

# Przestrzenny wymiar zanieczyszczenia powietrza i jego konsekwencje

**Dr hab. Elżbieta Zuzńska-Żyśko**

Katedra Geografii Ekonomicznej  
[elzbieta.zuzanska-zysko@us.edu.pl](mailto:elzbieta.zuzanska-zysko@us.edu.pl)

---

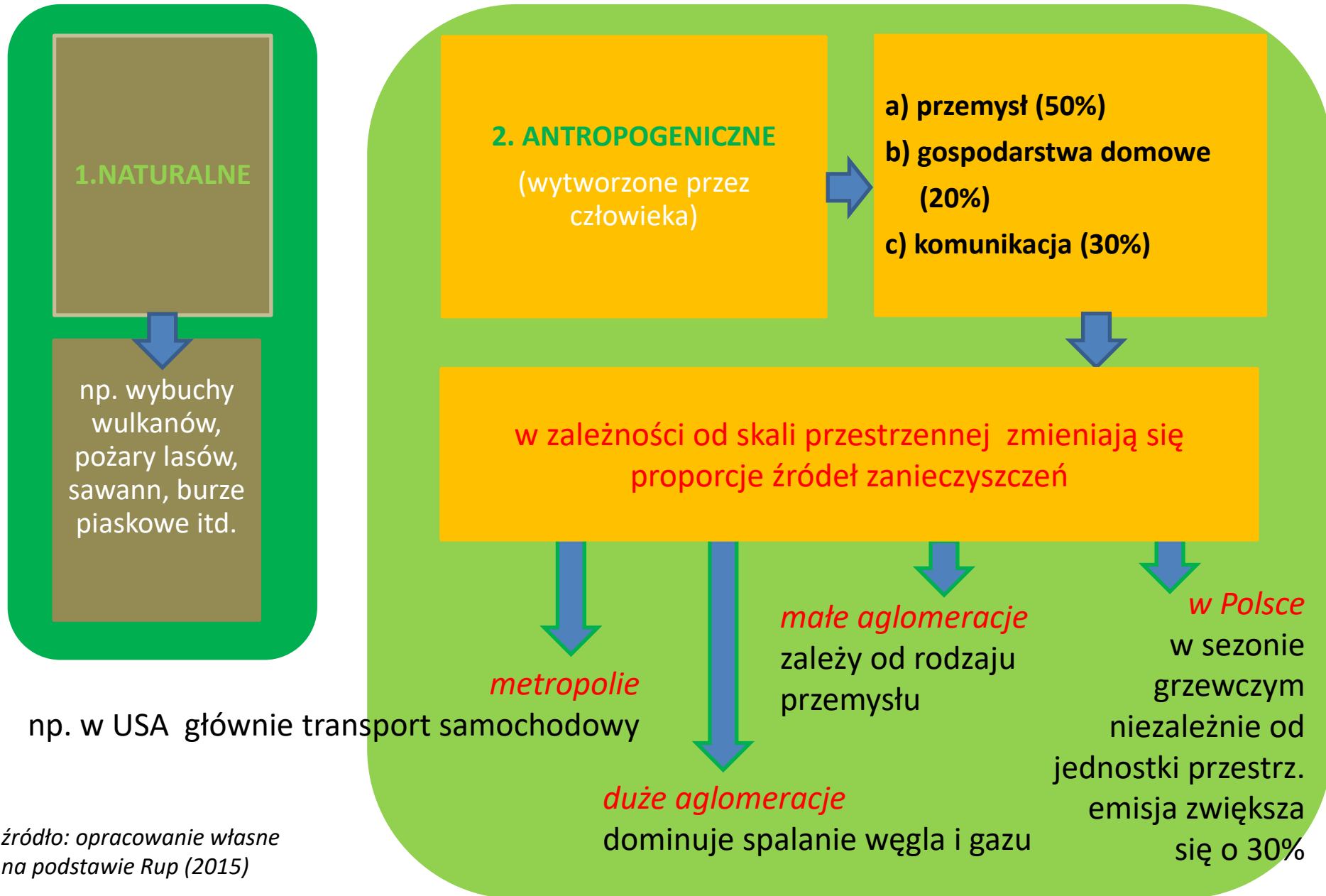
**FORUM PRZESTRZENI**

Katowice 16 listopad 2017

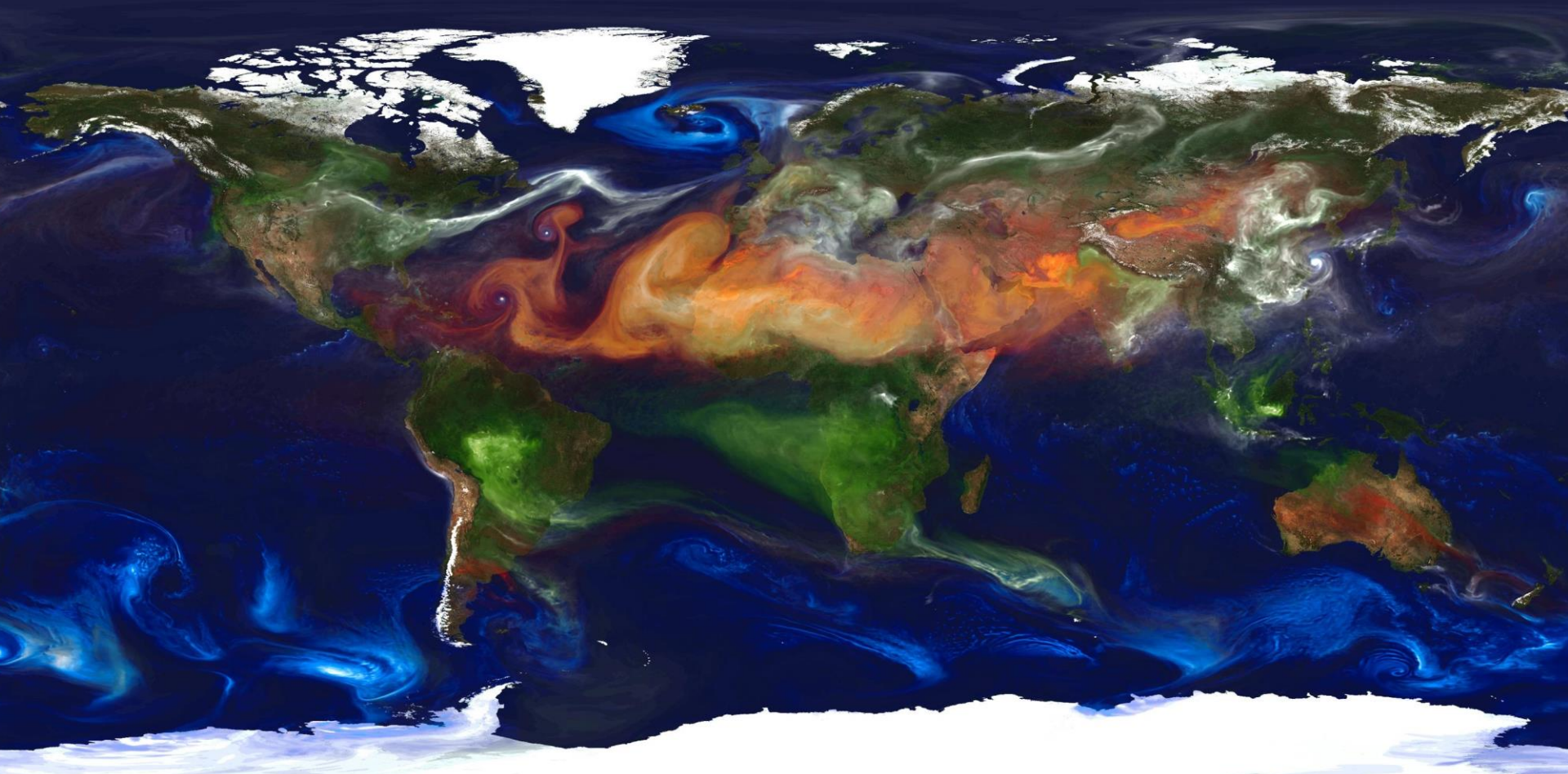
Zanieczyszczenie powietrza to obecność pierwiastków lub innych substancji w powietrzu szkodliwych dla zdrowia ludzi i zwierząt, powodująca uszkodzenia roślin, różne szkody i wywierająca ujemny wpływ na środowisko (Światowa Organizacja Zdrowia, WTO, 1964 za Greszta i inni, 2002)

**Celem wystąpienia jest przedstawienie czynników zanieczyszczenia powietrza oraz jego konsekwencji przestrzennych w skali globalnej, krajowej, regionalnej i lokalnej.**

# Źródła zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego



# Zanieczyszczenie atmosfery a globalne ocieplenie



Globalna mapa gazów-aerozoli powstała w wyniku symulacji GEOS-5 w rozdzielczości 10 kilometrów. Pył (czerwony) unosi się z powierzchni, sól morska (niebieska) wiruje w cyklonach, dym (zielony) wznosi się od ognia, a cząstki siarczanu (biały) płyną z wulkanów i emisji z paliw kopalnych. Image credit: William Putman, NASA /Goddard

[http://www.ucsusa.org/global\\_warming/science\\_and\\_impacts/science/aerosols-and-global-warming-faq.html](http://www.ucsusa.org/global_warming/science_and_impacts/science/aerosols-and-global-warming-faq.html) dostęp strony z dnia 5.11.2017 r.

### Przemysł wytwarza 50% emisji zanieczyszczeń:

- 1) gazy głównie SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, Cl, Br,
- 2) pary: smoły, formaldehyd, inne,
- 3) metale ciężkie: Zn, Al, Mg, Fe, Pb, Cd, Rh, inne

### Gospodarka komunalna (w tym gospodarstwa domowe) 20% + 30% w sezonie grzewczym w Polsce:

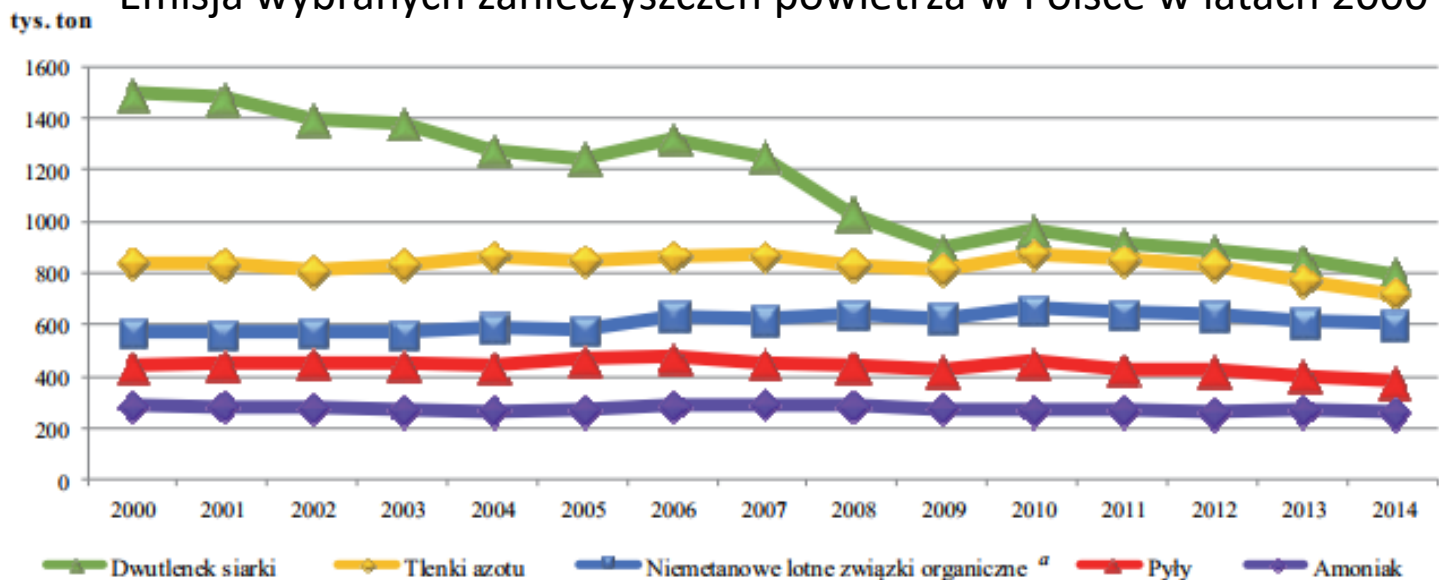
- 1) gazy, w tym SO<sub>2</sub>,
- 2) pary-aerzole, w tym smog, benzo(a)piren, azotany, inne,
- 3) pyły: popiół, zw. organiczne, metale ciężkie

### Komunikacja wytwarza 30%:

- 1) gazy: tlenki azotu, węgla, dwutlenek siarki, węgla, siarkowodór
- 2) pary –aerzole: węglowodory, benzol, benzo(a)piren
- 3) pyły: ołów, kadm

źródło: Greszta i inni (2002)

Emisja wybranych zanieczyszczeń powietrza w Polsce w latach 2000-2014

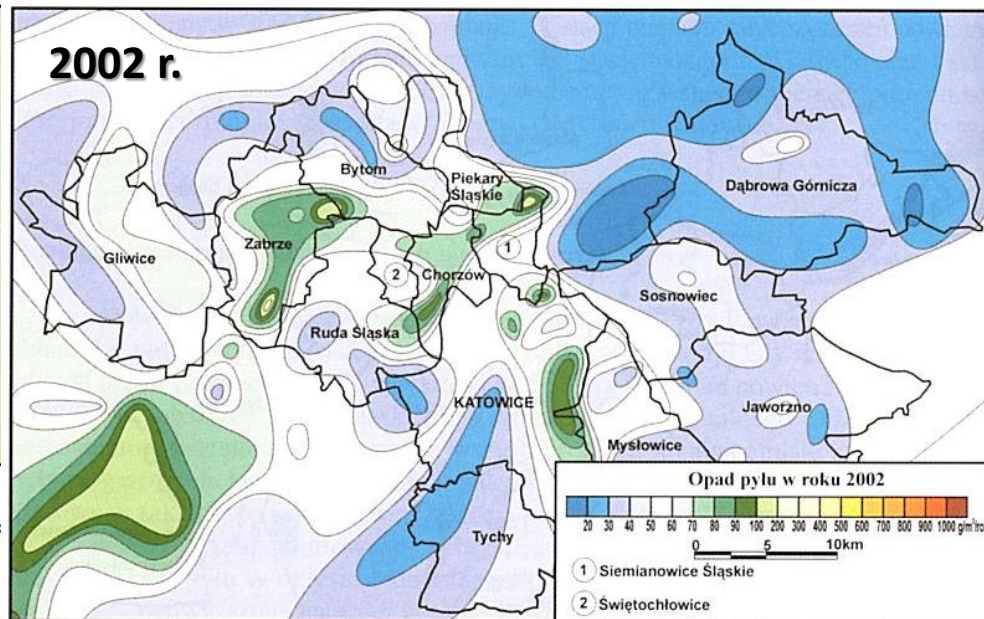
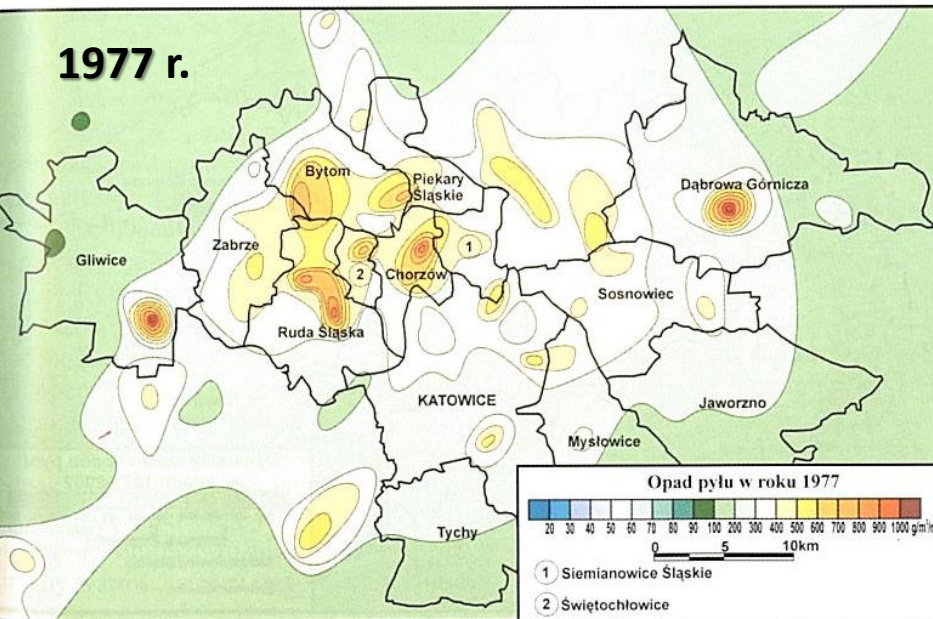


<sup>a</sup> Emisja NMLZO ze źródeł antropogenicznych.

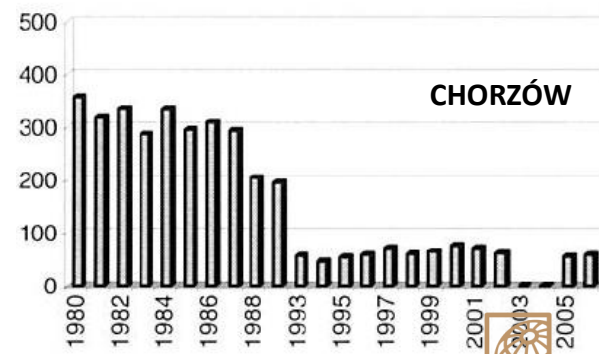
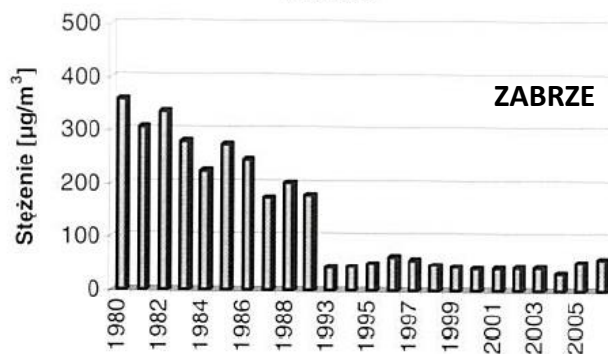
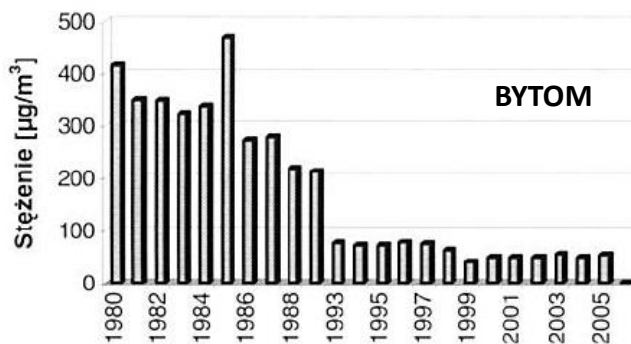
Źródło: dane Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami.

# Opad pyłu w miastach rdzeniowych GZM [g/m<sup>2</sup>/rok]

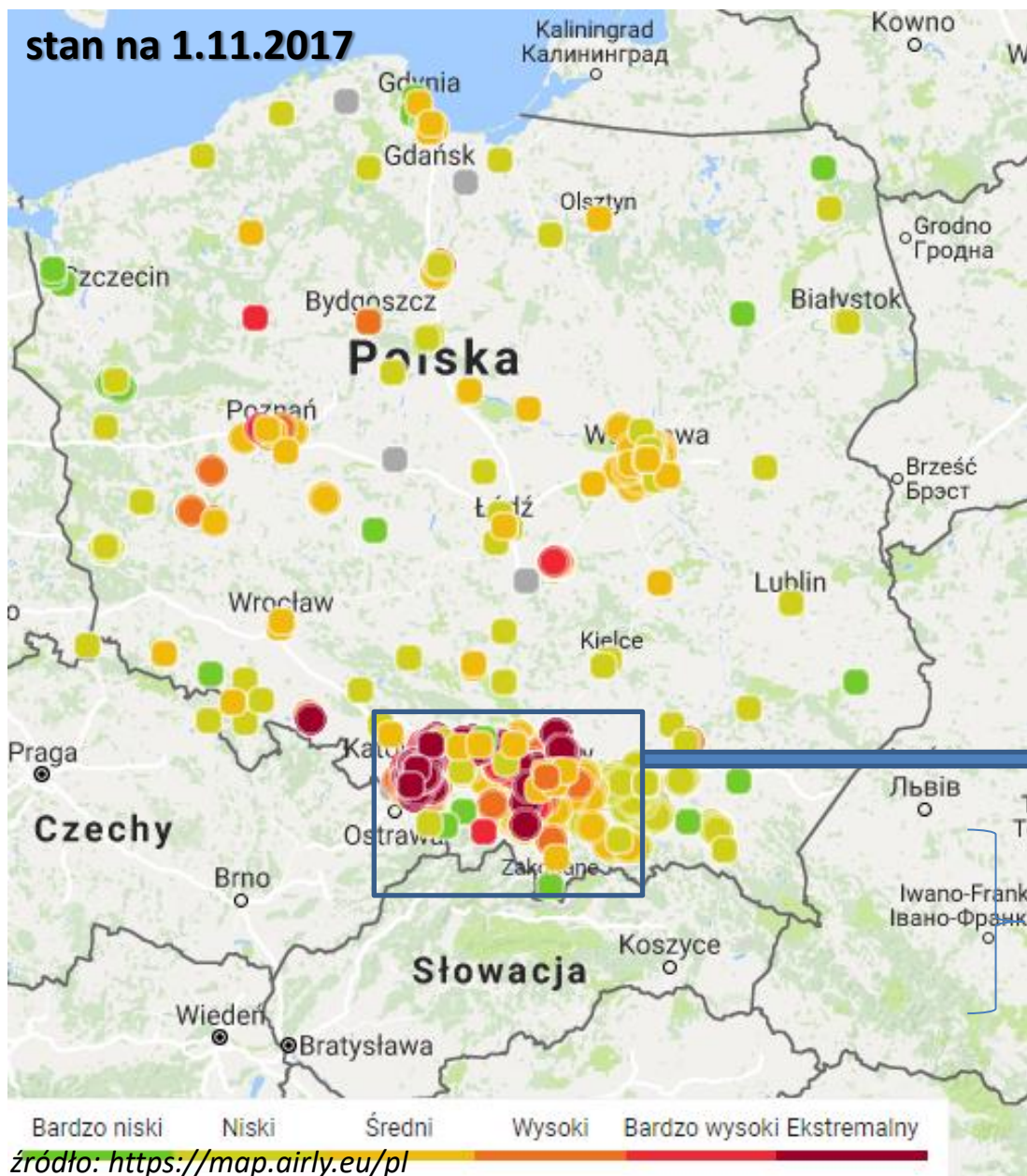
(wg Leśnioka i Degórskiej, 2008 za Leśniok, Puszkiewicz)



## Średnie roczne stężenia pyłu zawieszonego



# Stan jakości i poziom zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w Polsce



województwa:  
śląskie 4,57 mln ludności  
i małopolskie 3,37 mln  
**RAZEM 7,94 mln**  
**= 20,6% mieszkańców w Polsce**

produkcja sprzedana przemysłu:  
śląskie 16,2% (205 bln zł)  
małopolskie 6,9% ( 86 bln zł)  
**RAZEM 23,1% w Polsce**

śląskie: 2,4 mln sam. osobowych  
11 tys. autobusów  
342 tys. poj. ciężarowych  
**RAZEM 2,75 mln pojazdów**  
11% pojazdów w Polsce

Wg Rocznika statystycznego województw w 2015 r. (GUS)

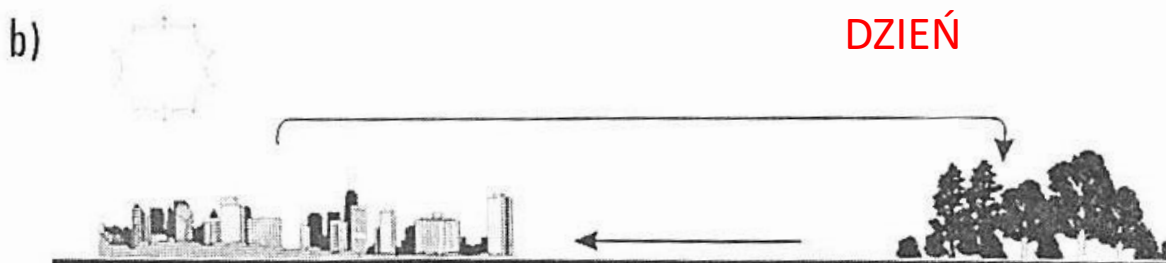
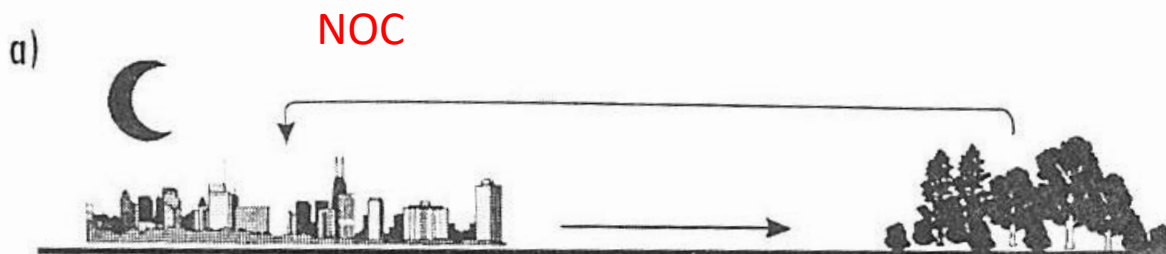
źródło: <https://map.airly.eu/pl>

## Czynniki determinujące proces zanieczyszczeń:

- 1) czynniki meteorologiczne,
- 2) topografia terenu czyli ukształtowanie: doliny, kotliny, zagłębienia itd.,
- 3) czynniki techniczno-technologiczne.

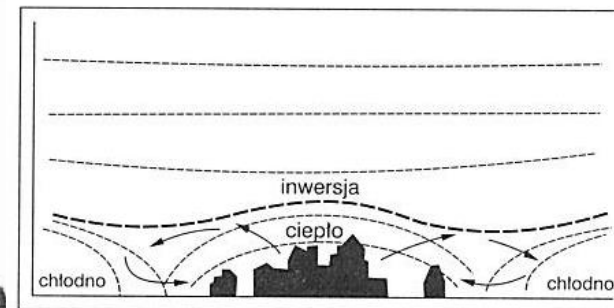


# 1. Czynniki meteorologiczne: wiatr, temperatura, opady



Negatywne konsekwencje:

- 1) „przegrzanie powietrza”, problemy z oddychaniem,
- 2) wzrost zanieczyszczeń
- 3) większy pobór energii do klimatyzatorów



Miejska wyspa ciepła według Chandlera (1965) za Szponar (2003, s.152)

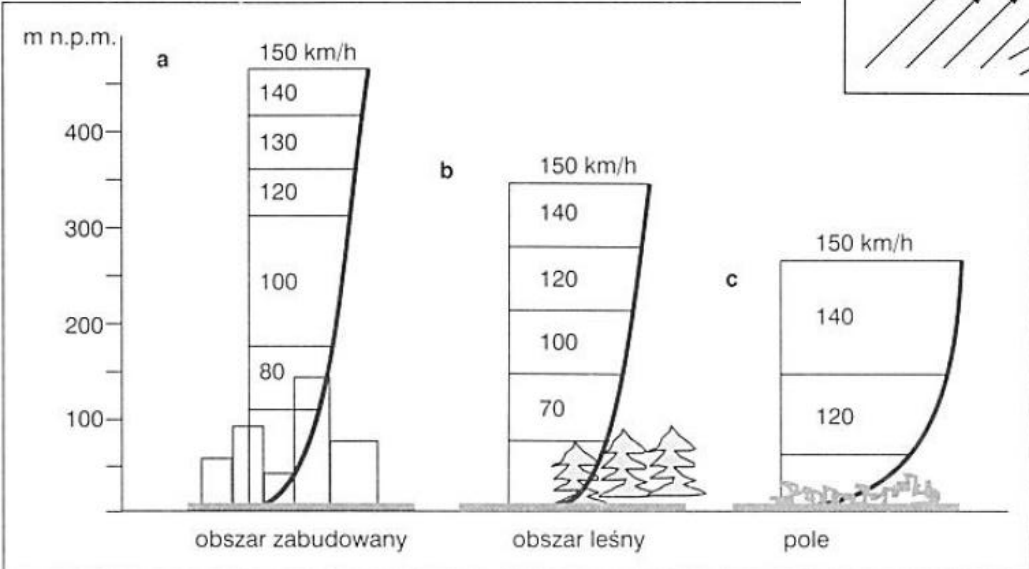
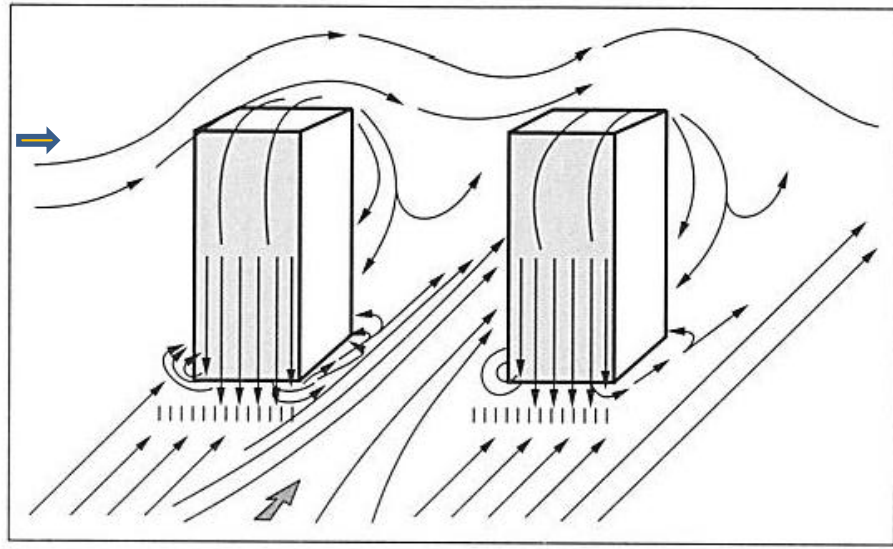
Wymiana powietrza w ciągu doby między miastem a terenem leśnym według Greszty i innych (2002, s. 52)

Gazy i pyły w masach powietrza są rozprzestrzeniane. Wszystkie zanieczyszczenia idą w górę do najniższej warstwy troposfery (100-1500m), (Rup, 2015).

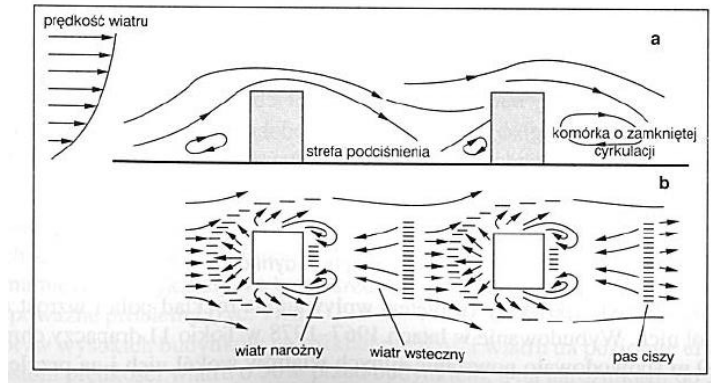
- Gazy i pyły zakłócają **kierunek i prędkość** wiatru w pobliżu budynków, obszarów zadrzewionych
- Kierunek wiatru i jego siła są bardzo ważne, one rozwiewają ale i nawiewają zanieczyszczenia (zwiększa lub zmniejsza toksyczność powietrza). Dlatego ważny jest układ ulic, budynków ich wysokość, ich usytuowanie.

**Planowanie w zakresie zadrzewiania, przewietrzanie miasta, ochrona naturalnych korytarzy ekologicznych i lokalizacja nowych inwestycji uwzględniająca kierunki wiatru**

Przepływ powietrza wokół budynków 10-kondygnacyjnych o rozstawie 20 metrów wg Szponara (2003, s. 169)



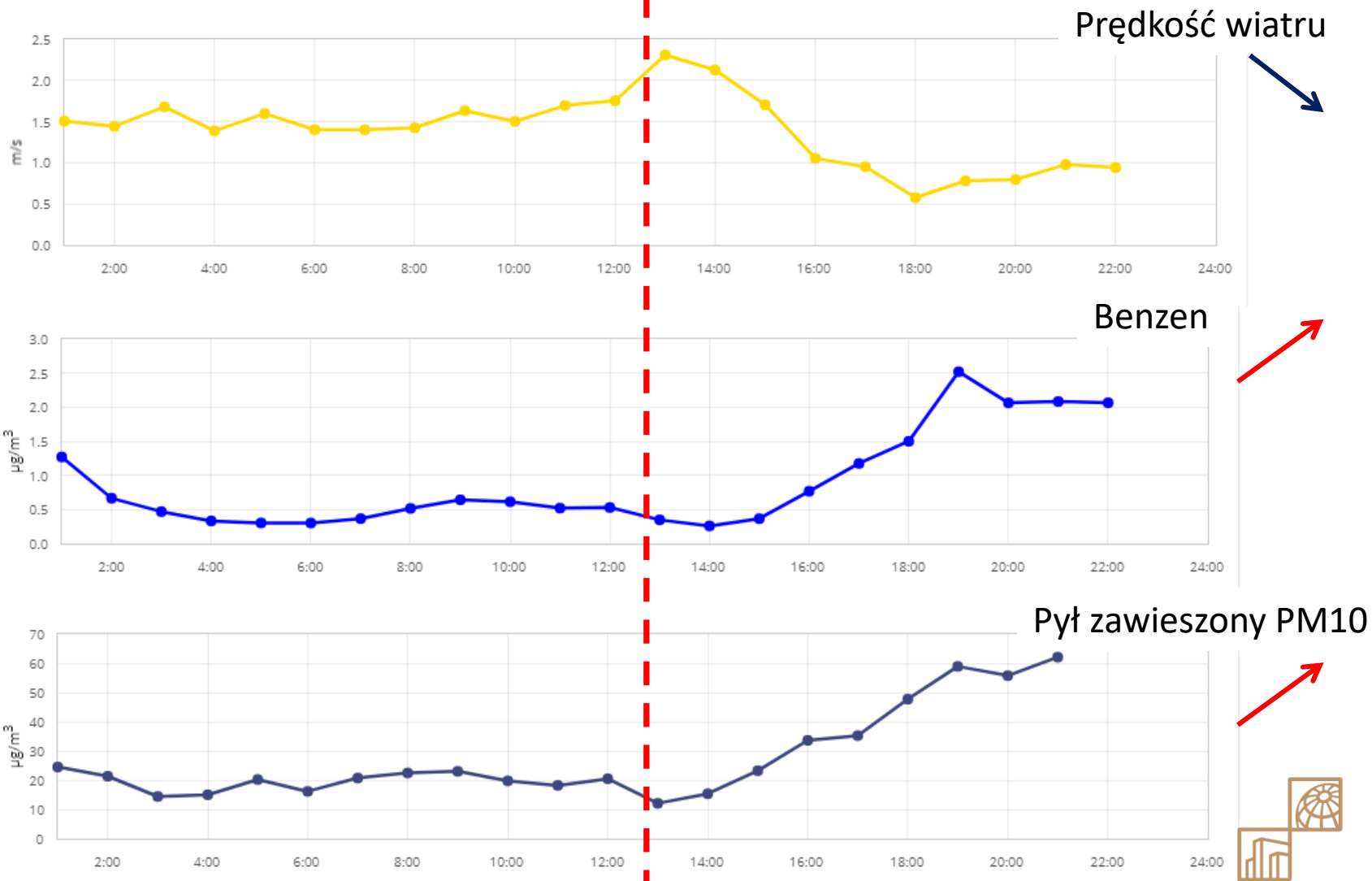
↑ Prędkość wiatru na obszarach o różnym pokryciu wg Szponara (2003, s. 166)



↑ Pola wiatru między budynkami usytuowanymi prostopadle do kierunku wiatru wg Szponara (2003, s. 169)

# Wyniki pomiarów pyłu zawieszonego PM10 na stacji pomiarowej

Dąbrowa Górnicza ul. Tysiąclecia w dniu 31.10.2017 r.

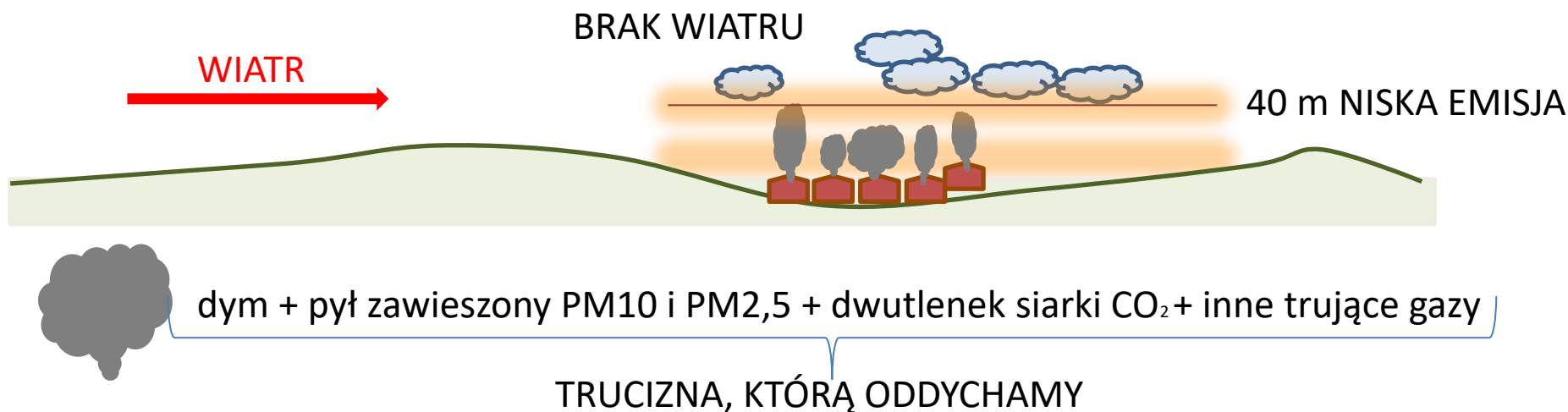


źródło: <http://powietrze.katowice.wios.gov.pl/dane-pomiarowe/automatyczne/stacja/7/parametry/123-126-135-147-131-137-146-141-148-134-127-136-153/dzienny/31.10.2017>

## 2. Czynniki topograficzny - ukształtowanie terenu

i niekorzystna pogoda nie pozwalają ciepłu unosić się ku górze; zatrzymuje się ono nad powierzchnią ziemi wraz z całym zanieczyszczeniem. W okresie zimowym woj. śląskie charakteryzuje się mniejszym natężeniem wiatrów, które rozrzedzają powietrze usuwając toksyny.

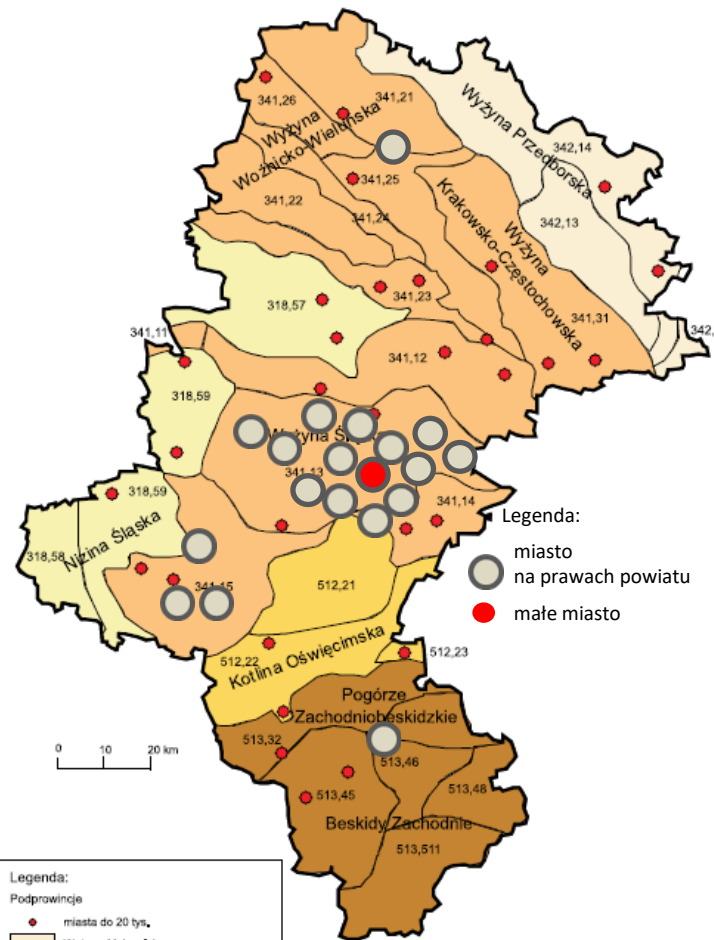
### Smog kwaśny (wg Dwucet i innych, 1992) zwany zimowym lub londyńskim



źródło: opracowanie E.Zuzańska-Żyśko

# Położenie fizyczno-geograficzne i topograficzne województwa śląskiego

Tabela 1. Regionalizacja fizyczno-geograficzna małych miast w województwie śląskim



Położenie małych miast i na prawach powiatu według Kondrackiego (2000)

PODPROWINCJE	MAKROREGIONY	MEZOREGIONY	MALE MIASTA	
Niziny Wielkopolsko-Śląskie	Nizina Śląska	Równina Opolska	318.57	Miasteczko Śląskie, Kalety
		Kotlina Raciborska	318.59	Kuźnia Raciborska, Toszek, Sońnicowice
Wyżyna Śląsko-Krakowska	Wyżyna Śląska	Garb Tarnogórski	341.12	Siewierz, Miasteczko Śląskie, Łazy, Radzionków
		Wyżyna Katowicka	341.13	Wojkowice
	Wyżyna Woźnicko-Wieluńska	Pagóry Jaworznickie	341.14	Lędziny, Imielin,
		Płaskowyż Rybnicki	341.15	Orzesze, Pszów, Radlin
		Próg Woźnicki	341.23	Koziegłowy, Woźniki, Ponęba
	Obniżenie Gómej Warty	341.25	Blachownia	
		Wyżyna Wieluńska	341.21	Kłobuck
Obniżenie Krzepickie	341.26	Krzepice		
Wyżyna Krakowsko-Częstochowska	Wyżyna Częstochowska	341.31	Pilica, Ogrodzieniec	
Wyżyna Małopolska	Wyżyna Przedborska	Niecka Włoszczowska	342.14	Koniecpol, Szczekociny
Podkarpackie	Kotlina Oświęcimska	Dolina Gómej Wisły	512.22	Strumień, Skoczów
		Pogórze Wilamowickie	512.23	Wilamowice
Zewnętrzne Karpaty Zachodnie i Wschodnie	Pogórze Zachodnio-Beskidzkie	Pogórze Śląskie	513.32	Ustroń
		Beskid Zachodni	513.45	Wisła, Szczyrk

źródło: Zuzarska-Żyśko (2006, s. 29-30)

# Topografia terenu – zastoiska zimnego powietrza, inwersja temperatury



<http://wyborcza.pl>



[https://pl.wikipedia.org/wiki/Kotlina\\_%C5%BBywiecka#/media/File:Blick-Skrzyczne2.jpg](https://pl.wikipedia.org/wiki/Kotlina_%C5%BBywiecka#/media/File:Blick-Skrzyczne2.jpg)



<https://www.tenpieknyswiat.pl/2009/03/17>

# Zabudowa miejska jako czynnik antropogeniczny (wytworzony przez człowieka) wpływający na topografię terenu i zanieczyszczenie powietrza



<http://www.polskialarmsmogowy.pl/zabrzanski-alarm-smogowy.html>

*fot. Łukasz Zawada*



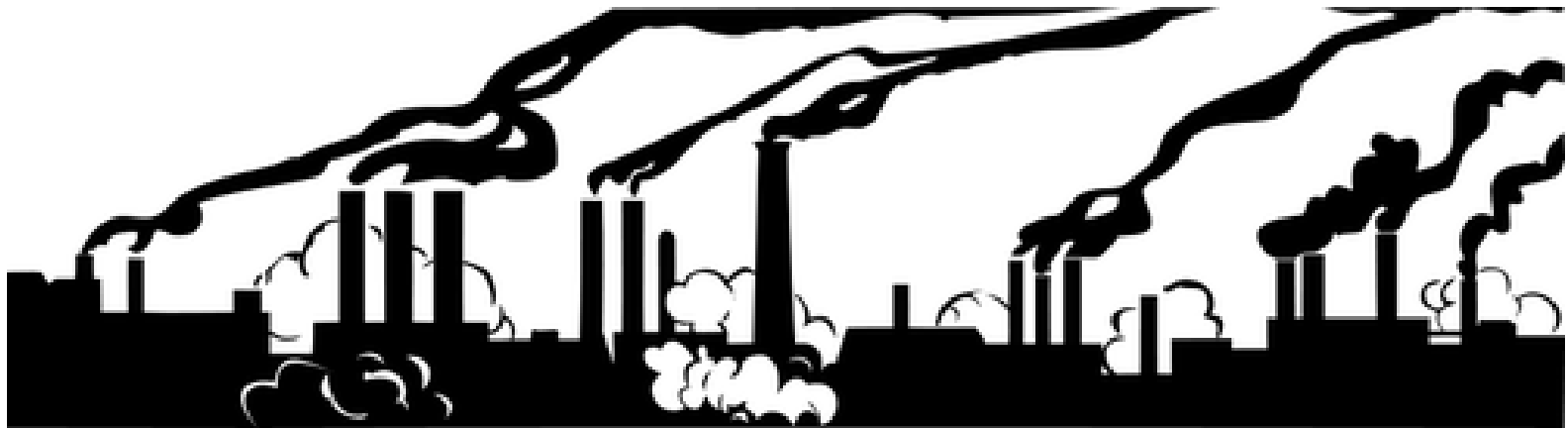
<http://www.polskialarmsmogowy.pl/rybnicki-alarm-smogowy.html>



<https://www.facebook.com/myslowicki.alarm.smogowy>

### 3. Czynniki techniczno-technologiczne

- rodzaje emitora (wysokość i średnica),
  - emisja niska do 40 m (gospodarstwa domowe, mniejsze kotłownie),
  - emisja wysoka do 80- 100 m (przemysł, energetyka itd.),
- prędkość wylotu,
- temperatura gazu emitowanego.



**Przemysł – zanieczyszcza punktowo i poprzez dużą koncentrację powierzchniowo –  
EMISJA WYSOKA**





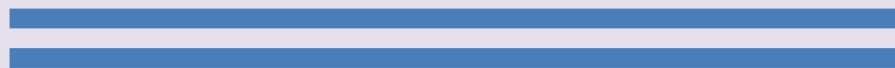
## **Smog fotochemiczny typu Los Angeles** powstaje na skutek połączenia spalin samochodowych i wysokiej temperatury powietrza

Resztki niespalonych paliw łączą się z ozonem i tworzą szkodliwe związki: nadazotan acetylu, formaldehyd, akroleinę itd. Smog jest charakterystyczny dla okresu letniego, kiedy jest gorąco, panuje wysoka temperatura i słabe przewietrzanie. Podrażnia on oczy i skórę, przedostaje się do układu oddechowego i obniża odporność, czyli przyczynia się do uszkodzenia układu immunologicznego.

**Droga S86 = 112,2 tys. pojazdów na dobę (2015 r.)**

(drugie miejsce w Polsce o najwyższym natężeniu pojazdów po Warszawie S8f)

**Katowice**



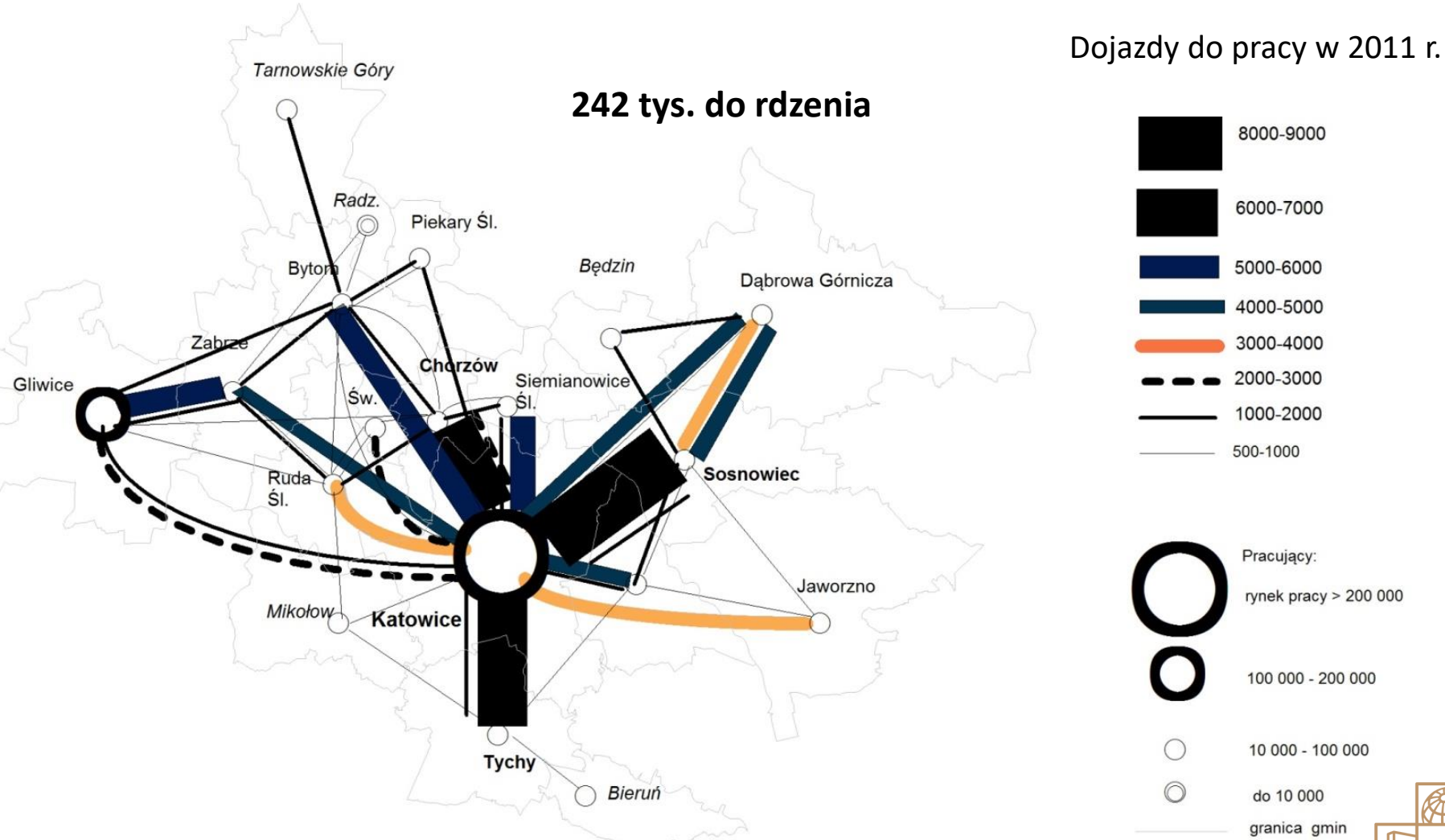
**Sosnowiec**

+ Autostrada A4 Katowice (przejście) **kolejne 100,9 tys. pojazdów na dobę**

Przez woj. śląskie przemieszcza się 20 mln samochodów na dobę (wg GDDiA, 2015), najwięcej w Polsce (śr. w kraju 11,1 mln pojazdów na dobę); około 39 tys. samochodów w regionie to pojazdy tranzytowe.

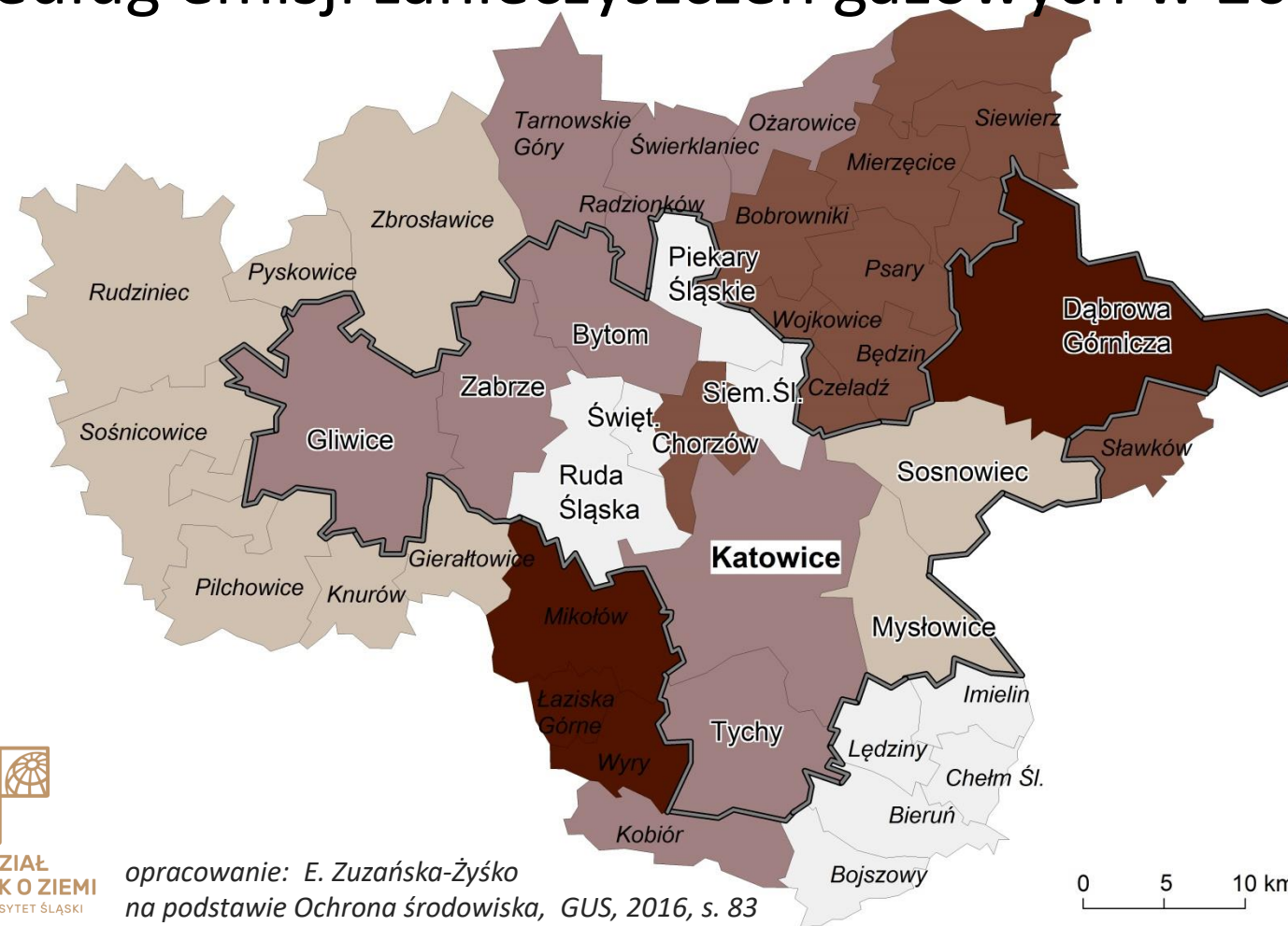
Transport samochodowy – zanieczyszcza liniowo wzdłuż ciągów transportowych i powierzchniowo (koncentracja spalin w dużych miastach i metropoliach).

# Dojazdy do pracy w 2011 r. w Metropolii Górnośląsko-Zagłębiowskiej

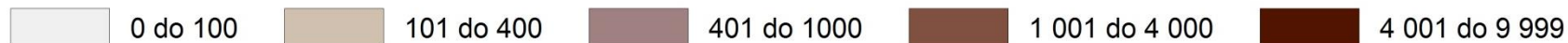


źródło: Zusańska-Żyśko (2016, s. 306)

# Metropolia Górnośląsko-Zagłębiowska według emisji zanieczyszczeń gazowych w 2015 r.



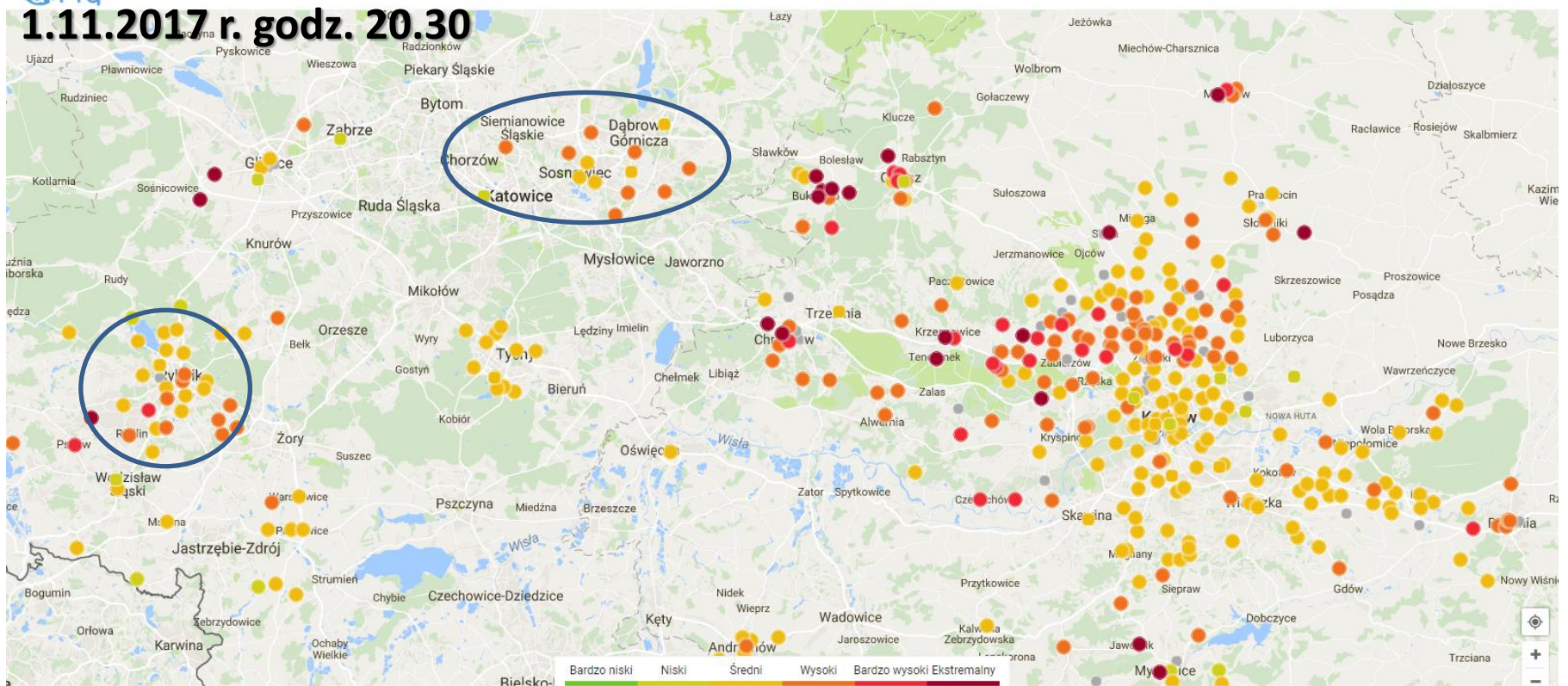
**Emisja zanieczyszczeń gazowych ogółem z zakładów szczególnie uciążliwych w 2015 r.**  
[tysiące ton]



# Poziom zanieczyszczeń powietrza

(ukazuje codzienny, dynamiczny stan powietrza atmosferycznego)

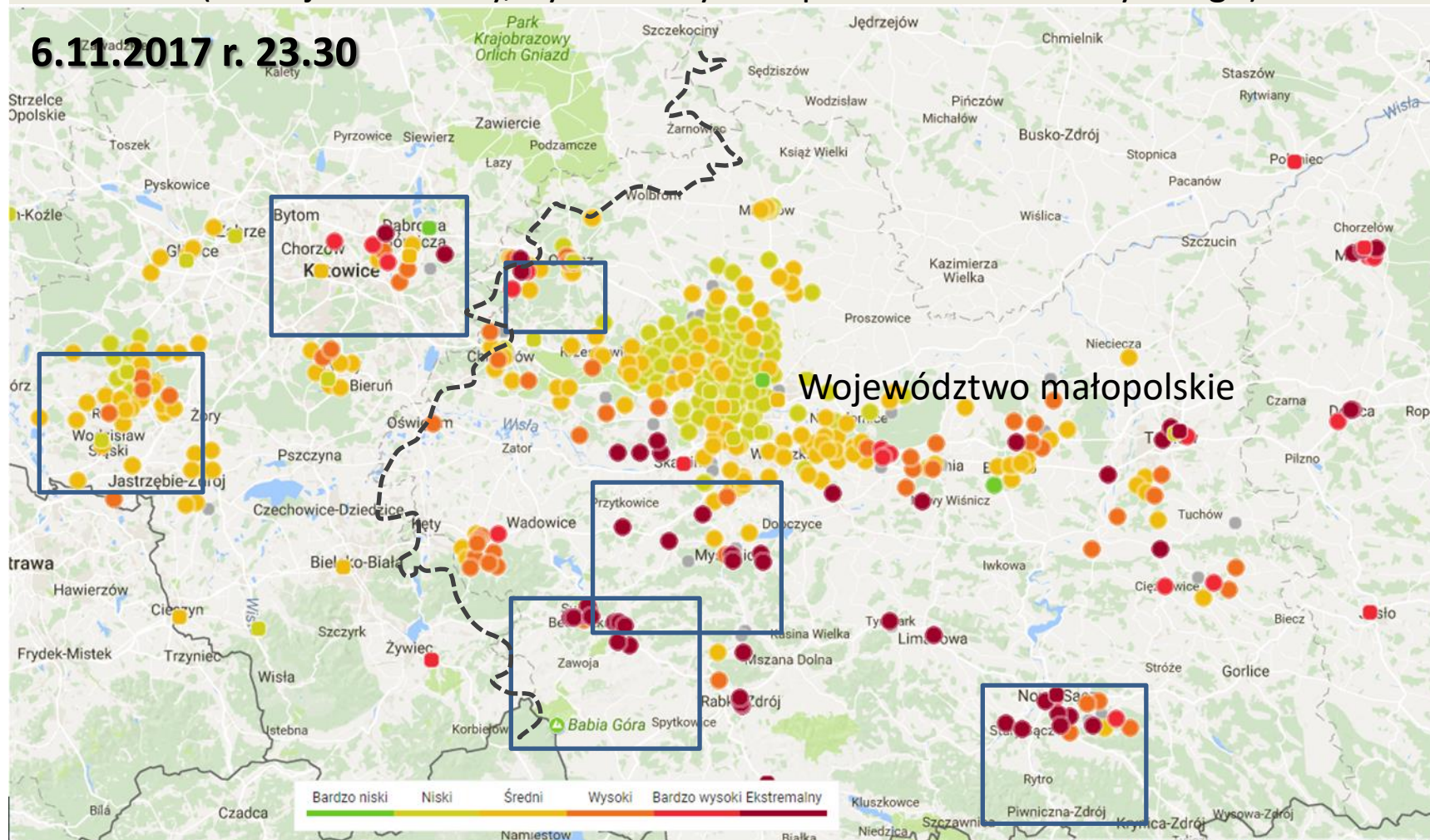
1.11.2017 r. godz. 20.30



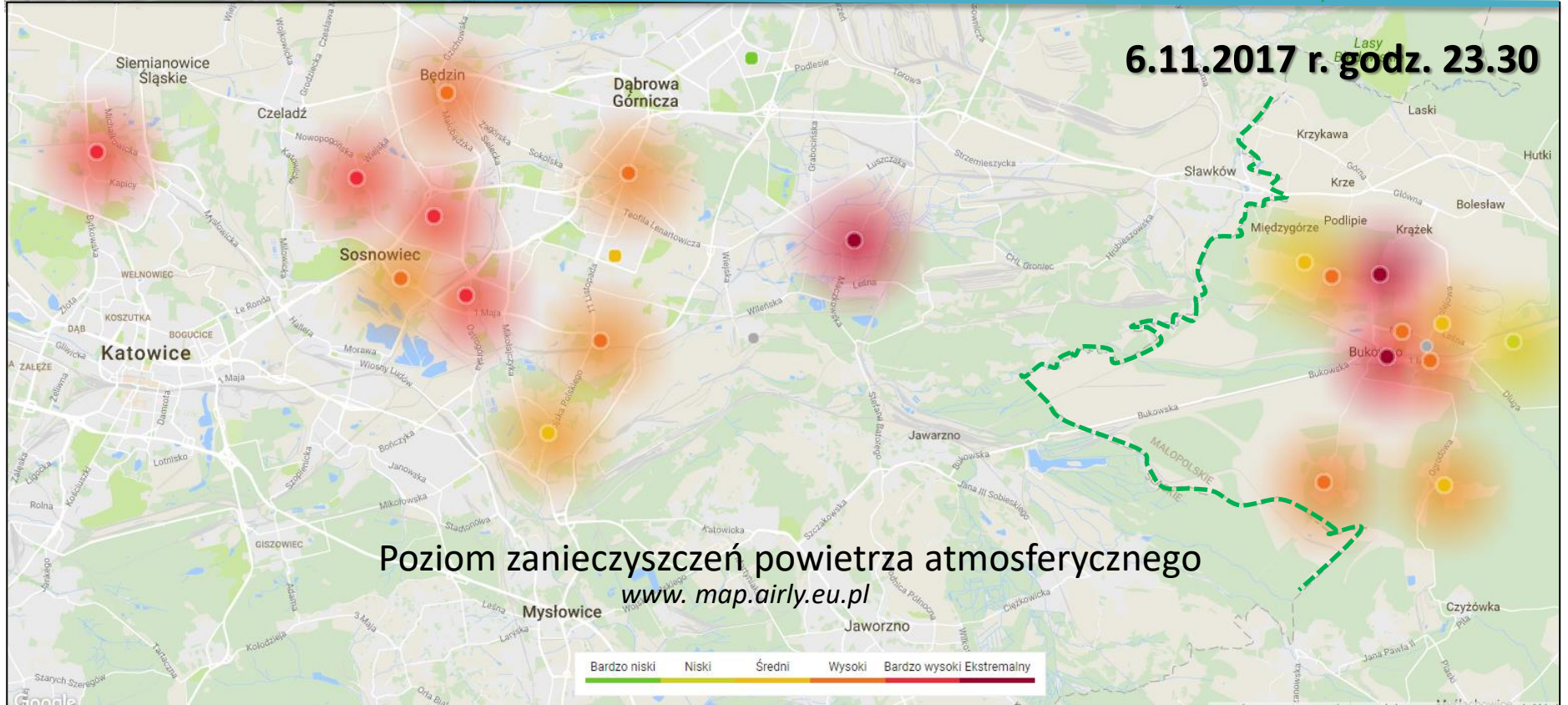
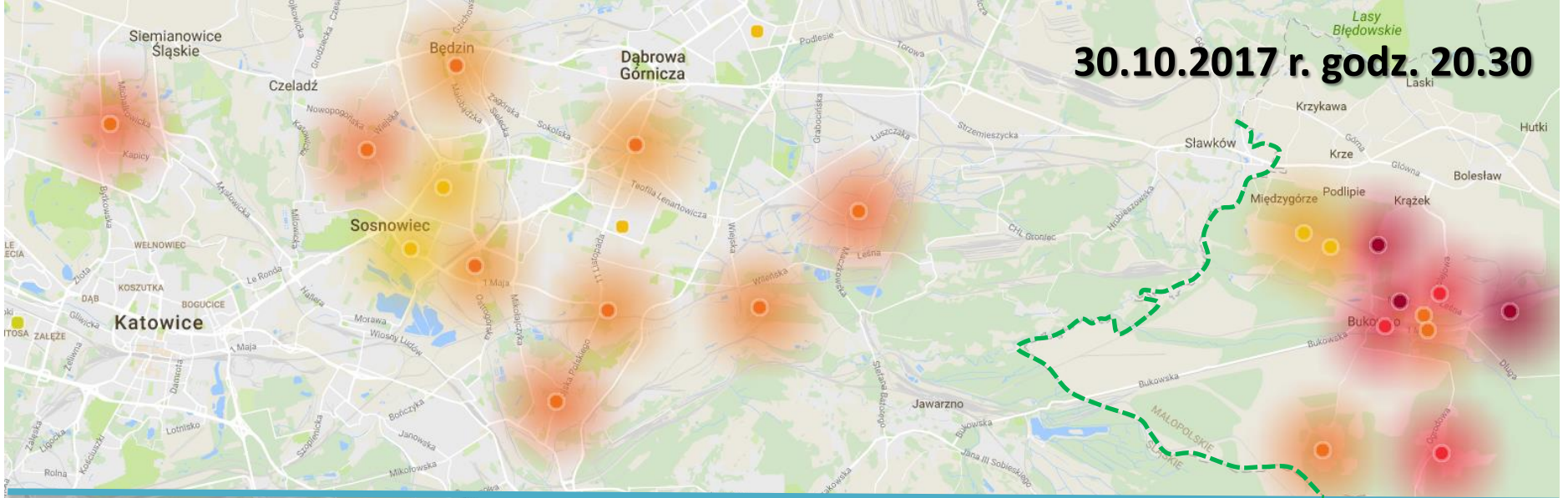
źródło: [www.map.airly.eu.pl](http://www.map.airly.eu.pl)

# Poziom zanieczyszczeń powietrza

(ukazuje codzienny, dynamiczny stan powietrza atmosferycznego)



źródło: [www.map.airly.eu.pl](http://www.map.airly.eu.pl)



# ULKA - Uniwersyteckie Laboratoria Kontroli Atmosfery - od 2016r.

Pierwsze w Polsce i w Europie Napowietrzne Mobilne Laboratorium (NML) umiejscowione w balonie załogowym na ogrzane powietrze (loty do wysokości 4 km), załoga: pilot plus 5 pasażerów.

Laboratorium w balonie obejmuje:

- 1) analizator nanocząsteczek 8-300 nm
- 2) analizator mikrocząsteczek 0,3-10  $\mu\text{m}$
- 3) terenową stację meteo
- 4) analizator stężenia ozonu
- 5) analizator stężenia sadzy
- 6) wysokoprzepływowy aspirator do pobierania próbek na filtrach
- 7) urządzenie do poboru i analizy pyłków roślin
- 8) urządzenie do badania owadów

Próbki poddawane są także analizom w laboratorium stacjonarnym min.

na Wydziale Nauk o Ziemi w Sosnowcu ul. Będzińska 60

Kierownik ULKI:

Dr hab. Mariola Jabłońska mail: [mariola.jablonska@us.edu.pl](mailto:mariola.jablonska@us.edu.pl) tel. 323689529



<https://portalkomunalny.pl/balon-ulka-uniwerytet-slaski/>

# Podsumowanie

- Zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego „nie znają” granic administracyjnych i rozprzestrzeniają się transgranicznie. Rozciągają się na całą przestrzeń.
- Ich siła i natężenie są zmienne w czasie i przestrzeni, zależą od złożonych czynników:
  - środowiskowych (warunki klimatyczne i ukształtowanie terenu),
  - społeczno - ekonomicznych (liczba ludności i gospodarstw domowych, typ ogrzewania, sytuacja materialna ludności),
  - gospodarczych (wielkość produkcji przemysłowej, liczba uciążliwych zakładów dla środowiska, liczba pojazdów, inne).
- Obok przemysłu oraz niskiej emisji coraz większym problemem w regionie staje się emisja z transportu samochodowego.



## Przydatne adresy internetowe z zakresu ochrony środowiska i pomiaru ruchu drogowego oraz statystyki

[www.map.airly.eu.pl](http://www.map.airly.eu.pl)

<http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/current>

<http://www.polskialarmsmogowy.pl/polski-alarmsmogowy,lokalnealarmy.html>

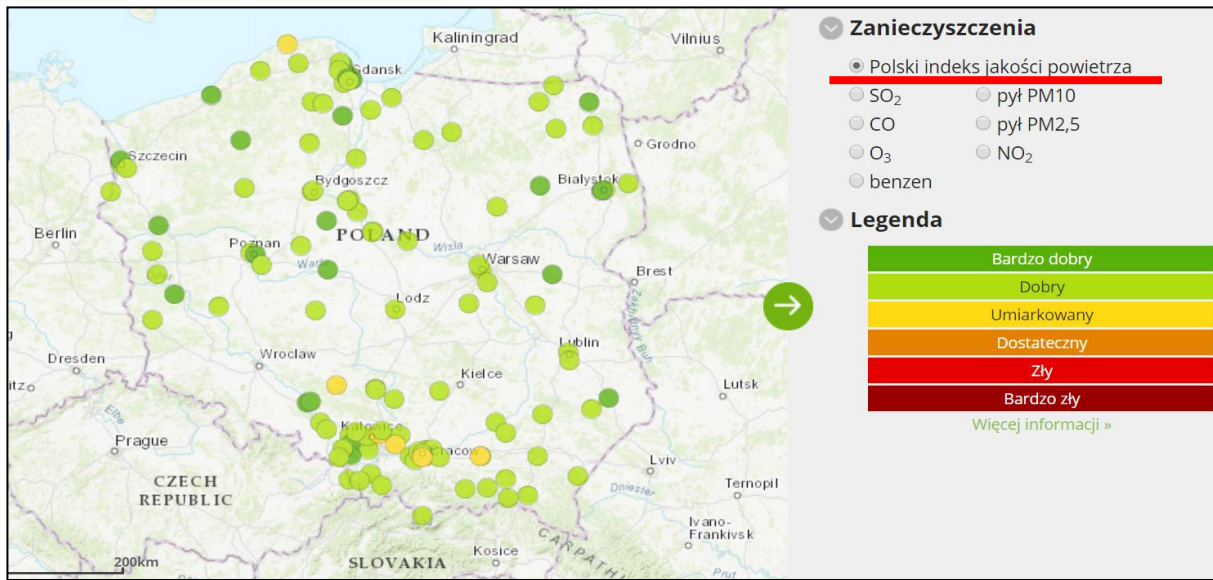
<http://spjp.katowice.wios.gov.pl/gop.html>

<https://www.bryk.pl/wypracowania/chemia/chemia-srodowiska/19365-smog-rodzaje.html>

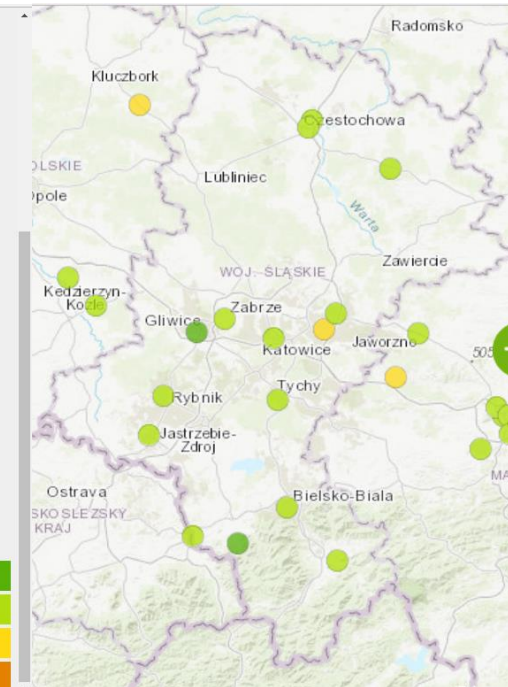
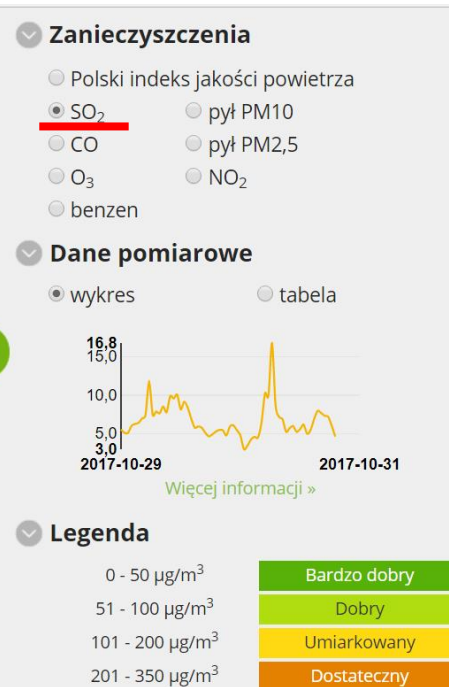
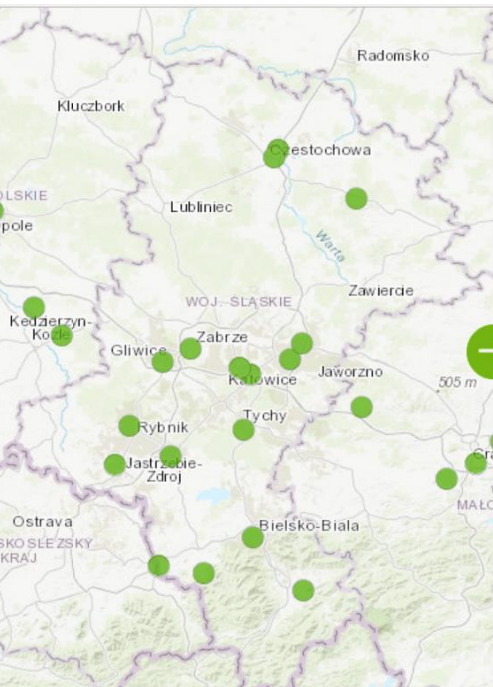
<http://www.polskialarmsmogowy.pl/polski-alarm-smogowy/smog/szczegoly,skad-sie-bierze-smog,18.html>

[www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl)

[https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/g/generalny-pomiar-ruchu-w-2015\\_15598//SYNTEZA/Synteza\\_GPR2015.pdf](https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/g/generalny-pomiar-ruchu-w-2015_15598//SYNTEZA/Synteza_GPR2015.pdf)

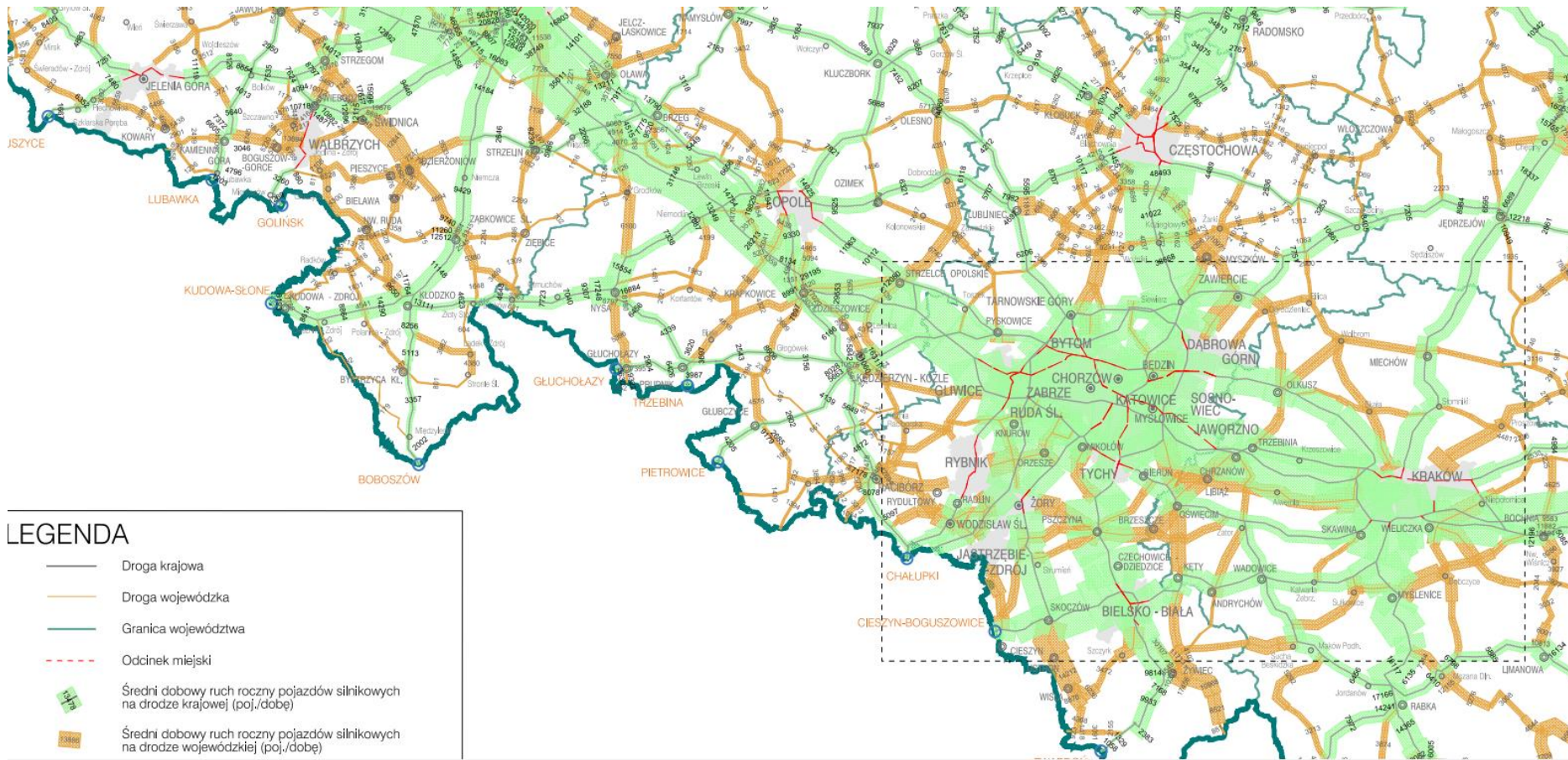


Jakość powietrza  
na tle kraju  
(29-31.10.2017 - okres  
silnych wiatrów)



źródło: <http://powietrze.gios.gov.pl/pjp/current>

# Ruch dobowy pojazdów w województwie śląskim w 2015 roku według Generalnej Dyrekcji Dróg i Autostrad



źródło: [https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/g/generalny-pomiar-ruchu-w-2015\\_15598//SYNTEZA/MAPA\\_SDRR2015\\_DK\\_DW.pdf](https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/g/generalny-pomiar-ruchu-w-2015_15598//SYNTEZA/MAPA_SDRR2015_DK_DW.pdf)

Elżbieta Zuzńska-Żyśko  
Wydział Nauk o Ziemi  
Katedra Geografii Ekonomicznej, 2017 r.

Tabela 2. Wskaźnik emisji spalania w gospodarstwach domowych

Zanieczyszczenie	Wskaźnik emisji spalania [kg/m <sup>2</sup> * a]		
	węgiel	olej	gaz ziemny
CO <sub>2</sub> dwutlenek węgla	0,6470	0,057	-
SO <sub>2</sub> dwutlenek siarki	0,2696	0,065	0,0320
CO tlenek węgla	0,6740	0,005	0,0090
PM10 pył	2,2920	0,018	0,0003

źródło: według R.Janki (2014), s. 367.

Tabela 3. Wybrane wskaźniki emisji pyłu w transporcie drogowym

Źródło emisji/ zasilanie	Pył ogółem [g/km]
Samochód osob. ON stary	6
Samochód osob. ON nowy	1,9
BS z katalizatora	0,0072
Samochód ciężarowy > 3,5 t ON stary	6
Samochód ciężarowy > 3,5 t ON nowy	1
BS	0,011
Autobus ON stary	6
Autobus ON nowy	1

źródło: na podstawie tab. Z.7.10 według R.Janki (2014) s. 360

## Literatura wykorzystana w wystąpieniu i prezentacji pt.: „Przestrzenny wymiar zanieczyszczenia powietrza i jego konsekwencje”

1. Dwucet K., Krajewski W., Wach J., 1992: Rekultywacja i rewaloryzacja środowiska przyrodniczego, Skrypty Uniwersytetu Śląskiego, nr 478, UŚ, Katowice.
2. Greszta J., Gruszka A., Kowalkowska M., 2002: Wpływ emisji na ekosystem, Wyd. Śląsk, Katowice.
3. Jelonek I., Mirkowski Z., Jelonek Z., 2016: Cechy flotokoncentratów oraz mułów węglowych stosowanych w piecach centralnego ogrzewania oraz charakterystyka produktów ubocznych powstałych w wyniku ich spalania, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 96, s. 91-104.
4. Jabłońska M., 2003: Skład fazowy pyłów atmosferycznych w wybranych miejscowościach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, Wyd. UŚ, Katowice.
5. Jabłońska M., Janeczek J., Rietmeijer F.J.M., 2003: Seasonal changes in the mineral compositions of tropospheric dust in the industrial region of Upper Silesia, Poland; Mineralogical Magazine, 67 (6), s. 1231-1241.
6. Janeczek J., Noszczyk T., 1999: Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego azbestem na terenie Sosnowca, PTM – Prace specjalne, Kraków, s. 57-62.
7. Janka M., 2014: Zanieczyszczenie pyłowe i gazowe. Podstawy obliczania i sterowania emisji, PWN, Warszawa.
8. Juda-Rezler K., 2000: Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na środowisko, Of. Wyd. Polit. Warsz., Warszawa.
9. Leśniok M., 1996: Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląskiej, Wyd. UŚ, Katowice.
10. Leśniok M., Degórska W., 2008: Zanieczyszczenie powietrza w miastach Górnośląskiego Związku Metropolitalnego, [w:] R.Dulias, A.Hibszer red., Górnośląski Związek Metropolitalny. Zarys geograficzny, PTG Oddział Katowicki, Sosnowiec.
11. Leśniok M., 2013: Czym oddychają sosnowiczanie, Gazeta Uniwersytecka UŚ, NR 7, <http://gazeta.us.edu.pl/node/272921>
12. Ochrona środowiska w województwie śląskim w latach 2011-2013, Urząd Statystyczny w Katowicach.
13. Ochrona środowiska 2016, GUS, Warszawa.
14. Opoczyński K., 2016: Synteza wyników GPR 2015 na zamiejskiej sieci dróg krajowych, GDDiA, Warszawa.
15. Paszyński J., 1962: Badania nad zanieczyszczeniem atmosfery GOP, Biuletyn PAN, nr 57.
16. Rocznik statystyczny przemysłu 2016, GUS, Warszawa.
17. Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej 2016, GUS, Warszawa.
18. Rocznik statystyczny województw 2016, GUS, Warszawa.
19. Rup K., 2015: Procesy przenoszenia zanieczyszczeń w środowisku naturalnym, Inż. i Och. Środ., Wyd. WNT, Warszawa.
20. Szponar A., 2003: Fizjografia urbanistyczna, Wyd. PWN, Warszawa.
21. Stan środowiska w województwie śląskim w latach 1999-2000, 2001, Biblioteka Monitoringu Środowiska, IOŚ, WIOŚ w Katowicach.
22. Stan środowiska w województwie śląskim w 2015 roku, 2016, Biblioteka Monitoringu Środowiska, IOŚ, WIOŚ w Katowicach.
23. Zusańska-Żyśko E., 2006: Małe miasta w okresie transformacji. Studium w regionie śląskim, Wyd. Śląsk, Katowice.
24. Zusańska-Żyśko E., 2016: Procesy metropolizacji. Teoria i praktyka, Wyd. PWN, Warszawa.