

**XVII Ogólnopolska Konferencja “Problemy jakości powietrza wewnętrznego
w Polsce”**

(Warszawa, 23-24 listopada 2023)



Jakość powietrza wewnętrznego w wybranych przedszkolach oraz ośrodkach opieki nad osobami starszymi

Mariusz Marć*, Natalia Jatkowska, Małgorzata Rutkowska, Bożena Zabiegała

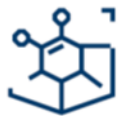
Politechnika Gdańska

Wydział Chemiczny

Katedra Chemii Analitycznej

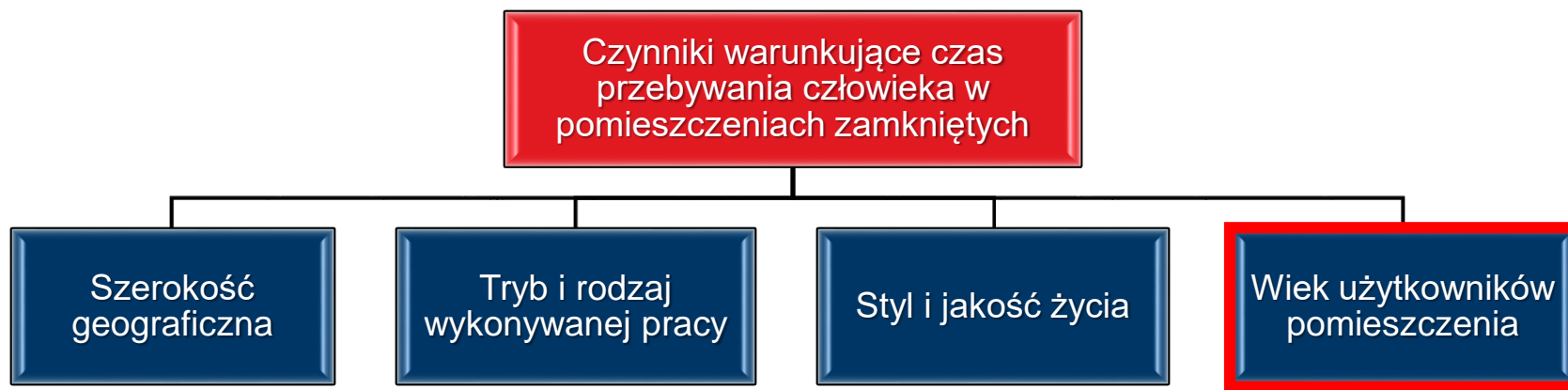
G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

*marmarc@pg.edu.pl



DLACZEGO JAKOŚĆ POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO JEST TAK WAŻNA?

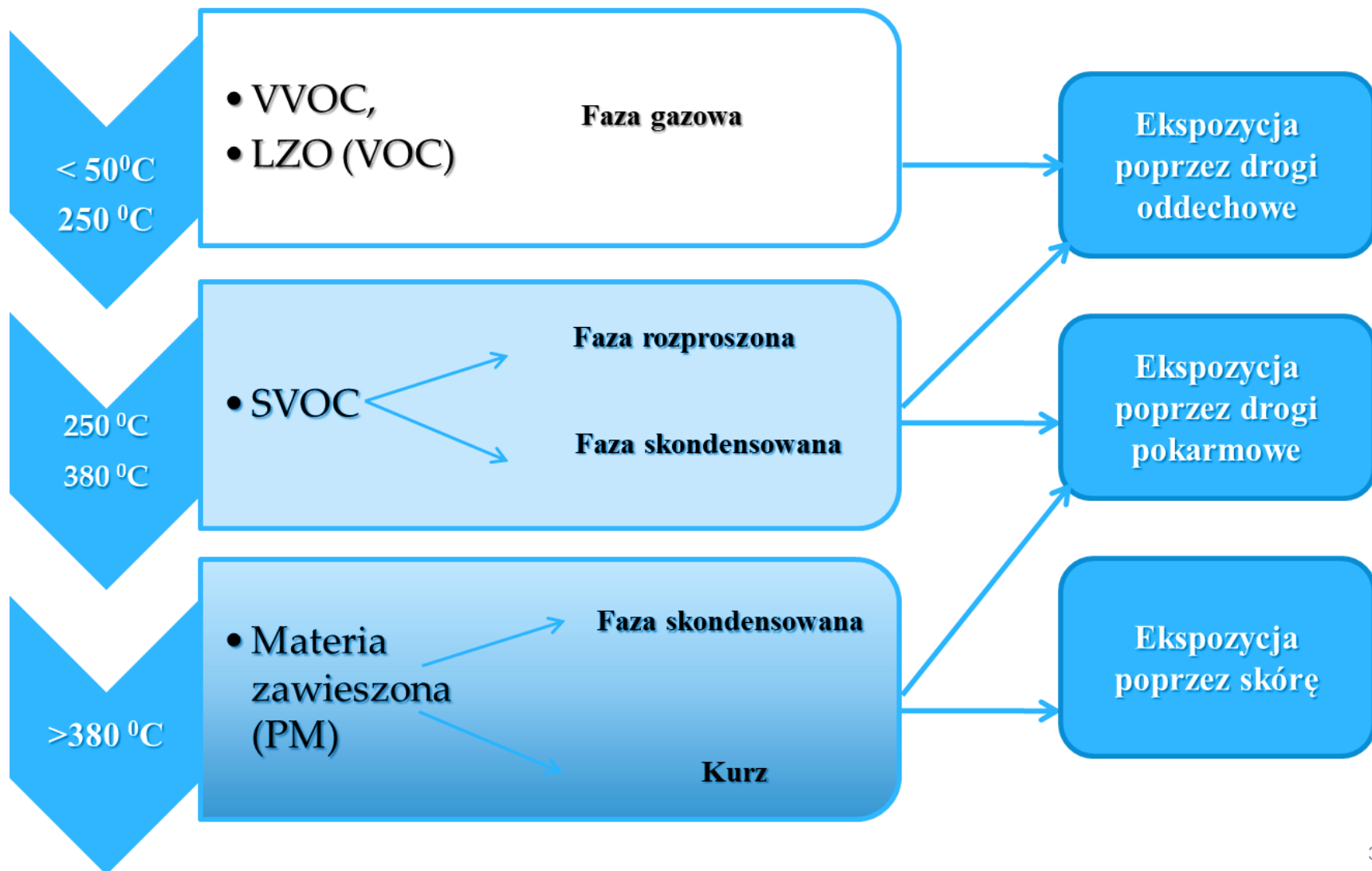
- **Wysokie stężenia ksenobiotyków** np. związków chemicznych z grupy lotnych związków organicznych (LZO) czy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA);
- Szczelność i izolacja termiczna pomieszczeń mieszkalnych i biurowych;
- Długi czas narażenia - **dorośli człowiek** spędza w pomieszczeniach zamkniętych od **70 do 90%** swojego czasu w ciągu jednej doby;
- W czasie domowej, przymusowej kwarantanny czas spędzony w środowisku wewnętrznym pomieszczenia zamkniętego **wynosił 100%**;
- **Wprowadzenie nowych przepisów** - Kodeks pracy przewiduje zarówno pracę zdalną całkowitą, jak i hybrydową (częściowo w domu, częściowo w firmie), stosownie do potrzeb konkretnego pracownika i pracodawcy.





DROGI NARAŻENIA CZŁOWIEKA NA ZANIECZYSZCZENIA CHEMICZNE OBECNE W ŚRODOWISKU WEWNĘTRZNYM

Zakres temperatur wrzenia



GRUPY SPOŁECZNE SZCZEGÓLNIE PODATNA NA NIEKORZYSTNY WPŁYW ZANIECZYSZCZEŃ OBECNYCH W ŚRODOWISKU WEWNĘTRZNYM



Dzieci w wieku przedszkolnym są szczególnie narażone na działanie zanieczyszczeń obecnych w fazie gazowej ze względu:

- ⇐ **dynamiczny wzrost**
- ⇐ **niedojrzałość szlaków metabolicznych;**
- ⇐ **rozwój ważnych układów wewnętrznych organizmu**



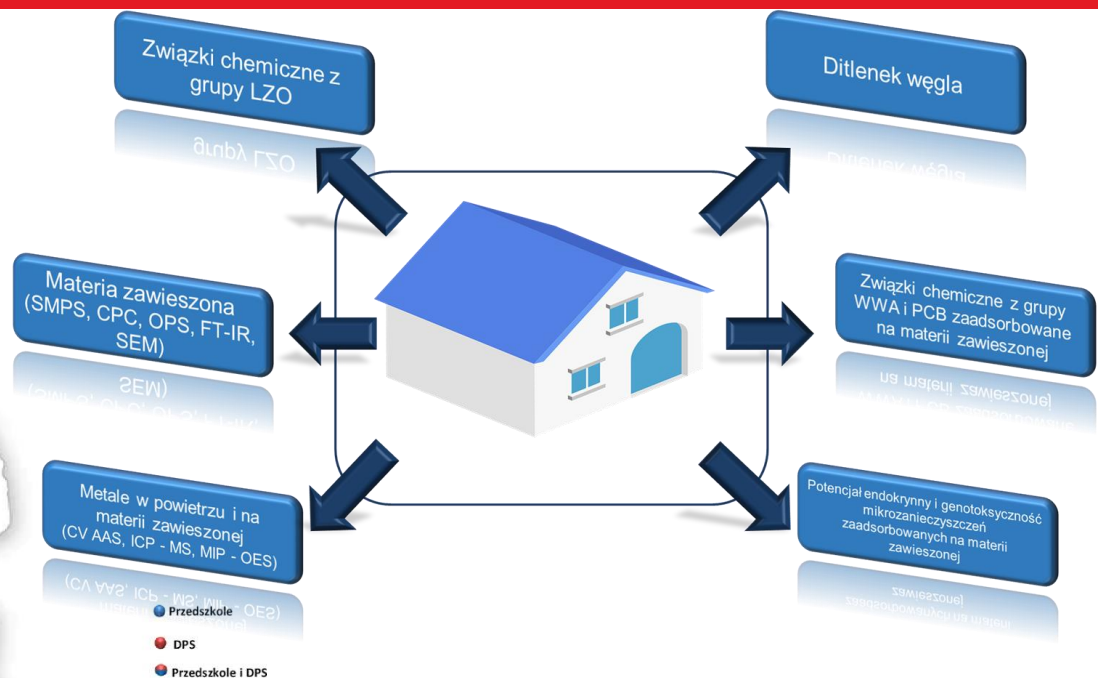
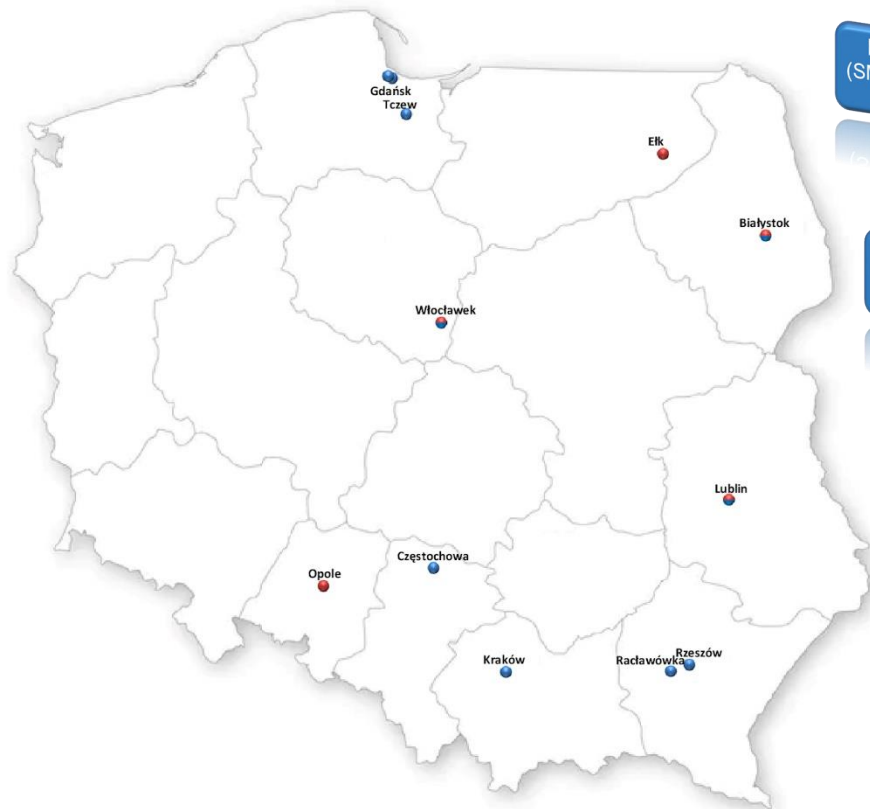
Osoby w podeszłym wieku będące pacjentami/użytkownikami ośrodków opieki nad osobami starszymi:

- ⇐ **Długi czas narażenia** na działanie zanieczyszczeń;
- ⇐ **Zaburzenia w prawidłowym funkcjonowaniu układu oddechowego, nerwowego czy odpornościowego;**
- ⇐ **Ograniczone możliwości ruchowe**



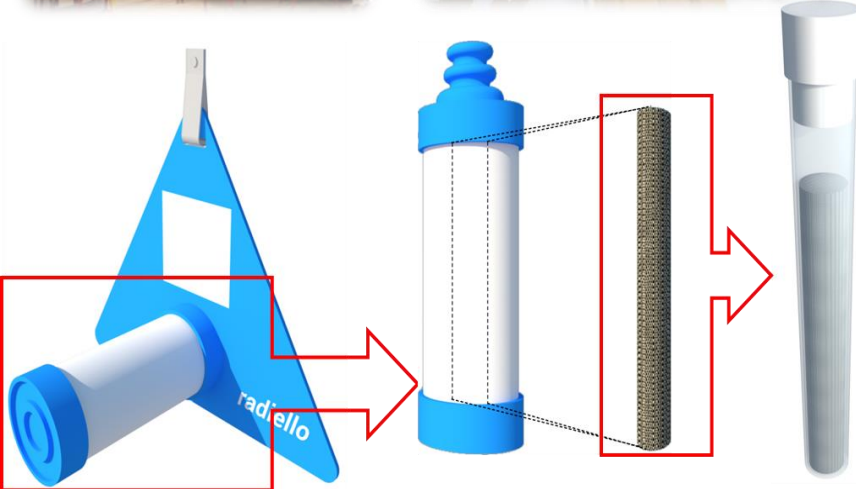
INDOOR AEROSOL 2022 – BADANIA ZANIECZYSZCZEŃ WPŁYWAJĄCYCH NA KSZTAŁTOWANIE JAKOŚCI ŚRODOWISKA WEWNĘTRZNEGO W PLACÓWKACH OBJĘTYCH BADANIAMI

LOKALIZACJA PLACÓWEK



- ✓ Temperatura powietrza, wilgotność, ciśnienie;
- ✓ Dinitlenek siarki, tlenki azotu, tlenki węgla (CO i CO₂);
- ✓ Związki chemiczne z grupy lotnych związków organicznych – paramter sumeryczny TVOC;
- ✓ Materia zawieszona (PM₁₀ i PM_{2,5});
- ✓ Związki chemiczne z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), ze szczególnym uwzględnieniem **benzo[a]pirenu***;
- ✓ Przedstawiciele metali ciężkich, w tym również rtęć

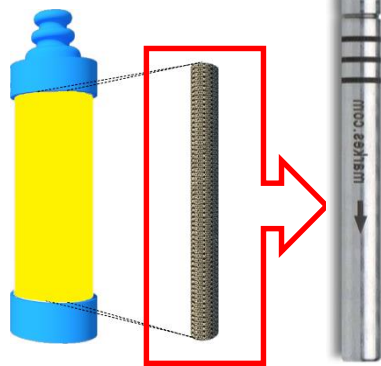
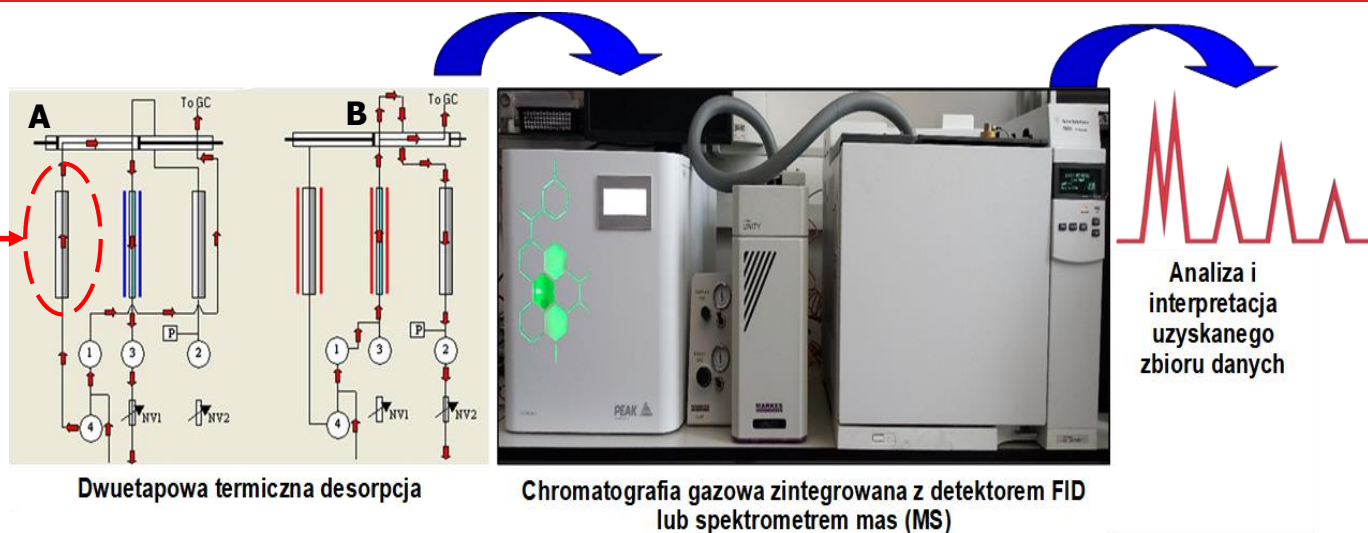
INDOOR AEROSOL 2022 – OZNACZANIE POZIOMU ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW CHEMICZNYCH Z GRUPY LZO W ŚRODOWISKU WEWNĘTRZNYM



Typ monitorowanego powietrza	Czas ekspozycji próbника	Pobierane związki chemiczne
Powietrze wewnętrzne	24 h	węglowodory aromatyczne; węglowodory alifatyczne; terpeny
Technika uwalniania analitów ze złoża	Dwuetapowa termiczna desorpcja	
Warunki pracy próbника	Wilgotność powietrza: 15 – 90%, Intensywność ruchu powietrza: 0,1 – 10 m/s	
Liczba próbników w pomieszczeniu	minimum 3	

Parametr	1. Bariera/membrana dyfuzyjna
Bariera dyfuzyjna	Mikroporowaty polietylen
Długość membrany	60 mm
Średnica zewnętrzna	16 mm
Grubość	5 mm
Porowatość	10 ± 2 mm
Długość strefy dyfuzyjnej	150 mm
Parametr	2. Rurka wypełniona złożem sorpcyjnym
Materiał	Stalowa siatka
Medium sorpcyjne	Carbograph 4 (sadza grafityzowana 35-50 mesh)
Masa złoża sorpcyjnego	300 ± 10 mg
Długość	60 mm
Średnica zewnętrzna	4,8 mm

INDOOR AEROSOL 2022 – OZNACZANIE POZIOMU ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW CHEMICZNYCH Z GRUPY LZO W ŚRODOWISKU WEWNĘTRZNYM



1. Zakończenie ekspozycji próbnika pasywnego. Usunięcie z wnętrza membrany dyfuzyjnego próbnika pasywnego typu Radiello® rurki wypełnionej złożem sorpcyjnym.

2. Instalacja rurki ze złożem sorpcyjnym w piecu termicznego desorbera (*Markes Series 2 Thermal Desorption Systems; UNITY/TD-100; Markes Int.*):

A – ogrzewanie rurki w temp. 290°C przez 12 min.; przepływ gazu obojętnego (helu) – 50 ml/min;

B – balistyczne ogrzewanie mikropułapki do temp. 300°C przez 5 min; przepływ gazu obojętnego (helu) – 2 ml/min

Tryb pracy dozownika: bez podziału strumienia

3. Rozdzielenie, identyfikacja i oznaczenie analitów zatrzymanych na złożu sorpcyjnym próbnika pasywnego z wykorzystaniem techniki GC-FID (*Agilent Technologies 7820 A*);

kolumna: 30 m × 320 μm × 5 μm, J&W DB-1; temperatura pracy detektora - 280°C; temperatura linii przesyłowej TD-GC – 180°C; prędkość przepływu gazu nośnego – 2 ml/min

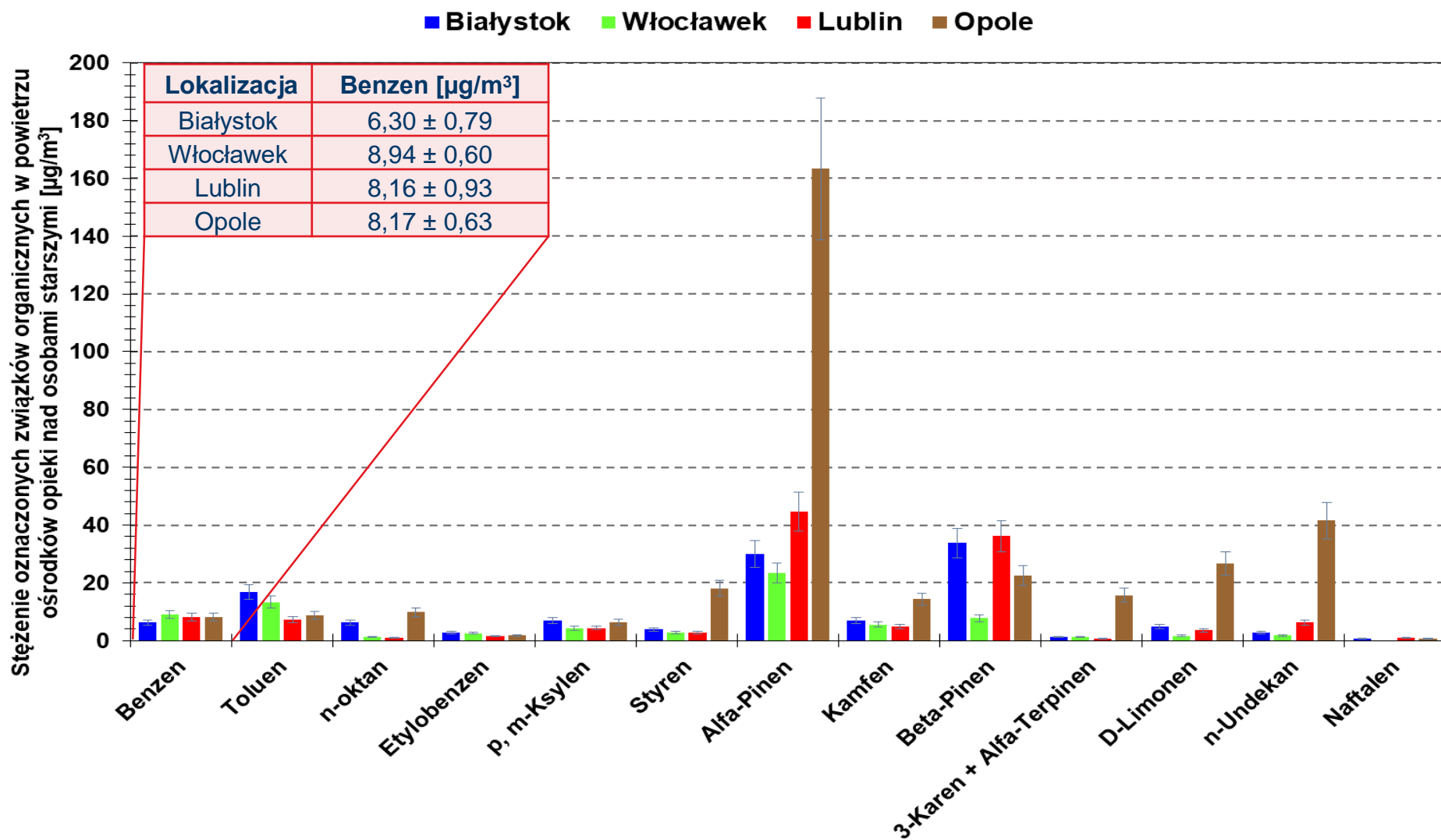
**POZIOMY ZAWARTOŚCI OZNACZONYCH ZWIĄZKÓW Z GRUPY LZO W
POWIETRZU WEWNĘTRZNYM POMIESZCZEŃ PRZEDSZKOLNYCH**

Oznaczony związek	Białystok	Kraków	Gdańsk	Wrocław	Tczew	Rzeszów	Raławka	Lublin
Benzen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	4,91 ± 0,71	5,7 ± 1,0	3,52 ± 0,17	8,85 ± 0,59	6,9 ± 1,1	5,24 ± 0,11	3,59 ± 0,15	6,62 ± 0,31
Toluen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	8,634 ± 0,069	7,97 ± 0,42	11,14 ± 0,64	16,34 ± 0,67	26,6 ± 1,6	8,369 ± 0,087	3,24 ± 0,13	7,40 ± 0,24
Etylobenzen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2,53 ± 0,60	4,78 ± 0,23	2,71 ± 0,12	3,810 ± 0,057	2,54 ± 0,22	1,9396 ± 0,0052	1,01 ± 0,12	2,06 ± 0,11
p,m-Ksylen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	31,8 ± 1,5	4,91 ± 0,24	6,41 ± 0,40	10,43 ± 0,38	5,43 ± 0,43	4,531 ± 0,036	1,86 ± 0,17	4,67 ± 0,23
Styren [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	11,25 ± 0,55	8,8 ± 2,4	2,93 ± 0,26	4,78 ± 0,093	2,91 ± 0,26	3,10 ± 0,12	3,80 ± 0,88	3,42 ± 0,33
n-Oktan [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	4,5 ± 1,7	1,37 ± 0,30	1,30 ± 0,15	1,87 ± 0,25	3,01 ± 0,50	1,4432 ± 0,0048	1,27 ± 0,16	0,880 ± 0,071
n-Undekan [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	6,7 ± 2,1	4,0 ± 1,0	21,9 ± 2,1	6,95 ± 0,23	23,0 ± 4,7	11,5 ± 1,7	11,6 ± 3,1	4,5 ± 2,1
Naftalen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	0,749 ± 0,090	2,9 ± 1,9	0,68 ± 0,079	0,047 ± 0,010	1,88 ± 0,99	0,173 ± 0,039	0,129 ± 0,036	0,80 ± 0,35
α -Pinen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	87,5 ± 4,8	30,9 ± 6,1	31,4 ± 3,8	1188 ± 39	51,4 ± 2,6	17,27 ± 0,43	20,3 ± 3,7	30,0 ± 2,3
Kamfen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	12,3 ± 3,2	6,94 ± 0,56	16,09 ± 0,60	8,0 ± 4,2	35,2 ± 2,4	4,88 ± 0,10	3,73 ± 0,97	6,58 ± 0,66
β -Pinen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	87,7 ± 23,0	34,4 ± 3,0	14,7 ± 1,1	8,9 ± 1,1	17,3 ± 2,9	28,0 ± 1,0	25,4 ± 5,9	40,5 ± 3,5
3-Karen + α -Terpinen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	4,79 ± 0,45	12,4 ± 1,7	6,49 ± 0,47	79 ± 34	5,12 ± 0,41	3,084 ± 0,021	0,97 ± 0,50	0,69 ± 0,14
D-Limonen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	11,2 ± 3,7	4,03 ± 0,20	7,0 ± 1,4	2,38 ± 0,14	6,10 ± 0,32	10,84 ± 0,59	7,9 ± 2,9	4,09 ± 0,83

Średnie ważone w czasie stężenie (TWA) ± odchylenie standardowe (n=3)

- Dopuszczalna wartość narażenia zawodowego dla benzenu zgodnie z dyrektywą 2022/431/UE obliczona w odniesieniu do okresu referencyjnego wynoszącego osiem godzin, jako średnia ważona w funkcji czasu (TWA) – 0,66 mg/m³ (0,20 ppm).**
- Maksymalny dopuszczalny poziom benzenu w stężeniu średniorocznym zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy wynosi 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

STĘŻENIE OZNACZONYCH ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH W POMIESZCZENIACH OŚRODKÓW OPIEKI NAD OSOBAMI STARSZYMÍ



INDOOR AEROSOL 2022 – OZNACZANIE POZIOMU ZAWARTOŚCI CO₂ W ŚRODOWISKU WEWNĘTRZNYM

MIERNIK JAKOŚCI POWIETRZA Q-TRAK 7575



Sonda umożliwia na monitorowanie w środowisku wewnętrznym, takich parametrów jak:

- ✓ Sumaryczna wartość stężenia związków chemicznych z grupy LZO (TVOC_{PID/TOL} w ppb);
- ✓ Temperatura;
- ✓ Wilgotność względna;
- ✓ Stężenie CO₂ (w ppm)

IBT-986 - SONDA (PID)

INDOOR AEROSOL 2022 – OZNACZANIE POZIOMU ZAWARTOŚCI MATERII ZAWIESZONEJ (PM) W ŚRODOWISKU WEWNĘTRZNYM

PRZENOŚNY MIERNIK ZAPYLENIA DustTrak DRX 8534



- ↪ Typ czujnika:
fotometr (rozpraszanie światła pod kątem 90°);
- ↪ Zakres pomiaru rozmiaru cząstek:
0,1 do 15 μm ;
- ↪ Zakres pomiaru stężenia pyłu:
0,001 do 150 mg/m^3 ;
- ↪ Rozdzielczość:
 $\pm 0.1\%$ odczytu lub 0.001 mg/m^3 ;
- ↪ Przepływ:
0,18 m^3/h ;
- ↪ Masa urządzenia:
1,5 kg

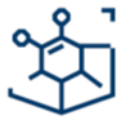


Umożliwia jednoczesny pomiar w czasie rzeczywistym (on-line) stężenia masowego wraz z podziałem na poszczególne frakcje (**PM1, PM2.5, PM10** frakcja respirabilna oraz zawartość całkowita)



INDOOR AEROSOL 2022 – OZNACZANIE POZIOMU ZAWARTOŚCI CO₂ W ŚRODOWISKU WEWNĘTRZNYM POMIESZCZEŃ PRZEDSZKOLNYCH

Miejsce/Parametr	CO ₂ [ppm]	T [°C]	RH [%]
Białystok	649 (574 ÷ 766)	23,8 (23,4 ÷ 24,3)	44,4 (42,2 ÷ 45,3)
Kraków	1267 (425 ÷ 1275)	23,5 (24,7 ÷ 25,8)	61,9 (52,2 ÷ 66,8)
Gdańsk	1516 (538 ÷ 1937)	21,6 (21 ÷ 22,8)	43,5 (30,3 ÷ 50,7)
Włocławek	1074 (592 ÷ 1431)	24,6 (22,5 ÷ 25,3)	52,5 (47,1 ÷ 60,4)
Rzeszów	1376 (1119 ÷ 2057)	19,8 (18,4 ÷ 20,8)	39,7 (36,8 ÷ 45,1)
Raławówka	1697 (1169 ÷ 2055)	22,3 (21,9 ÷ 22,9)	49 (41,5 ÷ 49,9)
Lublin	2944 (2778 ÷ 3225)	23 (22,2 ÷ 23,3)	46 (42,5 ÷ 54,5)



POZIOM ZAWARTOŚCI FRAKCJI ZAWIESZONEJ (PM) W POWIETRZU WEWNĘTRZNYM POMIESZCZEŃ PRZEDSZKOLNYCH

Parametr/ Miejsce	[µg/m ³]				
	PM1	PM2.5	PM4	PM10	TSP
Białystok	3,00 ± 0,60	3,10 ± 0,62	7,0 ± 1,4	16,0 ± 3,2	25,0 ± 5,0
Kraków	29,0 ± 6,0	30,0 ± 6,0	50 ± 10	89 ± 18	119 ± 24
Gdańsk	10,0 ± 2,0	11,0 ± 2,2	18,0 ± 3,6	45,0 ± 9,0	80 ± 16
Włocławek	10,0 ± 2,0	11,0 ± 2,2	16,0 ± 3,2	40,0 ± 9,0	70 ± 14
Rzeszów	30,0 ± 6,0	34,0 ± 6,8	55 ± 11	97 ± 19	119 ± 24
Raławówka	15,0 ± 3,0	32,0 ± 6,4	37,0 ± 7,4	84 ± 17	101 ± 24
Lublin	21,0 ± 4,2	25,0 ± 5,0	43,0 ± 8,3	81 ± 16	108 ± 22

TSP - total suspended particles (całkowita zawartość cząstek zawieszonych)



POZIOM ZAWARTOŚCI FRAKCJI ZAWIESZONEJ (PM) ORAZ CO₂ W POWIETRZU WEWNĘTRZNYM POMIESZCZEŃ DOMÓW POMOCY SPOŁECZNEJ

Parametr/ Miejsce	BIAŁYSTOK	WŁOCŁAWEK	LUBLIN
PM1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	8,00 \pm 0,73	7,0 \pm 1,7	21,0 \pm 4,2
PM2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	8,00 \pm 0,82	8,0 \pm 2,0	25,0 \pm 5,0
PM4 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	11,0 \pm 0,85	14,0 \pm 4,6	43,0 \pm 8,3
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	19,0 \pm 1,7	30,0 \pm 17,0	81 \pm 16
TSP [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	30,0 \pm 4,4	53 \pm 42	108 \pm 22
CO ₂ [ppm]	554 (510 \div 622)	1065 (650 \div 1414)	614 (522 \div 782)
RH [%]	33,4 (32,3 \div 34,6)	56,5 (52,9 \div 59,6)	29,8 (27,3 \div 33,8)
T [°C]	26,4 (25,7 \div 27)	23,5 (20,6 \div 23,9)	21,3 (20,7 \div 22)

TSP - total suspended particles (całkowita zawartość cząstek zawieszonych)

INDOOR AEROSOL 2022 – OZNACZANIE POZIOMU ZAWARTOŚCI RTĘCI W ŚRODOWISKU WEWNĘTRZNYM



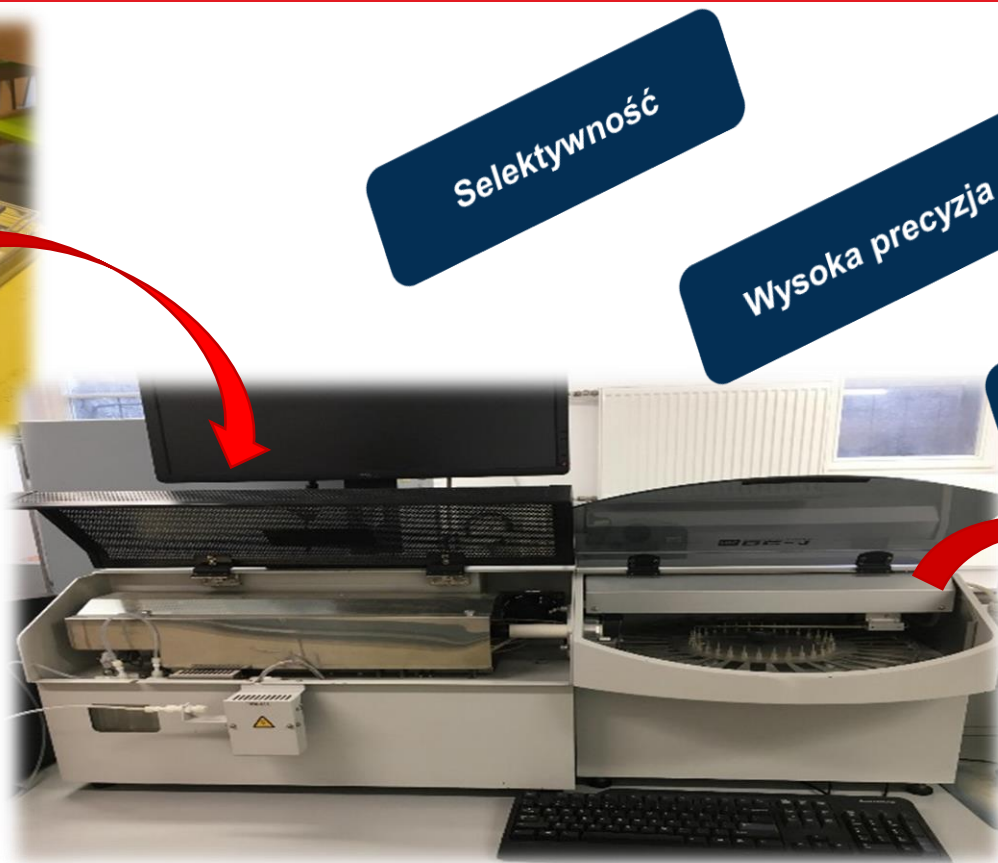
Dynamiczna technika
pobierania próbek

Przepływ: 0,50 l/min

Czas pobierania próbek: 10 min

Liczba powtórzeń: 3

Czas analizy: 7 minut

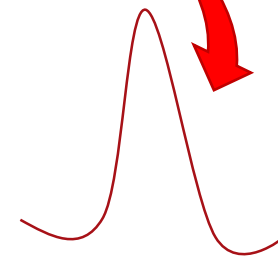


Atomowa spektrometria absorpcyjna w połączeniu
z techniką zimnych par
(CV AAS)

Selektywność

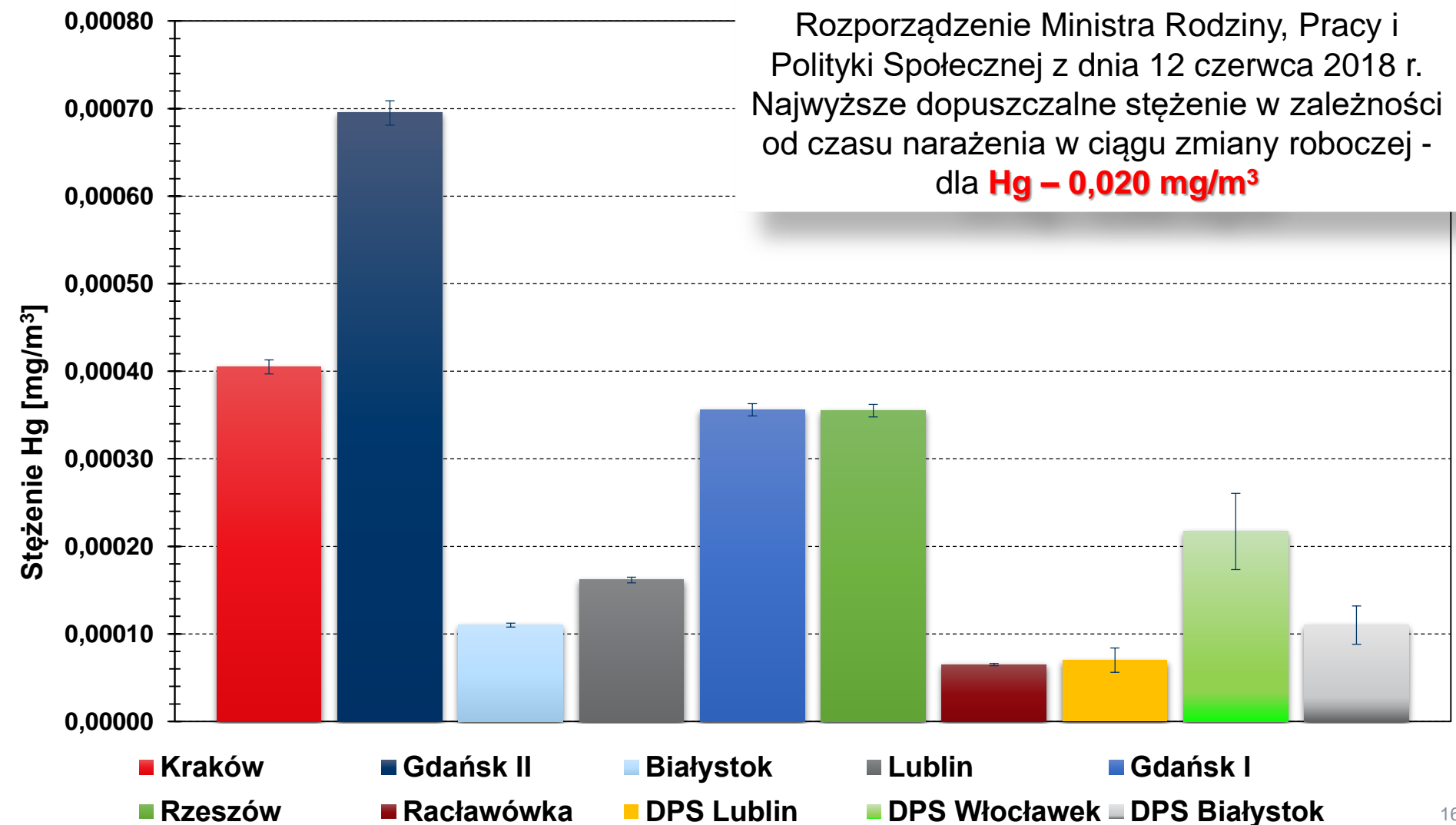
Wysoka precyzja

Specyficzność



Analiza i interpretacja
uzyskanych wyników
badań

POZIOM ZAWARTOŚCI RTĘCI W POWIETRZU WEWNĘTRZNYM BADANYCH POMIESZCZEŃ



OBSZAR WYKORZYSTANIA INFORMACJI ANALITYCZNYCH O STANIE ŚRODOWISKA WEWNĘTRZNEGO – DALSZE WYZWANIA

➤ Występowanie i poziomy zawartości poszczególnych analitów;

- ✓ Konwencje,
- ✓ Dyrektywy,
- ✓ Badania porównawcze.

➤ Badanie losu środowiskowego ksenobiotyków;

- ✓ Względy naukowe,
- ✓ Wzrost świadomości użytkowników o stanie środowiska wewnętrznego,
- ✓ Lepsze poznanie rozmieszczenia ksenobiotyków w poszczególnych obszarach środowiska wewnętrznego.

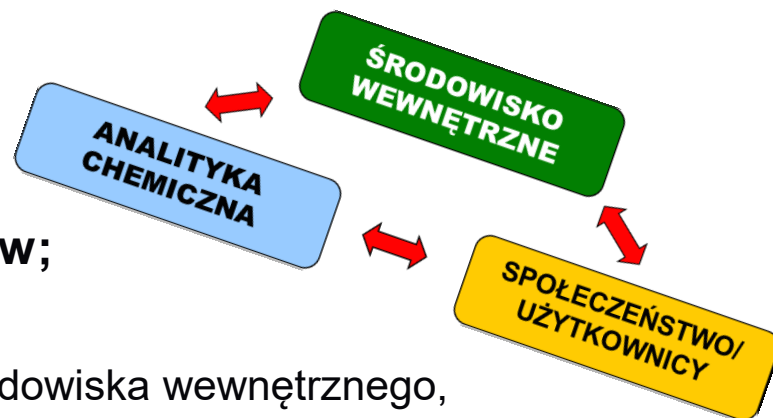
➤ Monitoring fluktuacji przestrzennych i czasowych stężeń poszczególnych zanieczyszczeń;

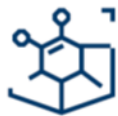
➤ Zapewnienie danych wyjściowych i weryfikacja efektów modelowania procesów zachodzących w środowisku wewnętrznym;

➤ Zapewnienie danych wyjściowych dla procesów decyzyjnych;

➤ Zapewnienie danych wyjściowych do analizy kosztów i strat;

➤ Przekonanie i zaangażowanie społeczeństwa do uczestnictwa w badaniach





INDOOR AEROSOL 22 – strona internetowa projektu <https://chem.pg.edu.pl/indoor aerosol22>



WCh / OPUS-22: INDOOR AEROSOL 22 / O projekcie

O projekcie



NARODOWE
CENTRUM
NAUKI

- Czas realizacji projektu - 36 miesięcy
- Obszar badawczy - Nauki o życiu
- Panel dyscyplin - NZ7 - Nauki o lekach i zdrowie publiczne
- Przyznane dofinansowanie - 1 424 132,00 zł

W społeczeństwie wciąż panuje przeświadczenie, że największe ryzyko dla zdrowia człowieka płynie z oddychania powietrzem atmosferycznym, pomijając istotność jakości powietrza wewnętrznego, które może być zanieczyszczone w podobnym stopniu lub nawet w większym, niż powietrze zewnętrzne. Jest to o tyle istotne, iż szacuje się, że człowiek przeciętnie spędza ok. 90% swojego czasu w pomieszczeniach wewnętrznych, a nawet więcej w wyjątkowych okolicznościach, jak np. panująca pandemia wirusa Sars-Cov-2. Można zatem stwierdzić, iż jakość powietrza wewnętrznego jest przynajmniej tak samo, lub nawet bardziej istotnym czynnikiem wpływającym na ludzkie zdrowie i samopoczucie niż powietrze atmosferyczne.

Projekt INDOORAEROSOL22

O projekcie

Skład osobowy projektu

Aparatura badawcza

Aktywność naukowa

Kontakt

*Projekt został sfinansowany ze środków
Narodowego Centrum Nauki
przyznanych na podstawie decyzji numer
DEC-2021/43/B/NZ7/02299 numer
projektu UMO-2021/43/B/NZ7/02299* 18



HISTORIA MĄDROŚCIĄ
PRZYSZŁOŚĆ WYZWANIEM

*Badania, których wyniki są opisane w tej pracy były finansowane ze środków programu:
Silicium Supporting Core R&D Facilities, przyznanego w ramach programu:
Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza – IDUB, realizowanego w Politechnice
Gdańskiej.*