



CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY
– PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych
Pracownia Aerosoli, Filtracji i Wentylacji

Nr: 287/PZ/2025/NC

TEMAT: Wykonanie badania emisji nanocząstek podczas procesu czyszczenia powierzchni
lampy natynkowej 24W Model EVLN-SDL-24W(S) 6000K EV SUN

ZLECENIODAWCA: EVS Sp. z o.o.
ul. Bolesława Prusa 7a
16-001 Kleosin
NIP: 5423491568

Data rozpoczęcia
18.04.2025

Data zakończenia
05.05.2025

	Imię i nazwisko	Podpis
Główny wykonawca	dr inż. Tomasz Jankowski	
Wykonawcy	mgr inż. Szymon Kamocki	

Strona 1 z 11

KIEROWNIK ZAKŁADU
Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych

dr Małgorzata Pośniak

Spis treści

1. Cel i zakres badań	3
2. Identyfikacja zastosowanej metody	3
3. Wyniki badań	5
4. Podsumowanie i wnioski	11

1. Cel i zakres badań

Celem badań było określenie emisji nanocząstek do powietrza z dostarczonych próbek lamp natynkowych 24W Model EVLN-SDL-24W(S) 6000K EV SUN.

Badania przeprowadzono w komorze badawczej zapewniającej niskie stężenie cząstek tła. Pomiar stężenia uwalnianych nanocząstek wykonano za pomocą systemu analizy wymiarowej cząstek SMPS (TSI Inc.). Widok próbki materiału przedstawiono na rysunku 1.1



Rysunek 1.1 Widok próbki badanego materiału

2. Identyfikacja zastosowanej metody

Metodyka stosowana w opisanych badaniach została opracowana w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym (CIOP-PIB). Badania zrealizowano w Laboratorium badań nanoaerozoli w budynku Tech-Safe-Bio.

Stosowane przyrządy pomiarowe i wyposażenie dodatkowe:

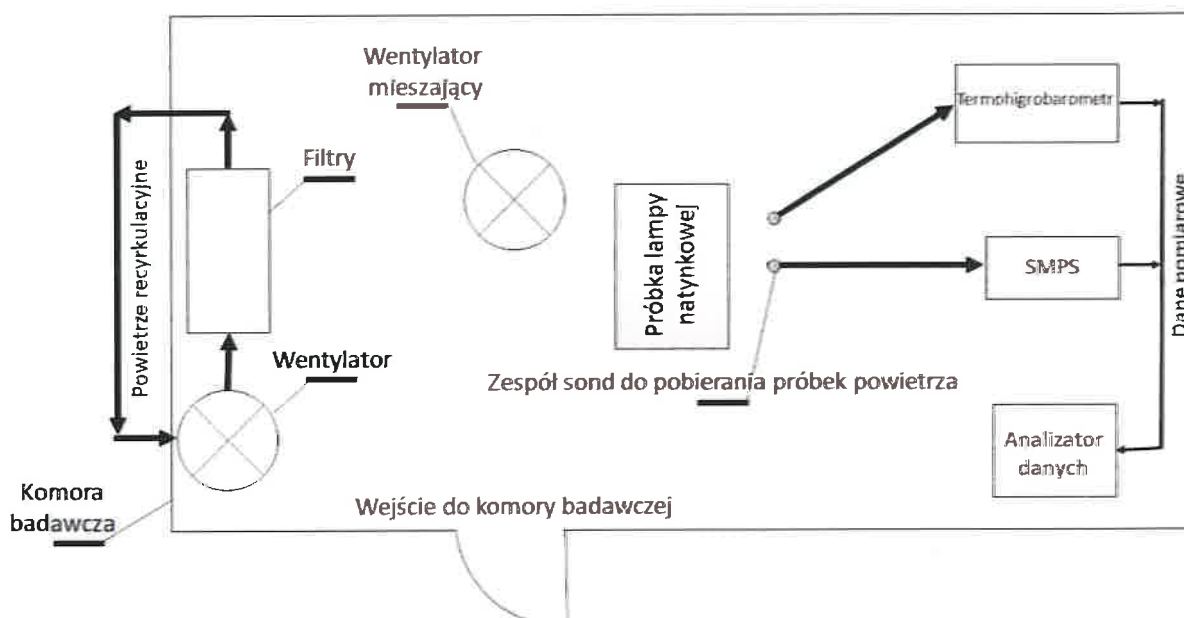
- System analizy wymiarowej cząstek SMPS Model 3938 (TSI Inc.) składający się z klasyfikatora elektrostatycznego Model 3082 oraz kondensacyjnego licznika cząstek Model 3776. Nr identyf. VIII-2074
- Termohigrobarometr LB-701 z panelem LB-706B (LAB-EL) – do pomiaru temperatury, ciśnienia atmosferycznego i wilgotności względnej powietrza. Nr identyf. VIII – 1963
- Komora badawcza (CIOP-PIB). Nr identyf. VIII-2558
- Regulator przepływu powietrza Model GF40 (Brooks Instruments). Nr identyf. VIII-2318.

Stanowisko badawcze składa z komory badawczej, instalacji elektrycznej, modułu przepływu powietrza, modułu filtracji powietrza, modułu regulacji parametrów powietrza, modułu pomiaru stężenia cząstek aerozoli oraz jednostki odbierania i archiwizacji danych pomiarowych. Pierwszym elementem stanowiska badawczego jest komora, która pozwala na spełnienie wymagań w odniesieniu do uzyskania niskich stężeń cząstek aerozoli. Moduł przepływu powietrza recyrkulacyjnego wraz z modułem regulacji parametrów powietrza w komorze składa się z wentylatora kanałowego i wielostopniowego układu filtracji powietrza

(filtr wstępny i filtr HEPA). Dodatkowo w komorze zastosowano wentylator mieszający powietrze podczas badań. Parametry powietrza (ciśnienie atmosferyczne, temperatura i wilgotność względna powietrza) w komorze badawczej są rejestrowane z użyciem termohigrobarometru LAB-EL. Na stanowisku badawczym pomiar stężenia liczbowego i masowego oraz rozkładu wymiarowego dla 64 frakcji wymiarowych cząstek aerozoli w zakresie od 15 do 500 nm odbywa się z użyciem systemu analizy wymiarowej cząstek SMPS. Stanowisko badawcze jest wyposażone w jednostkę akwizycyjną odbierającą i archiwizującą dane pomiarowe oraz program do analizy i wizualizacji danych. Widok i schemat stanowiska badawczego przedstawiono odpowiednio na Rysunku 2.1 i Rysunku 2.2.



Rysunek 2.1. Widok stanowiska badawczego do badania emisji nanocząstek z próbek lamp



Rysunek 2.2. Schemat stanowiska badania emisji nanocząstek z próbek w komorze badawczej

Kryteria oceny wyników badań oparte zostały o ustalone poziomy referencyjne, które nie powinny być przekraczane. Wyniki odniesiono do zaleceń zawartych w [1,2,3,4]. Wskazane publikacje prezentują podejście oparte na ustalonych poziomach referencyjnych stężeń liczbowych nanocząstek w powietrzu. Nanomateriały podzielono ze względu na ich gęstość:

- dla nanocząstek o gęstości wyższej niż 6 g/cm^3 , należących do grupy cząstek biotrwałych, ziarnistych (niektóre nanopowłoki metali, np. Au, Ag, Fe, Pb i tlenków metali, takich jak SnO_2 , Fe_xO_y , CoO), wyznaczono poziom referencyjny **20 000 cząstek/cm³**,
- dla nanocząstek o gęstości niższej niż 6 g/cm^3 np. niektórych tlenków metali (ZrO_2 , ZnO , TiO_2 , Al_2O_3), dendrymerów, nanoglinek, fulerenów, nanopolimerów, a także sadzy technicznej, SiO_2 , itd., wyznaczono poziom referencyjny **40 000 cząstek/cm³**.

Bibliografia

1. Zalecenia CIOP-PIB: Nanometryczne struktury metali i tlenków metali w środowisku pracy Potencjalne zagrożenia. Zasady bezpiecznej pracy; Lidia Zapór, Warszawa 2013. Dostępne pod adresem: https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/file/76572/chempyl_Nanometryczne_struktury.pdf
2. WHO Guidelines on Protecting Workers from Potential Risks of Manufactured Nanomaterials; praca zbiorowa. Dostępne pod adresem: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/259671/1/9789241550048-eng.pdf>
3. Broekhuizen, P., and Hendrikx, B. 2013. Nano reference values in the Netherlands. Vol. 73. Dostępne pod adresem: <https://www.gefahrstoffe.de/library/common/X075en.pdf>
4. Schumacher, C., and Pallapies, D. 2009. "Criteria for assessment of the effectiveness of protective measures." IFA DGUV. Dostępne pod adresem: <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/nanopartikel-am-arbeitsplatz/beurteilung-von-schutzmassnahmen/index-2.jsp>.

3. Wyniki badań

3.1. Wyniki badań uwalniania się nanocząstek podczas procesu czyszczenia powierzchni lampy na sucho

Wyniki badań uwalniania się nanocząstek z próbek lamp natynkowych 24W Model EVLN-SDL-24W(S) 6000K EV SUN podczas procesu czyszczenia na sucho przedstawiono w postaci tabelarycznej i wykresów.

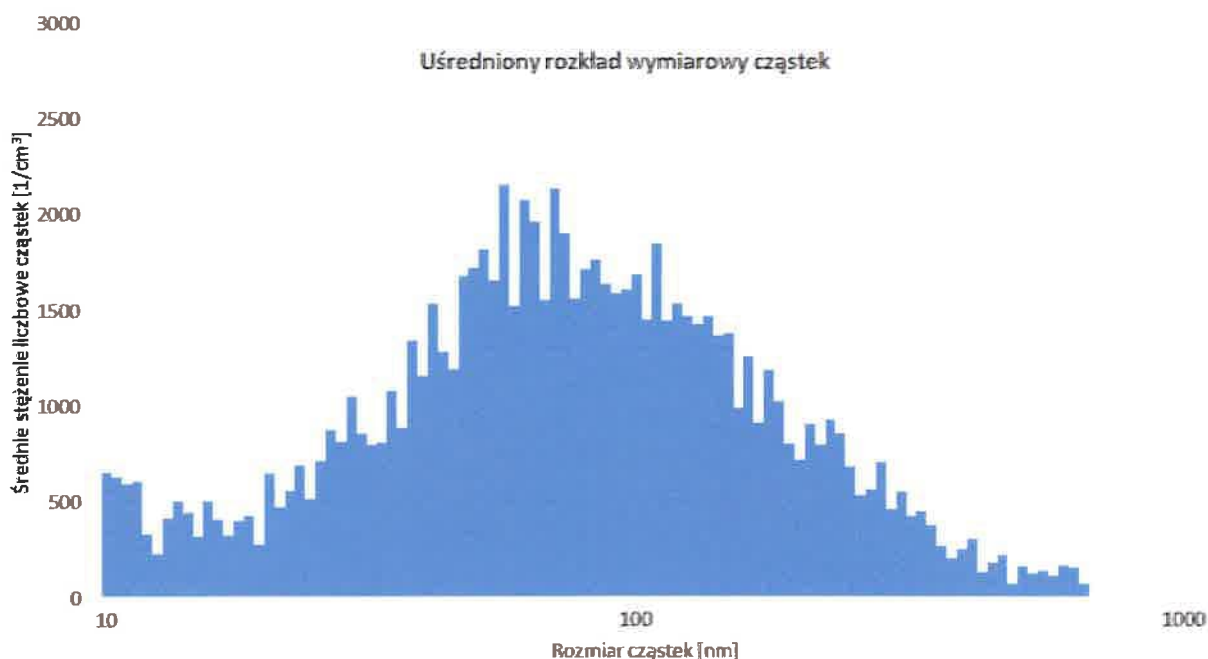
W trakcie prowadzonych badań kontrolowano parametry powietrza: temperaturę, wilgotność względną powietrza oraz ciśnienie atmosferyczne (Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Warunki atmosferyczne w trakcie prowadzenia pomiaru emisji nanocząstek

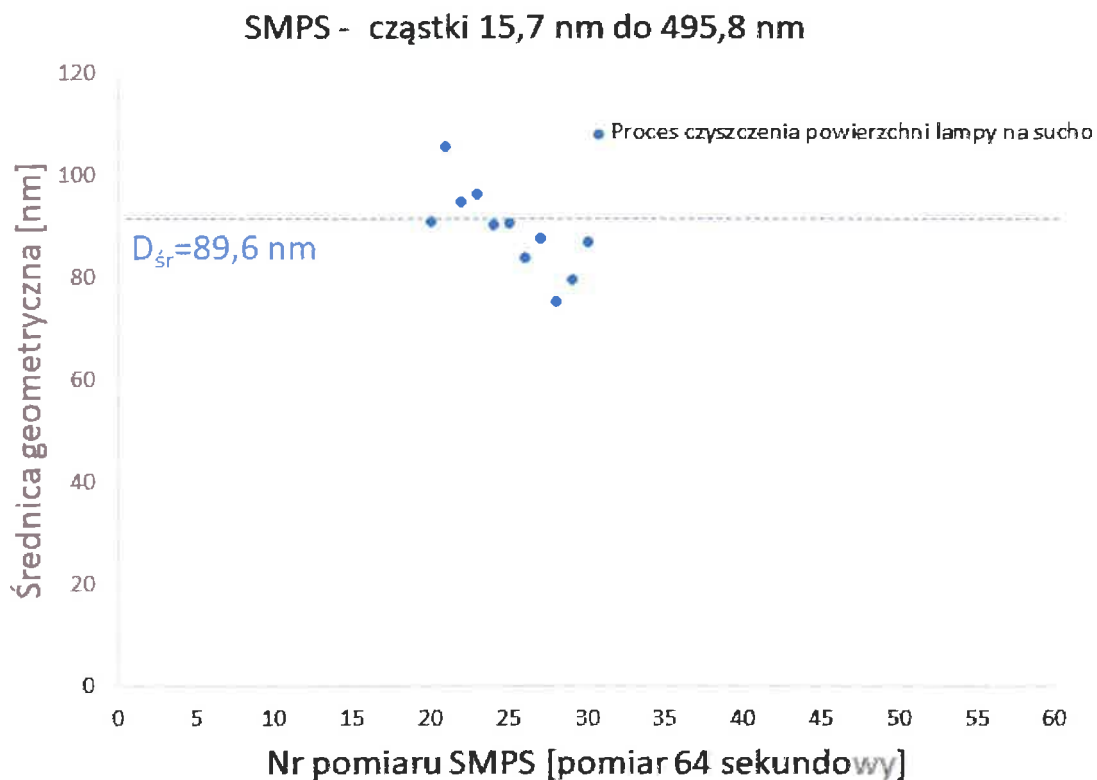
Parametr powietrza	Temperatura [°C]	Ciśnienie [hPa]	Wilgotność względna [%]
średnia	24,8	1002,0	35,8
min	24,4	1001,7	33,8
max	25,4	1002,3	36,9

Na etapie tła zarejestrowano następujące wartości stężenia liczbowego i masowego aerozoli: $4,91 \cdot 10^2$ [cząstek/cm³] i $1,28 \cdot 10^0$ [µg/m³] dla cząstek od 15,7 nm do 495,8 nm.

Na rysunkach 3.2 i 3.3 przedstawiono odpowiednio uśredniony rozkład wymiarowy cząstek oraz zmiany średniej średnicy geometrycznej cząstek aerozoli uwalnianych podczas procesu czyszczenia powierzchni lampy na sucho.



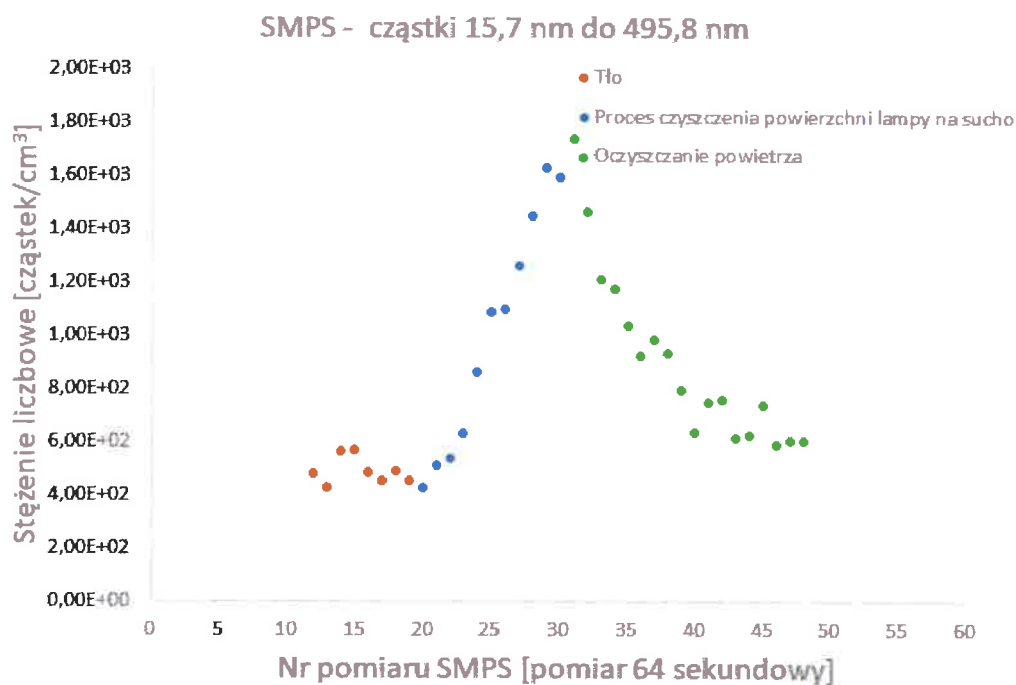
Rysunek 3.2 Uśredniony rozkład wymiarowy cząstek aerozolu w czasie procesu czyszczenia powierzchni lampy na sucho



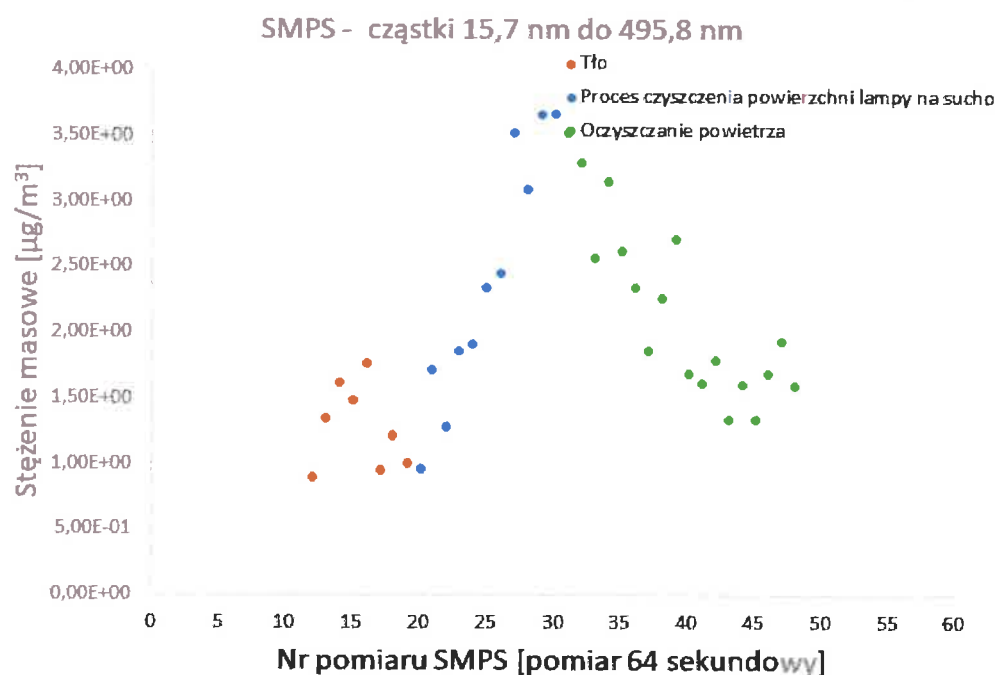
Rysunek 3.3 Zmiany średniej średnicy geometrycznej cząstek aerozolu w czasie procesu czyszczenia powierzchni lampy na sucho

Na rysunkach od 3.3 do 3.4 przedstawiono zmiany uśrednionego z 3 próbek liczbowego i masowego stężenia nanocząstek uwalnianych podczas:

- etapu tła (kolor czerwony)
- procesu czyszczenia powierzchni lampy na sucho (kolor niebieski)
- procesu oczyszczania powietrza w komorze badawczej (kolor zielony).



Rysunek 3.3 Zmiany stężenia liczbowego cząstek o rozmiarach od 15,7 nm do 495,8 nm w czasie procesu czyszczenia powierzchni lampy na sucho



Rysunek 3.4 Zmiany stężenia masowego cząstek o rozmiarach od 15,7 nm do 495,8 nm w czasie procesu czyszczenia powierzchni lampy na sucho

3.2. Wyniki badań uwalniania się nanocząstek podczas procesu czyszczenia powierzchni lampy na mokro

Wyniki badań uwalniania się nanocząstek z próbek lamp natynkowych 24W Model EVLN-SDL-24W(S) 6000K EV SUN podczas procesu czyszczenia na mokro przedstawiono w postaci tabelarycznej i wykresów.

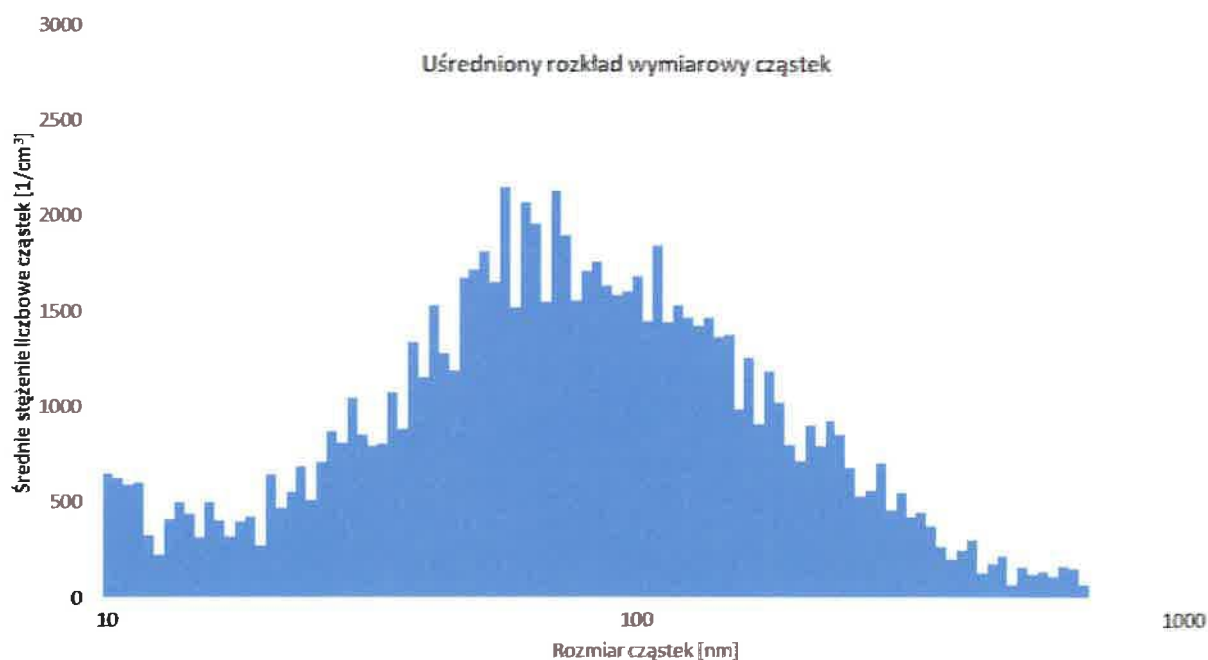
W trakcie prowadzonych badań kontrolowano parametry powietrza: temperaturę, wilgotność względną powietrza oraz ciśnienie atmosferyczne (Tabela 3.2).

Tabela 3.2. Warunki atmosferyczne w trakcie prowadzenia pomiaru emisji nanocząstek

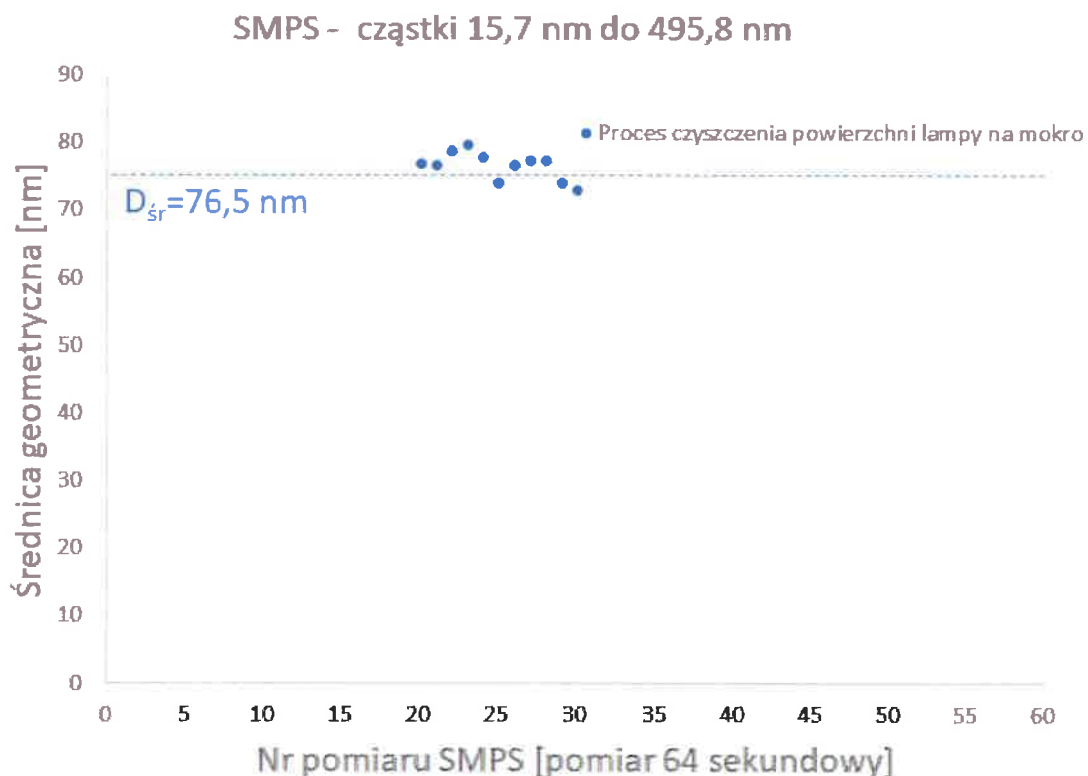
Parametr powietrza	Temperatura [°C]	Ciśnienie [hPa]	Wilgotność względna [%]
średnia	24,3	1004,0	36,2
min	22,4	1003,4	34,7
max	24,9	1004,5	38,8

Na etapie tła zarejestrowano następujące wartości stężenia liczbowego i masowego aerozoli: $1,03 \cdot 10^3$ [cząstek/cm³] i $1,88 \cdot 10^0$ [μg/m³] dla cząstek od 15,7 nm do 495,8 nm.

Na rysunkach 3.5 i 3.6 przedstawiono odpowiednio uśredniony rozkład wymiarowy cząstek oraz zmiany średniej średnicy geometrycznej cząstek aerozoli uwalnianych podczas procesu czyszczenia powierzchni lampy na mokro.



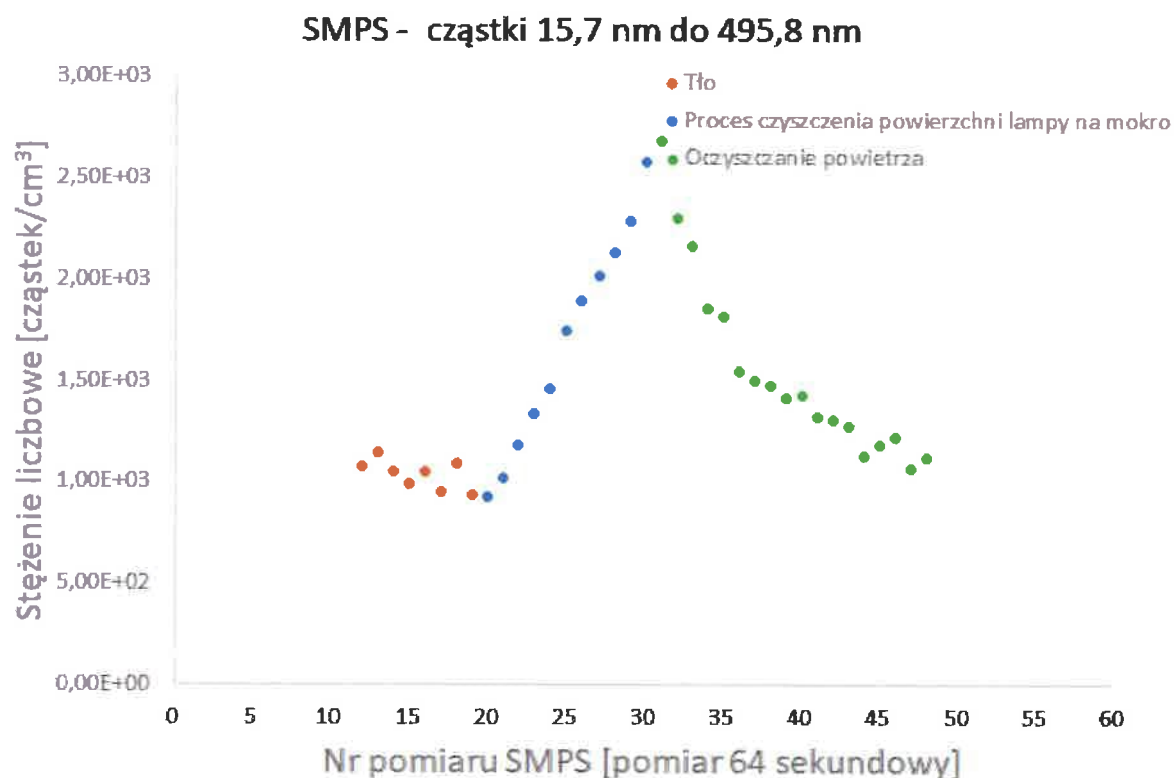
Rysunek 3.5 Uśredniony rozkład wymiarowy cząstek aerozolu w czasie procesu czyszczenia powierzchni lampy na mokro



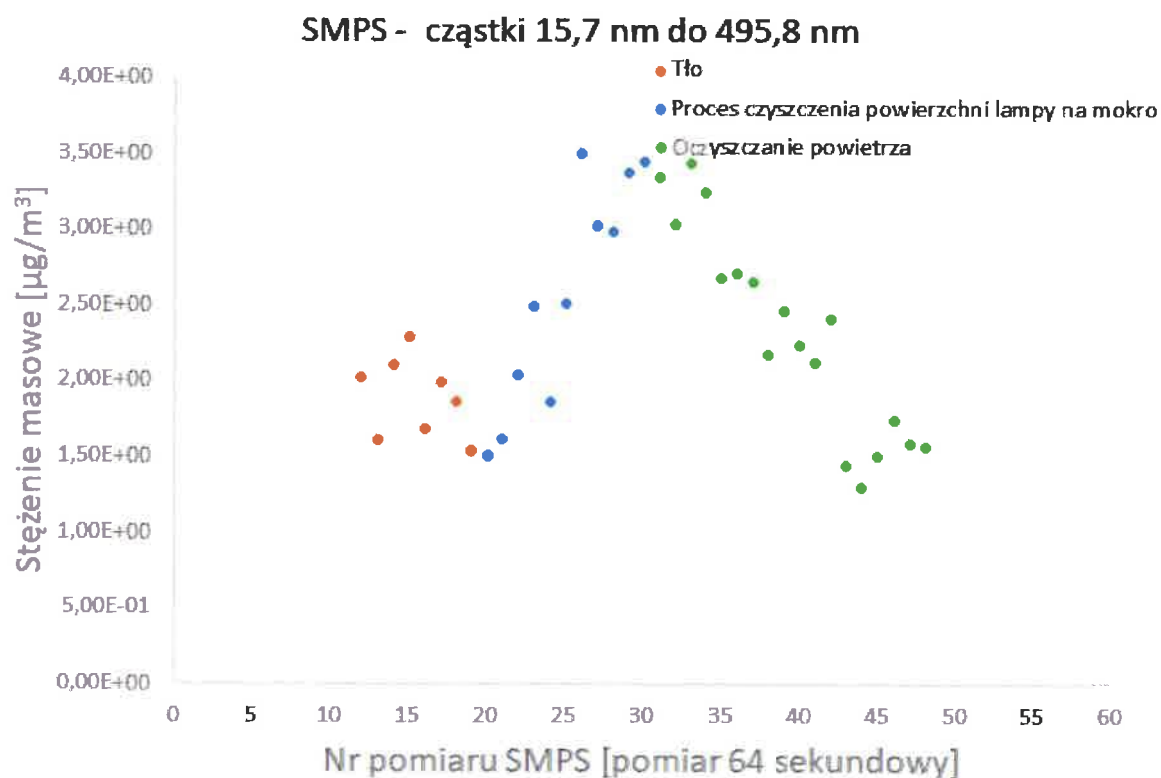
Rysunek 3.6 Zmiany średniej średnicy geometrycznej cząstek aerozolu w czasie procesu czyszczenia powierzchni lampy na mokro

Na rysunkach od 3.7 do 3.8 przedstawiono odpowiednio zmiany uśrednionego z 3 próbek liczbowego i masowego stężenia aerozoli w zakresie wymiarów cząstek od 15,7 nm do 495,8 nm uwalnianych podczas:

- etapu tła (kolor czerwony)
- procesu czyszczenia powierzchni lampy na mokro (kolor niebieski)
- procesu oczyszczania powietrza w komorze badawczej (kolor zielony).



Rysunek 3.7 Zmiany stężenia liczbowego cząstek o rozmiarach od 15,7 nm do 495,8 nm w czasie procesu czyszczenia powierzchni lampy na mokro



Rysunek 3.8 Zmiany stężenia masowego cząstek o rozmiarach od 15,7 nm do 495,8 nm w czasie procesu czyszczenia powierzchni lampy na mokro

4. Podsumowanie i wnioski

- W wyniku czyszczenia powierzchni lampy natynkowej nastąpił wzrost stężenia liczbowego i masowego cząstek poniżej 500 nm do następujących średnich wartości:
 - $1,63 \cdot 10^3$ [cząstek/cm³] i $3,66 \cdot 10^0$ [μg/m³] dla procesu na sucho
 - $2,58 \cdot 10^3$ [cząstek/cm³] i $3,45 \cdot 10^0$ [μg/m³] dla procesu na mokro.
- Uśrednione wartości stężenia liczbowego cząstek w otoczeniu lampy natynkowej w komorze mieściły się w zakresie od 518 [cząstek/cm³] do 654 [cząstek/cm³] w zależności od rodzaju procesu czyszczenia powierzchni lampy. Są to wartości zdecydowanie poniżej założonego progu referencyjnego 40 000 [cząstek/cm³], a nawet poniżej niższego progu 20 000 [cząstek/cm³].
- Dominującym wymiarem cząstek emitowanych podczas czyszczenia powierzchni lampy natynkowej było 90 nm (proces na sucho) i 77 nm (proces na mokro).
- Włączenie wentylacji mechanicznej wywiewnej w komorze badawczej spowodowało spadek stężenia nanocząstek do poziomu tła.
- Z analizy uzyskanych danych wynika, że dla badanych 3 próbek lamp natynkowych, procesy czyszczenia na sucho i mokro, nie powodowały znaczącego uwalniania się nanocząstek do powietrza.

UWAGA

Wyniki pomiarów odnoszą się wyłącznie do badanych 3 próbek lamp natynkowych 24W Model EVLN-SDL-24W(S) 6000K EV SUN.

Bez pisemnej zgody Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego sprawozdanie nie może być powielane fragmentarycznie, lecz tylko w całości.

Interpretacja wyników zamieszczona w raporcie z badań nie jest objęta akredytacją PCA.

KONIEC SPRAWOZDANIA