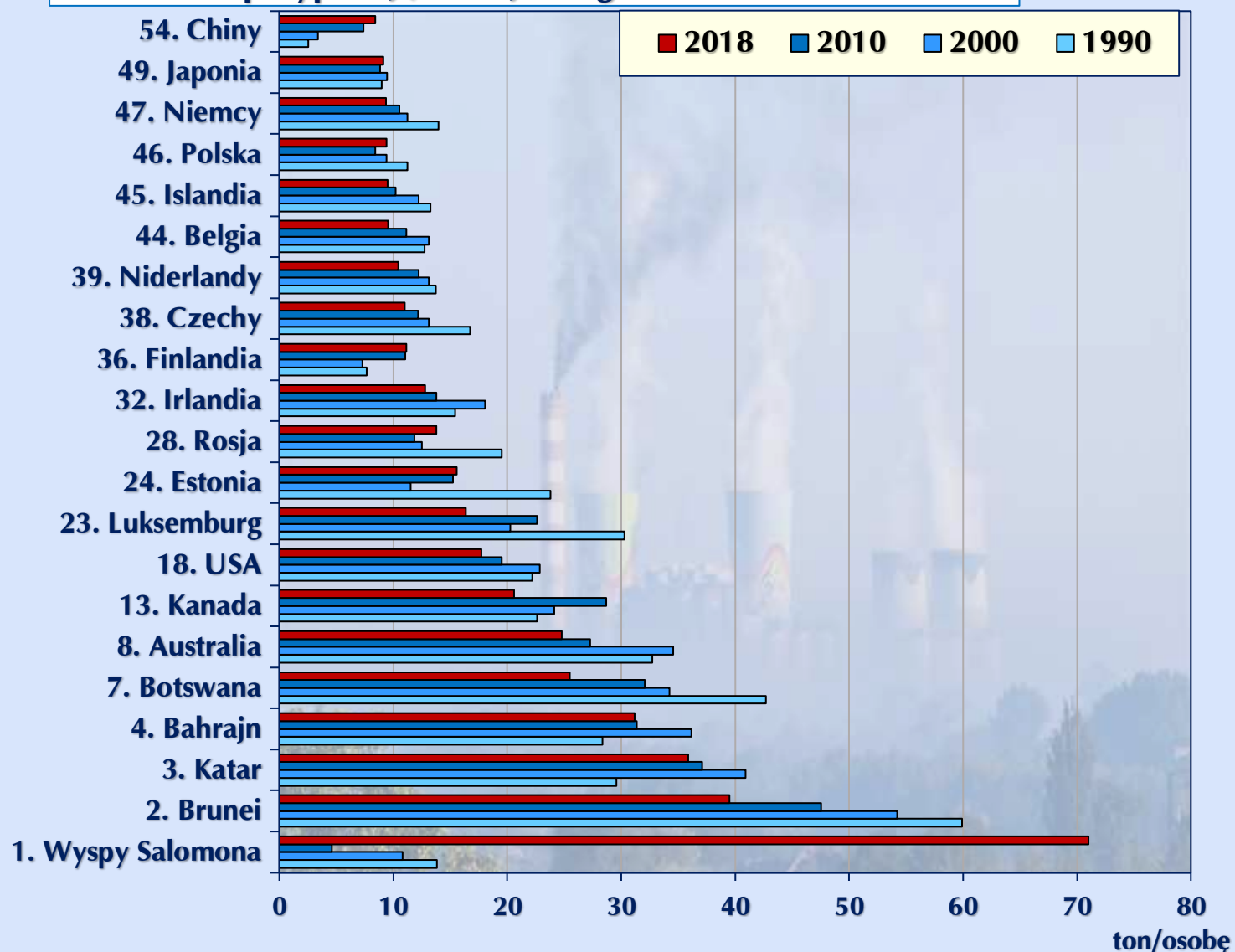


# Wpływ gazów cieplarnianych na klimat

♦ W 2018 r. największymi producentami gazów cieplarnianych na świecie w przeliczeniu na jednego mieszkańca były:

- ♦ Wyspy Salomona,
- ♦ kraje naftowe Zatoki Perskiej (Brunei, Katar, Bahrajn, ZEA, Kuwejt, Arabia Saudyjska),
- ♦ niektóre bogate kraje spoza UE mające duże złoża surowców energetycznych, zwłaszcza węgla (Australia, Kanada, USA),
- ♦ biedniejsze kraje świata, szczególnie o niewielkiej liczbie ludności (Botswana, Gujana, Surinam, Turkmenistan, Republika Środkowoafrykańska, Palau, Belize, Gwinea Równikowa i Mongolia).
- ♦ Kraje Unii Europejskiej zajmują miejsca poniżej 23 na świecie – najwyżej plasuje się Luksemburg, Estonia, Irlandia, Finlandia, Czechy, Niderlandy, Belgia, Polska i Niemcy.
- ♦ Chiny znajdują się dopiero na 54. miejscu.

Emisja gazów cieplarnianych ze źródeł antropogenicznych w wyrażone w ekwiwalencie dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) przypadająca na jednego mieszkańca

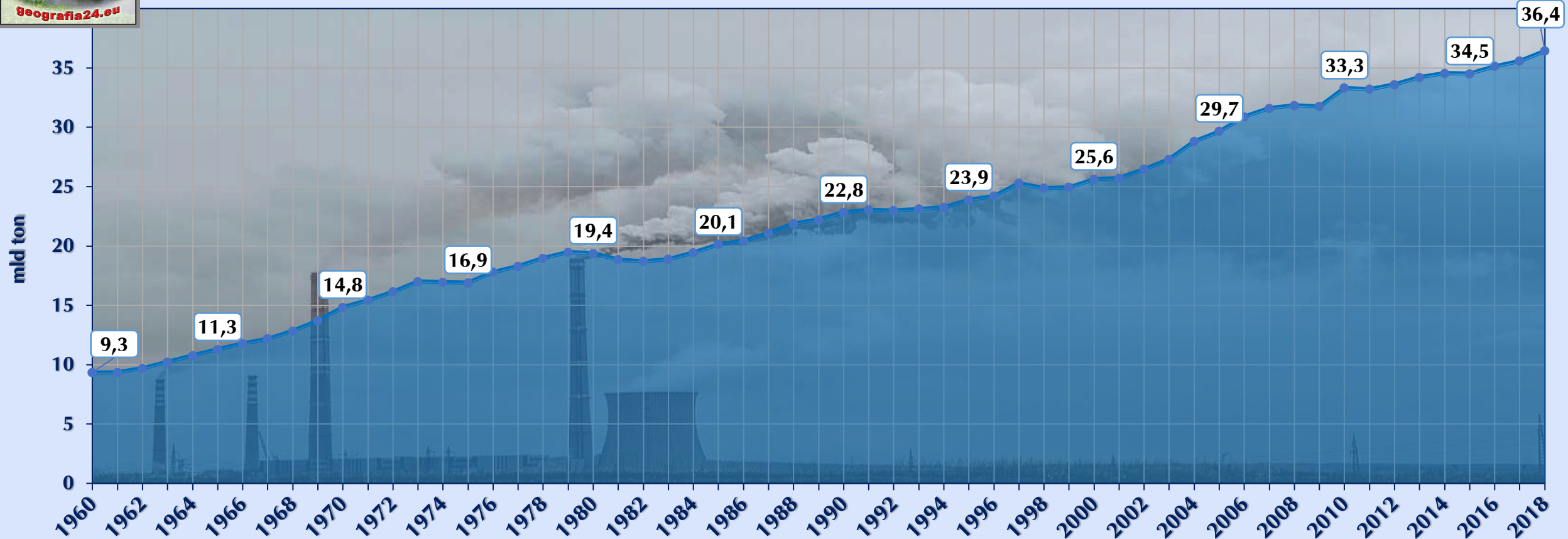


# Wpływ gazów cieplarnianych na klimat – dwutlenek węgla

- ◆ Dwutlenek węgla uważany jest przez naukowców za zdecydowanie najważniejszy gaz cieplarniany.
- ◆ To głównie dzięki niemu obserwujemy wzmożenie efektu cieplarnianego i wzrost średniej temperatury powietrza na Ziemi.
- ◆ Światowa emisja CO<sub>2</sub> ze źródeł antropogenicznych niestety wzrasta i wynosiła ona:
  - ◆ w 1960 roku – 9,3 mld ton, w 2000 roku – 25,6 mld ton, zaś w 2018 roku – 36,4 mld ton.



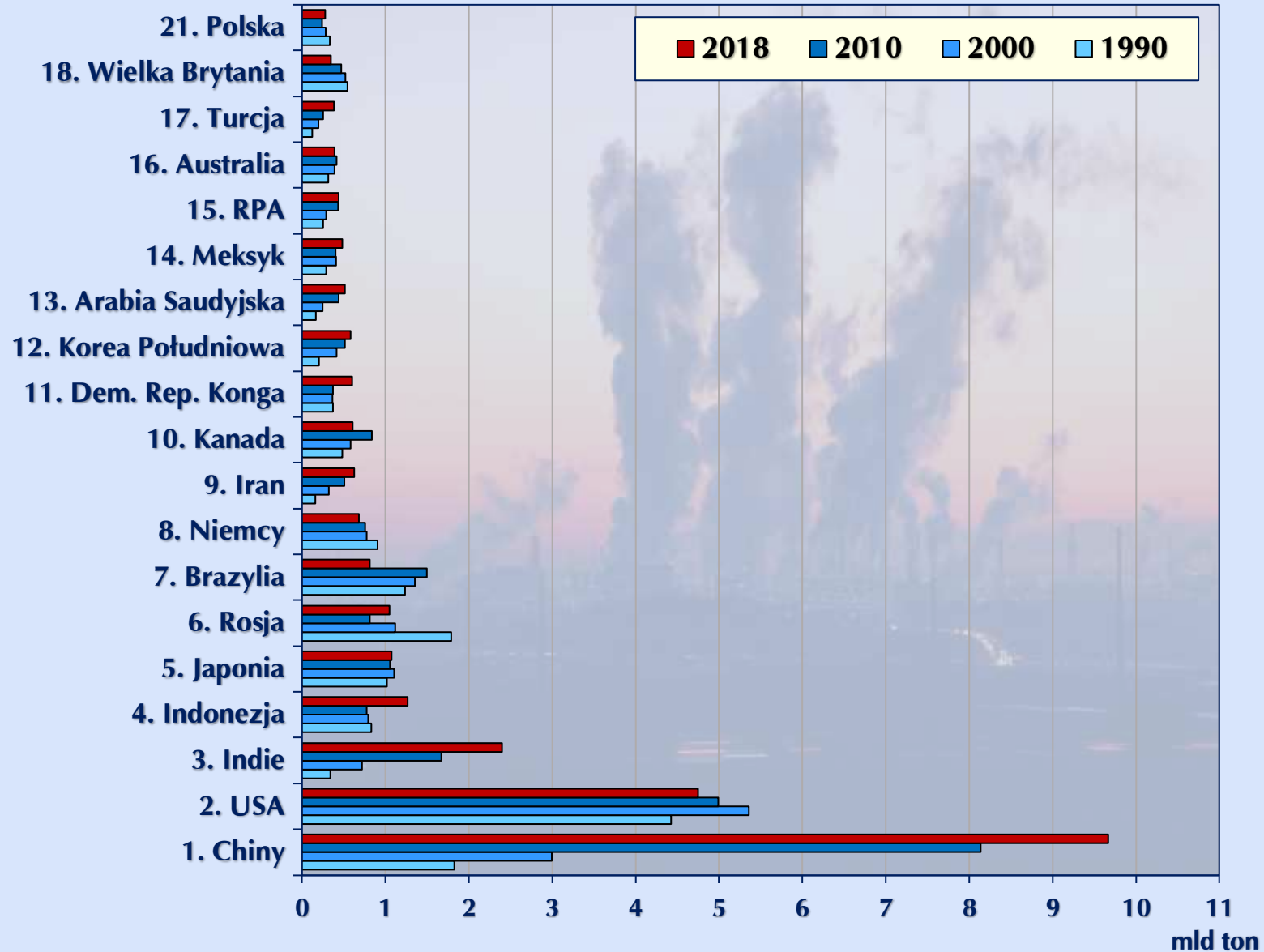
Emisja CO<sub>2</sub> ze źródeł antropogenicznych wyrażona w ekwiwalencie dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) na świecie



# Wpływ gazów cieplarnianych na klimat – dwutlenek węgla



Emisja CO<sub>2</sub> ze źródeł antropogenicznych wyrażona w ekwiwalencie dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>)



◆ W zestawieniu emisji CO<sub>2</sub> ze źródeł antropogenicznych wg udziału na świecie najwyższe plasują się:

- ◆ Chiny – występuje tendencja wzrostowa,
- ◆ USA – niewielki spadek,
- ◆ Indie – tendencja wzrostowa,
- ◆ Indonezja,
- ◆ Japonia,
- ◆ Rosja,
- ◆ Brazylia,
- ◆ Niemcy,
- ◆ Iran,
- ◆ Kanada.

◆ Polska niestety w tym zestawieniu zajmuje wysokie 21. miejsce (szczególnie biorąc pod uwagę naszą liczbę ludności oraz całkowitą ilość produkcji przemysłowej).

# Przyczyny globalnych zmian klimatu

## Przyrodnicze przyczyny globalnych zmian klimatu

- **astronomiczne** – wynikające ze zmian parametrów orbity Ziemi (zmiana odległości od Słońca), wahania nachylenia osi ziemskiej, precesję, przyczyniające się do zmienności natężenia promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi;
- **astrofizyczne** – związane ze zmianami aktywności Słońca, np. plamy słoneczne wpływają na zmiany natężenia promieniowania słonecznego;
- **tektoniczne** – wywołane ruchami skorupy ziemskiej i przemieszczaniem się kontynentów;
- **geofizyczne** – wynikające ze zmian kierunków prądów morskich oraz wahań poziomu wszechoceanu;
- **wulkaniczne** – związane z aktywnością wulkanów, np. duże erupcje powodują wzrost zapylenia atmosfery, a to prowadzi do zmniejszenia osłonecznienia i tymczasowego spadku temperatury powietrza.

## Pozaprzyrodnicze przyczyny globalnych zmian klimatu

Wzrost stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze na skutek działalności człowieka, w tym np.:

- spalania paliw kopalnych,
- produkcji przemysłowej,
- transportu,
- eksploatacji budynków,
- wylesiania,
- spalania biomasy.



Największy udział w antropogenicznym wzmacnianiu efektu cieplarnianego ma dwutlenek węgla emitowany w elektrowniach.



Ponad 50% emitowanego do atmosfery metanu pochodzi ze źródeł antropogenicznych (pól ryżowych i wysypisk śmieci).



# Skutki globalnych zmian klimatu

## Przyrodnicze skutki globalnych zmian klimatu

**Wzrost efektu cieplarnianego powoduje ocieplenie klimatu Ziemi, w którego wyniku następuje:**

- **podwyższanie się granicy wieloletniego śniegu,**
  - skutkuje topnieniem lodowców górskich;
- **topnienie lądolodów, a także zmniejszanie się zasięgu i grubości arktycznego paku lodowego;**
- **podniesienie poziomu wszechoceanu i zwiększenie objętości cieplejszych wód oceanicznych,**
  - wpływa na modyfikację przebiegu prądów morskich;
- **nasilenie ekstremalnych zjawisk pogodowych,**
  - pojawiają się częściej: upały, susze, huragany, ulewne deszcze i powodzie;
- **zmiana granic występowania stref roślinnych,**
  - następuje m.in. powiększanie się obszarów pustynnych i półpustynnych oraz przesuwanie się granicy tajgi i tundry w kierunku północnym;
- **zmiany w składzie gatunkowym flory i fauny;**
- **skutkuje dużym prawdopodobieństwem:**
  - wymarcia gatunków tj. niedźwiedzie polarne, foki czy koralowce.

## Społeczno-gospodarcze skutki globalnych zmian klimatu

- **zagrożenie zatopieniem obszarów przybrzeżnych oraz zatopienie niektórych wysp na skutek podniesienia się poziomu wszechoceanu;**
- **zmniejszanie powierzchni upraw i obszarów hodowli wskutek powiększania się pustyń;**
- **spadek produkcji roślinnej i zwierzęcej na obszarach objętych suszą, prowadzące do narastania zjawiska głodu;**
- **występowanie niedoborów wody pitnej** wynikające ze zwiększania się obszarów objętych suszą;
- **rozprzestrzenianie się chorób tropikalnych,** związane z szybszym rozmnażaniem się owadów i wirusów w cieplejszym klimacie;
- **przesuwanie się w kierunku północnym granicy upraw** niektórych roślin żywieniowych.



W wyniku topnienia pokryw lodowych poziom wszechoceanu może podnieść się do końca XXI w. nawet o kilkadziesiąt centymetrów.

# Zanieczyszczenie powietrza

- ♦ **Zanieczyszczenia powietrza** – substancje w stanie stałym, ciekłym i gazowym, które znajdują się w powietrzu, ale nie są jego naturalnymi składnikami, lub substancje, które występują w powietrzu w stężeniu większym niż średnie naturalne wartości.



# Źródła zanieczyszczeń powietrza

- ◆ Na Ziemi występuje bardzo wiele **źródeł zanieczyszczeń powietrza**, które najczęściej dzieli się na dwie grupy:
  - ◆ **źródła naturalne** – wybuchy wulkanów, pożary lasów, burze pyłowe, pyły kosmiczne;
  - ◆ **źródła antropogeniczne** – powstałe w wyniku działalności człowieka, obejmujące m.in. emisję gazów i pyłów do atmosfery (zwłaszcza przez wielkie miasta i okręgi przemysłowe) m.in. przez:
    - ◆ **działalność przemysłową** (przemysł mineralny – przy produkcji cementu, przemysł metalurgiczny – hutnictwo, przemysł chemiczny – przy przeróbce ropy naftowej, produkcji nawozów sztucznych i substancji chemicznych, przemysł spożywczy – produkcja cukru),
    - ◆ **energetykę cieplną** (wydobycie surowców energetycznych oraz produkcja energii elektrycznej i ciepłej);
    - ◆ **transport** (lądowy – szczególnie samochodowy, powietrzny i wodny),
    - ◆ **czynniki bytowe** (kotłownie, paleniska domowe),
    - ◆ **gromadzenie i utylizację odpadów stałych i ścieków** (wysypiska śmieci i oczyszczalnie ścieków),
    - ◆ **działalność rolniczą** (stosowanie środków ochrony roślin i nawozów sztucznych, wypalanie łąk).



# Grupy zanieczyszczeń powietrza

- ◆ Do atmosfery przedostają się zanieczyszczenia z dwóch głównych grup:
  - ◆ **zanieczyszczenia gazowe**, np. dwutlenek węgla, tlenek węgla, dwutlenek siarki i tlenki azotu;
  - ◆ **zanieczyszczenia pyłowe**, np. pyły zawieszone, które opisuje się za pomocą liter PM i liczby (np. zapis PM 2,5 oznacza aerozole o średnicy nie większej niż 2,5  $\mu\text{m}$ , zaś PM 10 – o średnicy nie większej niż 10  $\mu\text{m}$ ).





# Zanieczyszczenie powietrza przez przemysł i transport

- ♦ **Przemysł emituje do atmosfery** duże ilości zanieczyszczeń, tj.: **dwutlenek siarki**, **tlenki azotu** oraz **dwutlenek węgla**.
- ♦ Najwięcej emitują elektrownie spalające węgiel brunatny i węgiel kamienny.
  - ♦ W krajach wysoko rozwiniętych gospodarczo w ostatnich latach nastąpiło zmniejszenie wykorzystania tych surowców w produkcji energii elektrycznej.
- ♦ **Transport samochodowy** jest natomiast istotnym źródłem emisji związków **siarki** i **azotu**.



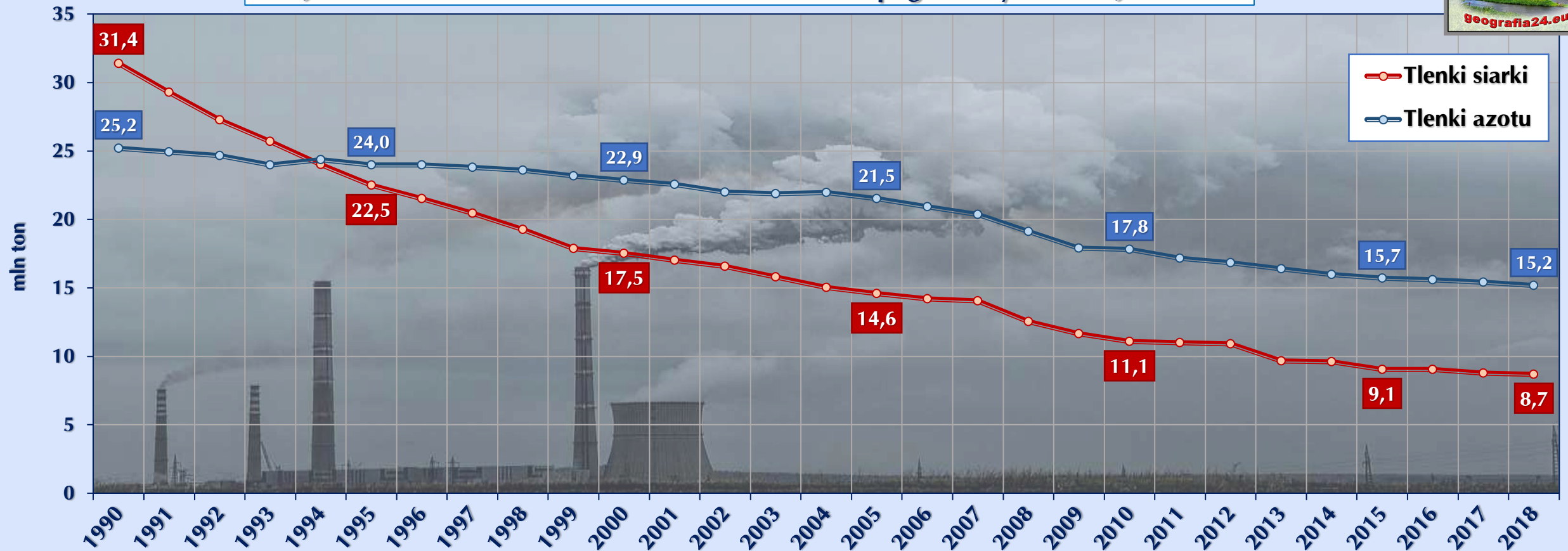
Zanieczyszczone powietrze w Pekinie



# Zanieczyszczenie atmosfery tlenkami siarki i tlenkami azotu

- ◆ Niekorzystny wpływ na środowisko tlenków siarki ( $\text{SO}_x$ ) i tlenków azotu ( $\text{NO}_x$ ), które są silnie toksyczne i trujące dla człowieka, czy środowiska, obserwujemy głównie w skali regionalnej.
- ◆ Poczującym faktem jest to, że ich emisja w krajach OECD z roku na rok maleje (zwłaszcza w Unii Europejskiej).
- ◆ Emisja tlenków azotu ze źródeł antropogenicznych w krajach OECD w 2018 roku wynosiła 15,2 mln ton, zaś emisja tlenków siarki – 8,7 mln ton.

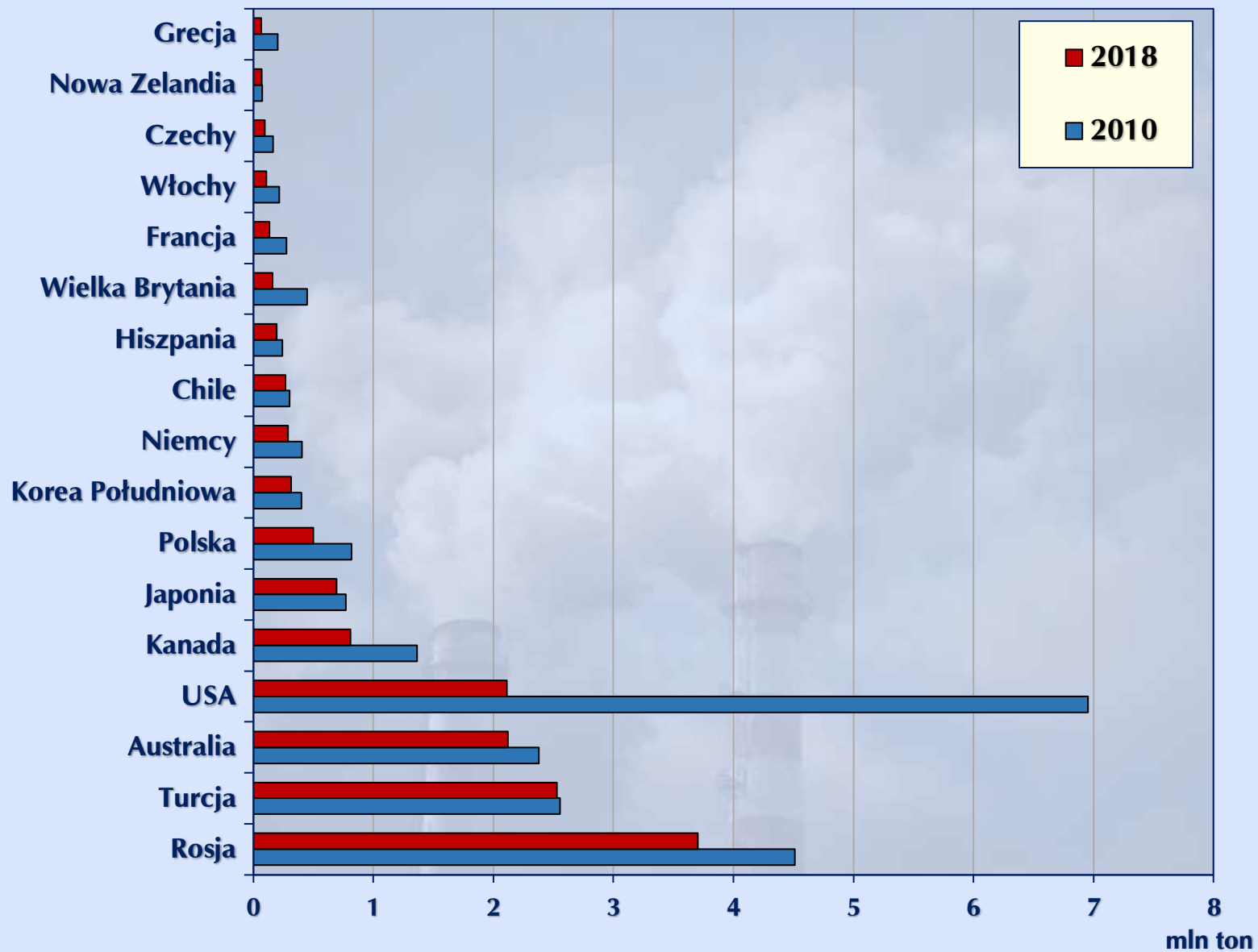
Emisja tlenków siarki i tlenków azotu ze źródeł antropogenicznych w krajach OECD



# Zanieczyszczenie atmosfery tlenkami siarki w krajach Unii Europejskiej, Rosji i innych

- ◆ Niestety Polska wciąż wytwarza najwięcej tlenków siarki ze wszystkich krajów Unii Europejskiej.
  - ◆ Z krajów OECD jedynie więcej wytwarzają: Turcja, Australia, Stany Zjednoczone, Kanada i Japonia.
  - ◆ Dużymi emiterami światowymi są także: Chiny, Indie i Rosja.
- ◆ Wynika to głównie ze struktury produkcji energii, która jest oparta na spalaniu węgla zawierającego domieszki siarki.
- ◆ W krajach Unii Europejskiej:
  - ◆ 71% emisji tlenkami siarki pochodzi z działalności elektrowni, ciepłowni i rafinerii,
  - ◆ 24% związana jest z działalnością przemysłu (np. produkujących opony, nawozy sztuczne),
  - ◆ 1% wynika z działalności transportu.

Emisja tlenków siarki (w przeliczeniu na SO<sub>2</sub>)  
w wybranych krajach OECD i Rosji



# Zanieczyszczenie atmosfery tlenkami azotu w krajach Unii Europejskiej, Rosji i innych

◆ Polska jest także znacznym emitentem tlenków azotu.

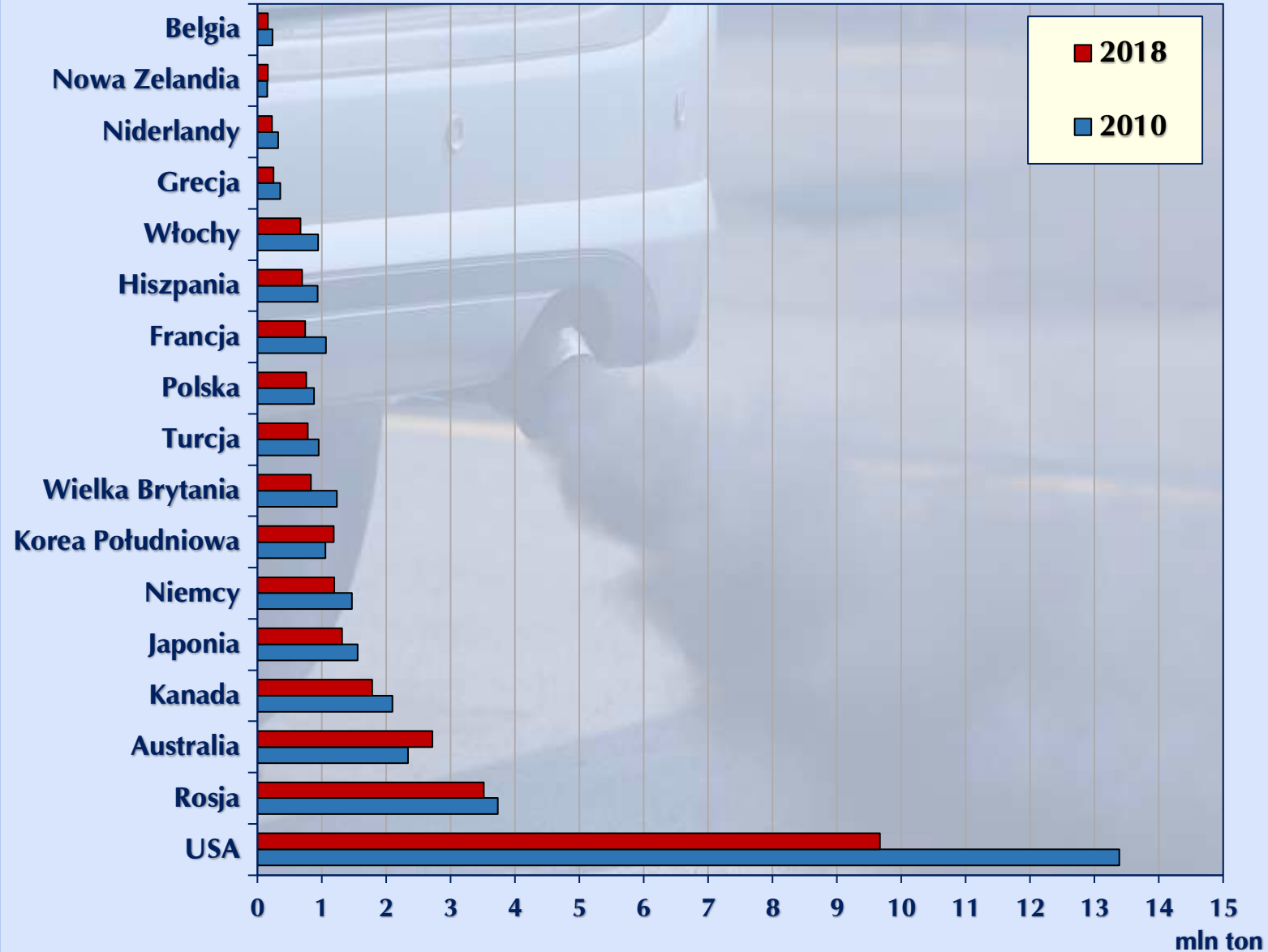
◆ Wśród krajów OECD największe ich ilości emitują: Stany Zjednoczone, Australia, Kanada i Japonia.

◆ W Unii Europejskiej głównymi emitentami są: Niemcy, Wielka Brytania, Polska (trzecie miejsce wśród krajów UE), Francja, Hiszpania, Włochy i Grecja.

◆ W krajach Unii Europejskiej największe ilości tlenków azotu emituje:

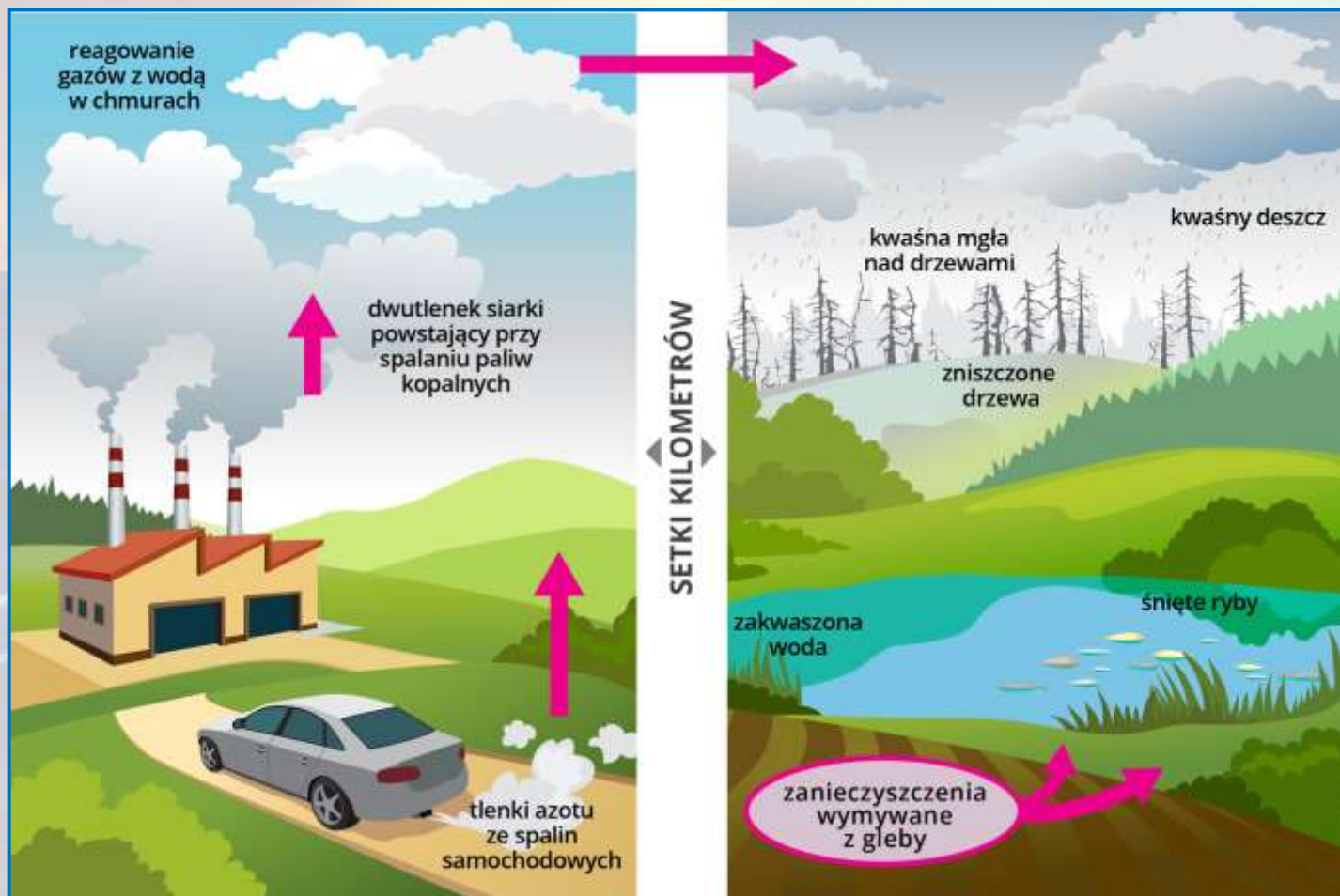
- ◆ transport (około 49%),
- ◆ elektrownie, ciepłownie i rafinerie (27%),
- ◆ przemysł (15%),
- ◆ rolnictwo (3%).

Emisja tlenków azotu w wybranych krajach OECD i Rosji



# Kwaśne opady i mgły (kwaśne deszcze)

- ♦ Emitowane do atmosfery zanieczyszczenia reagują z parą wodną zawartą w powietrzu, tworząc kwasy:
  - ♦ siarkowy, azotowy i węglowy.
- ♦ W miejscach obecności tych związków w powietrzu padają “**kwaśne deszcze**” lub zalegają “**kwaśne mgły**”.
- ♦ Niszczą one roślinność, zakwaszają gleby oraz przyspieszają niszczenie budowli i korozję urządzeń metalowych.
- ♦ U człowieka powodują m.in. pieczenie a nawet poparzenia oczu i powiek oraz podrażnienia dróg oddechowych.



# Smog

- ◆ **Smog** – gęsta i zanieczyszczona mgła unosząca się nad aglomeracjami miejskimi lub ośrodkami przemysłowymi.
- ◆ Zawarte w smogu zanieczyszczenia stanowią zagrożenie dla organizmów żywych – są przyczyną przede wszystkim chorób układu oddechowego i mogą powodować alergie.
  - ◆ W skrajnych wypadkach przyczyniają się nawet do powstawania chorób nowotworowych.
- ◆ Istnienie smogu dotyczy także wielkich miast polskich – w szczególności Krakowa.

Smog na Krakowem, określanym często mianem “polskiej stolicy smogu”. Główną przyczyną smogu w Krakowie jest tzw. niska emisja i transport samochodowy. Ważne jest także położenie – Kraków leży w dolinie Wisły oraz otoczony jest od północy i południa wzniesieniami (występuje słaba cyrkulacja powietrza i zanieczyszczenia nie mają jak się wydostać).



# Rodzaje smogu

◆ Ze względu na miejsce i warunki powstania, a także skład chemiczny wyróżnia się dwa typy smogu:

- ◆ **smog londyński (smog siarkowy, smog kwaśny),**
- ◆ **smog fotochemiczny (smog typu Los Angeles, smog kalifornijski).**

Smog typu londyńskiego w Warszawie



Smog typu fotochemicznego



## Rodzaje smogu – smog londyński (smog siarkowy, smog kwaśny)

- ♦ **Smog londyński (smog siarkowy, smog kwaśny)** – występujący przez cały dzień w chłodnej porze roku, w umiarkowanych szerokościach geograficznych, najczęściej w wielkich miastach (w tym w polskich miastach),
  - ♦ powstaje w czasie występowania inwersji temperatury powietrza, dużej wilgotności powietrza i bezwietrznej pogody,
  - ♦ jest związany ze spalaniem węgla w piecach domowych i z funkcjonowaniem transportu samochodowego,
  - ♦ zawiera tlenek siarki, tlenki azotu, tlenki węgla, sadzę i trudno opadające pyły,
  - ♦ odznacza się niewielkim stężeniem ozonu.



Smog w Londynie z 1952 roku (powstał w wyniku specyficznej sytuacji pogodowej i wzmożonej emisji gazów z palenisk domowych i transportu). Tzw. wielki smog londyński powodował śmierć tysięcy londyńczyków.



# Rodzaje smogu – smog fotochemiczny (smog typu Los Angeles, smog kalifornijski)

- ◆ **Smog fotochemiczny (smog typu Los Angeles, smog kalifornijski)** – powstający tylko w dzień, w miesiącach letnich w strefie zwrotnikowej i podzwrotnikowej, wskutek procesów fotochemicznych zachodzących w atmosferze (oddziaływania promieni słonecznych na rozpuszczone w powietrzu tlenki azotu, pochodzące przede wszystkim z transportu samochodowego w wielkich miastach),
  - ◆ pojawia się on przy temperaturach przekraczających 24°C i stosunkowo niewielkiej wilgotności powietrza,
  - ◆ zawiera tlenki węgla, tlenki azotu, węglowodory i produkty ich przemian fotochemicznych,
  - ◆ odznacza się dużym stężeniem ozonu.



Smog w Los Angeles



Smog w Santiago

# Skutki smogu – gdzie w Europie jest najgorzej?

◆ Poziom smogu w Polsce jest bardzo wysoki (w półroczu chłodnym, szczególnie w kotlinach śródgórskich i w wielkich miastach) – w Europie nie mamy prawie z kim konkurować.

◆ Dlaczego jest tak źle?

◆ około 10-25% – wpływ komunikacji,

◆ około 10-15% – wpływ przemysłu,

◆ około 60-90% – wpływ spalania węgla (często bardzo słabej jakości) i innych substancji (w tym śmieci, plastiku) w piecach domowych (nie spełniających często żadnych norm!

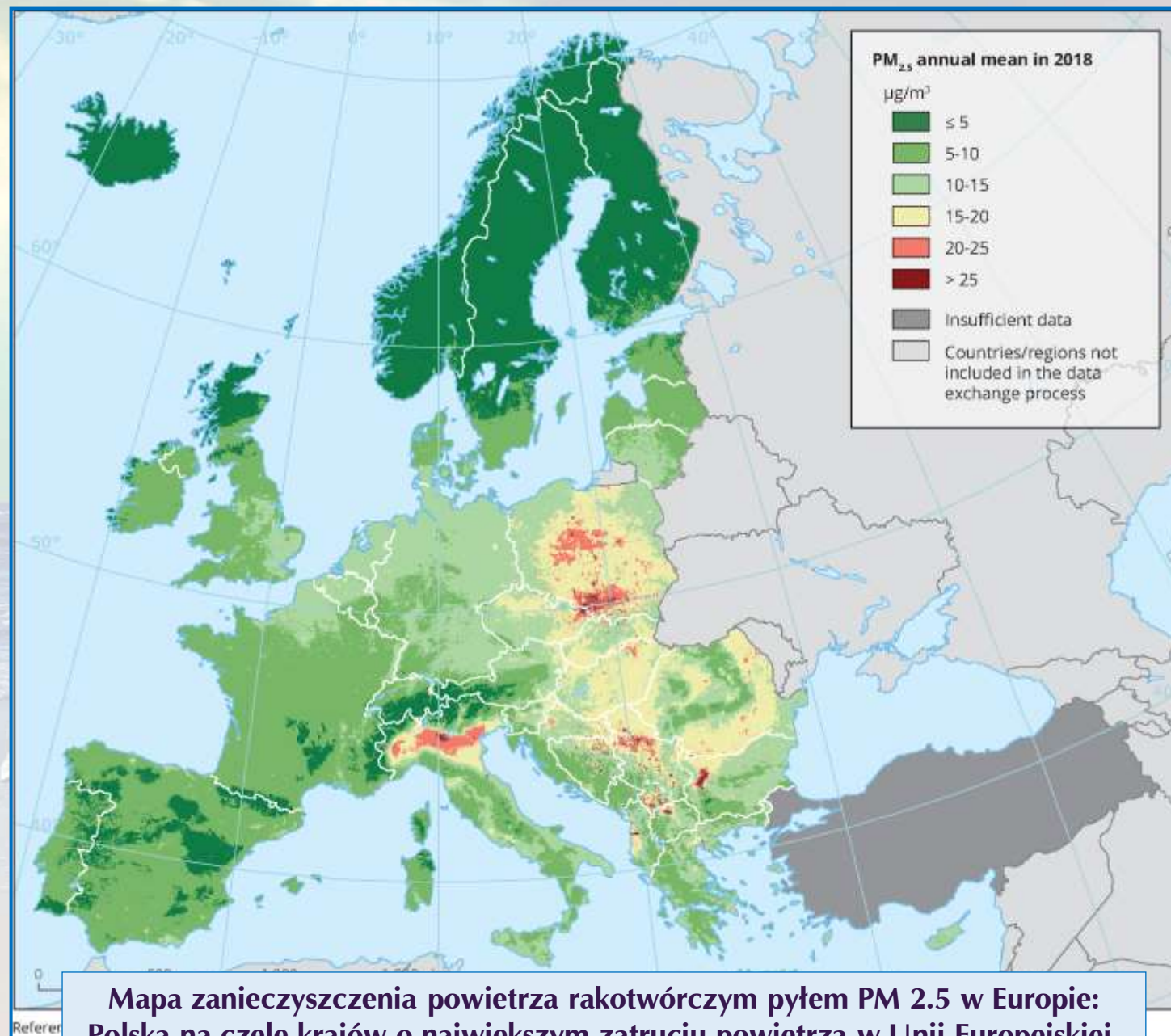
◆ Czy w najbliższych latach będzie lepiej?

◆ Odpowiedź jest prosta – NIE!!!

◆ Niestety to zależy często od władzy – a co powtarzają najczęściej politycy: “Polska węglem stoi”.

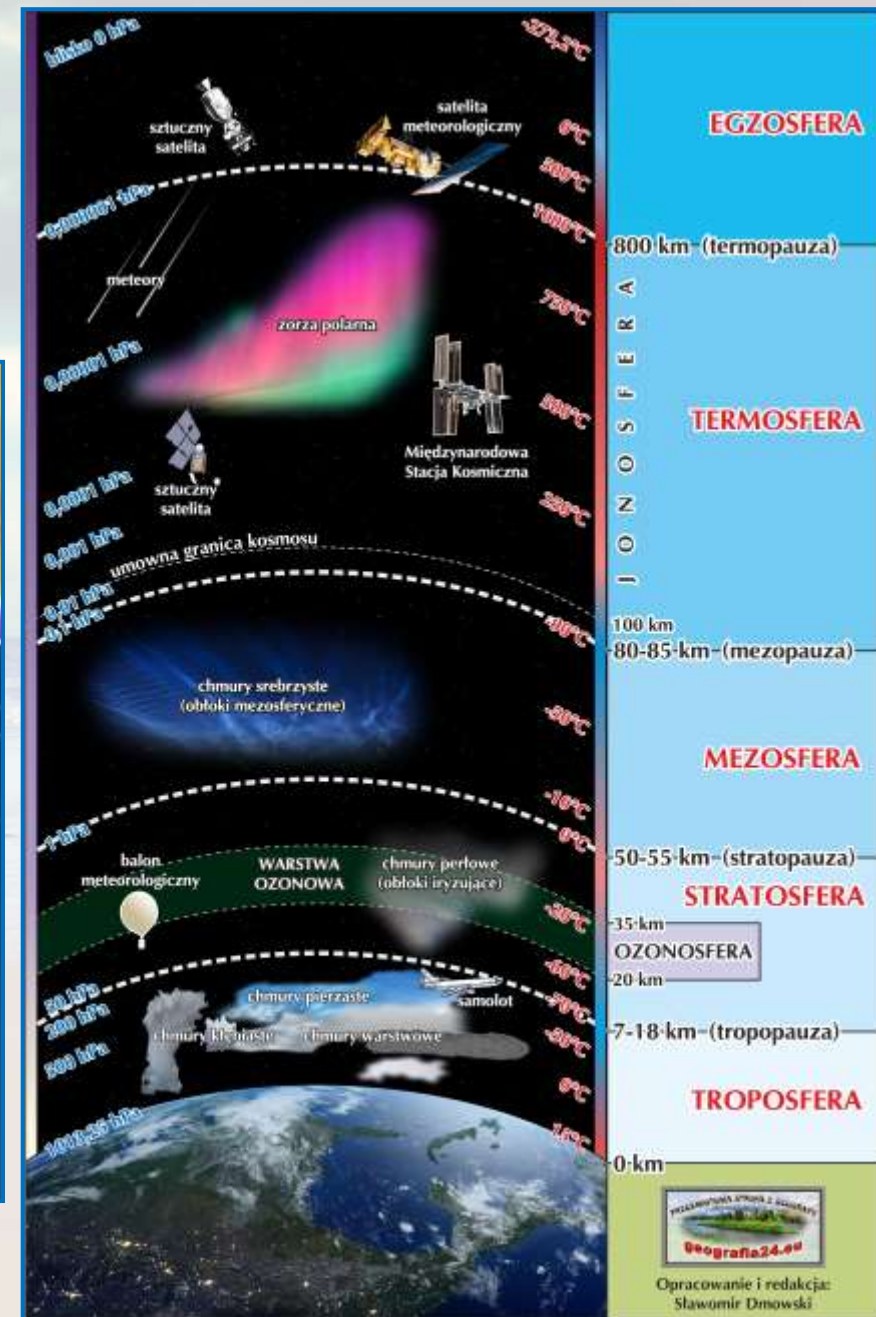
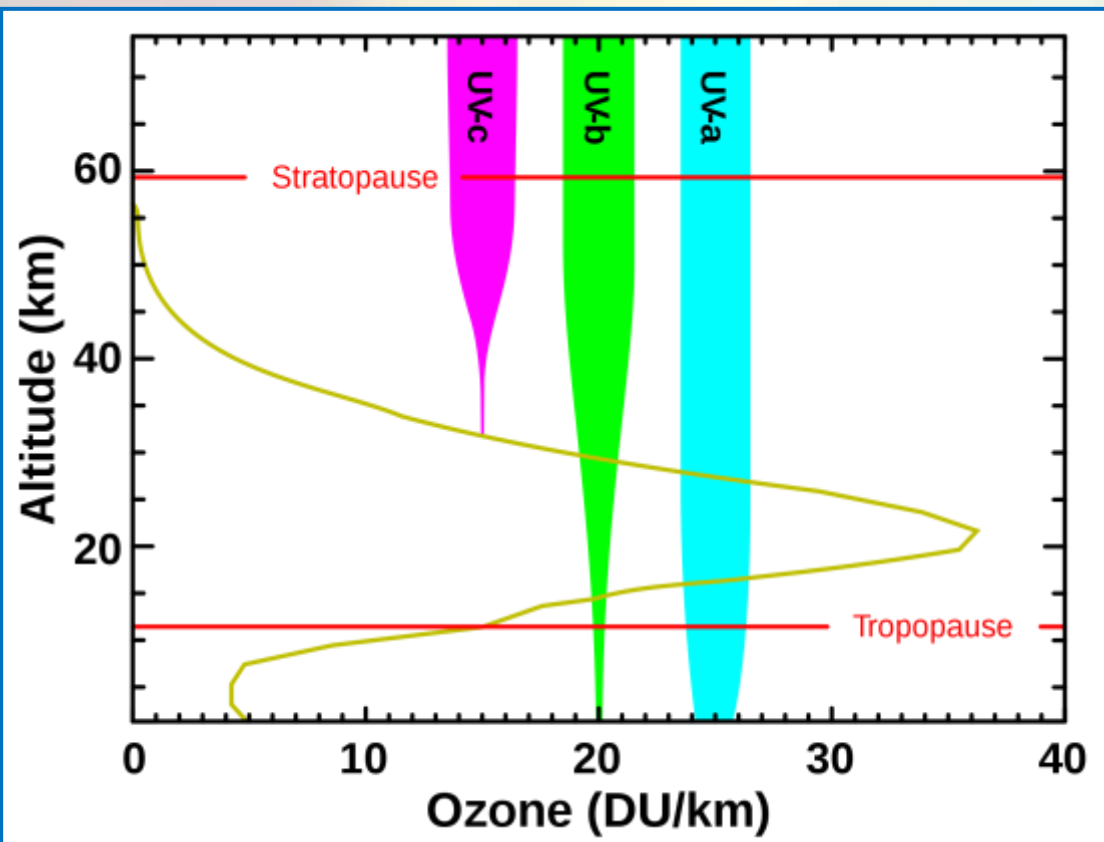
◆ Wniosek – umierajmy dalej na raka, władza woli tego problemu nie wiedzieć.

◆ Można się pocieszyć, że na świecie czasem bywa gorzej w Chinach.



# Warstwa ozonowa (ozonosfera)

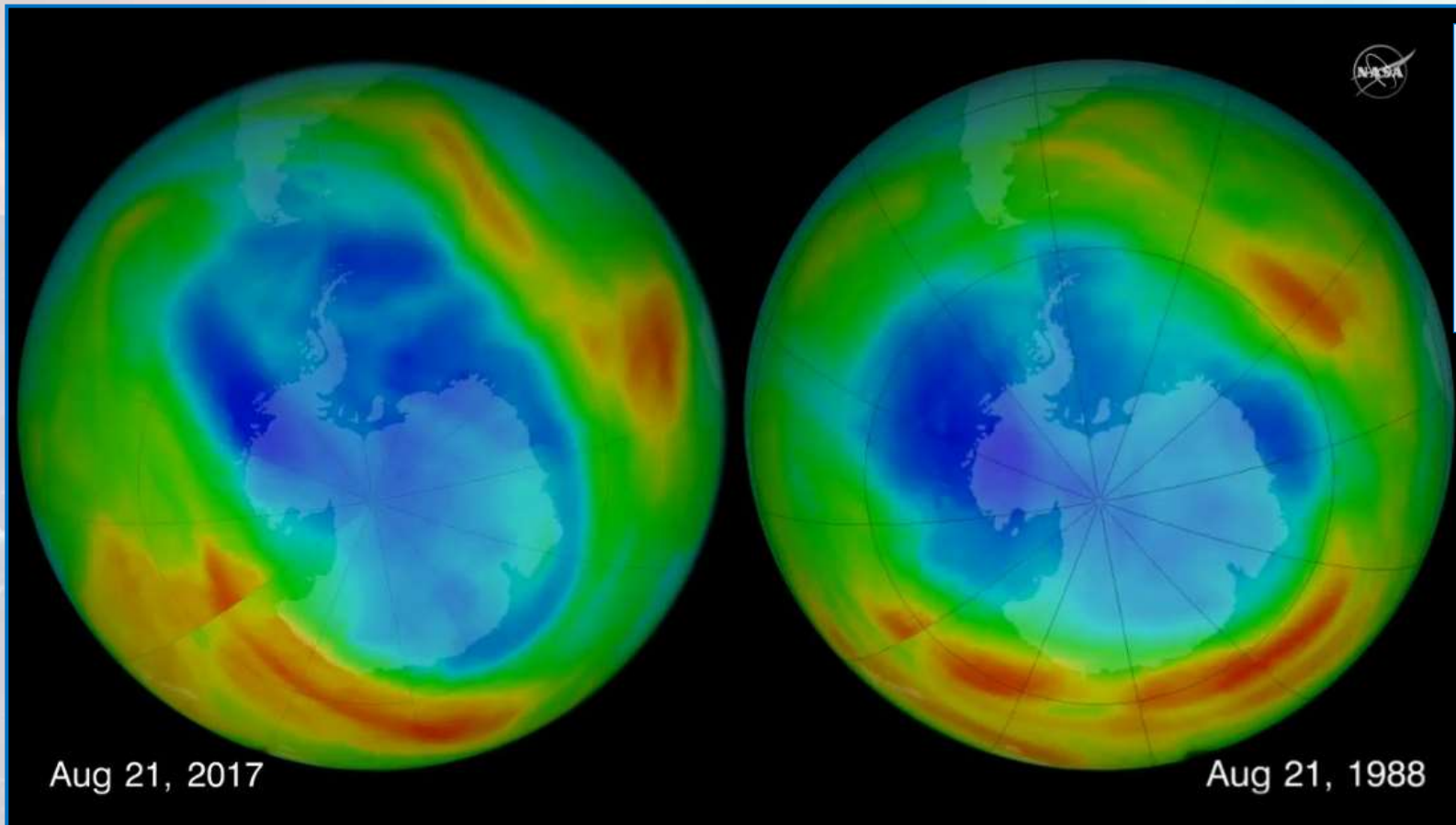
- ♦ Bardzo ważnym gazem, występującym w atmosferze, jest ozon ( $O_3$ ).
- ♦ Znajduje się on głównie w **stratosferze** w warstwie zwanej **ozonosferą** (na wysokości 20-35 km) oraz w małej ilości także w troposferze.
- ♦ Jest naturalnym składnikiem powietrza – powstaje, gdy tlen cząsteczkowy jest poddany działaniu promieniowania ultrafioletowego.



Poziomy ozonu na różnych wysokościach ( DU / km ) i związane z tym blokowanie kilku rodzajów promieniowania ultrafioletowego.

# Niszczzenie warstwy ozonowej

- ♦ **Ozon** pełni głównie funkcję ochronną – warstwa ozonowa pochłania zabójcze dla organizmów promieniowanie nadfioletowe – umożliwiając życie na Ziemi między innymi człowieka.
- ♦ Zawartość ozonu w stratosferze ulega pewnym wahaniom w ciągu roku, związanym z różnymi naturalnymi procesami.
- ♦ Pomiar stężenia tego gazu nad Antarktydą, prowadzone od 1959 roku, dowiodły że zawartość jego zmniejsza się – przyczyną jest działalność człowieka.
- ♦ Obszar, gdzie stwierdzono ubytki w stężeniu ozonu, nazwano “dziurą ozonową”.



Dziura ozonowa nad Antarktydą w 2017 roku (z lewej) i 1988 roku (po prawej). Z roku na rok obserwujemy jej zmniejszanie się (obecnie jej wielkość jest podobna do tej, która występowała pod koniec lat 80. XX wieku (jej rozmiar wynosi około 20 mln km<sup>2</sup>). Największy rozmiar osiągnęła ona w 2000 roku – jej rozmiar wynosił wtedy około 30 mln km<sup>2</sup>.

# Przyczyny dziury ozonowej

◆ Bezpośrednią przyczyną powstawania dziury ozonowej są przenoszone przez prądy strumieniowe zanieczyszczenia atmosfery między innymi freony (np. chlor, fluor i węgiel) i związki azotu, które rozkładają ozon.

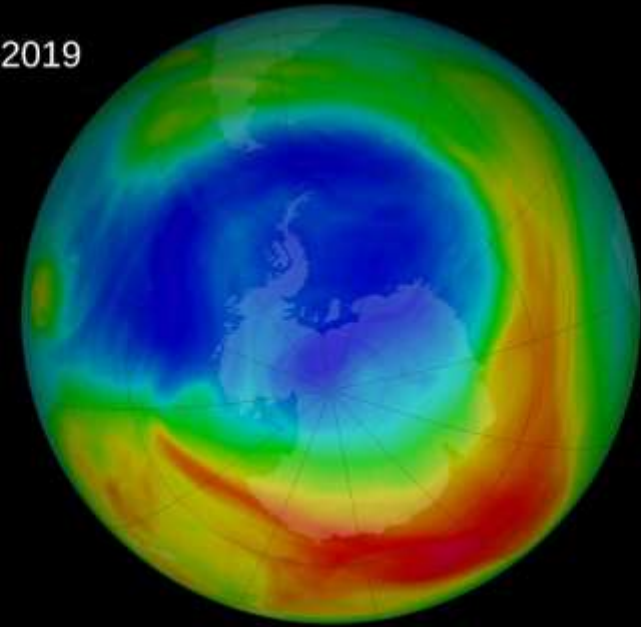
◆ Źródłem związków azotu są:

- ◆ spaliny samochodowe,
- ◆ niektóre emisje przemysłowe,
- ◆ silniki odrzutowców i raket,
- ◆ eksplozje nuklearne.

◆ Freony do lat 90. XX w. powszechnie stosowano m.in. w:

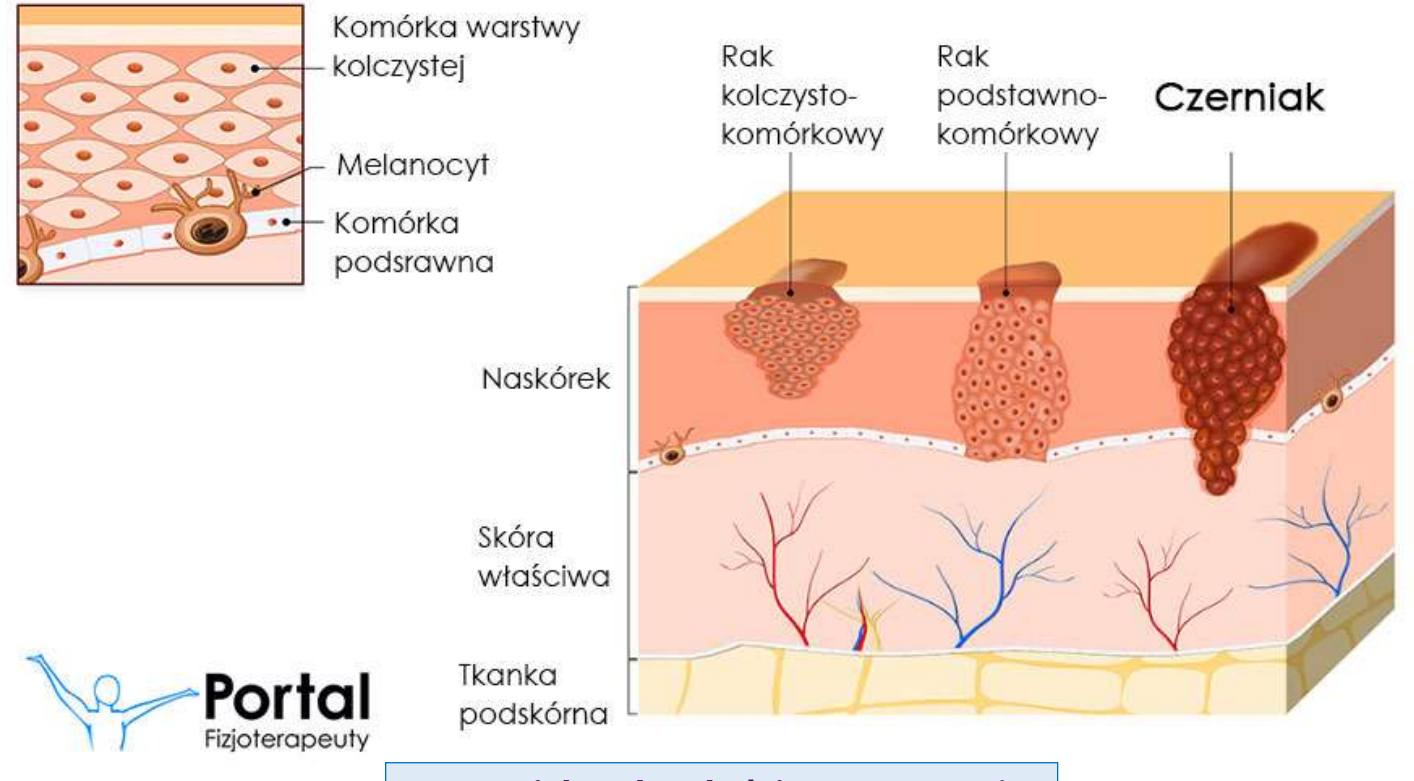
- ◆ urządzeniach chłodniczych,
- ◆ rozpylaczach kosmetycznych.

Sep 08, 2019

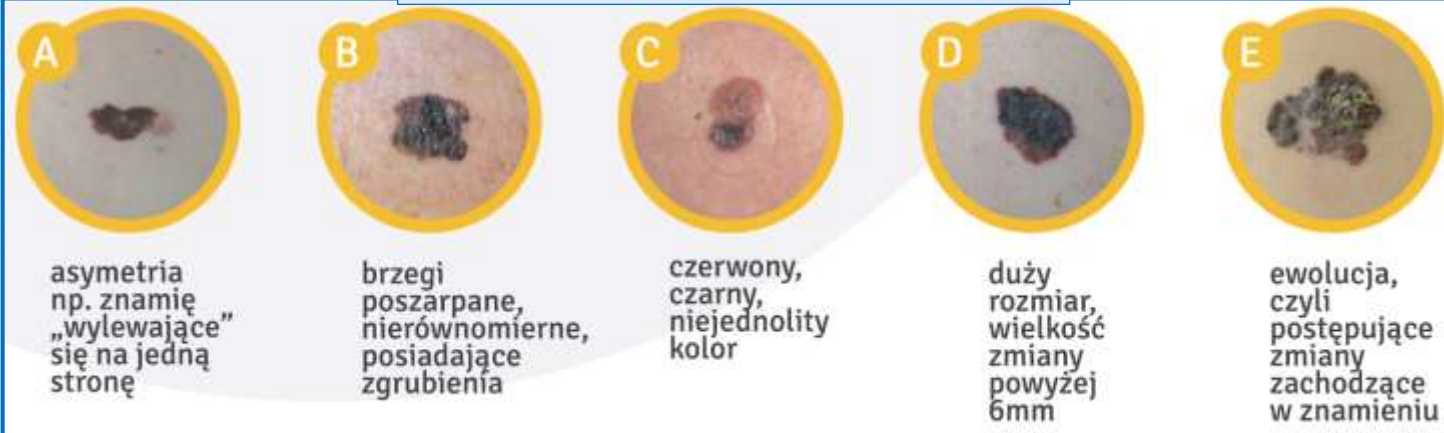


# Skutki dziury ozonowej

- ◆ Warstwa ozonowa jest dziś uszkodzona w około 50%.
- ◆ Skutkiem spadku koncentracji ozonu w stratosferze jest, m.in:
  - ◆ zwiększanie natężenia promieniowania nadfioletowego przy powierzchni Ziemi,
  - ◆ w konsekwencji następuje wzrost zachorowań ludzi na różne choroby:
    - ◆ przede wszystkim nowotwory skóry, choroby oczu (zaćma, nadwzroczność) i krwi.
  - ◆ wpływa to niekorzystnie na wzrost roślin i zwierząt:
    - ◆ powoduje osłabienie organizmów;
  - ◆ wzrost temperatury na Ziemi, a nawet globalne zmiany klimatyczne na naszej planecie:
    - ◆ może nasilać efekt cieplarniany.

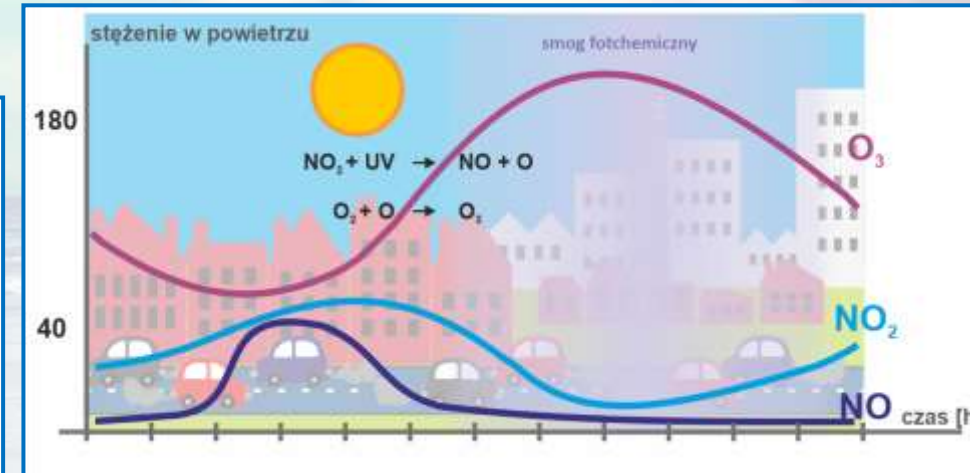
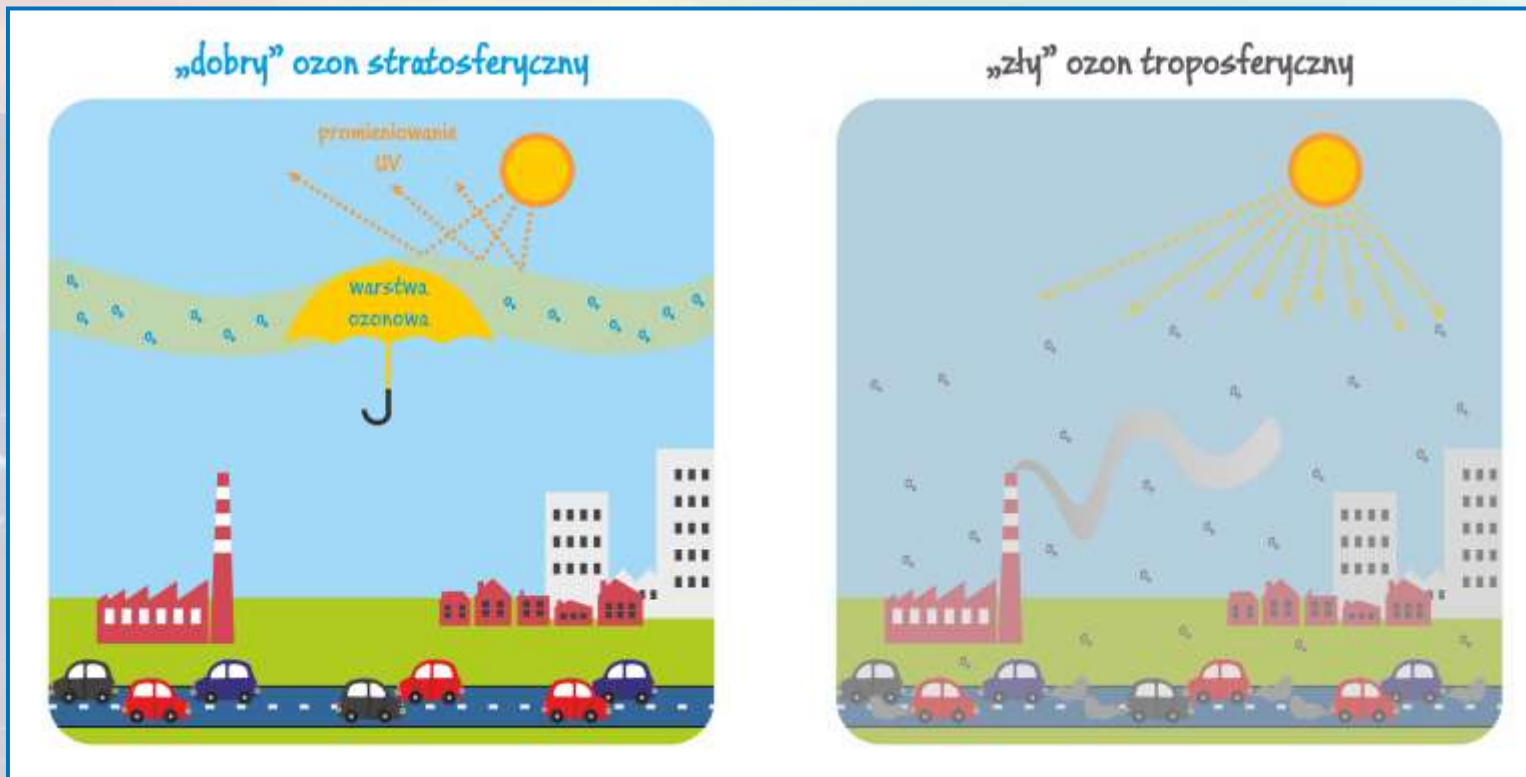


## Czerniak – skutek dziury ozonowej



# Ozon troposferyczny (tzw. „zły ozon”, ozon przy powierzchni)

- ◆ W odróżnieniu od ozonu stratosferycznego (obecnego na znacznych wysokościach i mającego ochronny wpływ), ozon występujący w troposferze (tzw. **ozon troposferyczny**) nie jest gazem którego nadmierna koncentracja jest pożądana.
- ◆ Ozon troposferyczny jest dla człowieka gazem bardzo silnie toksycznym.
  - ◆ Działa on bardzo niekorzystnie na nasz układ oddechowy.
    - ◆ Na początku powoduje kaszel, później skutkuje rozwojem astmy i uszkodzeniem płuc.
  - ◆ W przypadku roślin zakłóca proces fotosyntezy.
    - ◆ Powoduje uszkodzenie aparatów szparkowych roślin.



# Jak powstaje ozon troposferyczny?

- ◆ Ozon troposferyczny jest gazem pochodzenia:
  - ◆ **naturalnego** – powstaje:
    - ◆ w czasie wyładowań atmosferycznych w czasie burzy,
    - ◆ wskutek pożarów (ale tylko naturalnie powstających);
  - ◆ **antropogenicznego** – jest efektem ubocznym rozwoju przemysłu i transportu,
    - ◆ jego koncentracja związana jest z rozwojem **smogu fotochemicznego** (typu Los Angeles, smogu kalifornijskiego).



Smog fotochemiczny w Santiago (Chile).





# KONIEC



**Materiały pomocnicze do nauki  
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)**

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*  
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

**WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE  
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -**