

Transport i osiadanie pyłów na ścianach i obiektach po wpływem różnych systemów grzewczych.

Projekt zrealizowany we współpracy z następującymi ośrodkami naukowymi:

- 1 Wydział Chemii, Uniwersytet w Antwerpii
Universiteitsplein 1, B-2610 Antwerpia, Belgia***
- 2 Instytut Badawczy Fizyki Ciała Stałego i Optyki, Węgierska Akademia Nauk
P.O. Box 49, H-1525 Budapeszt, Węgry***
- 3 Wydział Fizyki i Techniki Jądrowej, Akademia Górniczo – Hutnicza
Al. Mickiewicza 30, PL 30-059 Kraków, Polska***

Cel badań

1. Dogłębne poznanie warunków i zmian zachodzących w wnętrzach różnych typów kościołów pod wpływem ogrzewania:

- Wskazanie różnic między oddziaływaniem badanych systemów grzewczych w kościołach murowanych i drewnianych.
- Określenie chemicznego i fizycznego charakteru uaktywnionych pod wpływem ogrzewania cząstek pyłów.
- Określenie szkodliwego wpływu cząstek pyłów na dzieła sztuki
- Określenie intensywności i kierunku transportu oraz osiadania pyłów ze źródeł zewnętrznych i wewnętrznych.

2. Sformułowanie wytycznych.

Strategia badań

Zbadanie skutków ogrzewania poprzez pomiar zmian składu powietrza:

- **Zmiany stężeń poszczególnych pierwiastków** zawartych w pyłe zawieszonym pod wpływem ogrzewania
- **Zmiany składu pierwiastkowego** indywidualnych cząstek pyłu w zależności od badanych systemów grzewczych;
- **Zmiany zachodzące w proporcjach** poszczególnych typów cząstek pod wpływem ogrzewania;
- **Zmiany stężenia wagowego** pyłu zawieszonego pod wpływem ogrzewania.

Badane typy ogrzewania

Rodzaje badanych systemów grzewczych:

- **Wentylatory gorącego powietrza**
- **Ogrzewanie ławkowe (FH)**
- **Elektryczne promienniki podczerwieni**

Kościół w Rocca Pietore, Dolomity Włoskie.

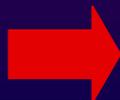


Systemy grzewcze w kościele w Rocca Pietore:



1. Wentylatory gorącego powietrza

2. Ogrzewanie ławkowe



Kościół św. Michała Archanioła w Szalowej



System grzewczy w kościele w Szalowej:



Elektryczne promienniki podczerwieni

Kościół św. Katarzyny w Krakowie



System grzewczy w kościele św. Katarzyny w Krakowie :



**Elektryczne promienniki
podczerwieni**

**Metody
pobierania
próbek pyłów
i gazów:**

Pobieranie próbek pyłów:



Układ filtracyjny do pobierania próbek do analizy objętościowej

Impaktor kaskadowy do pobierania indywidualnych cząstek pyłów

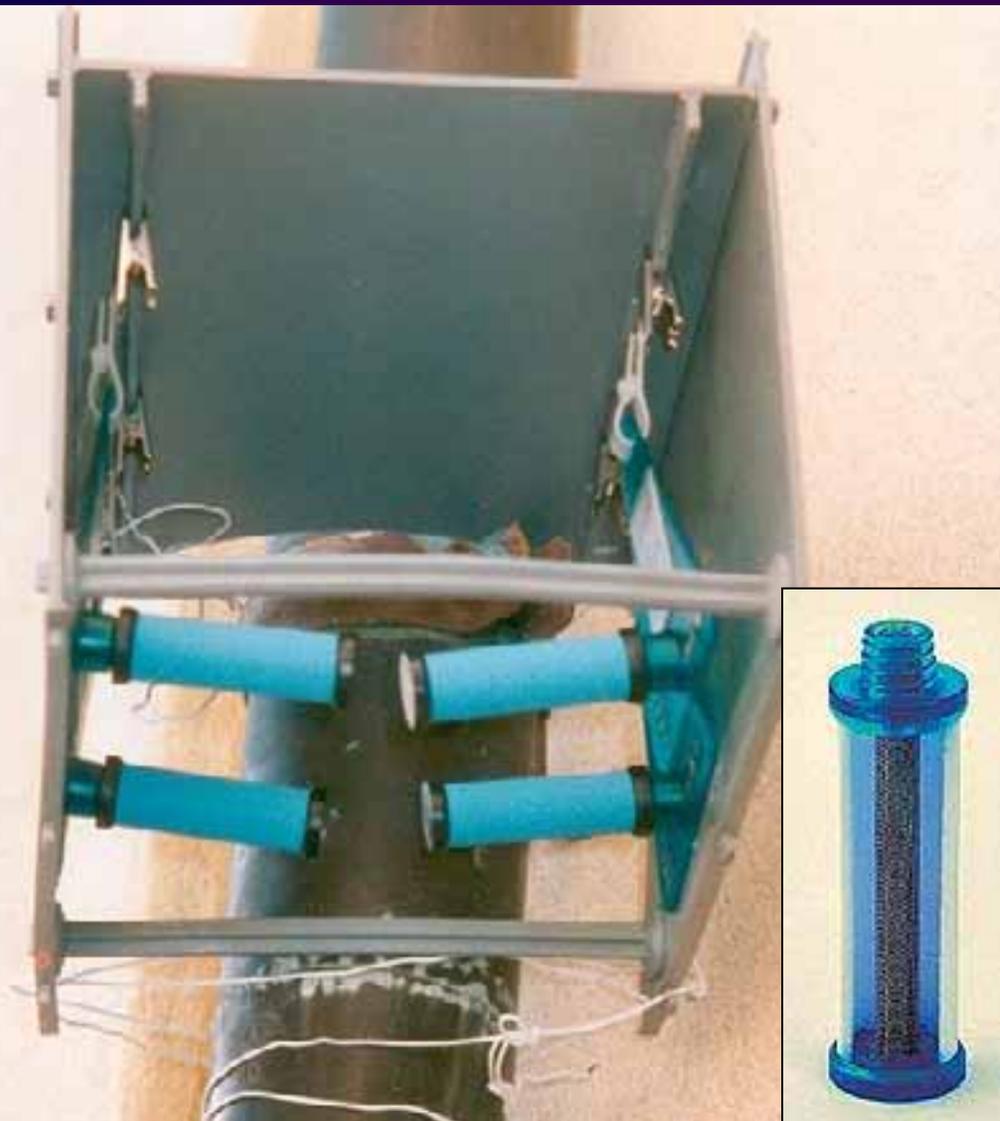
9-poziomowy impaktor kaskadowy typu "Berner" do segregacji cząstek pyłów :



Pobieranie NO_2 , SO_2 i O_3 za pomocą rurek dyfuzyjnych:

Zasada działania rurek dyfuzyjnych:

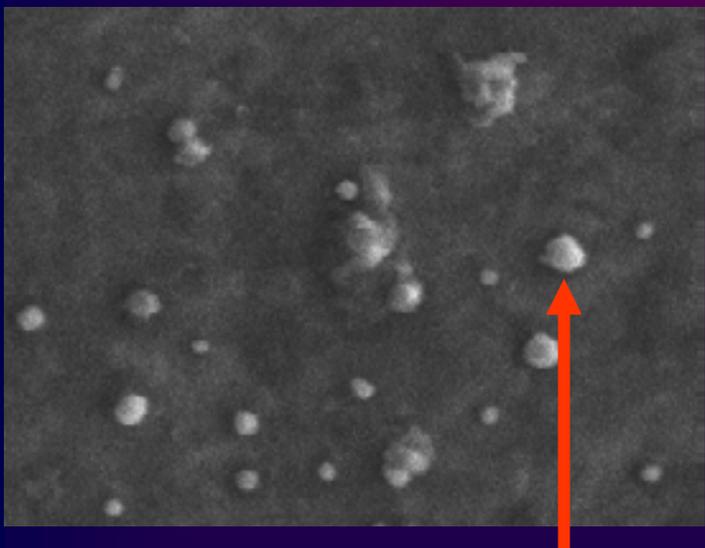
Chemisorpcja na aktywnej powierzchni wypełnienia pokrytej odpowiednim związkem chemicznym



Metody analityczne: Mikrosonda Elektronowa



Jeol JXA-733



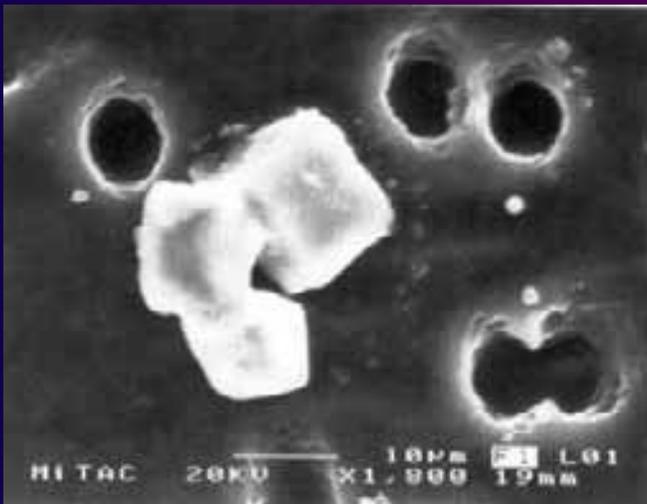
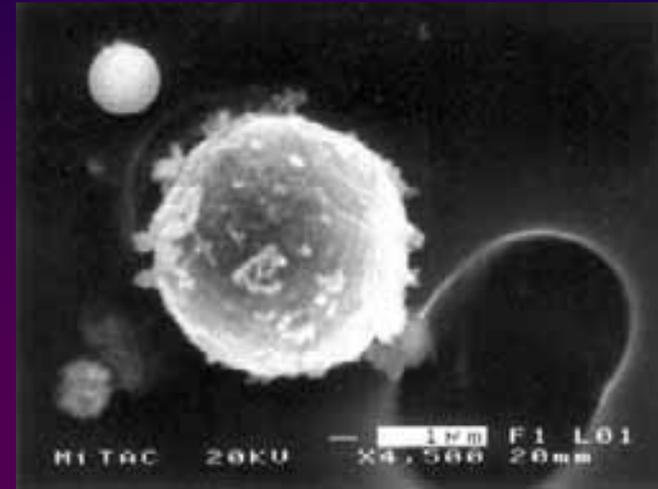
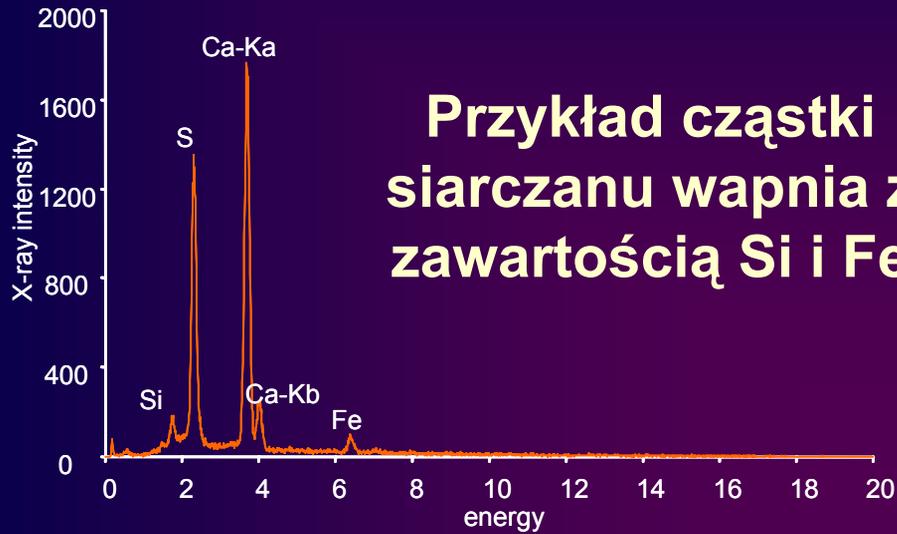
Analiza indywidualnych (sub)mikronowych cząstek z wykorzystaniem obrazów o wysokiej rozdzielczości i możliwością analizy rentgenowskiej.

Zalety Mikrosondy Elektronowej (EPMA):

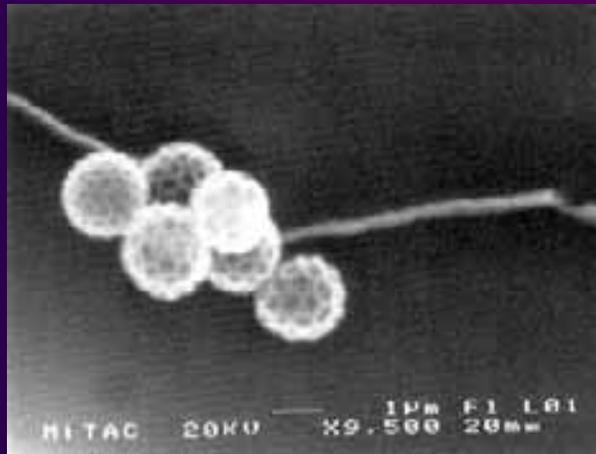
- ◆ Informacja na poziomie indywidualnych cząstek;
- ◆ Szczegółowa informacja na temat wielkości, składu pierwiastkowego i morfologii indywidualnych cząstek;
- ◆ Możliwość automatyzacji analizy umożliwiającej charakterystykę dużych ilości indywidualnych cząstek.

Rozmiar, forma, skład pierwiastkowy?

Wizualizacja indywidualnych cząstek pyłów

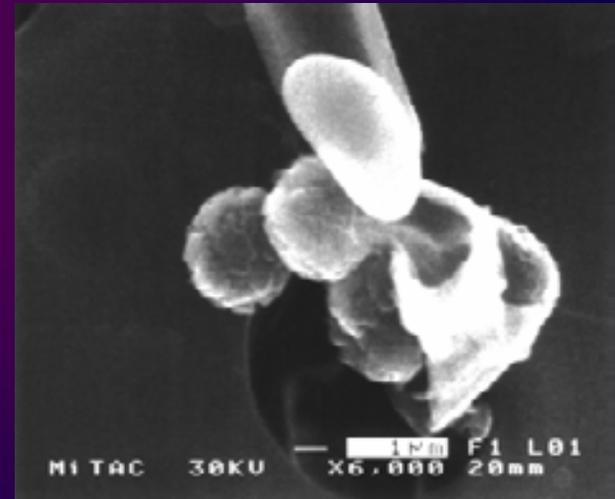
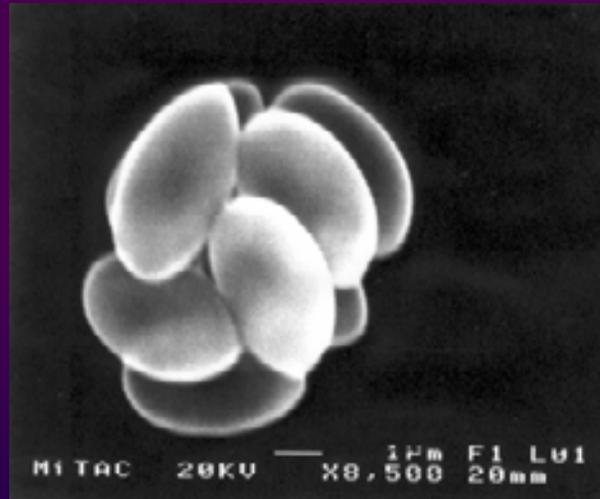
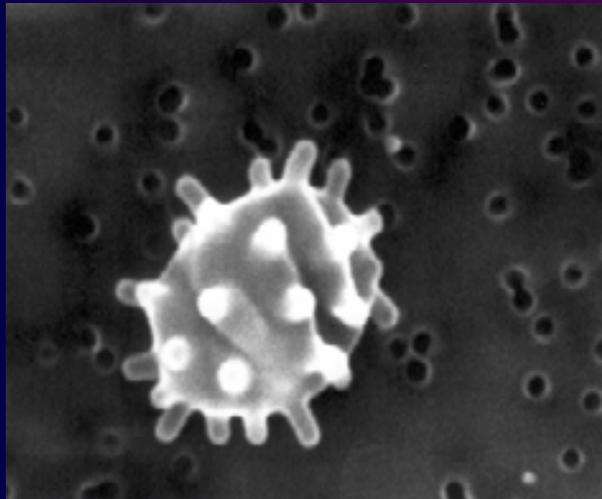
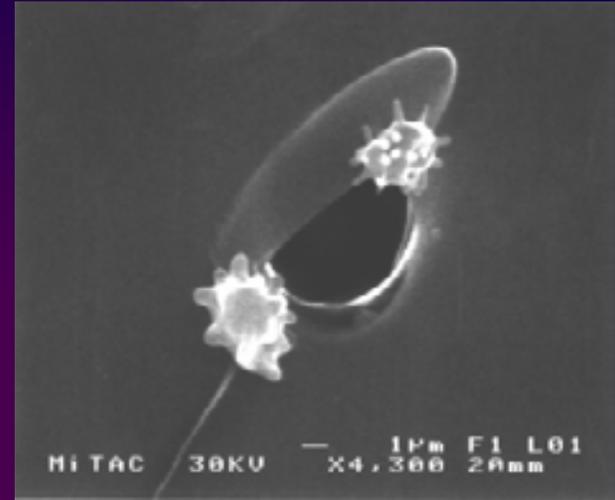
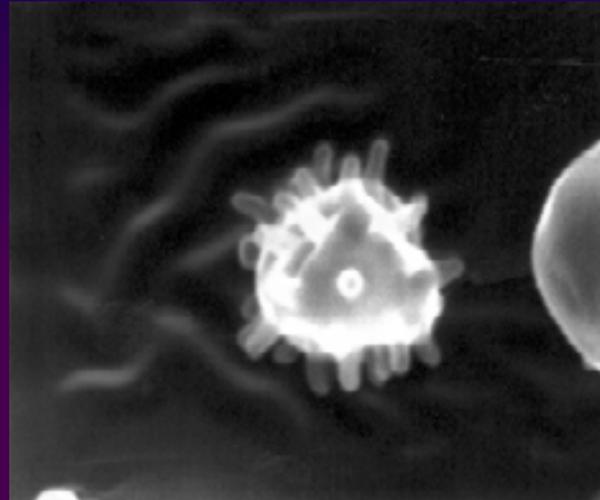
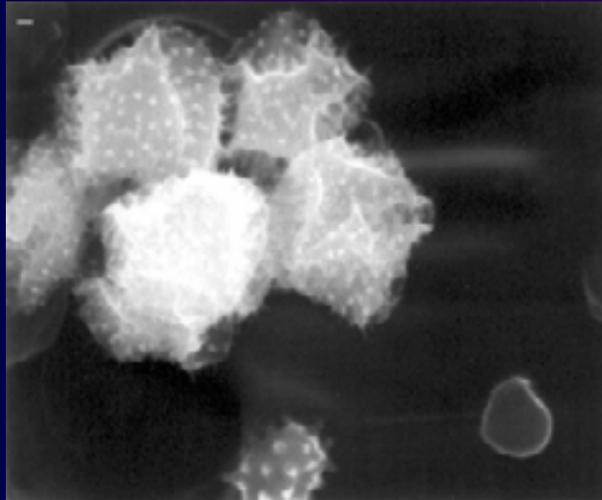


Wizualizacja indywidualnych cząstek pyłów



Przykłady cząstek pochodzenia roślinnego (pyłki kwiatowe)

Wizualizacja indywidualnych cząstek pyłów



Przykłady cząstek pochodzenia roślinnego (pyłki kwiatowe)

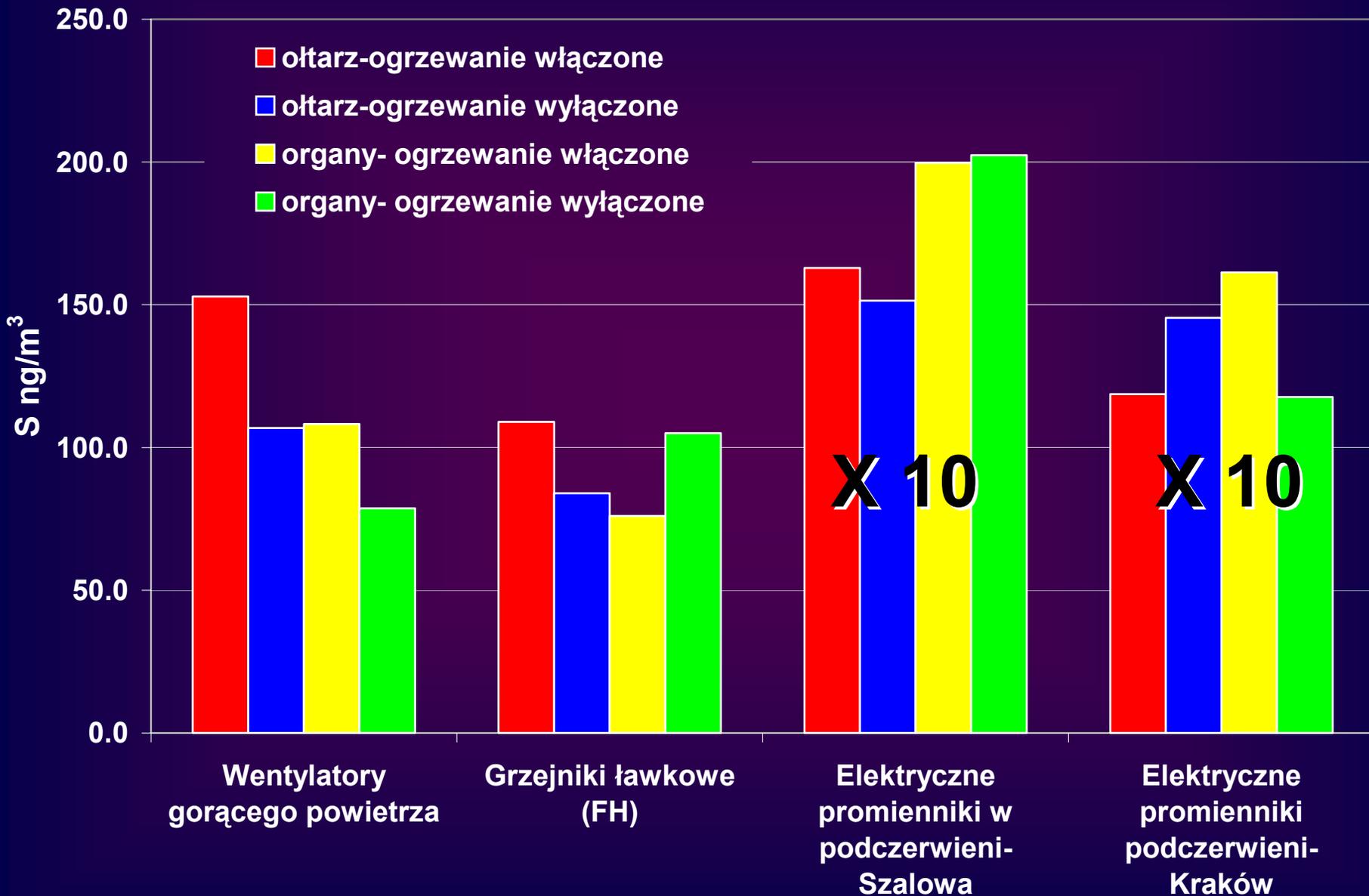
Wyniki

Porównanie zmian stężeń wybranych pierwiastków

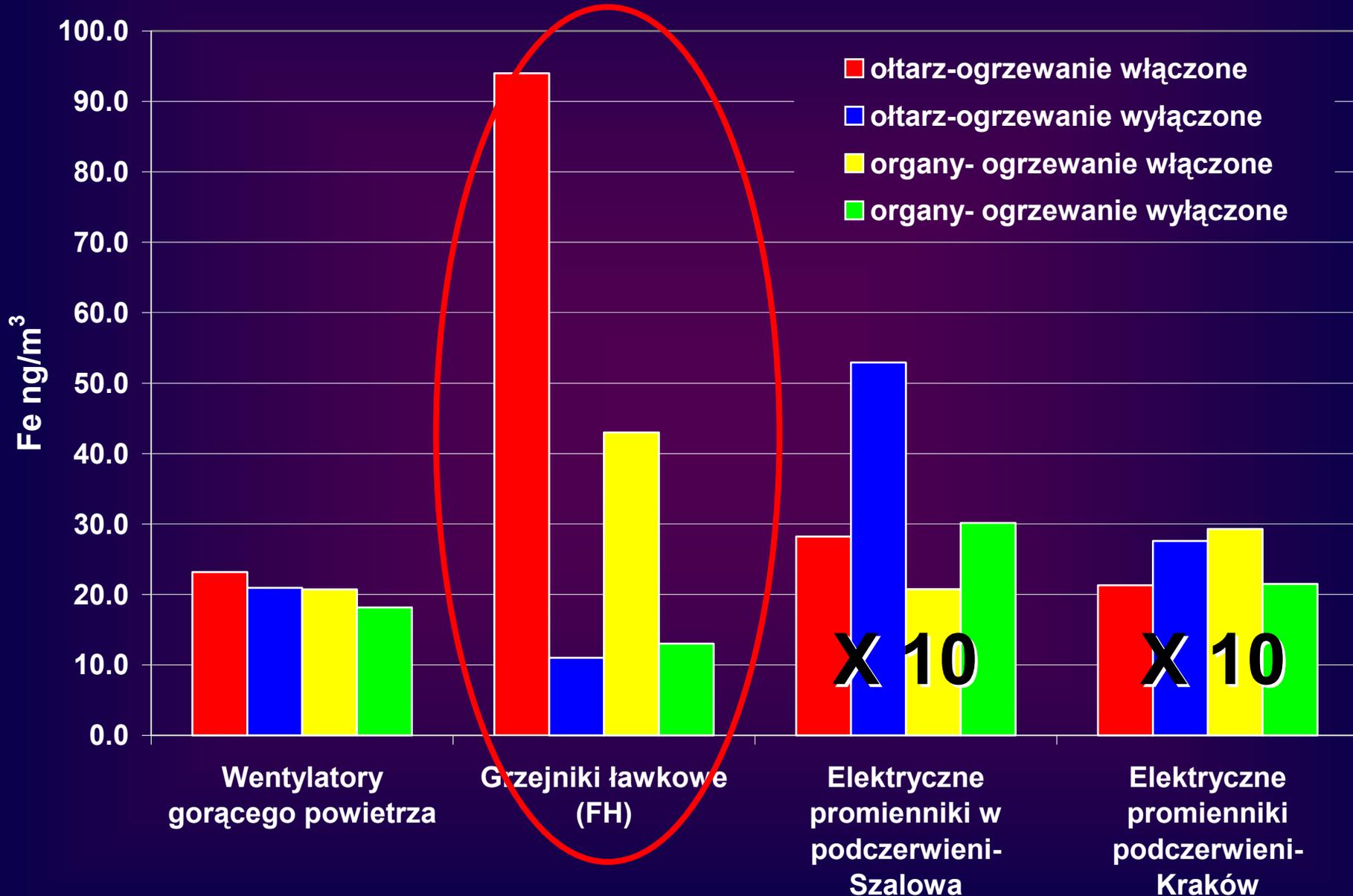
**Wyjątkowe znaczenie związków
siarki, żelaza, wapnia, krzemu i glinu -
wspomagające działanie w przypadku:**

- ◆ procesów korozyjnych;
- ◆ zanieczyszczania powierzchni;
- ◆ osadzanie pyłów i absorpcję gazów;
- ◆ niszczenie ścian;
- ◆ powodują utratę połysku powierzchni.

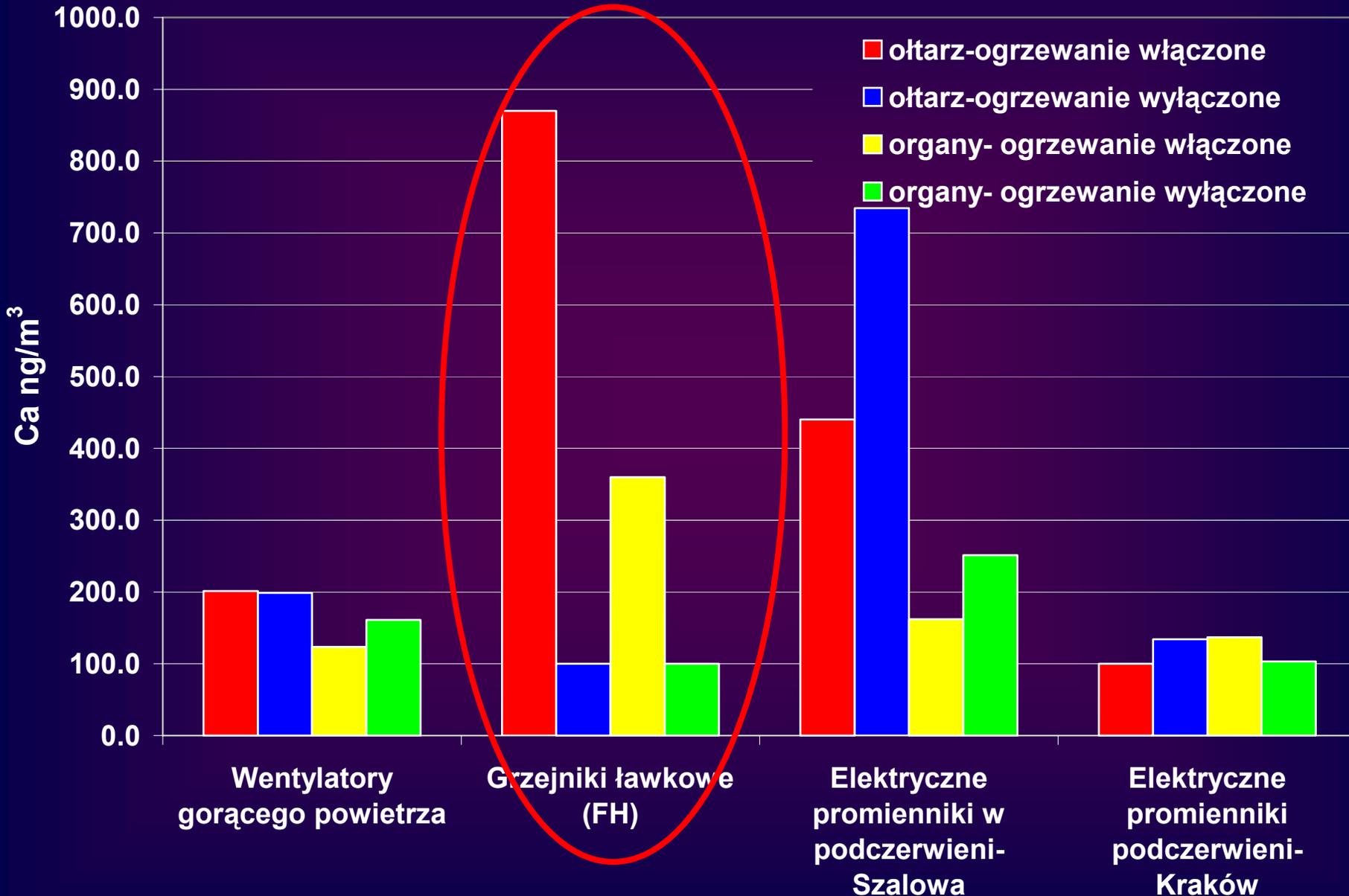
Porównanie zmian stężeń **SIARKI**



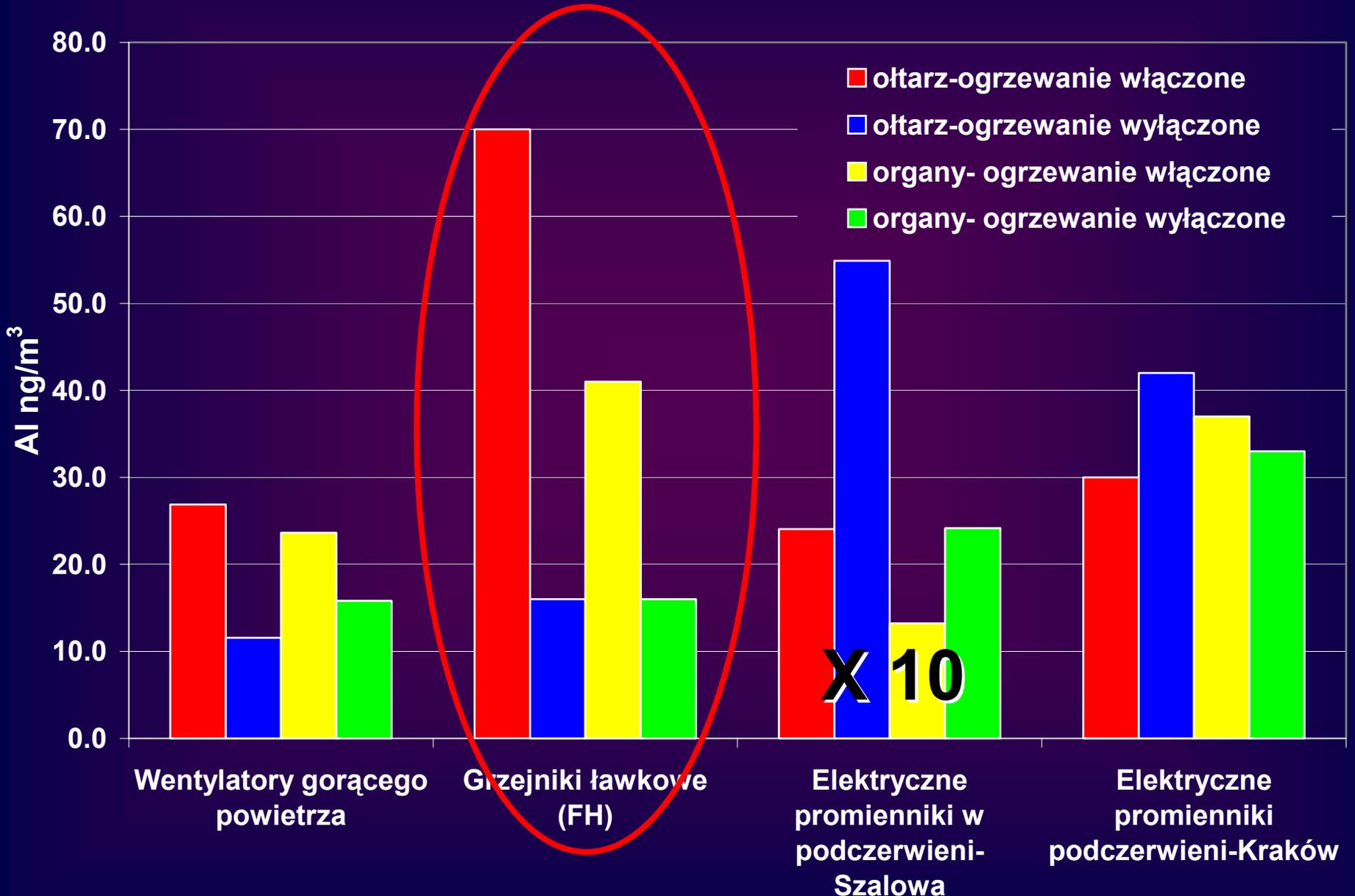
Porównanie zmian stężeń **ŻELAZA**



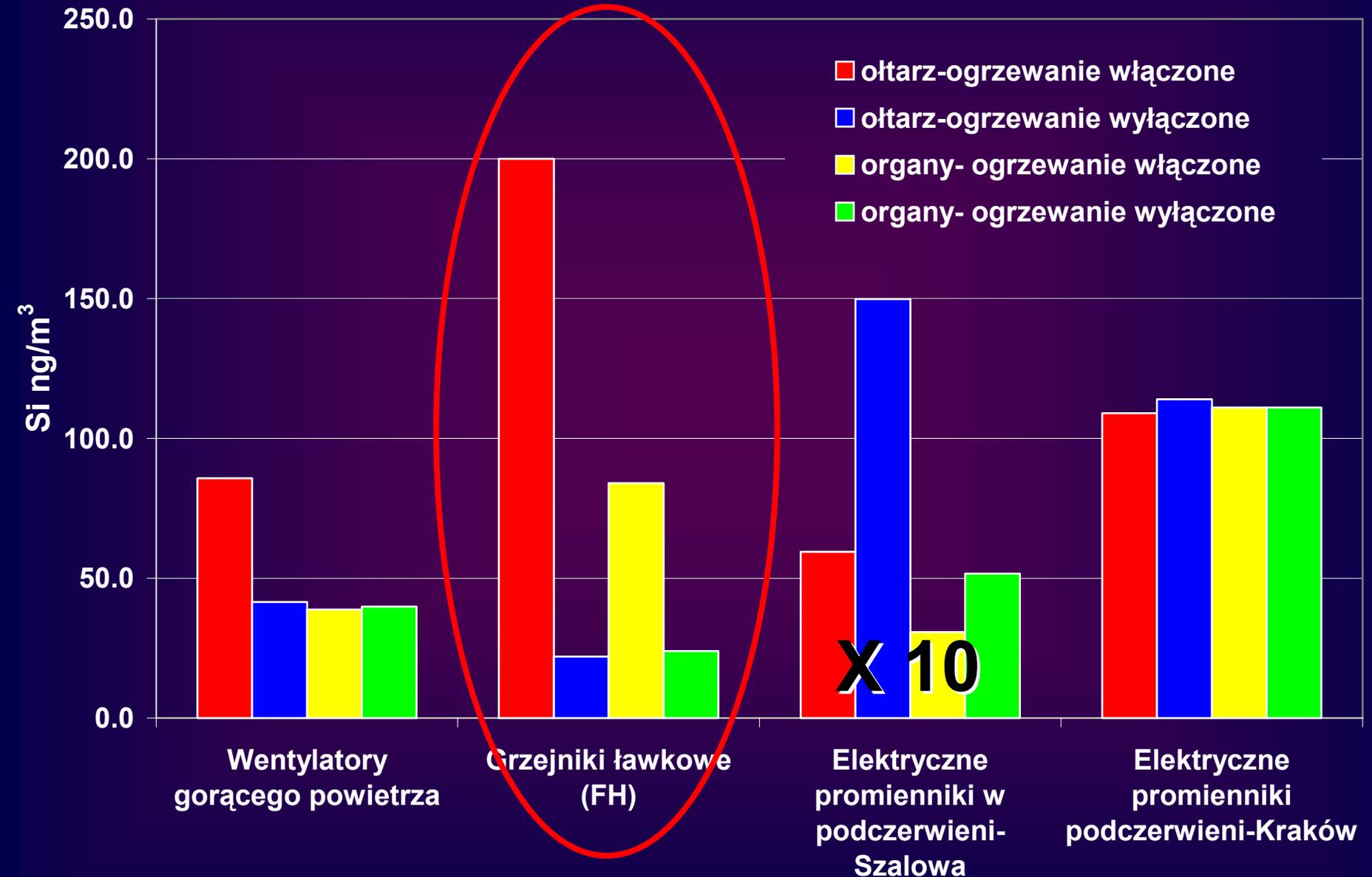
Porównanie zmian stężeń **WAPNIA**



Porównanie zmian stężeń **GLINU**

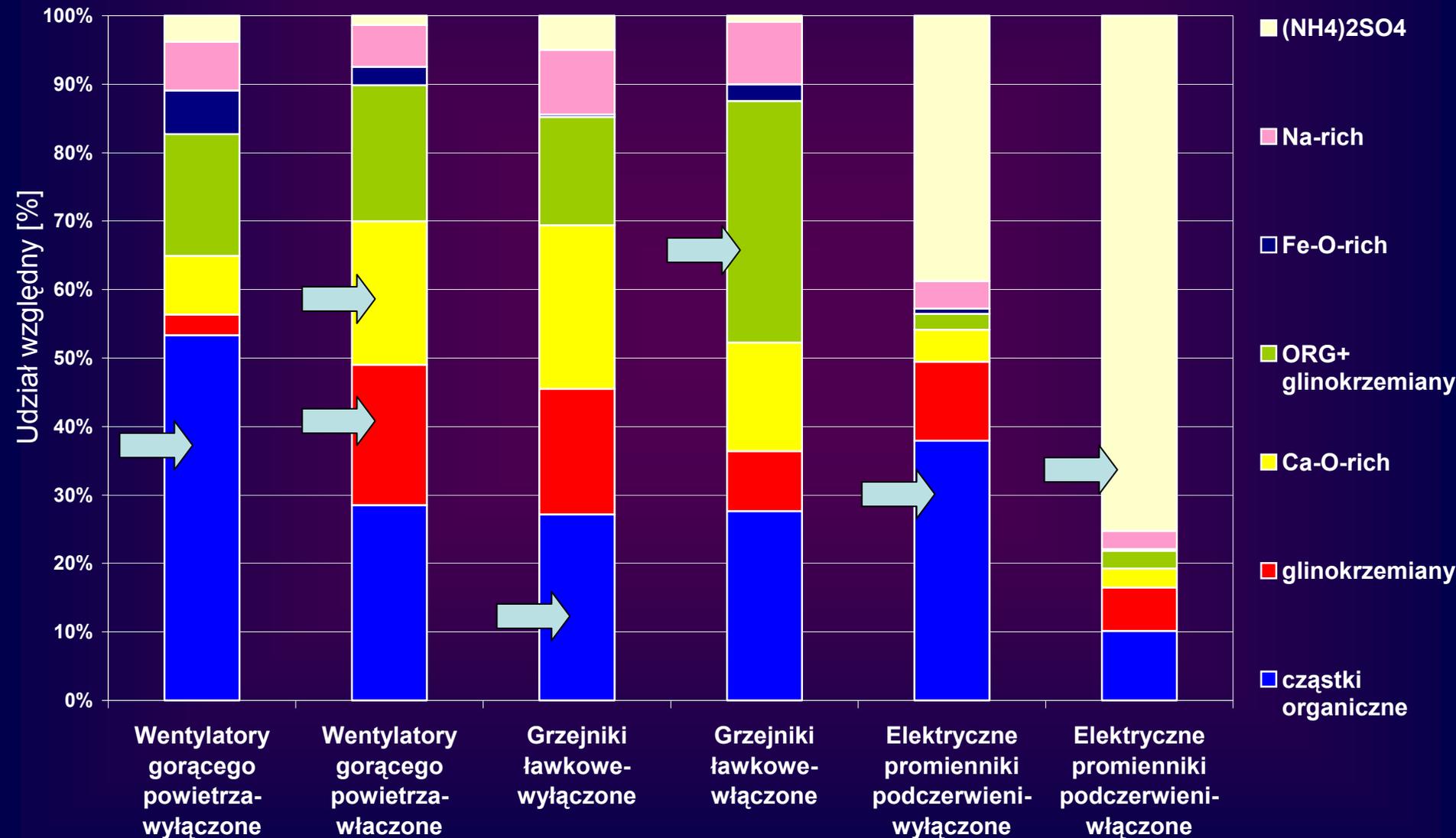


Porównanie zmian stężeń **KRZEMU**

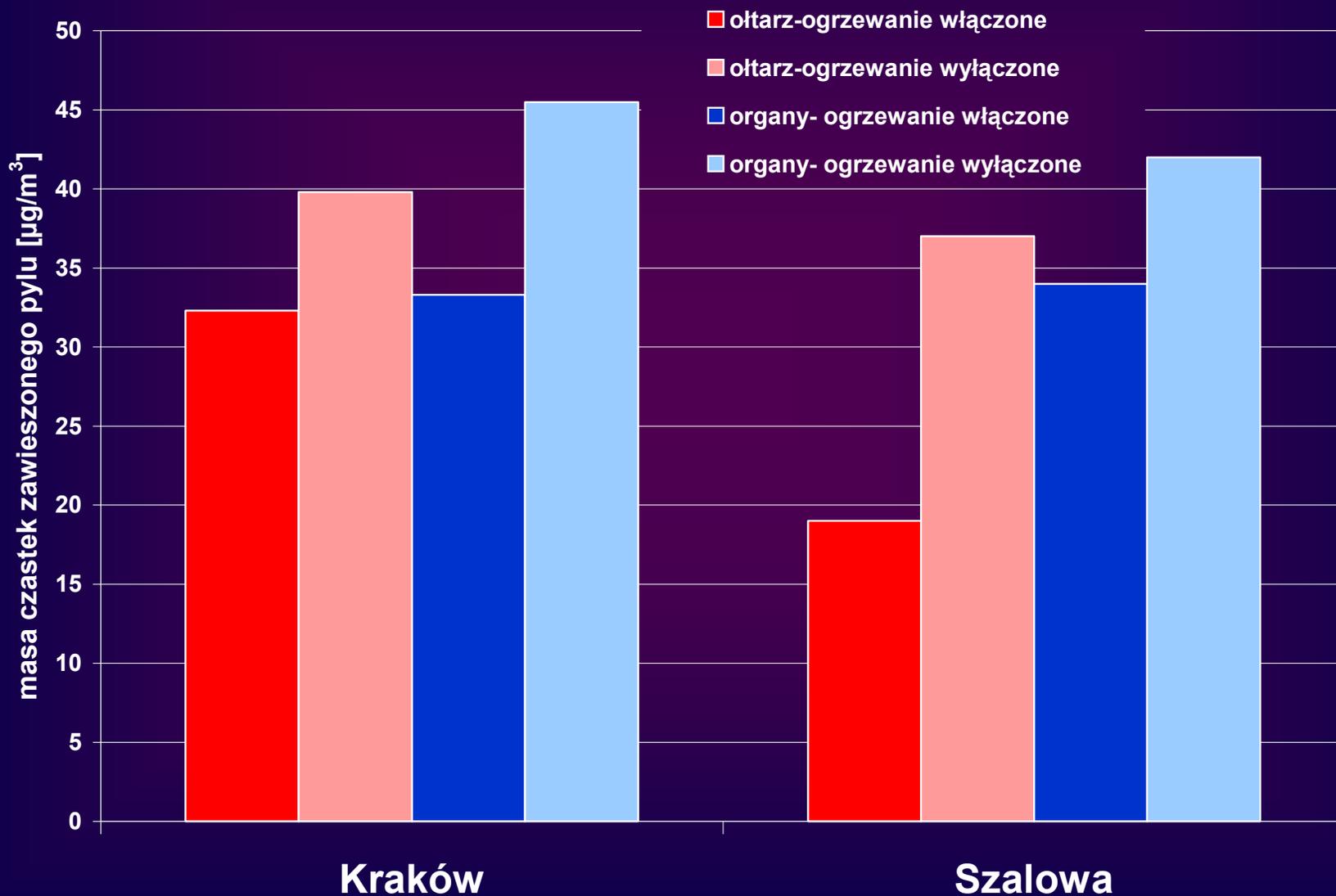


Charakterystyka indywidualnych cząstek pyłu:

Frakcja drobnoziarnista ($\leq 1\mu\text{m}$)



Zmiany masy pyłu zawieszonego pod wpływem działania elektrycznych grzejników w podczerwieni:



Poziom stężenia gazów ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	SO_2	NO_2	O_3
Wentylatory gorącego powietrza	DL	10.8	0.3
na zewnątrz kościoła	DL	5.9	11.8
Grzejniki ławkowe	0.1	9.4	1.2
na zewnątrz kościoła	1.4	6.3	18.4
Elektryczne promienniki podczerwieni	0.1	7.6	13.0
na zewnątrz kościoła	3.9	7.1	31.0

NO_2 w Antwerpii (wewnątrz muzeum): 23-34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Wnioski:

Wentylatory gorącego powietrza przyczyniają się w znaczący sposób do:

- ◆ niszczenia ścian (źródło cząstek zawierających Ca),
- ◆ podnoszenia cząstek pyłu glebowego,
- ◆ powstawania organicznych cząstek.

Proces niszczenia ścian jest kontynuowany również długo po wyłączeniu systemu grzewczego

Wnioski:

Grzejniki ławkowe również powodują podnoszenie pyłu, jednak:

- ◆ efekt ten jest krótkotrwały,
- ◆ ustępuje szybko po wyłączeniu ogrzewania,
- ◆ nie ma negatywnego wpływu na niszczenie powierzchni ścian.

Elektryczne promienniki podczerwieni:

- ◆ brak negatywnych zjawisk zaobserwowanych w przypadku poprzednich systemów grzewczych,
- ◆ system powoduje znikome podnoszenie lekkich cząstek atmosferycznych.

Wnioski:

W przypadku wszystkich systemów grzewczych zaobserwowano podnoszenie cząstek pyłów.

Gradient intensywności podnoszenia cząstek pyłów:

☹️ Wentylatory gorącego powietrza



☹️ Elektryczne grzejniki ławkowe



😊 Elektryczne grzejniki w podczerwieni