



Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska
Polskiej Akademii Nauk

PROCEDURA WAGOWA

STYCZEŃ 2021

Określenie masy filtrów przed i po ekspozycji z wykorzystaniem robotycznego systemu pomiarowego RB 2.4Y.F produkcji Radwag Wagi Elektroniczne

Numer referencyjny: C2-001/2020/NP-I

© Żadna część niniejszej procedury nie może być przedrukowywana ani kopiowana jakąkolwiek techniką bez pisemnej zgody Instytutu Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk

OPRACOWANIE

dr inż. Krzysztof Klejnowski,
dr inż. Kamila Widziewicz-Rzońca
dr Barbara Błaszczak,
dr Sławomir Janas,

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk
Radwag Wagi Elektroniczne, Centrum Metrologii Badań i Certyfikacji

Spis treści

1. Cel procedury	4
2. Zakres stosowania procedury i obowiązywania	4
3. Definicje	4
4. Odpowiedzialność	5
5. Infrastruktura techniczna i warunki środowiskowe	5
6. Opis postępowania	6
6.1. Numerowanie filtrów	6
6.2. Sposób postępowania z filtrami przed ekspozycją	6
6.3. Przygotowanie filtrów nieobciążonych do wysyłki	7
6.4. Filtry ślepe terenowe	7
6.5. Sposób postępowania z filtrami po ekspozycji	8
6.6. Sposób wyznaczania stężenia pyłu	9
6.7. Przygotowanie filtrów do analiz i archiwizacja	10
7. Dokumenty powiązane	10
8. Załączniki 1 - konstrukcja robotycznego systemu pomiarowego RB 2.4Y.F.	11
8.1. Obudowa	11
8.2. Magazyn filtrów	11
8.3. Kasety filtrów	12
8.4. Magazyn referencyjny	12
8.5. Układ robotyczny	12
8.6. Mikrowaga	12
8.7. Jonizator	12
8.8. Czytnik kodów QR	12
Oprogramowanie	13
9. Struktura programu RMCS Filter	14
10. Rozdzielnik	15

1. Cel procedury

Procedura ma na celu przedstawienie dokładnego sposobu postępowania w zakresie kondycjonowania oraz pomiarów masy filtrów różnego rodzaju z wykorzystaniem robotycznego systemu pomiarowego RB 2.4Y.F produkcji Radwag Wagi Elektroniczne, Polska.

2. Zakres stosowania procedury i obowiązywania

Niniejsza procedura określa sposób oznaczenia stężenia pyłu zawieszonego PM metodą grawimetryczną z wykorzystaniem automatycznego systemu robotycznego typu RB 2.4 Y.F. Wytyczne zawarte w tej procedurze mogą być wykorzystane również podczas badania zmienności masy filtrów w efekcie przeprowadzenia procesów fizycznych, chemicznych, technologicznych. Urządzenia i analityczne przyrządy pomiarowe objęte zasięgiem niniejszej procedury:

- program komputerowy RMCS Filter, zarządzanie procesem kondycjonowania, pomiarem masy filtrów oraz wyliczaniem istotnych wartości pochodzących z procesu badawczego,
- system robotyczny, automatyczny system pracujący wewnątrz urządzenia RB 2.4Y.F służący do transportowania filtrów między magazynami oraz komorą ważenia wagi,
- automatyczny układ dejonizacji zainstalowany wewnątrz urządzenia RB 2.4Y.F ,
- mikrowaga MYA 2.4Y, działka elementarna $d \leq 1 \mu\text{g}$, wykorzystywana do pomiaru masy filtrów przed i po ekspozycji, produkcji Radwag Wagi Elektroniczne, Polska,
- filtry, średnica: 47 mm, stosowane w procesie wyznaczania stężenia pyłu zawieszonego PM w pobornikach niskoprzepływowym.

3. Definicje

Podstawowe terminy związane z procesem kondycjonowania, pomiarów masy oraz określania stężenia pyłu zawieszonego podano poniżej.

Filtr nieobciążony	filtr czysty (bez pyłu), przed ekspozycją w terenie,
Filtr obciążony	filtr z pyłem, po ekspozycji w terenie,
Próbka do badań	pojedyncza próbka pyłu zawieszonego pobierana w terenie,
Próbka ślepa laboratoryjna	pojedynczy filtr nieobciążony, przechowywany w tych samych warunkach i analizowany w taki sam sposób jak próbka do badań, z uwzględnieniem wszystkich etapów analizy,
Próbka ślepa transportowa	próbka poddana takim samym procedurom jak próbki do badań, z pominięciem pobrania analitu, przeznaczona do określenia tła wynikającego z transportu i sposobu przechowywania próbek,

4. Odpowiedzialność

Za wdrożenie oraz nadzór nad stosowaniem niniejszej procedury odpowiada Kierownik Zespołu. Procedura obowiązuje wszystkich pracowników w zakresie przypisanych im zadań.

5. Infrastruktura techniczna i warunki środowiskowe

Układ robotyczny RB 2.4Y.F dla prawidłowej pracy wymaga doprowadzenia wody o odpowiedniej czystości lub zainstalowania modułu uzdatniania wody, miejsca dla odprowadzenia wody, stabilnego pod względem drgań podłoża, zewnętrznej aplikacji RMCS Filter, oraz personelu o potwierdzonych kompetencjach. Badane filtry w kasetach są umieszczane w magazynie układu robotycznego. Układ robotyczny wyposażony w specjalny uchwyt pobiera kasetę z filtrem i transportuje ją do komory ważenia mikrowagi. Przed ważeniem sprawdzane jest oznaczenie filtra, zazwyczaj kodem QR oraz przeprowadzana jest jego dejonizacja (opcja).

Wewnątrz układu pomiarowego RB 2.4Y.F znajduje się osobny magazyn dla filtrów referencyjnych oraz wzorców masy. Obiekty te są wykorzystywane do oceny jakości pracy urządzenia. Układ pomiarowy wyposażony jest w filtr HEPA, który oczyszcza powietrze, co zapobiega ewentualnym zanieczyszczeniom filtrów w procesie badawczym. System pomiarowy może być włączony do sieci Ethernet poprzez co uzyskuje się możliwość zdalnego nadzoru i sterowania pracą układu pomiarowego.

Temperatura i wilgotność wewnątrz systemu robotycznego RB 2.4Y.F regulowane są przez moduł warunków środowiskowych, co umożliwia pracę w zakresie temperatury $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ oraz wilgotności względnej $50 \pm 5\% \text{ RH}$, zgodnie z wymogami normy PN-EN 12341:2014. Monitoring warunków środowiskowych wewnątrz komory urządzenia odbywa się poprzez wewnętrzne czujniki THB, produkcji Radwag Wagi Elektroniczne, Polska. Podstawowe elementy konstrukcyjne układu pomiarowego zawarto w załączniku 1.

6. Opis postępowania

6.1. Numerowanie filtrów

Filtry wykorzystywane w badaniach prowadzonych z użyciem systemu robotycznego RB 2.4Y.F powinny być wykonane ze standardowych materiałów filtracyjnych – t.j. włókna szklanego, włókna kwarcowego, nylonu, poliwęglanu lub teflonu. Każdy filtr powinien posiadać unikalny numer. Sposób oznaczania próbek do badań może być zrealizowany poprzez naniesienie kodów QR na strukturze filtra lub wykorzystując numer pozycji filtra w magazynie (numer poziom/miejsca).

6.2. Sposób postępowania z filtrami przed ekspozycją

- a. Umieścić filtry w kasetach a kasety umieścić w magazynie wewnętrznym systemu robotycznego RB 2.4Y.F (załącznik 1, rysunek 2).
- b. Potwierdzić rozpoczęcie procesu kondycjonowania filtrów w programie RMCS Filter wystawiając zlecenie kondycjonowania filtrów. Wskazać pozycje w magazynie które będą objęte procesem kondycjonowania a następnie pomiarami masy.
- c. Proces kondycjonowania będzie zrealizowany zgodnie z wymaganiami PN-EN 12341:2014 w zakresie czasu jak i wymagań co do dokładności systemu pomiarowego.

Uwaga:

1. Proces kondycjonowania będzie zrealizowany tylko wówczas, gdy warunki środowiskowe wewnątrz systemu robotycznego są prawidłowe tj. temperatura wynosi $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, wilgotność $50\% \pm 5\%$. Gdy warunki środowiskowe są poza limitem proces pomiarowy będzie zatrzymywany a informację o zdarzeniu otrzymuje administrator systemu.
 2. Przed każdą sesją pomiarów masy filtrów następuje adiustacja mikrowagi oraz kontrola masy filtrów referencyjnych (ocena wpływu warunków kondycjonowania na masę filtrów) oraz ważenie wzorca masy (śledzenie dryftów wskazania mikrowagi).
- d. Każdy filtr przeznaczony do badania stężenia pyłu zawieszonego jest automatycznie ważony bez ingerencji operatora.
 - e. Dla każdego filtra jest sprawdzany warunek stabilności jego masy zgodnie z zależnościami (1) lub (2).

$$m_u = m_{u1} - m_{u2} \leq 40\ \mu\text{g} \quad (1)$$

gdzie: m_u – średnia masa filtra nieobciążonego
 m_{u1} – masa filtra nieobciążonego dla pierwszego ważenia
 m_{u2} – masa filtra nieobciążonego dla drugiego ważenia

Gdy warunek (1) nie jest spełniony system robotyczny automatycznie dokonuje trzeciego pomiaru masy filtra po uprzednim kondycjonowaniu (patrz wymagania PN-EN 12341:2014) – następuje ponowna weryfikacja stabilności masy filtra zgodnie z zależnością (2):

$$m_u = m_{u2} - m_{u3} \leq 40 \mu\text{g} \quad (2)$$

gdzie: m_u – średnia masa filtra nieobciążonego (przed ekspozycją)

m_{u2} – masa filtra nieobciążonego dla drugiego ważenia

m_{u3} – masa filtra nieobciążonego dla trzeciego ważenia

- f. Masa filtra nieobciążonego jest prezentowana jako średnia z dwóch odrębnych pomiarów filtra nieobciążonego według zależności (3).

$$\overline{m}_u = \frac{m_{u1} + m_{u2}}{2} \quad \text{lub} \quad \overline{m}_u = \frac{m_{u2} + m_{u3}}{2} \quad [\text{mg}] \quad (3)$$

- g. Niespełnienie warunku (2) jest jednoznaczne z usunięciem filtra z sesji pomiarowej. Filtry nieobciążone przechowywać w pokoju wagowym nie dłużej niż 28 dni przed pobraniem próbek.

6.3. Przygotowanie filtrów nieobciążonych do wysyłki

Zważone filtry nieobciążone umieścić w oprawkach i włożyć do kaset transportowo-pomiarowych, w celu zabezpieczenia w transporcie przed zanieczyszczeniami zawartymi w powietrzu. Filtry zapakowane w ten sposób przekazać operatorowi pobornika lub wysłać do docelowego miejsca poboru próbek (stacja pomiarowa).

6.4. Filtry ślepe terenowe

Wraz z każdą serią pomiarową (minimum raz w miesiącu) przygotowywać tzw. filtry ślepe terenowe, które powinny być traktowane tak jak każdy filtr przed ekspozycją, z uwzględnieniem etapów obejmujących transport filtrów do stacji pomiarowej i umieszczenie ich w poborniku – patrz wymagania PN-EN 12341:2014 pkt. 6.6. Sposób postępowania z tzw. filtrami ślepyimi terenowymi jest taki sam jak w przypadku filtrów obciążonych.

6.5. Sposób postępowania z filtrami po ekspozycji

- a. Filtry po ekspozycji wyjąć z kaset transportowo-pomiarowych i sprawdzić potencjalne uszkodzenia. W przypadku stwierdzenia uszkodzeń filtra, należy zarejestrować takie zdarzenie a filtr a filtr usunąć z sesji ważenia.
- b. Umieścić filtry w kasetach a kasety umieścić w magazynie wewnętrznym systemu robotycznego RB 2.4Y.F (załącznik 1, rysunek 2).
- c. Potwierdzić rozpoczęcie procesu kondycjonowania filtrów po ekspozycji w programie RMCS Filter wystawiając zlecenie kondycjonowania filtrów po ekspozycji. Wskazać pozycje w magazynie które będą objęte procesem kondycjonowania a następnie pomiarami masy.
- d. Proces kondycjonowania będzie zrealizowany zgodnie z wymaganiami PN-EN 12341:2014 w zakresie czasu jak i wymagań co do dokładności systemu pomiarowego

Uwaga:

1. Proces kondycjonowania będzie zrealizowany tylko wówczas, gdy warunki środowiskowe wewnątrz systemu robotycznego są prawidłowe tj. temperatura wynosi $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, wilgotność $50\% \pm 5\%$. Gdy warunki środowiskowe są poza limitem proces pomiarowy będzie zatrzymywany a informację o zdarzeniu otrzymuje administrator systemu.
2. Przed każdą sesją pomiarów masy filtrów następuje adiustacja mikrowagi oraz kontrola masy filtrów referencyjnych (ocena wpływu warunków kondycjonowania na masę filtrów) oraz ważenie wzorca masy (śledzenie dryftów wskazania mikrowagi).

e. Każdy filtr po ekspozycji jest automatycznie ważony bez ingerencji operatora.

f. Dla każdego filtra po ekspozycji sprawdzany jest warunek stabilności jego masy zgodnie z zależnościami (4) lub (5).

$$m_1 = m_{11} - m_{12} \leq 60\ \mu\text{g} \quad (4)$$

gdzie: m_1 – średnia masa filtra obciążonego (po ekspozycji)
 m_{11} – masa filtra obciążonego dla pierwszego ważenia
 m_{12} – masa filtra obciążonego dla drugiego ważenia

Gdy warunek (4) nie jest spełniony system robotyczny automatycznie dokonuje trzeciego pomiaru masy filtra po uprzednim kondycjonowaniu (patrz wymagania PN-EN 12341:2014). Następuje ponowna weryfikacja stabilności masy filtra po ekspozycji zgodnie z zależnością (5):

$$m_1 = m_{l2} - m_{l3} \leq 60 \mu\text{g} \quad (5)$$

gdzie: m_1 – średnia masa filtra obciążonego (po ekspozycji)
 m_{l2} – masa filtra nieobciążonego dla drugiego ważenia
 m_{l3} – masa filtra nieobciążonego dla trzeciego ważenia

- g. Masa filtra obciążonego po kondycjonowaniu jest prezentowana jako średnia z dwóch odrębnych pomiarów filtra według zależności (6).

$$\bar{m}_l = \frac{m_{l1} + m_{l2}}{2} \quad \text{lub} \quad \bar{m}_l = \frac{m_{l2} + m_{l3}}{2} [\text{mg}] \quad (6)$$

- h. Niespełnienie warunku stabilności masy filtra obciążonego wg. zależności (5) jest jednoznaczne z usunięciem filtra z sesji pomiarowej.

UWAGA:

Możliwe jest ustalenie innych okresów kondycjonowania filtrów, dopasowania interwałów pomiarów masy zgodnie z wymaganymi prowadzonego procesu badawczego oraz określenie innych limitów dla badanej zmienności masy filtrów.

6.6. Sposób wyznaczania stężenia pyłu

Stężenie pyłu (C) obliczane jest automatycznie jako iloraz różnicy masy filtra obciążonego (m_l) i filtra nieobciążonego (m_u) oraz natężenia przepływu (V) według zależności (7).

$$C = (\bar{m}_l m - \bar{m}_u) / V [\mu\text{g}/\text{m}^3] \quad (7)$$

gdzie: \bar{m}_l – średnia masa filtra obciążonego (po ekspozycji)
 \bar{m}_u – średnia masa filtra nieobciążonego (przed ekspozycją)
 V – pobrana objętość powietrza w czasie próbkowania

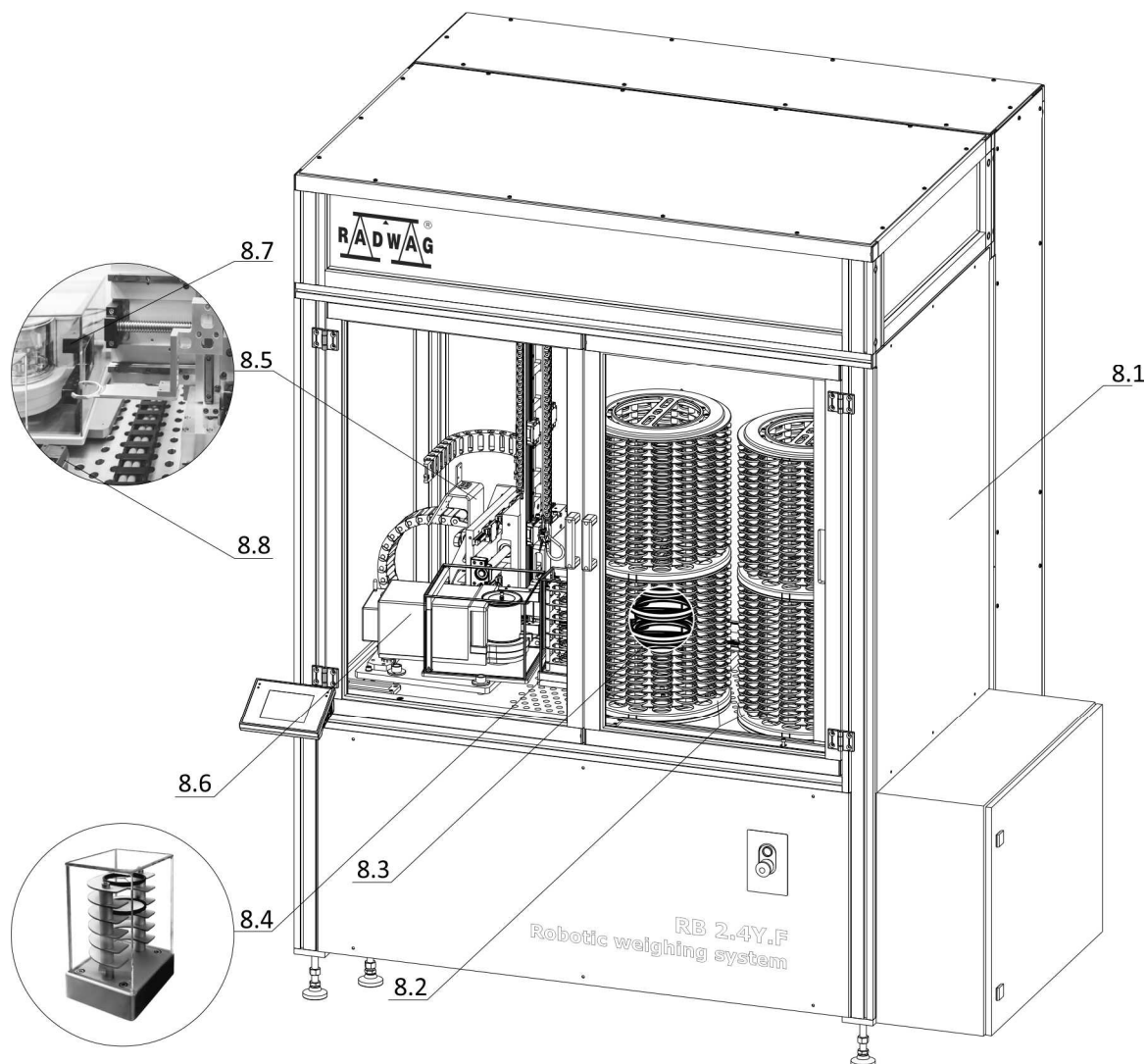
6.7. Przygotowanie filtrów do analiz i archiwizacja

Po zważeniu filtry obciążone powinny być konfekcjonowane, cięte – nożem cyrkonowym lub wykrojnikiem na 2 lub 4 równe wycinki. Tak przygotowane filtry umieścić w oznaczonych szalkach Petriego i przechowywać w warunkach obniżonej temperatury powietrza celem ograniczenia utraty związków lotnych i pół-lotnych. Sposób numeracji filtrów zarówno przed jak i po ekspozycji powinien być zgodny z systemem jaki przyjęto w laboratorium do oznaczania próbek badawczych.

7. Dokumenty powiązane

- a. PN-EN 12341:2014 – Powietrze atmosferyczne – Standardowa grawimetryczna metoda pomiarowa do określania stężeń masowych frakcji PM₁₀ lub PM_{2,5} pyłu zawieszonego.
- b. Procedura Ogólna PO 1 – NP-I: Postępowanie z próbkami do badań – numeracja próbek [wydanie z dn. 09.01.2017 r.]
- c. Procedura Ogólna PO 3 – NP-I: Postępowanie z próbkami do badań – baza danych i przeliczanie wyników [wydanie z dn. 09.01.2017 r.]
- d. Procedura Ogólna PO 4 – NP-I: Postępowanie z próbkami do badań – wysyłka [wydanie z dn. 09.01.2017 r.]
- e. Wagi serii 4Y. Instrukcja obsługi. IMMU-01-33-12-19-PL, Radwag, Polska, grudzień 2019 r.
- f. RMCS Filter RB 2.4 Y.F. Instrukcja obsługi. ITKU-25-01-06-20-PL, Radwag, Polska, czerwiec 2020 r.

8. Załączniki 1 - konstrukcja robotycznego systemu pomiarowego RB 2.4Y.F



Rysunek 1. Konstrukcja systemu robotycznego RB 2.4Y.F

8.1. Obudowa

chroni układ pomiarowy oraz filtry przed potencjalnymi zanieczyszczeniami oraz zapewnia stabilne warunki środowiskowe w czasie kondycjonowania oraz pomiaru masy filtrów przed i po ekspozycji. Naciśnięcie w komorze urządzenia blokuje wnikanie zanieczyszczeń.

8.2. Magazyn filtrów

urządzenie posiada dwa magazyny, mogące pomieścić łącznie 1020 filtrów (każdy posiada 510 pozycje: 34 tarcze z 15 pozycjami).

8.3. Kasety filtrów

Kaseta wykonana jest z materiału antystatycznego - polioksymetylan (POM). Konstrukcja kasety (załącznik 1), zapewnia jednoznaczne pozycjonowanie filtra w magazynie, co jest podstawowym wymaganiem dla poprawnej pracy układu robotycznego.

Widok kasety filtra oraz prawidłowe pozycjonowanie kasety filtra w magazynie pokazano na rysunku 2 oraz 3.

8.4. Magazyn referencyjny

Magazyn referencyjny (6-pozycyjny) służy do przechowywania wzorców masy i filtrów referencyjnych. Dzięki wykorzystaniu filtrów referencyjnych możliwe jest określenie potencjalnego wpływu warunków środowiskowych na zmienność masy filtrów nieobciążonych i obciążonych. Wzorzec masy jest wykorzystywany do śledzenia dryftów dokładności układu pomiarowego zgodnie z wymaganiami zawartymi w normie PN-EN 12341:2014, załącznik E.

8.5. Układ robotyczny

Filtry są transportowane pomiędzy poszczególnymi elementami urządzenia za pomocą ramienia robotycznego. Ruch zespołu transportowego odbywa się automatycznie zgodnie z ustaloną procedurą. W układzie ramienia robotycznego znajduje się czujnik podczerwieni, którego zadaniem jest kontrola obecności filtra w magazynie oraz w uchwycie ramienia robotycznego (podczas transportu z magazynu do komory ważenia wagi).

8.6. Mikrowaga

Mikrowaga MYA 2.4Y zaimplementowana w RB 2.4Y.F jest najwyższej klasy profesjonalnym urządzeniem do pomiarów masy. Umieszczona jest na odseparowanym od pozostałych elementów układu robotycznego RB 2.4Y.F granitowym antywibracyjnym stole. Dokładność mikrowagi jest okresowo ustalana poprzez wewnętrzną adiustację.

8.7. Jonizator

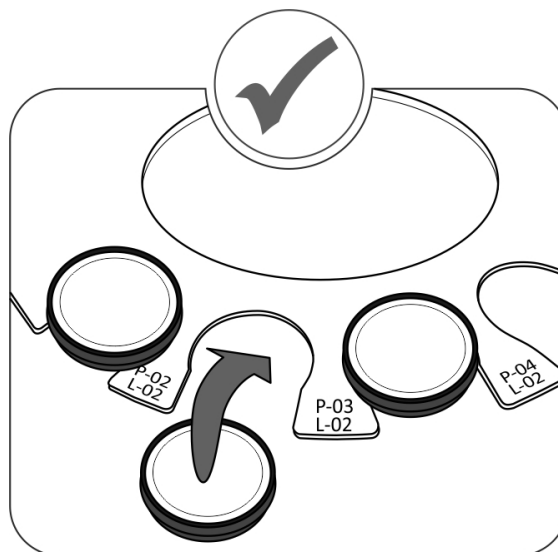
Eliminuje nieskompensowane ładunki elektrostatyczne znajdujące się na ważonym filtrze. Aktywność jonizatora jest możliwa do zdefiniowania dla każdej sesji pomiarowej w programie RMC Filter.

8.8. Czytnik kodów QR

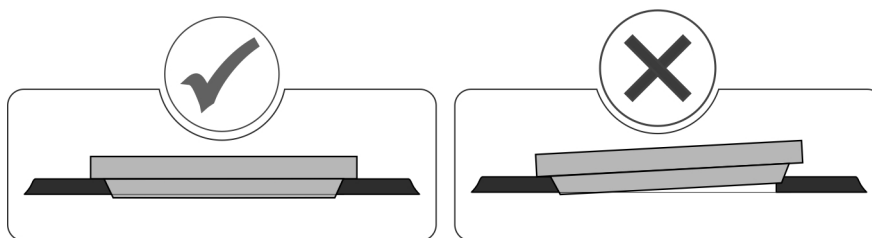
Element urządzenia umożliwiający odczytanie kodów QR, stanowiących unikalny system numeracji i identyfikacji filtrów w programie.

Oprogramowanie

Oprogramowanie jest integralnym elementem, który zarządza procesem kondycjonowania, ważenia filtrów oraz stabilnością warunków środowiskowych. Na podstawie uzyskanych informacji program RMCS Filter wylicza ilość oraz koncentrację pyłu w powiązaniu z konkretnym miejscem poboru. Opcje import/export pozwalają na gromadzenie i analizowanie także informacji o warunkach poboru oraz przekazywanie informacji do innych aplikacji zewnętrznych.



Rysunek 2. Magazyn filtrów układu robotycznego



Rysunek 3. Pozycjonowanie kasety filtra w magazynie

9. Struktura programu RMCS Filter

SETUP

Limity	Dotyczą zmian masy filtrów referencyjnych, filtrów badanych, wzorca masy, warunków środowiskowych oraz okresów kondycjonowania filtrów.
Alerty	Informacje dotyczące pracy systemu wagowego eksponowane w programie RMCS oraz przesyłane zdalne.
Dziennik Zdarzeń	Rejestracja wszystkich niestandardowych zdarzeń w systemie.
Odbiorcy	Identyfikacja osób realizujących pobór.
Stacje badawcze	Identyfikacja miejsc poboru.
Połączenia	Adresy IP urządzeń.
Druk kodów QR	W połączeniu z drukarką kodów QR możliwe jest automatyczne oznaczanie filtrów kodem QR (dane w kodzie QR są programowalne).

ZLECENIA

Masa filtrów przed ekspozycją	Identyfikacja pozycji filtrów w magazynie, które będą wykorzystane w badaniu.
Masa filtrów po ekspozycji	Identyfikacja pozycji filtrów w magazynie, które będą wykorzystane w badaniu zmian masy, określenie miejsca i czasów poboru pyłu.

RAPORTY

Zmiana masy filtrów przed ekspozycją	Masy filtrów określone w sesji ważenia (średnia masa filtra przed ekspozycją)
Zmiana masy filtrów po ekspozycji	Masy filtrów określone w sesji ważenia (średnia masa filtra po ekspozycji)
Koncentracja pyłu PM	Koncentracja pyłu dla sesji ważenia

WARUNKI ŚRODOWISKOWE

Aktualna wartość temperatury	Wartość chwilowa / średnia godzinowa
Aktualna wartość wilgotności	Wartość chwilowa / średnia godzinowa
Wykres temp./wilgotność	Graficzna interpretacja zmian warunków środowiskowych

PROCEDURY KONTROLNE

Zał. E1. PN-EN 12341:2104	Dokładność i stabilność temperatury i wilgotności względnej
Zał. E2. PN-EN 12341:2104	Dokładność i stabilność wagi
Zał. E3. PN-EN 12341:2104	Dokładność i precyzja procedury wagowej
Zał. D4. PN-EN 12341:2104	Wpływ ładunków elektrostatycznych
AutoTest Radwag	Badanie precyzji pomiarów masy filtrów lub wzorców masy

10. Rozdzielnik

Kierownik Zespołu – wersja papierowa oraz wersja elektroniczna

Stanowisko do oznaczania masy pyłu metodą grawimetryczną z wykorzystaniem automatu ważącego

Adres:

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Polskiej Akademii Nauk
41-819 Zabrze, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34
tel.: +48 32 271 64 81, +48 32 271 70 40, fax: +48 32 271 74 70
<http://ipis.pan.pl/pl>
e-mail: office@ipis.zabrze.pl

Radwag Wagi Elektroniczne
26-600 Radom, Toruńska 5
tel.: +48 48 386 60 00,
<http://radwag.com>
e-mail: radom@radwag.pl
