



Tomasz Jankowski

# OCZYSZCZANIE POWIETRZA w pomieszczeniach budynków *Zalecenia*

Tomasz Jankowski

# Oczyszczanie powietrza w pomieszczeniach budynków

Zalecenia

**CIOP**  **PIB** **75** LAT

Warszawa 2025

Zrealizowano w ramach VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.

Zadanie nr 1.ZS.03,



pt. Ocena wskaźnika szybkości dostarczania czystego powietrza przez przenośne oczyszczacze powietrza w warunkach laboratoryjnych

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor: dr inż. Tomasz Jankowski – Centralny Instytut Ochrony Pracy  
– Państwowy Instytut Badawczy

Projekt okładki: Jolanta Maj  
Opracowanie redakcyjne: Kamil Jach

© Copyright by  
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
Warszawa 2025

ISBN: 978-83-7373-461-6



**CIOP**  **PIB** **75** LAT

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa  
tel. 22 623 36 98, [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)

# SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie.....	5
2. Zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach budyneków .....	7
3. Rodzaje oczyszczaczy powietrza.....	11
4. Badania oczyszczaczy powietrza w CIOP-PIB .....	15
5. Stanowisko badania oczyszczaczy powietrza .....	17
6. Metody badania oczyszczaczy powietrza .....	21
7. Przykładowe oceny oczyszczaczy powietrza.....	25
8. Podsumowanie.....	31
BIBLIOGRAFIA .....	33



# 1. Wprowadzenie



Fot. Aries329/Pixabay

Stan powietrza w pomieszczeniach odnosi się do jakości powietrza zarówno wewnątrz budynków (IAQ – *INDOOR AIR QUALITY*), jak i w ich bezpośrednim otoczeniu. Zrozumienie procesów związanych z rozprzestrzenianiem się oraz kontrolą emisji zanieczyszczeń powietrza wewnątrz pomieszczeń stanowi kluczowy element w ograniczaniu ryzyka wystąpienia problemów zdrowotnych oraz pogorszenia komfortu osób przebywających w budynkach. Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na zdrowie człowieka może ujawniać się zarówno bezpośrednio po ekspozycji, jak i po upływie wielu lat.

W związku z negatywnym wpływem zanieczyszczeń powietrza na zdrowie ludzi, na całym świecie podejmowane są działania mające na celu poprawę jakości powietrza – zarówno zewnętrznego, jak i wewnętrznego. W przypadku poprawy jakości powietrza atmosferycznego konieczne są często rozwiązania systemowe, wymagające odpowiednich regulacji legislacyjnych [1]. Jednym z promowanych kierunków jest modernizacja systemów ogrzewania w gospodarstwach domowych, w tym wymiana przestarzałych pieców na nowoczesne źródła ciepła o mniejszej emisji zanieczyszczeń [2].

Dla jakości powietrza wewnętrznego kluczowe znaczenie ma eliminacja źródeł emisji zanieczyszczeń, o ile jest to technicznie i organizacyjnie możliwe. Ważną rolę w utrzymaniu odpowiednich parametrów powietrza odgrywa także wentylacja – zarówno mechaniczna, jak i grawitacyjna. W systemach wentylacji pozbawionych filtracji przyjmuje się założenie, że powietrze doprowadzane z zewnątrz powinno charakteryzować się niższym stężeniem zanieczyszczeń niż to występujące w pomieszczeniach. W przypadku niewystarczającej wentylacji skutecznym rozwiązaniem mogą być oczyszczacze powietrza [3].

## 2. Zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach budynków



Zanieczyszczenia powietrza występujące w budynkach mogą pochodzić zarówno ze źródeł wewnętrznych, jak i zewnętrznych.

#### **Źródła wewnętrzne obejmują m.in.:**

- urządzenia spalające paliwa (np. piece, kuchenki gazowe),
- dym tytoniowy,
- materiały budowlane i wyposażenie wnętrz, np. zniszczoną izolację azbestową, nowo zamontowane wykładziny, tapicerki, meble czy panele podłogowe,
- środki czystości i preparaty konserwujące,
- systemy ogrzewania, chłodzenia i nawilżania powietrza,
- nadmierną wilgotność powietrza sprzyjającą rozwojowi mikroorganizmów.

Do źródeł zewnętrznych należą m.in.:

- pyły zawieszone ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$ ),
- cząstki ultradrobne (UFP),
- lotne związki organiczne (LZO),
- bioaerozole (bakterie, wirusy, zarodniki grzybów i pleśni),
- gazy kwaśne ( $SO_x$ ,  $NO_x$ ,  $H_2S$ ,  $HCl$ ),
- radon,
- pestycydy.

Według danych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), aż 99% populacji świata żyje w miejscach, gdzie stężenia zanieczyszczeń przekraczają zalecane normy. Szacuje się, że co roku zła jakość powietrza przyczynia się do śmierci ponad 6,5 miliona osób [4]. W 2019 roku zanieczyszczenie powietrza zajmowało czwarte miejsce wśród czynników prowadzących do przedwczesnej śmierci [5]. Skutki zdrowotne obejmują m.in. zwiększone ryzyko wystąpienia astmy, prze-

wlekiej obturacyjnej choroby płuc, infekcji dróg oddechowych, gruźlicy oraz raka płuc. Ponadto zanieczyszczenia przyczyniają się do chorób sercowo-naczyniowych, udarów i choroby niedokrwiennej serca. Coraz więcej badań wskazuje także na ich związek z cukrzycą, zaburzeniami neurologicznymi i poznawczymi. Najbardziej narażone są dzieci, osoby starsze oraz kobiety w ciąży – w tym ostatnim przypadku zanieczyszczenia mogą powodować wcześniejsze porody oraz niską masę urodzeniową noworodków [4, 6].

Warto podkreślić, że ludzie spędzają średnio nawet 90% swojego życia w pomieszczeniach. Jakość powietrza wewnętrznego zależy zarówno od jego składu zewnętrznego, jak i od aktywności człowieka wewnątrz budynku – takich jak gotowanie, palenie tytoniu czy procesy technologiczne. Badania wskazują, że nawet 80% frakcji aerozoli  $PM_{10}$  i  $PM_{2.5}$  obecnych w powietrzu wewnętrznym może pochodzić z zewnątrz [7, 8]. Dodatkowo, jak zauważa Morawska i współpracownicy, aż 76% całkowitego narażenia na cząstki ultradrobne (UFP, poniżej 100 nm) ma miejsce właśnie w środowisku wewnętrznym [8].



**AIR QUALITY**



### 3. Rodzaje oczyszczaczy powietrza

Aby poprawić jakość powietrza w pomieszczeniach, właściciele i użytkownicy budynków mogą stosować różne strategie:

- **kontrola źródeł emisji** – eliminacja lub ograniczenie emisji zanieczyszczeń u ich źródła,
- **wentylacja powietrza** – zwiększenie dopływu świeżego powietrza poprzez wietrzenie, systemy HVAC lub infiltrację przez nieszczelności,
- **oczyszczanie powietrza** – zastosowanie urządzeń filtrujących i neutralizujących zanieczyszczenia.

Zgodnie z definicją kanadyjskiej Narodowej Rady Badań Naukowych (NRC) [9], oczyszczacze powietrza to urządzenia zasilane energią elektryczną (w tym bateryjnie), które redukują poziom zanieczyszczeń w powietrzu – w tym substancji chemicznych, pyłów, dymu, alergenów, mikroorganizmów czy nieprzyjemnych zapachów.

Oczyszczacze powietrza działają w oparciu o różne technologie, takie jak:

- filtry wysokoskuteczne (HEPA),
- filtry węglowe,
- utlenianie fotokatalityczne,
- elektrofiltry,
- jonizatory,
- generatory ozonu i inne systemy.



Urządzenia te mogą mieć różną konstrukcję i przeznaczenie – od **wolnostojących (przenośnych)**, poprzez **ścienne**, po **sufitowe**.

Rynek oczyszczaczy powietrza rozwija się dynamicznie zarówno globalnie, jak i w Polsce. Prognozy wskazują, że w latach 2020–2027 światowy rynek będzie rósł w tempie CAGR na poziomie 8,54%. W Polsce wartość rynku urządzeń do poprawy jakości powietrza w pierwszym kwartale 2020 r. wyniosła 50 mln zł, z czego aż 80% stanowiły oczyszczacze powietrza [10].

Wzrost popularności tych urządzeń wynika nie tylko z rosnącej świadomości ekologicznej, ale również z doświadczeń pandemii SARS-CoV-2. WHO [11] zaleciła stosowanie przenośnych oczyszczaczy powietrza zdolnych do usuwania cząstek o wymiarach 0,1–1  $\mu\text{m}$  w budynkach pozbawionych systemów wentylacji mechanicznej. Podobne rekomendacje przedstawiło amerykańskie CDC już w 2005 roku [12].

W licznych badaniach potwierdzono skuteczność oczyszczaczy powietrza m.in. w klinikach dentystycznych, na oddziałach szpitalnych, salach intensywnej terapii czy ratunkowych [13]. Udowodniono, że w zamkniętych, słabo wentylowanych pomieszczeniach, gdzie główną drogą transmisji SARS-CoV-2 był aerozol zawierający drobne cząstki ( $<1 \mu\text{m}$ ), skuteczność oczyszczaczy mogła sięgać nawet 80% [14, 15].

Zastosowanie oczyszczaczy przynosi również korzyści w kontekście alergii [16] czy regulacji ciśnienia krwi – według metaanaliz [17, 18], redukcja stężenia pyłów  $\text{PM}_{2.5}$  może sprzyjać jego obniżeniu. Efektywność urządzeń zależy jednak od wielu czynników, m.in. szczelności okien czy warunków infiltracji powietrza [19]. Badania wykazują, że skuteczność przenośnych oczyszczaczy w redukcji stężenia cząstek może wynosić od 24 do 43% dla UFP, 23–53% dla  $\text{PM}_{2.5}$  i 7–37% dla  $\text{PM}_{10}$  [20], przy czym w niektórych przypadkach osiągała nawet 90% [21]. Należy jednak pamiętać, że z czasem skuteczność ta może maleć [22].



## 4. Badania oczyszczaczy powietrza w CIOP-PIB



Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB) dysponuje odpowiednim zapleczem oraz kompetencjami do klasyfikowania i badania parametrów użytkowych oczyszczaczy powietrza:

- **w warunkach laboratoryjnych** – zgodnie z normami ANSI/AHAM AC-1-2020 [23] oraz AHAM AC-3-2009 (R2021) [24],
- **w warunkach rzeczywistych** – zgodnie z metodą opracowaną w Pracowni Aerozoli, Filtracji i Wentylacji Instytutu.

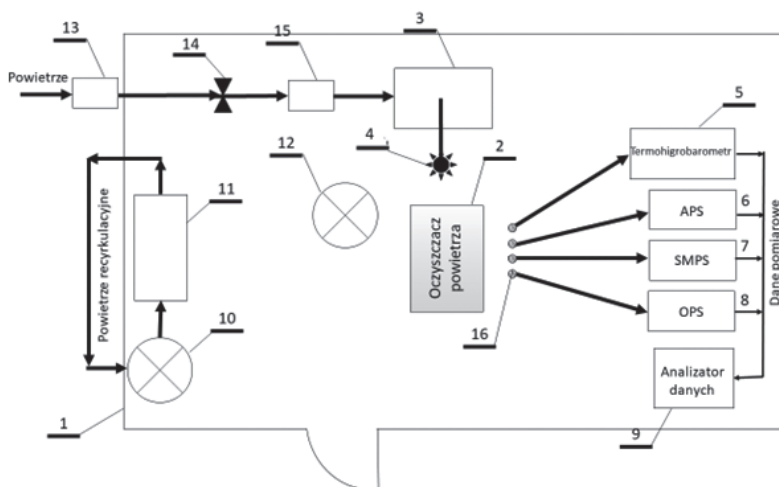
Oczyszczacze powietrza mogą stanowić **uzupełnienie istniejących systemów HVAC** (ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji) lub być stosowane w procesach technologicznych. Opracowane metody badawcze pozwalają producentom i użytkownikom na dobór odpowiednich parametrów pracy – takich jak przepływ powietrza, wskaźnik szybkości dostarczania czystego powietrza (CADR) czy skuteczność filtracji.

Wskaźnik CADR uwzględnia zarówno wydajność wentylatora, jak i skuteczność filtracji, co umożliwia precyzyjny dobór urządzenia do potrzeb konkretnego użytkownika i warunków eksploatacyjnych. Metody opracowane w CIOP-PIB pozwalają na ocenę działania urządzeń przeznaczonych zarówno na rynek krajowy, jak i międzynarodowy – w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.

## 5. Stanowisko badania oczyszczaczy powietrza



Schemat stanowiska badania oczyszczaczy powietrza w warunkach laboratoryjnych przedstawiono na rys. 1. Stanowisko badawcze zostało opracowane w oparciu o dokumenty ANSI/AHAM AC-1-2020 [23] i AHAM AC-3-2009 (R2021) [24].



Rys 1. Stanowisko badania oczyszczaczy powietrza w warunkach laboratoryjnych.

Stanowisko badawcze składa z komory badawczej (1), instalacji elektrycznej, modułu przepływu powietrza, modułu filtracji powietrza, modułu regulacji parametrów powietrza, modułu generowania aerozoli testowych, modułu pomiaru stężenia cząstek aerozoli oraz jednostki odbierania i archiwizacji danych pomiarowych (9).

Pierwszym elementem stanowiska badawczego jest komora, która pozwala na spełnienie wymagań w odniesieniu do uzyskania niskich stężeń cząstek aerozoli. W centralnej części komory umieszczany jest oczyszczacz powietrza (2).

Moduł przepływu powietrza recyrkulacyjnego wraz z modulem regulacji parametrów powietrza w komorze składa się z wentylatora kanałowego (10) i wielostopniowego układu filtracji powietrza (filtr wstępny i filtr HEPA) (11). Dodatkowo w komorze zastosowano wentylator mieszający powietrze podczas badań (12). Parametry powietrza (ciśnienia atmosferycznego, temperatury i wilgotności względnej powietrza) w komorze badawczej są rejestrowane z użyciem termohigrobarometr LAB-EL z panelem LB 701 i sondą LB 725 (LAB-EL) (5).

Ważnymi elementami stanowiska badawczego są moduły generowania aerozoli testowych, pomiaru stężenia cząstek aerozoli oraz jednostki odbierania i archiwizacji danych pomiarowych. W celu wytworzenia aerozoli testowych jest doprowadzane powietrze do generatora SSPD Model 3433 Small-Scale Powder Disperser (TSI Inc.) (3). Powietrze jest oczyszczane w wielostopniowym układzie filtracji (filtr wstępny, filtr HEPA, filtr olejowy) (13). Strumień objętości powietrza jest regulowany przez zawór odcinający (14) i przepływomierz (15). Aerozol testowy jest generowany i uwalniany w komorze z użyciem zespołu sond (4). Próbkę powietrza są pobierane w otoczeniu oczyszczacza powietrza przez układ sond do pobierania próbek w sposób izokinetyczny.

Na stanowisku badawczym pomiar stężenia aerozoli testowych odbywa się z użyciem:

- ✓ systemu analizy wymiarowej cząstek SMPS (TSI Inc.) do określenia stężenia liczbowego, masowego i powierzchniowego oraz rozkładu wymiarowego dla 64 frakcji wymiarowych cząstek w zakresie od 2 do 700 nm (7)
- ✓ licznika optycznego OPS (TSI) do pomiaru stężenia liczbowego oraz rozkładu wymiarowego w zakresie od 0,3 do 10  $\mu\text{m}$  (8)
- ✓ spektrometru APS (TSI Inc.) do pomiaru średnicy aerodynamicznej cząstek w zakresie od 500 nm do 20 000 nm (6).

Stanowisko badawcze jest wyposażone w jednostkę akwizycyjną odbierającą i archiwizującą dane pomiarowe oraz program do analizy i wizualizacji danych (9).





## 6. Metody badania oczyszczaczy powietrza

Na całym świecie opracowano i ustandaryzowano szereg metod badawczych służących do oceny skuteczności działania oczyszczaczy powietrza oraz umożliwiających porównywanie ich efektywności pomiędzy różnymi modelami i technologiami [17, 18, 20-23]. Część z tych metod koncentruje się wyłącznie na redukcji zanieczyszczeń pyłowych, czyli cząstek stałych o różnej wielkości. Inne obejmują również analizę zdolności urządzeń do eliminacji szkodliwych zanieczyszczeń gazowych [17].

W badaniach skuteczności oczyszczaczy powietrza stosuje się dwa główne podejścia:

1. **Wyznaczenie wskaźnika szybkości dostarczania czystego powietrza (CADR, ang. *Clean Air Delivery Rate*),**
2. **Określenie wskaźnika skuteczności pojedynczego przejścia (SPE, ang. *Single-Pass Efficiency*),** czyli skuteczności usuwania zanieczyszczeń po jednokrotnym przepuszczeniu powietrza przez filtr.

Zdecydowana większość badań opiera się jednak na pierwszym podejściu – wyznaczaniu wskaźnika CADR, który uznawany jest za najbardziej kompleksowy parametr oceny pracy oczyszczacza [17].

### **Metody „pull-down” (PD) i „single-pass” (SP)**

W procesie określania wskaźników efektywności oczyszczania stosuje się dwa podstawowe typy metod badawczych: „pull-down” (PD) oraz „single-pass” (SP).

Metody z grupy *pull-down* są obecnie najczęściej wykorzystywane do badań oczyszczaczy powietrza i mogą być stosowane niezależnie od zastosowanej technologii filtracji [25].

## Metoda „pull-down” (PD)

Metoda *pull-down* polega na wyznaczeniu wskaźnika CADR poprzez analizę zmian stężenia zanieczyszczeń (pyłów lub gazów) w czasie pracy urządzenia. Badania przeprowadza się w specjalnej **komorze badawczej**, w której zapewniona jest **ciągła recyrkulacja powietrza**, co pozwala odtworzyć warunki zbliżone do rzeczywistego środowiska wewnętrznego.

Procedura badania metodą PD obejmuje trzy etapy:

1. **Etap wprowadzania zanieczyszczeń** – do komory testowej wprowadza się cząstki stałe lub gazy o określonym stężeniu.
2. **Etap statyczny** – stabilizacja warunków w komorze, podczas której stężenie zanieczyszczeń osiąga poziom wyjściowy.
3. **Etap dynamiczny** – uruchomienie oczyszczacza i pomiar zmian stężenia zanieczyszczeń w czasie jego pracy [18].

Na podstawie uzyskanych danych oblicza się **wskaźnik CADR**, który określa, jaką objętość czystego powietrza (wolnego od zanieczyszczeń) dany oczyszczacz jest w stanie dostarczyć w ciągu jednej godziny. Wskaźnik ten uwzględnia również naturalne procesy opadania cząstek w powietrzu, zachodzące przy wyłączonym urządzeniu.

Wartość CADR pozwala dobrać oczyszczacz do odpowiedniej **kubatury pomieszczenia**, w którym ma być stosowany [21]. Wadą tego wskaźnika jest jednak brak odniesienia do długoterminowego spadku skuteczności filtracji wynikającego z eksploatacji urządzenia. Należy również pamiętać, że CADR określa się przy maksymalnym strumieniu powietrza, z jakim pracuje oczyszczacz [17].

W celu ujednoczenia metod oceny skuteczności działania urządzeń Stowarzyszenie **AHAM** opracowało normę [18], która określa szczegółowe procedury badawcze, w tym również sposób symulacji starzenia się urządzenia. Norma ta przewiduje m.in. **test 90-dniowej eksploatacji symulowanej**, po której ponownie wyznacza się wskaźnik CADR, aby ocenić spadek efektywności działania.

Również normy opracowane w krajach azjatyckich – takich jak Chiny, Japonia czy Korea Południowa – uwzględniają **długoterminowe testy trwałości filtrów**. Przykładowo chińska norma [19,

20] wprowadza dodatkowy wskaźnik **CCM (ang. Cumulative Clean Mass)**, informujący o całkowitej masie zanieczyszczeń zatrzymanych przez filtr do momentu, gdy wartość CADR spadnie do 50% wartości początkowej. Dzięki temu możliwe jest pełniejsze scharakteryzowanie żywotności i efektywności filtracyjnej urządzenia.

### **Metoda „single-pass” (SP)**

Druga z metod – *single-pass* (SP) – koncentruje się na **jednokrotnym przejściu powietrza przez urządzenie**. W tym przypadku oblicza się **frakcyjną skuteczność usuwania zanieczyszczeń**, porównując stężenia zanieczyszczeń na wlocie i wylocie oczyszczacza [21, 25]. Wskaźnik ten, określany jako **SPE**, odnosi się przede wszystkim do skuteczności filtrów zastosowanych w urządzeniu.

Choć metoda SP pozwala dokładnie ocenić jakość samych filtrów, jej wadą jest brak uwzględnienia rzeczywistego przepływu powietrza przez urządzenie. Z tego powodu w praktyce przemysłowej i konsumenckiej częściej stosuje się metodę PD i wskaźnik CADR, które łączą w sobie zarówno efektywność filtracji, jak i wydajność przepływu powietrza.

### **Normy i standardy dotyczące badań oczyszczaczy powietrza**

W kontekście badań nad skutecznością oczyszczaczy powietrza warto również przywołać **normę EN ISO 29464:2019** [26], która definiuje podstawową terminologię stosowaną w dziedzinie filtracji powietrza.

W Polsce odpowiednikiem tej normy jest **PN-EN ISO 29464:2025-01** [27]. Ponadto, istotne znaczenie mają również normy:

- **PN-EN IEC 63086-1:2021-01** [28],
- **PN-EN IEC 63086-1:2021-01/A1:2024-04** [29],

określające ogólne wymagania i metody badań funkcjonalnych **elektrycznych urządzeń do oczyszczania powietrza** przeznaczonych do użytku domowego i podobnego.

Normy te stanowią podstawę dla porównywalności wyników badań prowadzonych w różnych laboratoriach oraz umożliwiają ocenę jakości urządzeń dostępnych na rynku według jednolitych kryteriów.

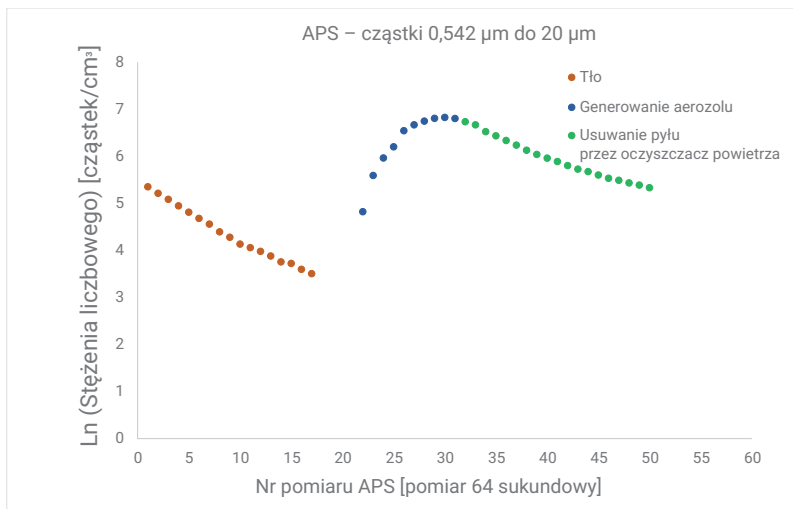
## 7. Przykładowe oceny oczyszczaczy powietrza



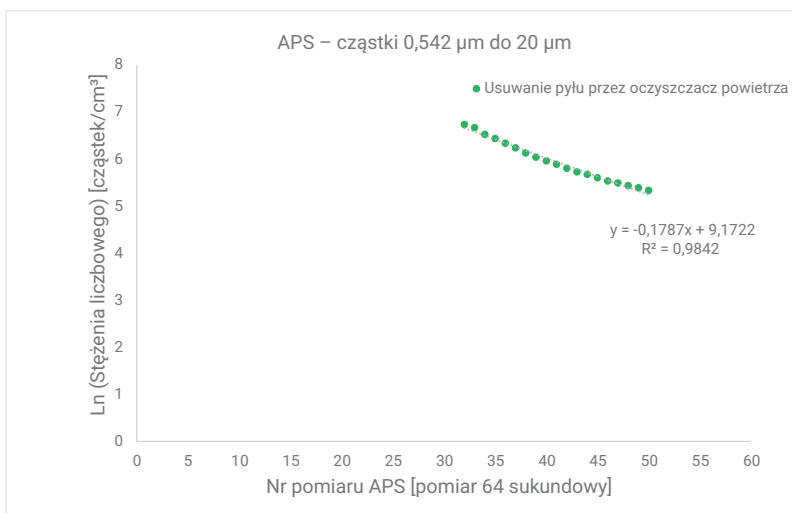
Badania oczyszczacza powietrza „A” przeprowadzono dla generowania aerozolu testowego w komorze w warunkach laboratoryjnych w dwóch etapach:

- ✓ pomiaru naturalnego zaniku
- ✓ pomiaru z działającym oczyszczaczem powietrza.

Wyniki badania zmian stężenia liczbowego cząstek aerozolu testowego o danym wymiarze podczas pomiaru usuwania cząstek pyłu przez oczyszczacz powietrza „A” w komorze laboratoryjnej przedstawiono odpowiednio na rys. 2 i 3.



Rys 2. Zmiany stężenia liczbowego cząstek o rozmiarach od 0,542 µm do 20 µm w komorze laboratoryjnej z usuwaniem pyłu przez oczyszczacz powietrza „A”.



Rys 3. Zmiany ln(stężenia liczbowego) cząstek o rozmiarach od 0,542 µm do 20 µm w komorze laboratoryjnej z usuwaniem pyłu przez oczyszczacz powietrza „A”.

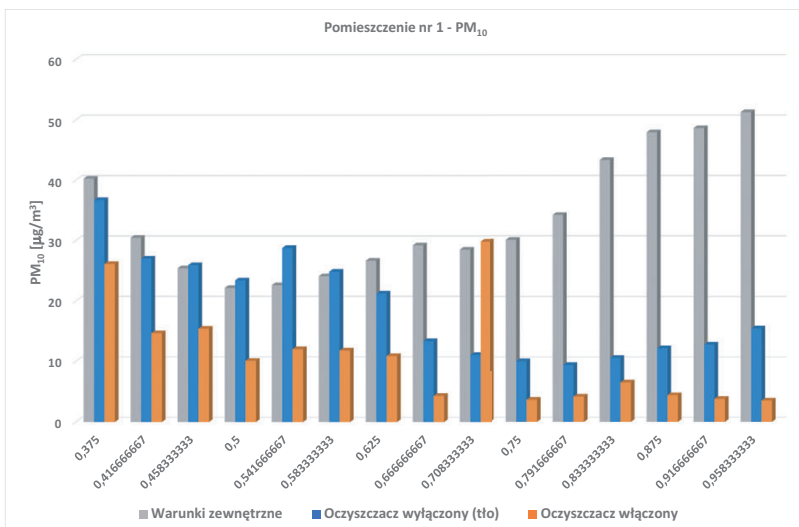
W tabeli 1 przedstawiono parametry użytkowe wyznaczone podczas badania oczyszczacza powietrza „A” przy jego maksymalnych ustawieniach w komorze w warunkach laboratoryjnych.

Tabela 1. Obliczone parametry użytkowe oczyszczacza powietrza „A”

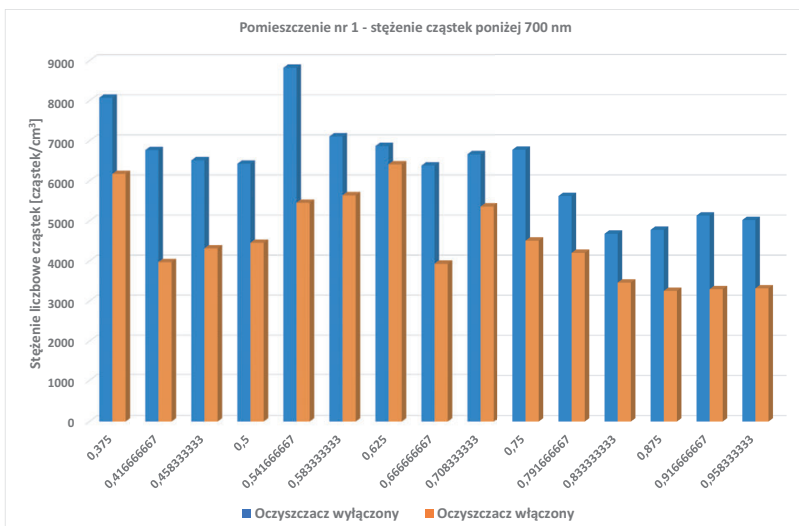
Parametr	Wartość
Stała szybkości usuwania cząstek pyłu przez oczyszczacz powietrza	0,1787
Odchylenie standardowe linii regresji	0,45 min <sup>-1</sup>
Wydajność oczyszczania powietrza (CADR)	227,1 m <sup>3</sup> /h
Wielkość pomieszczenia	21,1 m <sup>2</sup>

Badania weryfikacyjne oczyszczacza powietrza „B” w warunkach użytkowania w pomieszczeniu przeprowadzono w odniesieniu pyłu zawieszonego: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub> oraz cząstek o wielkościach poniżej 700 nm. Ocena skuteczności oczyszczacza powietrza „B” została oparta na monitoringu stężenia

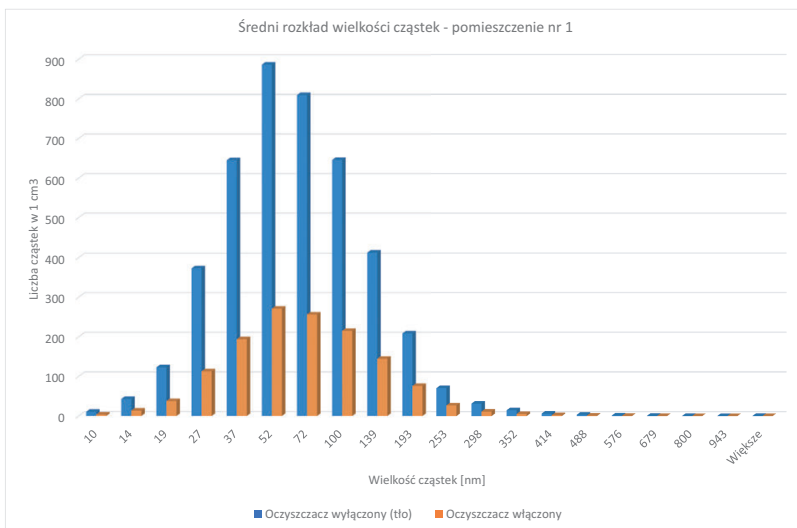
pyłów w powietrzu metodami licznikowymi oraz na monitoringu parametrów powietrza.



Rys. 4. Stężenie pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> w pomieszczeniu



Rys. 5. Stężenie cząstek o rozmiarach mniejszych od 700 nm w pomieszczeniu



Rys. 6. Średni rozkład wymiarowy cząstek w pomieszczeniu

Wyniki przeprowadzonych badań pokazały, że zastosowanie w badanych pomieszczeniach oczyszczacza powietrza pracującego w trybie automatycznym umożliwiło obniżenie stężenia pyłu zawieszonego frakcji  $PM_{10}$  maksymalnie o 64%, frakcji  $PM_{2,5}$  maksymalnie o 59%, frakcji  $PM_1$  maksymalnie o 43% oraz stężenia cząstek mniejszych od 700 nm maksymalnie o 43% (Tabela 2) w stosunku do warunków odniesienia (oczyszczacz wyłączony).

Tabela 2. Redukcja cząstek pyłów przez oczyszczacz powietrza „B” w pomieszczeniu

Procentowa redukcja pyłów			
$PM_{10}$	$PM_{2,5}$	$PM_1$	Poniżej 700 nm
43%	59%	64%	43%



# 8. Podsumowanie



Opracowana w CIOP-PIB metoda oceny wskaźnika CADR i stanowisko badawcze oczyszczaczy powietrza umożliwia ocenę poprawy jakości powietrza w pomieszczeniach budynków. Zapewnia również dostęp producentom, dystrybutorom i użytkownikom oczyszczaczy powietrza do nowoczesnych metod badawczych zgodnych kryteriami norm międzynarodowych.

Dzięki opracowanej metodzie producent, dystrybutor i użytkownik oczyszczaczy powietrza może dobrać odpowiednie parametry pracy takie jak przepływ powietrza, wskaźnik CADR, jakość systemu filtracji powietrza. Wskaźnik CADR uwzględnia w sobie dwa ważne parametry oczyszczacza, czyli wydajność wentylatora oraz skuteczność oczyszczania, co umożliwia dobór odpowiedniego urządzenia do potrzeb użytkownika.

Metoda umożliwia również zbadanie urządzeń do oczyszczania powietrza projektowanych lub już użytkowanych w warunkach rzeczywistych zarówno na rynku krajowym, jak i międzynarodowym.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Chudzińska A. Smog – architektoniczne metody przeciwdziałania. *Builder*. 2022;1(26):28–31. doi:10.5604/01.3001.0015.5969.
- [2] Adamkiewicz Ł, Kryza M, Mucha D, Werner M, Gayer A, Drzeniecka-Osiadacz A, et al. Estimating health impacts due to the reduction of particulate air pollution from the household sector expected under various scenarios. *Appl Sci*. 2021;11:272. doi:10.3390/app11010272.
- [3] Afshari A, Mo J, Tian E, Seppänen O. Testing portable air cleaning units—test methods and standards: a critical review. *REHVA J*. 2022;59(3):35–46.
- [4] World Health Organization (WHO). Global Health Observatory [Internet]. 2023 [cited 2023 Nov 6]. Available from: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution>
- [5] Health Effects Institute. State of Global Air 2020. Special Report. Boston (MA): Health Effects Institute; 2020. ISSN: 2578-6873. Available from: <https://www.stateof-globalair.org/> [cited 2023 Nov 6].
- [6] Lee KK, Bing R, Kiang J, Bashir S, Spath N, Stelzle D, et al. Adverse health effects associated with household air pollution: a systematic review, meta-analysis, and burden estimation study. *Lancet Glob Health*. 2020;8(11):e1427–e1434. doi:10.1016/S2214-109X(20)30343-0. PMID: 33069303; PMCID: PMC7564377.
- [7] Lowther S, Deng W, Fang X, Booker D, Whyatt DJ, Wild O, et al. How efficiently can HEPA purifiers remove priority fine and ultrafine particles from indoor air? *Environ Int*. 2020;144:106001. doi:10.1016/j.envint.2020.106001.
- [8] Morawska L, Afshari A, Bae GN, Buonanno G, Chao CYH, Hänninen O, et al. Indoor aerosols: from personal exposure to risk assessment. *Indoor Air*. 2013. doi:10.1111/ina.12044.

- [9] Sultan ZM, Nilsson G, Magee RJ, Bradley JS. Method for testing portable air cleaners. NRCC-54013. 2011. doi:10.4224/20374076.
- [10] Rynek oczyszczaczy powietrza w Polsce wart 50 mln zł [Internet]. Wirtualnemedi.pl. [cited 2023 Nov 2]. Available from: <https://www.wirtualnemedi.pl/artukul/rynek-oczyszczaczy-powietrza-w-polsce-wart-50-mln-zl>
- [11] World Health Organization (WHO). Coronavirus disease (COVID-19) advice for the public [Internet]. 2021 [cited 2023 Nov 2]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>
- [12] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Infection control in healthcare facilities: public health guidance for community-level preparedness and response to severe acute respiratory syndrome (SARS) [Internet]. 2005 [cited 2023 Nov 2]. Available from: <https://www.cdc.gov/sars/guidance/i-infection/healthcare.html>
- [13] Alvarenga MOP, Dias JMM, Lima B, Gomes ASL, Monteiro GQM. The implementation of portable air-cleaning technologies in healthcare settings: a scoping review. *J Hosp Infect.* 2023;132:93–103. doi:10.1016/j.jhin.2022.12.004.
- [14] Prather KA, Marr LC, Schooley RT, McDiarmid MA, Wilson ME, Milton DK. Airborne transmission of SARS-CoV-2. *Science.* 2020;370(6514):303–4. doi:10.1126/science.abf0521.
- [15] Rodríguez M, Palop ML, Seseña S, Rodríguez A. Are the portable air cleaners (PAC) really effective to terminate airborne SARS-CoV-2? *Sci Total Environ.* 2021;785:147300. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.147300.
- [16] Gherasim A, de Blay F. Does air filtration work for cat allergen exposure? *Curr Allergy Asthma Rep.* 2020;20:18. doi:10.1007/s11882-020-00912-w.
- [17] Niu Z, et al. Association between long-term exposure to ambient particulate matter and blood pressure, hypertension: an updated systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Health Res.* 2022;33:268–83. doi:10.1080/09603123.2021.2022106.

- [18] Faridi S, Allen RW, Brook RD, Yousefian F, Hassanvand MS, Carlsten C. An updated systematic review and meta-analysis on portable air cleaners and blood pressure: recommendations for users and manufacturers. *Eco-toxicol Environ Saf.* 2023;263:115227. doi:10.1016/j.eco-env.2023.115227.
- [19] Chen Z, Chen C, Wei S, Liu Z, Cao G, Du Y, et al. Determination of key parameters (air exchange rate, penetration factor and deposition rate) for selecting residential air cleaners under different window airtightness levels. *Sustain Cities Soc.* 2020;56:102087. doi:10.1016/j.scs.2020.102087.
- [20] Sultan Z, Li J, Pantelic J, Schiavon S. Indoor air pollution of outdoor origin: mitigation using portable air cleaners in a Singapore office building. *Aerosol Air Qual Res.* 2022;22:220204. doi:10.4209/aaqr.220204.
- [21] Fermo P, Artíñano B, de Gennaro G, Pantaleo AM, Parente A, Battaglia F, et al. Improving indoor air quality through an air purifier able to reduce aerosol particulate matter (PM) and volatile organic compounds (VOCs): experimental results. *Environ Res.* 2021;197:111131. doi:10.1016/j.envres.2021.111131.
- [22] Pei PJ, Dai W, Li H, Liu J. Laboratory and field investigation of portable air cleaners' long-term performance for particle removal. *Build Environ.* 2020;181:107100. doi:10.1016/j.buildenv.2020.107100.
- [23] ANSI/AHAM AC-1-2020. Method for Measuring Performance of Portable Household Electric Room Air Cleaners. 2020.
- [24] AHAM AC-3-2009 (R2021). Method for Measuring the Performance of Portable Household Electric Room Air Cleaners Following Accelerated Particulate Loading. 2009 (reaffirmed 2021).
- [25] Chen L, Wang H, Wang Z, Dong Z. Estimating the mortality attributable to indoor exposure to particulate matter of outdoor origin in mainland. *Sci Total Environ.* 2023;162286. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.162286.

- [26] EN ISO 29464:2019. Cleaning of air and other gases—Terminology. 2019.
- [27] PN-EN ISO 29464:2025-01. Oczyszczanie powietrza i innych gazów—Terminologia. 2025.
- [28] PN-EN IEC 63086-1:2021-01. Elektryczne urządzenia do oczyszczania powietrza do użytku domowego i podobnego—Metody badań cech funkcjonalnych—Część 1: Wymagania ogólne. 2021.
- [29] PN-EN IEC 63086-1:2021-01/A1:2024-04. Elektryczne urządzenia do oczyszczania powietrza do użytku domowego i podobnego—Metody badań cech funkcjonalnych—Część 1: Wymagania ogólne. 2024.



ISBN: 978-83-7373-461-6