



Ochrona atmosfery w przemyśle poprzez redukcję pyłów za pomocą odpylaczy cyklonowych i workowych

Zbigniew KUCZERA¹⁾, Rafał ŁUCZAK²⁾, Piotr ŻYCZKOWSKI³⁾

¹⁾ dr inż.; Katedra Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8130-5102>; email: zkuczera@agh.edu.pl

²⁾ dr inż.; Katedra Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6897-8679>; rluczak@agh.edu.pl

³⁾ dr inż.; Katedra Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1573-9943>; email: piotr.zyczkowski@agh.edu.pl

<http://doi.org/10.29227/IM-2025-01-32>

Submission date: 17-06-2025 | Review date: 30-06-2025

Abstrakt

Ochrona atmosfery w instalacjach przemysłowych z wykorzystaniem odpylaczy suchych polega na usuwaniu pyłów i zanieczyszczeń z powietrza procesowego, zanim zostaną one uwolnione do otoczenia. Odpylacze suche, takie jak cyklony lub filtry workowe, separują cząstki stałe od gazu, poprawiając jakość powietrza i zapobiegając negatywnym skutkom dla środowiska i zdrowia ludzi. W odpylaczach cyklonowych siła odśrodkowa wykorzystywana jest do oddzielania cząstek pyłu. Powietrze z pyłem wprowadzone do cyklonu obraca się, a cięższe cząstki pyłu opadają na dno, podczas gdy czyste powietrze jest odprowadzane górą. W filtrach workowych zanieczyszczone powietrze przechodzi przez worki filtracyjne wykonane z tkaniny lub włókniny. Pył osadza się na powierzchni worków, a czyste powietrze jest wyrzucane na zewnątrz. W artykule przedstawiono przykłady zastosowania instalacji filtrujących workowych i cyklonowych w przemyśle ze względu na ochronę atmosfery.

Słowa kluczowe: ochrona atmosfery, odpylacze workowe, odpylacze cyklonowe, zapylenie powietrza

1. Wprowadzenie

Ochrona atmosfery w przemyśle ze względu na zapylenie powietrza wymaga zastosowania urządzeń filtrujących w celu zapobiegania negatywnym skutkom dla środowiska i zdrowia ludzkiego. Instalacje separujące pył z powietrza procesowego w zakładach przemysłowych mają zapewnić:

- ochronę zdrowia pracowników: odpylenie redukuje ryzyko chorób układu oddechowego i innych schorzeń związanych z wdychaniem pyłów,
- ochronę środowiska: zmniejsza emisję pyłów i zanieczyszczeń do atmosfery, spełniając normy środowiskowe,
- ochronę maszyn i urządzeń: zapobiega osadzaniu się pyłu na maszynach, co może prowadzić do ich uszkodzenia i przestojów w produkcji,
- odzysk surowców: w niektórych przypadkach odpylacze pozwalają na odzyskanie wartościowych materiałów z pyłu,
- poprawę efektywności procesów produkcyjnych: czyste powietrze i brak zakłóceń spowodowanych pyłem przekładają się na większą wydajność i efektywność.

Dobór odpowiedniego typu i wydajności odpylacza zależy od wielu czynników, takich jak rodzaj i ilość pyłu, warunki pracy, przepływ powietrza, a także wymagania dotyczące czystości powietrza. Instalacja filtrująca powinna uwzględnić następujące aspekty techniczne:

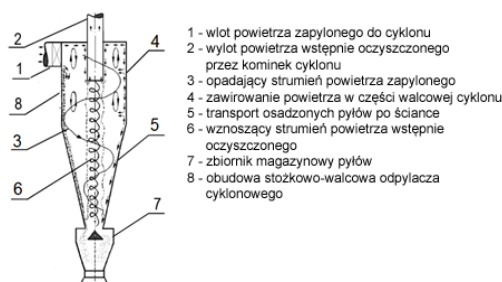
- hermetyzacja źródeł zapylenia: ważne jest, aby źródła zapylenia były szczelne, aby zminimalizować uwalnianie pyłu do otoczenia,

- odpowiednie zabezpieczenia: odpylacze powinny być wyposażone w zabezpieczenia przeciwybuchowe, takie jak klapy i zawory, zwłaszcza w przypadku pyłów palnych, a użyte materiały powinny odpowiadać dyrektywie ATEX,
- ciągły pomiar zapylenia: stosowanie czujników zapylenia na kanałach czystego powietrza pozwala na monitorowanie skuteczności odpylenia i wymianę filtrów w odpowiednim momencie.

W artykule zostaną przedstawione przykłady zastosowania dwóch najczęściej stosowanych rodzajów instalacji odpylających w przemyśle na bazie odpylaczy cyklonowych oraz workowych.

Mimo, że pierwsze odpylacze cyklonowe powstały na początku XX wieku, ciągle odgrywają znaczącą rolę w ograniczeniu zapylenia w przemyśle. Ich zasada działania opiera się na doprowadzeniu do odpylacza cyklonowego zapyłonego powietrza, które pod wpływem siły odśrodkowej przybiera w jego wnętrzu kształt dwóch spiralnie wirujących strumieni powietrza opadającego (zewnątrzny) i wznoszącego (wewnętrzny), które mają względem siebie przeciwne zwroty działania. Pod wpływem siły odśrodkowej pył dociera i zatrzymuje się na ścianie cyklonu i pod wpływem siły ciężkości opada do zbiornika pyłu. Pył drobny zostaje porwany przez strumień powietrza opuszczający kominek wylotowy cyklonu (rys. 1) [1-4].

W typowym procesie separacji w cyklonach najważniejsze znaczenie mają dwa parametry: wydajność zbierania zanieczyszczeń oraz spadek ciśnienia podczas procesu. Znaczenie ma też zachowanie równowagi między złożonością



- 1 - wlot powietrza zapyłonego do cyklonu
- 2 - wylot powietrza wstępnie oczyszczonego przez kominek cyklonu
- 3 - opadający strumień powietrza zapyłonego
- 4 - zawrócenie powietrza w części walcowej cyklonu
- 5 - transport osadzonych pyłów po ścianie
- 6 - wznoszący strumień powietrza wstępnie oczyszczonego
- 7 - zbiornik magazynowy pyłów
- 8 - obudowa stożkowo-walcowa odpylacza cyklonowego

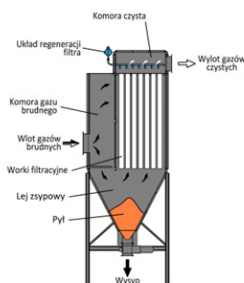
Rys. 1. Budowa i zasada działania odpylacza cyklonowego [1-4]

Fig. 1. The structure and principle of operation of a cyclone dust collector [1-4]

Tab. 1. Efektywność zbierania cząstek o różnych rozmiarach dla różnych typów cyklonów [11]

Tab. 1. Collection efficiency of different particle sizes for different types of cyclones [11]

Wielkość cząstek [μm]	Rodzaj cyklonu		
	Konwencjonalne [%]	O wysokiej sprawności [%]	O dużej wydajności objętościowej [%]
< 5	< 50	30-70	< 25
5-20	50-80	80-95	25-65
20-50	80-95	95-99	65-95
> 50	95-99	95-99	95-99



Rys. 2. Budowa odpylacza workowego [12]

Fig. 2. Construction of a bag dust collector [12]

konstrukcji a trudnością produkcji. Stąd w ostatnich bardzo intensywnie analizy dotyczą optymalnej geometrii często z wykorzystaniem symulacji CFD [5]. Współczesne badania separatorów cyklonowych wykorzystują szereg zaawansowanych technik eksperymentalnych i numerycznych. Wśród nich dominują z jednej strony: pomiar prędkości przepływu metodą obrazowania cząstek (PIV) oraz laserowa anemometria Dopplera (LDA) a z drugiej strony, podobnie jak w wielu innych dziedzinach, obliczeniowa mechanika płynów (CFD) [6], sztuczne sieci neuronowe (ANN) [7] czy algorytmy uczenia maszynowego [8]. Na wydajności separacji i spadek ciśnienia kluczowe znaczenie ma rozkład prędkości wewnątrz odpylacza cyklonowego [9]. Ze względu na stosunek wymiarów geometrycznych (wysokość – szerokość) cyklony mają ograniczenia w stosowaniu. Dlatego poszukuje się rozwiązań charakteryzujących się wysokimi parametrami pracy przy jednoczesnym dostosowaniu do ograniczeń gabarytowych – np. w tunelach czy kopalniach [10].

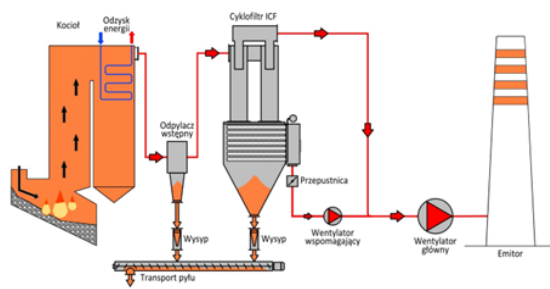
Efektywność zbierania zanieczyszczeń przez odpylacze cyklonowe zależy przede wszystkim od wielkości cząstek oraz typu cyklonu. Typowe efektywności czyszczenia dla różnych typów cyklonów przedstawiono w tabeli 1.

Odpylacze workowe charakteryzuje kompaktowa budowa, która pozwala na modyfikacje wielkości powierzchni materiału filtrującego w przypadku zmiany ilości oczyszczonego powietrza. Budowa modułowa filtrów umożliwia ich konfigurację zarówno pod względem wymaganej wydajności

(standardowy zakres wynosi od 20 000 do 1 000 000 m³/h), jak również wysokości zabudowy (filtry niskie, wysokie, bliźniacze) [12]. Gabaryty instalacji z zastosowaniem filtrów pionowych są znacznie większe niż instalacji z filtrami poziomymi. Filtry w wykonaniu Ex umożliwiają również odpylanie wybuchowych mieszanin pyłowo-powietrznych. Wentylatory promieniowe z izolacją akustyczną mogą posiadać certyfikat ATEX. Obroty wentylatora są płynnie sterowane za pomocą falownika, w związku z tym charakteryzują się mniejszym zużyciem energii elektrycznej. Zsyp pyłu po regeneracji filtra do zbiornika odbywa się z pomocą dozownika całkowego. Większość pyłu można ponownie wykorzystać w energetyce jako paliwo (pył węglowy, pył drzewny) lub w budownictwie jako spoiwo (pył cementowy, wapienny, kamienny). W przypadku pyłów szkodliwych dla zdrowia należy je w bezpieczny sposób zutylizować. Przykładowa budowa odpylacza workowego została przedstawiona na rys. 2.

W celu wstępnego odseparowania części pyłu (grubsze frakcje, cząstki ściernie lub cząstki żarzące się) przed filtrami workowymi wykorzystuje się separację wstępną za pomocą cyklonów lub jako pierwszy stopień filtracji wykorzystuje się część komory brudnej filtra w roli wstępnej komory separacyjnej (rys. 3 i 4).

2. Przegląd zastosowań przemysłowych instalacji odpylających cyklonowych i workowych ze względu na ochronę atmosfery



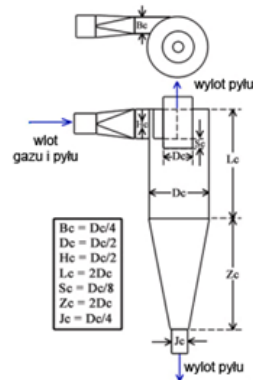
Rys. 3. Przykład zastosowania odpylacza cyklonowego do wstępnej separacji pyłów [13]
 Fig. 3. An example of using a cyclone dust collector for preliminary dust separation [13]



Rys. 4. Wstępna separacja pyłów za pomocą odpylaczy cyklonowych [14]
 Fig. 4. Preliminary dust separation using cyclone dust collectors [14]



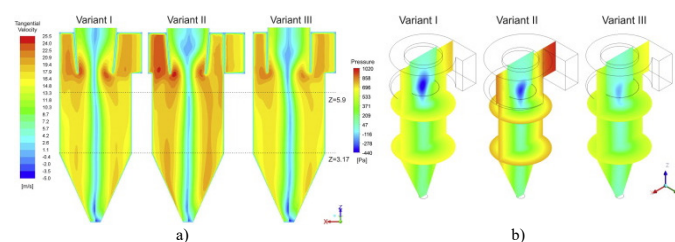
Rys. 5. Zastosowanie odpylaczy cyklonowych w przemyśle [15]
 Fig. 5. Application of cyclone dust collectors in industry [15]



Rys. 6. Relacje wymiarowe projektowanego cyklonu [16]
 Fig. 6. Dimensional relations of the designed cyclone [16]

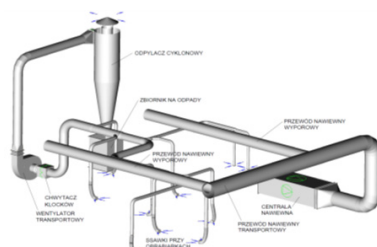
Odpylacze cyklonowe są powszechnie stosowane w instalacjach odpylających w następujących branżach przemysłowych:

- przemysł metalurgiczny i hutniczy podczas procesów tj. topienie, walcowanie, obróbka cieplna, w których powstają znaczne ilości drobnych cząstek pyłu lub jako pierwszy etap filtracji wstępnej, gdzie usuwane są największe cząstki z gazów spalinowych w hutnictwie.
- przemysł drzewny i papierniczy podczas procesów cięcia, szlifowania i obróbki drewna, w których wytwarzane są ogromne ilości pyłów drzewnych i wiórów.
- przemysł cementowy i materiałów budowlanych podczas procesów tj. kruszenie i mielenie surowców, suszenie i pakowanie gotowych produktów.
- przemysł spożywczy, chemiczny i farmaceutyczny podczas procesów separacji lub mieszania produktów spożywczych (np. cukier, mąka) i chemicznych.
- przemysł energetyczny podczas oczyszczania gazów spalinowych z elektrowni węglowych, gdzie ich zadaniem jest usuwanie popiołów i innych cząstek stałych przed wprowadzeniem gazów do atmosfery.
- recykling odpadów podczas procesów kruszenia i rozdrabniania materiałów, takich jak szkło, tworzywa sztuczne czy metale.



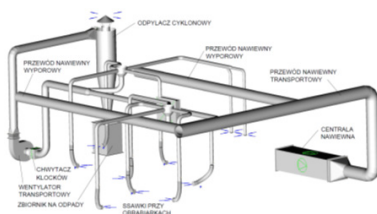
Rys. 7. Uzyskane parametry pracy projektowanych cyklonów: a) średnie prędkości styczne, b) ciśnienie statyczne [17]

Fig. 7. Obtained operating parameters of the designed cyclones: a) average tangential velocities, b) static pressure [17]



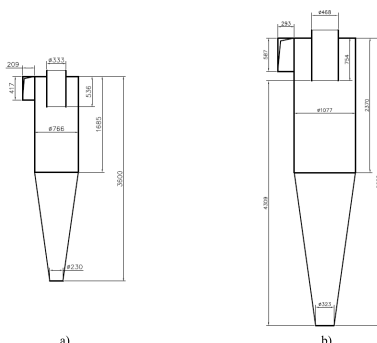
Rys. 8. Widok instalacji nawiewnej oraz wywiewnej – wariant I [18]

Fig. 8. View of the supply and exhaust installation – variant I [18]



Rys. 9. Widok instalacji nawiewnej oraz wywiewnej – wariant II [18]

Fig. 9. View of the supply and exhaust installation – variant II [18]



Rys. 10. Wymiary geometryczne zaprojektowanych odpylaczy cyklonowych: a) dla wariantu I, b) dla wariantu II

Fig. 10. Geometric dimensions of the designed cyclone dust collectors: a) for variant I, b) for variant II

Przykłady przemysłowego zastosowania odpylaczy cyklonowych przedstawiono na rysunku 5.

Proces projektowania odpylaczy cyklonowych powinien ściśle uwzględniać warunki ich przyszłej pracy oraz wymagania co do osiągniętych rezultatów. Szczegółowo takie postępowanie opisano w studium przypadku projektowania odpylacza cyklonowego dla kolumbijskiej firmy produkującej worki filtracyjne [16]. Ze względu na istniejącą infrastrukturę technologiczną i techniczną, proces produkcji tych worków generuje emisję cząstek stałych, w szczególności PM10 i PM2,5. Biorąc pod uwagę badanie wielkości materiału wytwarzanego w procesie produkcji worków i parametry klimatyczne w zakładzie, ustalono następujące warunki projektowe: średnia temperatura otoczenia 26,79°C, średnia wilgotność względna 58,45%, cyklon o wysokiej wydajności, natężenie przepływu

powietrza wlotowego 724,3 m³/h, prędkość wlotowa cząstek stałych 22 m/s, gęstość cząstek 1740 gr/cm³, średnia temperatura gazu nośnego (powietrza) 26,032°C, gęstość gazu nośnego (powietrza) 0,14 kg/m³, lepkość gazu nośnego (powietrza) 0,0000041 kg/ms i zestaw średnic cząstek 0,001 mm–0,003 mm - 0,004 mm–0,006 mm - 0,010 mm. Na podstawie tych informacji sporządzono szczegółową specyfikację projektu. Następnie wykorzystując obliczenia matematyczne, modelowanie komputerowe i symulację CFD określono szczegółowe wymiary geometryczne cyklonu – rys. 6.

Analiza pracy wykazała, że opracowany odpylacz cyklonowy spełnił wymagania funkcjonalne, techniczne i operacyjne określone przez inżynierów. Separator osiągnął sprawność separacji na poziomie 66% dla cząstek o średnicy 1 μm, 86% dla cząstek o średnicy 2,5 μm, 93% dla cząstek o średni-



Rys. 11. Instalacja filtrująca z zastosowaniem cyklonów: a) linii produkcyjnych i recyklingowych Rockwool Cupola [19], b) w odpylaniu przemysłowym [13]
 Fig. 11. Filtering installation using cyclone filters: a) Rockwool Cupola production and recycling lines [19], b) in industrial dust removal [13]

cy 4 μm , 97% dla cząstek o średnicy 6 μm i 99% dla cząstek o średnicy 10 μm [16].

Podobne podejście do optymalizacji pracy cyklonów zaprezentowano w pracy [17]. Przeprowadzono optymalizację geometrii cyklonów pierwszego stopnia stosowanych w produkcji cementu w Polsce. Głównym celem było obniżenie zużycia energii procesu. Przepływ wielofazowy wewnątrz cyklonów został przeanalizowany z wykorzystaniem analizy obliczeniowej mechaniki płynów (CFD). Dzięki takiemu podejściu uzyskano między innymi wartości średniej prędkości stycznej dla badanych 3 wariantów separatorów cyklonowych – rys. 7.

Jako, że na koszty pracy cyklonów przede wszystkim wpływają straty ciśnienia, autorzy pracy [17] określili spadek ich wartości dla każdego z 3 wariantów: wariant I – spadek o 39,91%, wariant II – spadek o 26,34%, wariant III – spadek o 43,54%. W każdym z wariantów ograniczenie spadków ciśnienia a więc kosztów były znaczące [17].

Cyklony szczególnie skutecznie separują większe cząstki pyłu i wiórów dzięki wykorzystaniu siły odśrodkowej i tradycyjnie wykorzystywane są w przemyśle drzewnym i stolarskim. W przemyśle drzewnym, wykorzystującym urządzenia i różnego rozmiaru obrabiarki do cięcia, szlifowania, heblowania, oklejania obrzeży, wiercenia otworów pod kołki itp., powstają duże ilości zanieczyszczeń takich jak: pył drzewny, trociny, wióry czy inne odpady. Szczegółową analizę przypadku kompleksowej wentylacji budynku stolarni zaprezentowano w pracy [18]. Zaprojektowana instalacja obejmowała instalację wywiewną odpylającą i kompensacyjną instalację nawiewną pomieszczeń mechanicznej obróbki drewna oraz wentylację nawiewno-wywiewną pomieszczeń montażowych. Część wywiewna odpylająca została zaprojektowana w dwóch wariantach w zależności od cyklu pracy urządzeń – rys. 8, 9.

Wymiary geometryczne zaprojektowanych cyklonów przedstawiono na rysunku 10.

Odpylanie cyklonowe często stosowane jest jako element wstępnej separacji pyłów przy oczyszczaniu zanieczyszczonego powietrza z różnych rodzajów pyłów suchych, ziarnistych oraz włóknistych o wielkości powyżej 5 μm . W przypadku odpylania pyłów mniejszych od 5 μm powszechne zastosowanie znalazły filtry workowe lub kombinacja filtra cyklonowego

i workowego zwanych cyklonami (rys. 11). Przedstawiona na rysunku 11a instalacja odpylania z wykorzystaniem cyklonów charakteryzuje się następującymi parametrami pracy: objętościowe natężenie przepływu w instalacji odpylającej: 30000 m³/h, układ transportu pyłu: przenośnik ślimakowy NW 400, cyklon wstępny o średnicy 1380 mm i wydajności: 5 600 m³/h, dozownik celkowy: NW 800x1000mm, bunkier z dolnym przenośnikiem ślimakowym [19].

Mimo możliwości zastosowania różnych rozwiązań do separacji pyłów (filtry workowe, elektrofiltry, separatory magnetyczne czy inne) odpylacze cyklonowe oferują ekonomiczne rozwiązanie do kontroli cząstek w zastosowaniach przemysłowych, równoważąc wydajność i względy ekonomiczne [20]. W przypadku odpylania pyłów mniejszych od 5 μm powszechne zastosowanie znalazły filtry workowe lub kombinacja filtra cyklonowego i workowego zwanych cyklonami.

3. Podsumowanie i wnioski

Dobór odpowiedniego typu i wydajności odpylacza zależy od wielu czynników, takich jak rodzaj i ilość pyłu, warunki pracy, przepływ powietrza, a także wymagania dotyczące czystości powietrza.

Odpylanie cyklonowe znalazło głównie zastosowanie jako element wstępnej separacji pyłów przy oczyszczaniu zanieczyszczonego powietrza z różnych rodzajów pyłów suchych, ziarnistych oraz włóknistych o wielkości powyżej 5 μm . W przypadku odpylania pyłów mniejszych od 5 μm powszechne zastosowanie znalazły filtry workowe lub kombinacja filtra cyklonowego i workowego zwanych cyklonami. Odpowiedni dobór odpylaczy w przemyśle ma zredukować ilość pyłu emitowanego do atmosfery zapobiegając negatywnym skutkom dla środowiska i zdrowia ludzi.

Cyklony jako tradycyjne rozwiązanie, skutecznie separują większe cząstki pyłu dzięki wykorzystaniu siły odśrodkowej, lecz ich efektywność spada w przypadku drobnych cząstek pyłu, co ogranicza ich zastosowanie w bardziej wymagających środowiskach. Filtry workowe, choć bardziej efektywne w usuwaniu drobnego pyłu, są droższe w eksploatacji, ponieważ wymagają częstej konserwacji i wymiany worków filtracyjnych.

Literatura – References

1. Brauer H., Varma Y., Air Pollution Control Equipment., Springer Verlag, Berlin 1981
2. Warych J., Oczyszczanie przemysłowych gazów odlotowych, WNT, Warszawa 1980
3. Kabsch P., Odpylanie i odpylacze, cz.1, WNT, Warszawa 1992
4. Löffler F., Staubabscheiden, Georg-Thieme Verlag, Stuttgart 1988
5. Ming Guo, Liu Yang, Hyungjoon Son, Dang Khoi Le, Sivakumar Manickam, Xun Sun, Joon Yong Yoon, An overview of novel geometrical modifications and optimizations of gas-particle cyclone separators, Separation and Purification Technology, Volume 329, 2024, 125136, ISSN 1383-5866, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2023.125136>
6. Cristóbal Cortés, Antonia Gil, Modeling the gas and particle flow inside cyclone separators, Progress in Energy and Combustion Science, Volume 33, Issue 5, 2007, Pages 409-452, ISSN 0360-1285, <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2007.02.001>
7. Manoj Kumar, Indrashis Saha, Satyanand Pandey, Om Prakash, Khairy Elsayed, Lakhbir Singh Brar, Analysis and optimization of cyclone separators with bulged conical segments using large-eddy simulation and artificial neural network, Separation and Purification Technology, Volume 370, 2025, 133247, ISSN 1383-5866, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2025.133247>
8. Xianggang Zhang, Shenggui Ma, Xuya Wang, Zhen He, Yulong Chang, Xia Jiang, Energy-efficient design of cyclone separators: Machine learning prediction of particle self-rotation velocities, Energy, Volume 316, 2025, 134452, ISSN 0360-5442, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.134452>
9. Bo Li, Heng Jiang, Xiaolin Wei, Jing Zhao, Heng Cheng, Haiyu Liu, Validation of modelling of velocity distribution of cyclone separators predicted by the simplified models with dimensionless form, Powder Technology, 2025, 121420, ISSN 0032-5910, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2025.121420>.
10. Yingchao Wei, Qi Liu, Hui Cheng, Hao Jin, Shuda Hu, Lifeng He, Tengrui Ouyang, Bo Ren, Shihang Li, Enhanced underground dust control: new transverse cyclone separator in the deflector zone optimized for energy efficiency and particle removal, Chemical Engineering Research and Design, Volume 220, 2025, Pages 59-74, ISSN 0263-8762, <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2025.06.031>
11. Wark, K., Warner, C.F., Davis, W.T., 1998. Air Pollution Its Origin and Control, third ed. Addison Wesley Longman, Inc., Menlo Park, CA.
12. Instal Filter, Filtr workowy pionowy. Dostęp online: <https://instalfilter.pl/Filtr-pionowy-workowy.html> (data dostępu: 12.06.2025)
13. Instal Filter, Cyklofiltry. Dostęp online: <https://instalfilter.pl/Cyklofiltry.html> (data dostępu: 16.06.2025)
14. Top Projekt, Filtry cyklonowe. Dostęp online: <https://topprojekt.com.pl/filtry-cyklonowe> (data dostępu: 16.06.2025)
15. NEU-JKE, Cyklony odpylające – skuteczność w walce z zanieczyszczeniami przemysłowymi. Dostęp online: <https://neujkf.pl/produkty/instalacje-odpylania/cyklony-odpylajace/> (data dostępu: 16.06.2025)
16. Johana Astudillo Gutierrez, Jhon Alexander Guerrero Narvaez, Diego Andres Campo Ceballos, Javier Andres Muñoz Chaves, Development of a cyclone separator for particulate matter control in fique bag production: A case study at Empaques del Cauca S.A., Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, Volume 10, 2024, 100951, ISSN 2666-0164, <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100951>
17. Marek Wasilewski, Lakhbir Singh Brar, Optimization of the geometry of cyclone separators used in clinker burning process: A case study, Powder Technology, Volume 313, 2017, Pages 293-302, ISSN 0032-5910, <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.03.025>
18. Łuczak R., Wieja P., Kuczera Z., Zwolińska-Gładys K., Życzkowski P., Borowski M. Systemy wentylacji zakładów stolarskich – studium przypadku. Inżynieria Mineralna = Journal of the Polish Mineral Engineering Society; ISSN 1640-4920. — 2024 — t. 3 nr 2, s. 63–72.
19. Materiały udostępnione przez firmę CFT Polska, 2024.
20. Miller B.G., 8 - particulate formation and control technologies Clean Coal Engineering Technology (second ed.), Butterworth-Heinemann (2017), pp. 419-465, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811365-3.00008-9>

Protecting the Atmosphere in Industry by Reducing Dust Using Cyclone and Bag Dust Collectors
Air protection in industrial installations using dry dust collectors involves removing dust and contaminants from process air before they are released into the environment. Dry dust collectors, such as cyclones or bag filters, separate solid particles from gases, improving air quality and preventing negative effects on the environment and human health. In cyclone collectors, centrifugal force is used to separate dust particles. Dust-laden air entering the cyclone rotates, and heavier dust particles fall to the bottom, while clean air is discharged through the top. In bag filters, contaminated air passes through filter bags made of woven or non-woven fabric. Dust settles on the surface of the bags, and clean air is discharged. This article presents examples of the use of bag and cyclone filter systems in industry for air protection purposes.

Keywords: *atmosphere protection, bag dust collectors, cyclone dust collectors, air dust*