

# WPLYW ZASTOSOWANIA ELEKTROFILTRÓW NA POZIOM ZAPYLENIA POWIETRZA USUWANEGO Z KURNIKA

Streszczenie

*Emisja pyłów to jeden z podstawowych czynników mających wpływ na zanieczyszczenie środowiska. Rolnictwo stanowi obok przemysłu podstawową gałąź gospodarki generującą największe zanieczyszczenie powietrza. Celem opracowania jest wskazanie na dużą istotę problemu emisji pyłów oraz przedstawienie wyników badań wykorzystania elektrofiltrów w redukcji poziomu zapylenia powietrza usuwanego z budynków inwentarskich.*

**Słowa kluczowe:** pyły, aerozole, PM10, redukcja poziomu zapylenia, elektrofiltry

## Wstęp

Pyły usuwane z obiektów inwentarskich nie tylko zanieczyszczają powietrze, lecz również wody śródłądowe oraz glebę. Problem ograniczania emisji pyłów do środowiska nie został do dziś rozwiązany. Nastęcza on wiele trudności ze względu na niejednorodny charakter pyłów, tzn. pochodzenie, budowę oraz pełną gamę frakcji różniących się kształtem oraz wielkością cząstek.

Pod pojęciem pyłu, zgodnie z Polską Normą PN-64/Z-01001 [4], rozumie się „fazę stałą układu dwufazowego ciała stałe-gaz lub gaz-ciało stałe, jeżeli stopień rozdrobnienia fazy stałej jest tak duży, że w nieruchomym powietrzu o ciśnieniu 1013,25 hPa i temperaturze 20°C ziarna ciała stałego, na które działa tylko siła ciężenia, po bardzo krótkim okresie przyspieszenia, wskutek oporu przepływu ośrodka, będą opadały ze stałą prędkością mniejszą niż 500 cm/s lub będą wykonywały ruchy Browna”.

Pyły najłatwiej jest podzielić ze względu na wielkość cząstek:

- PM2.5 - wszystkie aerozole atmosferyczne o wielkości 2,5 mikrometra lub mniejsze,
- PM10 - wszystkie cząstki o wielkości 10 mikrometrów lub mniejsze,
- TSP - wszystkie aerozole, nawet te większe niż o promieniu 10 mikrometrów.

Szczególnie uciążliwe i szkodliwe dla środowiska są aerozole atmosferyczne, czyli pyły zawieszone, drobin, które ze względu na swoje rozmiary przez długi czas pozostają w powietrzu. Koncentracja pyłów zawieszonych jest zdominowana przez cząstki drobne, ale masa całkowita aerozolu atmosferycznego jest zazwyczaj determinowana przez stosunkowo małą liczbę aerozoli gruboziarnistych. Dzieje się tak, dlatego że objętość i masa cząstki sferycznej rośnie z trzecią potęgą jej promienia. Czynnikiem warunkującym mniejszą ilość dużych pyłów zawieszonych w atmosferze jest ich prędkość opadania. Aerozole powyżej 10 mikrometrów mają stosunkowo dużą prędkość opadania. Dlatego aerozole atmosferyczne większe niż 10 mikrometrów rzadziej występują daleko od źródła emisji.

Ze względu na szybkie opadanie (depozycja) super wielkich cząstek aerozolu atmosferycznego o promieniu pomiędzy 10-100 mikrometrów, większość unoszących się drobin ma promień poniżej 10 mikrometrów. Aerozole te nazywa się PM10 (od ang. *particulate matter*) [2]. Charakterystyka pyłów emitowanych z budynków

inwentarskich jest wyjątkowo niejednorodna nie tylko ze względu na wielkość cząstek, lecz również na pochodzenie drobin. W zależności od rodzaju paszy, tzn. formy i wilgotności, rodzaju stosowanych urządzeń do jej zadawania, rodzaju ściółki, metod jej usuwania, gatunku oraz metod chowu zwierząt pył ma skład organiczno-mineralny.

W Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym od kilku lat trwają badania dotyczące ograniczania emisji szkodliwych czynników do atmosfery, tj. dwutlenku węgla, amoniaku, substancji odorowych oraz pyłów z wykorzystaniem proekologicznych metod. Obecnie celem badań jest określenie skuteczności stosowania elektrofiltrów w systemie wentylacyjnym kurnika w zmniejszeniu emisji emitowanych pyłów.

## Zanieczyszczenia pyłowe w kurnikach

Pyły wytwarzane w kurnikach mają charakter organiczno-mineralny. Ródnem ich są cząstki powstałe z upierzenia, obumarłych komórek nabłonkowych ptaków, ściółki, paszy, odchodów itd. Zaobserwowano, że poziom zapylenia nie jest stały i może wzrastać nawet kilkunastokrotnie podczas wykonywania różnych czynności, na przykład sprzątania pomieszczeń, zadawania paszy itd. Poziom emisji pyłów jest zależny również od warunków atmosferycznych, tzn. temperatury, wilgotności powietrza, ciśnienia atmosferycznego oraz od dobowej aktywności ptaków. Zagrożenia zdrowotne spowodowane przez pyły dotyczą zarówno ludzi, jak i zwierząt i zależą od jakości, wielkości i intensywności zapylenia. Obecność pyłów przejawia się przede wszystkim działaniem na skórę, oczy i drogi oddechowe. Zanieczyszczenie skóry pyłem prowadzi do jej podrażnienia, świądu i stanów zapalnych. Pył osiadając na skórze powoduje zatykanie kanałów gruczołów łojowych. Zanieczyszczenie oczu pyłami może wywołać stany zapalne spojówek.

- Pyły o wielkości powyżej 100 mikrometrów są całkowicie zatrzymane na błonie śluzowej nosa i gardła.
- Pył o uziarnieniu od 5 do 10 mikrometrów dociera do oskrzelików płucnych, a pył o wielkości poniżej 5 mikrometrów dochodzi do pęcherzyków płucnych. Cząstki o wymiarach powyżej 10 mikronów są usuwane stąd przy oddychaniu i kaszlu, reszta zaś przenika w głąb płuc do węzłów chłonnych i naczyń limfatycznych, gdzie osadza się i powoduje schorzenia w postaci pylic.

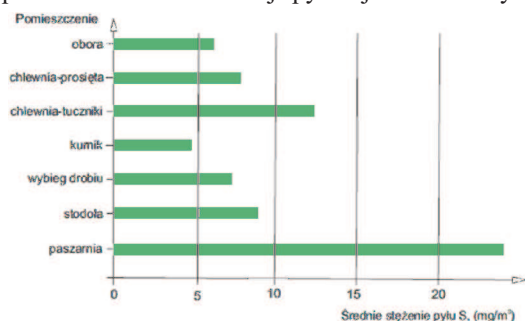
Pyły mają również wpływ na infrastrukturę budynków inwentarskich, szczególnie wyposażenie, urządzenia

mechaniczne i automatykę powodując szybsze zużywanie się oraz awarie. Stwarzają również zagrożenie pożarowe.

Problem dotyczący emisji pyłów jest więc poważny i obecnie podejmuje się szereg działań, mających na celu ich redukcję z budynków inwentarskich.

## Metody redukcji emisji pyłów

Obiekty inwentarskie generują znaczne ilości pyłów (rys. 1). Pomiary stężenia zapylenia kurników wykazują wartości od 4 do 6 mg·m<sup>-3</sup>, jednak ze względu na intensywną wymianę powietrza całkowita emisja pyłów jest bardzo wysoka.



Rys. 1. Średnie zapylenie powietrza w obiektach związanych z produkcją rolniczą [1]

Fig. 1. Average level of dusty air in the objects associated with the agricultural production [1]

Obecnie bada się skuteczność działania różnych metod oczyszczania powietrza. Jedną z możliwości jest stosowanie filtrów sprzężonych z urządzeniami wentylacyjnymi i recyrkulacyjnymi. Zamknięty obieg powietrza wymusza stosowanie bardzo wydajnych systemów ze względu na niezbędną, dużą wymianę w budynkach. Stosuje się filtry wypełnione włóknem szklanym lub specjalną tkaniną, która wychwytuje do 90% pyłów o koncentracji do 20 mg·m<sup>-3</sup>. Pozostaje jednak problem utylizacji szybko zużywających się wkładów filtrów. Teoretycznie najlepsze efekty dają filtry elektryczne, które nawet przy bardzo wysokim zapyleniu (200 mg·m<sup>-3</sup>) wychwytyją 99% pyłów. Model tego typu urządzenia został zbudowany w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym w Poznaniu. Trwają badania jego skuteczności w warunkach eksploatacyjnych.

## Metodyka badań

Badania prowadzono w kurniku z alternatywnym systemem chowu kur nieśnych:

- powierzchnia użytkowa 30 m<sup>2</sup> + 9 m<sup>2</sup> powierzchni dodatkowej - chów beżściółkowy,
- obsada kur 270 szt. (9,3 szt·m<sup>-2</sup>),
- wymiana powietrza 0,5-5,0 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>·kg m.c.<sup>-1</sup>, tzn. ok. 300 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>.
- prędkość przepływu powietrza 0,3 m·s<sup>-1</sup> - zimą, 1,6 m·s<sup>-1</sup> - latem.
- wyposażenie stanowiska do chowu kur w systemie alternatywnym - zmechanizowane karmidła, poidła, zbiór jaj i usuwanie pomiotu.

## Program badań

Przez cały czas badań rejestrowano podstawowe parametry powietrza w kurniku:

- temperaturę,
- wilgotność względną,
- prędkość ruchu powietrza,
- poziom zanieczyszczeń powietrza w kurniku oraz powie-

trza usuwanego z kurnika po oczyszczeniu go przez elektrofiltr.

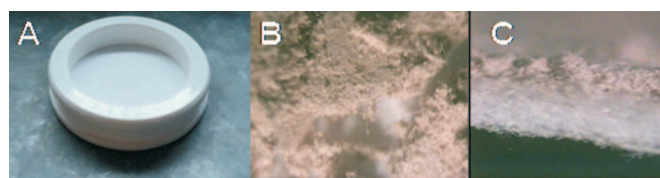
Parametry fizyczne powietrza były rejestrowane w sposób ciągły przez 24 h/dobę.

Poziom zapylenia mierzono w okresie 1 tygodnia w miesiącu, z dobowym poborem pyłów w okresie 1 roku.

## Aparatura badawcza

W badaniach wykorzystano następującą aparaturę pomiarową:

- System pomiarowo rejestrujący **Testo 454** wyposażony w sondy do kontroli powietrza w zakresie:
  - temperatury od -20C do +70C (±0,4C),
  - wilgotności względnej od 0 do 100% (±2%),
  - prędkości przepływu powietrza od 0,4 do 60 m·s<sup>-1</sup> (±0,2 m·s<sup>-1</sup>).
- Aspirator pyłów PNS15 ATMOSERVICE z automatycznym zmieniaczem filtrów pozwalający na bezobsługowy pobór prób pyłu przez 15 dni, z selektywnym poborem pyłu PM-10. Rys. 2 przedstawia stosowaną kasetkę pomiarową z założonym nowym filtrem (a) oraz osadzony pył na filtrze (b, c).
- Rejestratory Teom i IPS.



Rys. 2. Kasetka do pomiaru wagowego pyłów z założonym filtrem (A), pył osadzony na filtrze po 24 godzinach powiększony 100x (B), przekrój filtra z osadzonym pyłem (C)

Fig. 2. Case for the measurement of the weighing charge of dusts with the filter put on. (A), dust gathered on the filter after 24 hours, enlarged 100 x (B), section of the filter with dust deposit. (C)

Analiza wyników oparta została na rocznym cyklu badań. W niniejszym opracowaniu przytoczono przykładowe dane zebrane zimą i latem, aby wskazać zależność poziomu zapylenia od warunków atmosferycznych. Zbierana dobowo przez filtr aspiratora masa pyłu reprezentuje średnie dobowe stężenie pyłu w badanym powietrzu.

## Budowa i zasada działania badanego urządzenia

Elektrofiltr to rodzaj odpylacza, w którym usuwanie pyłu z gazu następuje poprzez wykorzystanie siły elektrostatycznej, działającej na cząstki tego pyłu. Ponieważ cząstki pyłu niesione przez gaz są z natury elektrycznie obojętne, muszą zostać naelektryzowane, tak aby proces oczyszczania mógł zachodzić.

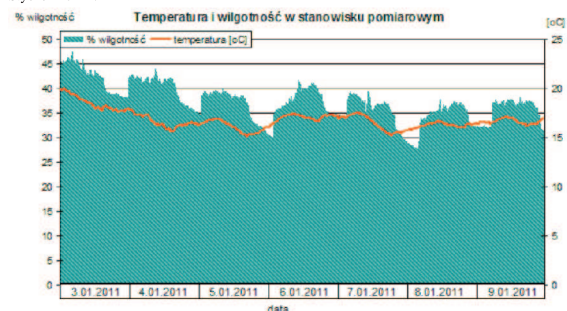
Ładunek elektryczny jest nadawany ziarnom pyłu poprzez wykorzystanie ulotu, tj. opuszczania elektrody przez ładunki elektryczne wskutek wyładowania koronowego - rodzaju wyładowania elektrycznego w niejednorodnym silnym polu elektrycznym, z zastosowaniem napięć rzędu dziesiątek kV. Stosuje się tu ujemne ładowanie elektrody ulotowej. Ziarna pyłu uzyskują ładunek elektryczny od zjonizowanych przez ulot cząsteczek gazu. Obdarzone ładunkiem elektrycznym migrują do elektrody o ładunku przeciwnym, na której się osadzają (jest to elektroda osadczą bądź zbiorczą) gdzie cząstki rozładują się elektrycznie. Następnie są z niej usuwane przez strącanie lub splukiwanie. Siła elektrostatyczna zależy od ładunku ziarna pyłu, zaś ładunek możliwy do zgromadzenia na ziarnie zależy m.in. od jego rozmiaru.

## Wyniki badań i podsumowanie

Badania zostały przeprowadzone w okresie zimowym oraz letnim. Pomimo stosowania stacji klimatyzacyjnej, warunki środowiskowe w kurniku nie były stałe. Zapewniona była jednak niezbędna wymiana powietrza ustalona na ok. 0,5 m<sup>3</sup>/h/kg masy ptaków. W okresie zimowym (rys. 3) łatwiej było zapewnić wymagane warunki i uzyskano temperaturę w zakresie 15-20°C przy poziomie wilgotności nie przekraczającym 50%.

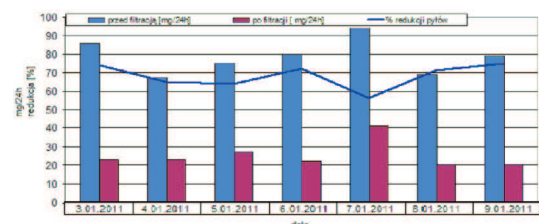
W okresie letnim ze względu na fakt, że klimatyzacja nie pracowała w zamkniętym obiegu powietrza, temperatura wahała się między 20-26°C przy wilgotności dochodzącej do 70%.

Styczeń 2011 r.



Rys. 3. Wyniki pomiarów temperatury i poziomu wilgotności powietrza w badanym stanowisku styczeń 2011

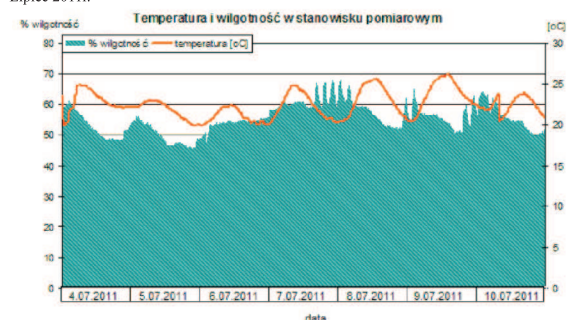
Fig. 3. Results of measurements of temperatures and the level of the humidity of air in the examined stand January, 2011



Rys. 4. Wyniki pomiarów poziomu zapylenia powietrza w badanym stanowisku przed i po elektrofiltracji - styczeń 2011

Fig. 4. Results of measurements of the level of dusty air in the examined stand before and after the electrofiltration - January, 2011

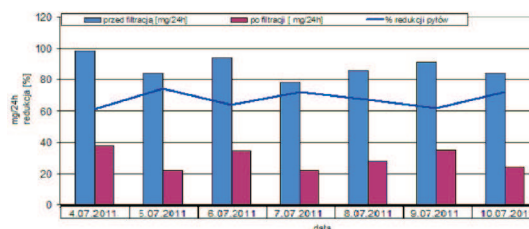
Lipiec 2011r.



Rys. 5. Wyniki pomiarów temperatury i poziomu wilgotności powietrza w badanym stanowisku - lipiec 2011

Fig. 5. Results of measurements of temperatures and the level of the humidity of the air in the examined stand - July, 2011

Na rys. 4 i 6 przedstawiono dobowo zebrane masy pyłów przed i po procesie elektrofiltracji. Można zauważyć, że pomimo wzrastającej temperatury i wilgotności powietrza, poziom redukcji zapylenia był tylko nieznacznie wyższy w okresie letnim. W całym okresie badań uzyskiwano redukcję pyłów od 55 do 75%. Teoretyczna skuteczność elektrofiltrów jest wyższa, zwłaszcza w odniesieniu do cząstek pyłów o większych rozmiarach.



Rys. 6. Wyniki pomiarów poziomu zapylenia powietrza w badanym stanowisku przed i po elektrofiltracji - lipiec 2011

Fig. 6. Results of measurements of the level of dusty air in the examined stand before and after the electrofiltration July, 2011



Rys. 7. Procentowy udział cząstek pyłu wg wymiarów w badanym stanowisku

Fig. 7. Percentage share of particles of dust according to dimensions in the examined stand

Z tego powodu w badaniach określono również frakcje pyłów występujących w stanowisku (rys. 7). Stwierdzono, że ponad 2/3 całkowitej objętości stanowią niebezpieczne dla zdrowia pyły PM<sub>10</sub>, które są słabiej „wychwytywane” przez elektrofiltr. W przypadku budynków inwentarskich redukcja najliczniej występujących pyłów PM<sub>10</sub> o 60-70% stanowi dobry efekt. Wadą tego typu rozwiązania jest zbyt niska skuteczność w przypadku eliminacji drobniejszych pyłów, np. PM<sub>2.5</sub>. Rozwiązania wymaga problem zebrania pyłu i jego dalsza utylizacja. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że elektrofiltr wykazywał wysoką skuteczność niezależnie od warunków środowiskowych panujących w stanowisku.

## Bibliografia

- [1] Dutkiewicz J.: Zapobieganie chorobom wywołanym przez pyły organiczne w rolnictwie i przemyśle rolnym. Instytut Medycyny Wsi, 2000.
- [2] Garścia E.: Pyły zawieszone. Wydawnictwo SIGMA-NOT, 2011.
- [3] Ludkiewicz T.: Pył zawieszony w powietrzu jako erodent. Instytut Maszyn Przepływowych, Gdańsk, 2013.
- [4] PN-Z-01001 Ochrona powietrza atmosferycznego przed zapyleniem - Pyły, zapyłony gaz, urządzenia odpylające - Nazwy, określenia i symbole.
- [5] PN-EN 12341 Jakość powietrza. Oznaczanie frakcji PM<sub>10</sub> pyłu zawieszzonego. Metoda odniesienia i procedura badania terenowego do wykazania równoważności stosowanej metody pomiarowej z metoda odniesienia”.

## INFLUENCE OF APPLIED ELECTROFILTER ON THE LEVEL OF DUSTY AIR REMOVED FROM THE HENHOUSE

### Summary

Emission of dusts is one of the basic factors affecting the environmental pollution. The farming and the industry are basic branch of economy which generates the biggest air pollution. The purpose of the work is to show importance of the problem of dusts emission and to present the results of using electrofilters in the reduction in the level of dusty air removed from farm buildings.

**Key words:** dusts, aerosols, PM<sub>10</sub>, the reduction in the level of dusting, electrofilter