



# Cząstki ultradrobne: właściwości, znaczenie i wyzwania

Dr inż. Magdalena Reizer

XVII Konferencja „Problemy jakości powietrza wewnątrz w Polsce”  
Warszawa, 23.11.2023

1



## Cząstki ultradrobne: właściwości, znaczenie i wyzwania

### UFP: ROSNĄCE ZAINTERESOWANIE

Air pollution nanoparticles linked to brain cancer for first time

The Guardian

Exclusive: tiny particles produced by motor traffic can invade the brain and carry carcinogens



Traffic on the M25 in Surrey Photograph: Martin Godwin/The Guardian  
New research has linked air pollution nanoparticles to brain cancer for the first time.

The New York Times

Living Near an Airport May Raise Risks of Preterm Birth

Pregnant women exposed to soot from jet engines were at increased risk of giving birth prematurely.

INVISIBLE NUMBERS | ENVIRONMENT

B B C

The toxic killers in our air too small to see

By Tim Smedley 19th November 2019

Current pollution meters don't count the very smallest pollutants – nanoparticles. Recent research suggests these tiny toxic substances could be a major cause of illness and death.

Breathing in fine particles from air pollution on a smoggy day for just six hours could trigger a heart attack, study finds

- Researchers looked at air pollution exposure in Germany and the number of nonfatal heart attacks
- Ultrafine particles mostly come from vehicle emission and can penetrate deep into the bloodstream
- Spending six hours outside increased the risk of nonfatal heart attacks by 10%

By MARY KEKATOS HEALTH REPORTER FOR DAILYMAIL.COM

MailOnline

PUBLISHED: 17:52 GMT, 20 January 2020 | UPDATED: 20:00 GMT, 20 January 2020

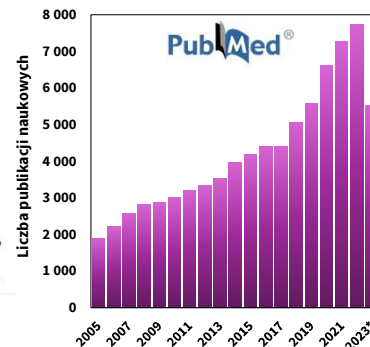
London Underground is polluted with ultrafine METALLIC particles that are small enough to end up in the bloodstream – and scientists still don't know the health risk

- A study found the London Underground is filled with ultrafine metallic particles
- The tiny particles can be easily breathed in and enter people's bloodstreams
- The Cambridge University study says the health risks posed remain unknown
- Particles of iron oxides have been detected as having five nanometre diameters

By EIRIAN JANE PROSSER FOR MAILONLINE

PUBLISHED: 16:00 GMT, 15 December 2022 | UPDATED: 16:00 GMT, 15 December 2022

MailOnline

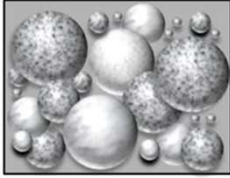


2

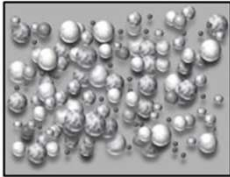


## Cząstki ultradrobne: właściwości, znaczenie i wyzwania

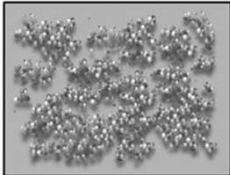
**PM<sub>10</sub>**



**PM<sub>2.5</sub>**



**UFP  
(PM<sub>0.1</sub>)**



Źródło: Li i in., 2016

### UFP: CHARAKTERYSTYKA

- 1 **UFP (Ultrafine particles) →  $d_a \leq 0.1 \mu\text{m}$  (100 nm)**
- 2 **MASA CZĄSTEK → Najmniejsza**
- 3 **LICZBA CZĄSTEK → Największa**
- 4 **STĘŻENIA → # / cm<sup>3</sup>**



3

3



## Cząstki ultradrobne: właściwości, znaczenie i wyzwania

### UFP a PM<sub>2.5</sub>

**Założenie: monodispersyjny aerozol zawierający kuliste cząstki o gęstości 1 000 kg/m<sup>3</sup> i stężeniu masowym PM<sub>2.5</sub> wynoszącym 10 µg/m<sup>3</sup>**

Źródło: Marval i Tronville, 2022

$$d_a = 2.5 \mu\text{m}$$

- Stężenie liczbowe = 1.22 #/cm<sup>3</sup>
- Stężenie powierzchniowe = 0.27 m<sup>2</sup>/g



$$d_a = 20 \text{ nm}$$

- Stężenie liczbowe =  $2.39 \cdot 10^6$  #/cm<sup>3</sup>
- Stężenie powierzchniowe = 33.33 m<sup>2</sup>/g

4

4



## Cząstki ultradrobne: właściwości, znaczenie i wyzwania

### UFP: ŹRÓDŁA



### POWIETRZE WEWNĘTRZNE

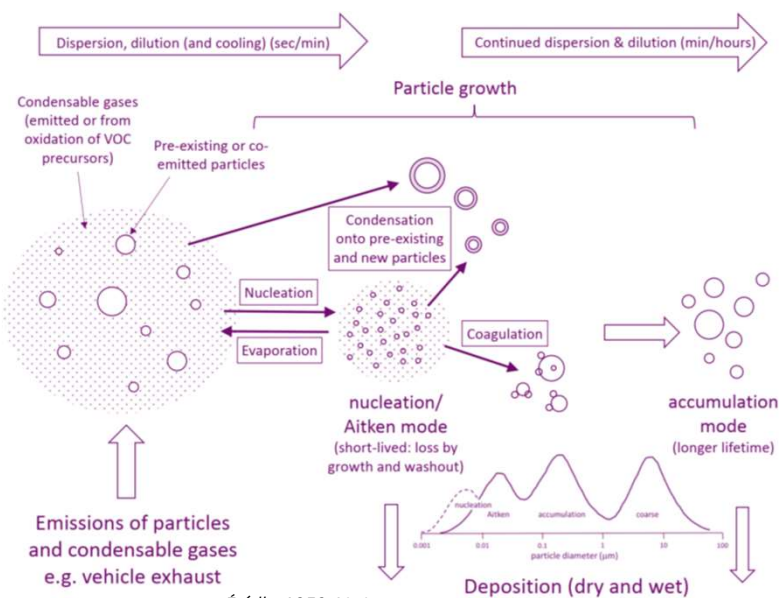


5

5



## Cząstki ultradrobne: właściwości, znaczenie i wyzwania



Źródło: AQEG, 2018

### CZĄSTKI WTÓRNE

#### 1 PREKURSORY UFP

- SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, LZO, POA

#### 2 GŁÓWNE PROCESY

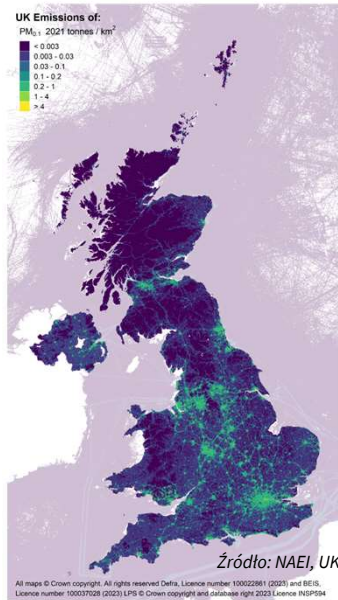
- **Nukleacja** siarczanów, azotanów, LZO → konwersja gaz-cząstka (1 - 30 nm)
- **Kondensacja** zan. gazowych na powierzchni cząstek
- **Koagulacja i wzrost** cząstek (20 - 100 nm)

6

6



## Cząstki ultradrobne: właściwości, znaczenie i wyzwania



### EMISJA UFP – WLK. BRYTANIA



1 CAŁKOWITA EMISJA PM<sub>0.1</sub> (2021) → 14 264 t

2 STRUKTURA EMISJI PM<sub>0.1</sub>

Spalanie paliw (NFR 1A) – 66%

- Transport (NFR 1A3) – 21%
  - Transport drogowy – 18%
- Przemysł wytwórczy i budownictwo (NFR 1A2) – 20%
- Inne sektory (NFR 1A4) – 19%
  - Sektor komunalno-bytowy – 16%
- Przemysły energetyczne (NFR 1A1) – 5%

Procesy przemysłowe (NFR 2) – 22%

Odpady (NFR 5) – 6%

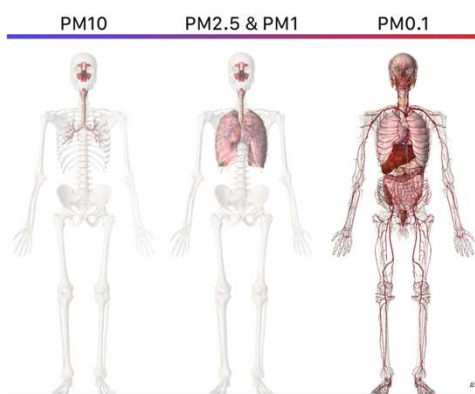
Pozostałe – 6%

7

7



## Cząstki ultradrobne: właściwości, znaczenie i wyzwania



### UFP: WPŁYW NA ZDROWIE



1 ZBYT MAŁO BADAŃ

2 PRAWDOPODOBNIIE BARDZIEJ SZKODLIWE NIŻ PM<sub>2.5</sub>

3 POTENCJALNE SKUTKI ZDROWOTNE

- Zaburzenia rytmu serca
- Wzrost ciśnienia krwi
- Spadek funkcji naczynioruchowej
- Genotoksyczność wywołana stresem oksydacyjnym
- Markery zapalenia ogólnoustrojowego i płuc
- Zmniejszona czynność płuc
- Zaburzenia neurokogntywne

8

8



## UFP: STĘŻENIA I SKŁAD CHEMICZNY



- **Duża zmienność przestrzenna i czasowa stężeń liczbowych UFP**
- **„Typowe” stężenia liczbowe UFP:**
  - **Środowisko niebędące** pod bezpośrednim **wpływem źródeł emisji**:  $< 10^3 \text{ \#/cm}^3$  (24 h)
  - **Tło miejskie**:  $< 10^4 \text{ \#/cm}^3$  (24 h);  $< 2 \cdot 10^4 \text{ \#/cm}^3$  (1 h)
  - **Kaniony uliczne/tunele**:  $10^5 - 10^6 \text{ \#/cm}^3$
- **Skład chemiczny UFP:**
  - **Materia organiczna, wtórne jony nieorganiczne, węgiel elementarny, pierwiastki**

9

9



## UFP: UREGULOWANIA PRAWNE



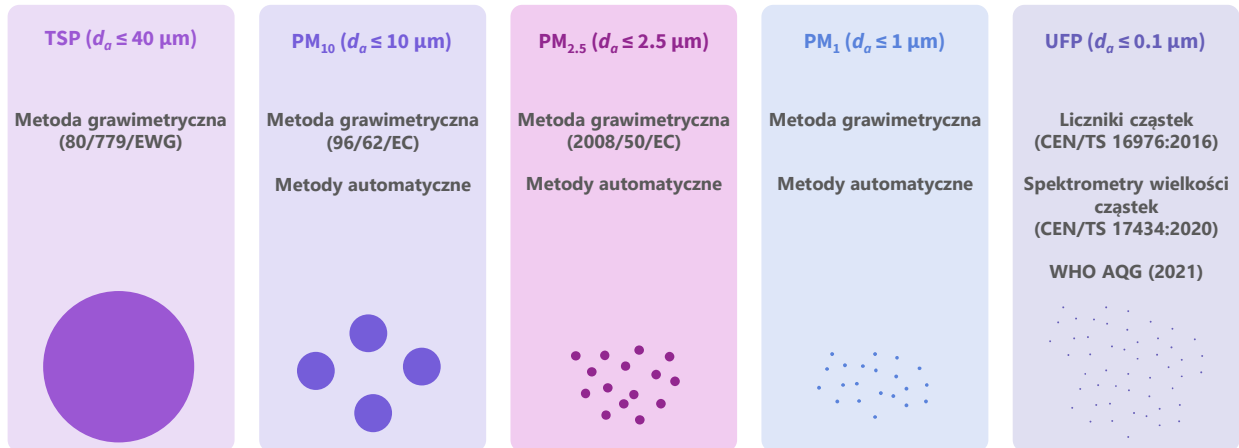
- **Brak standardów jakości powietrza**
- **Brak standardów emisyjnych**
  - Standardy **EURO**
- **Brak krajowych poziomów emisji** oraz **celów redukcji emisji**
- **Brak wymogu raportowania emisji** w ramach międzynarodowych umów
- **Brak wytycznych** dotyczących przygotowania **krajowych inwentaryzacji emisji**
- **Brak** powszechnie dostępnych **baz danych wskaźników emisji**

10

10



## PYŁ ZAWIESZONY – POMIARY



11

11



Źródło: <http://tsi.com>

### UFP: METODY POMIAROWE

- 1 BRAK RUTYNOWYCH POMIARÓW**
- 2 STĘŻENIA LICZBOWE**
  - Kondensacyjny licznik cząstek (CPC, Condensation Particle Counter)
  - Pomiar w czasie rzeczywistym
- 3 ROZKŁAD WIELKOŚCI CZĄSTEK**
  - Spektrometry wielkości cząstek (DMPS/SMPS, Differential/Scanning Mobility Particle Sizer)  
→ CPC + DMA (Differential Mobility Analyzer)
  - Pomiar w czasie rzeczywistym
- 4 KOSZTOWNE KAMPANIE POMIAROWE**

12

12



## PROJEKT BADAWCZY



Projekt **NCN (SONATA-17)**, pt.: „Charakter, pochodzenie i oddziaływania drobnych i ultradrobnych pyłów w powietrzu atmosferycznym i wewnętrznym środowiska miejskiego” (2022-2025)

- Roczna kampania pomiarowa dobowych stężeń  $PM_{2.5}$  i  $PM_1$  oraz ich składników chemicznych (EC, OC, jony, pierwiastki śladowe).
- Ocena zmienności czasowej i rozkładu przestrzennego stężeń liczbowych cząstek UFP wraz z oceną stężeń UFP na zewnątrz i wewnątrz budynków.



13



## PODSUMOWANIE



- **Rosnące znaczenie cząstek UFP → szkodliwość**
- **Odmienna charakterystyka cząstek UFP**
- **Niewystarczająca liczba badań**
- **Brak uregulowań prawnych**
- **Potrzeba monitorowania stężeń UFP**

14

14



## PAMIĘCI

**PROF. DR HAB. INŻ. KATARZYNY JUDA-REZLER  
(23.11.1957 – 31.10.2023)**

*„Śmierć nie jest kresem naszego istnienia, żyjemy  
w naszych dzieciach i następnych pokoleniach”*

Albert Einstein

15

15



Dziękuję  
za uwagę

dr inż. Magdalena Reizer  
magdalena.reizer@pw.edu.pl

16