


Sterylizacja powietrza w systemach klimatyzacyjnych obsługujących pomieszczenia służby zdrowia – możliwości techniczne oraz skuteczność działania


Dr inż. Sylwia Szczęśniak

Dr hab. inż. Edward Przydróżny, prof. PWr

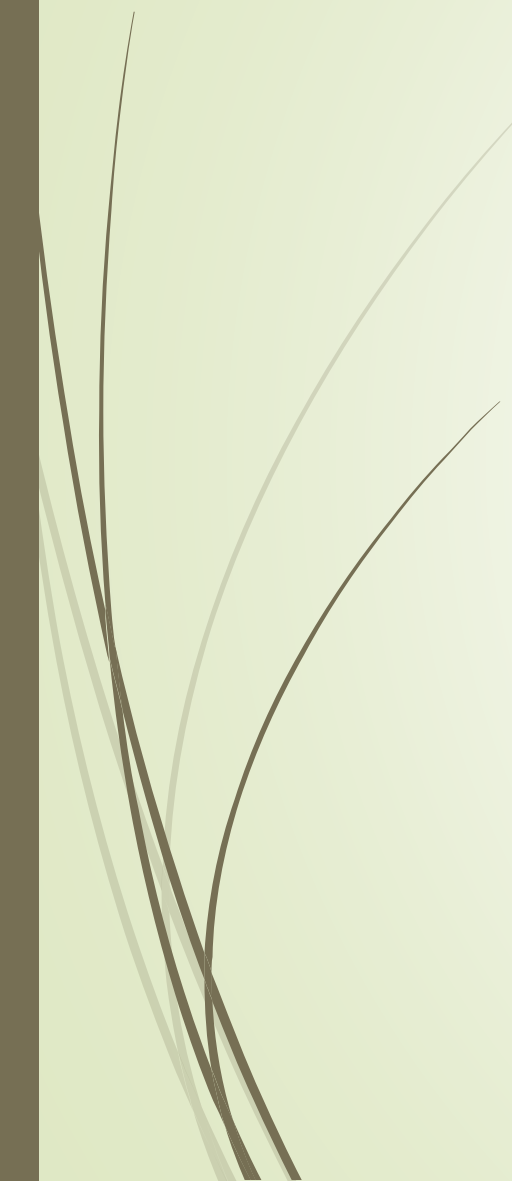



Główne zadania, jakie muszą spełniać systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne w obiektach służby zdrowia

- Usunięcie lub rozcieńczenie zanieczyszczeń i oparów




Główne zadania, jakie muszą spełniać systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne w obiektach służby zdrowia

- Usunięcie lub rozcieńczenie zanieczyszczeń i oparów
 - Zapewnienie wydzielenia pomieszczeń o różnym stopniu dotyczącym czystości powietrza
- 




Główne zadania, jakie muszą spełniać systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne w obiektach służby zdrowia

- Usunięcie lub rozcieńczenie zanieczyszczeń i oparów
- Zapewnienie wydzielenia pomieszczeń o różnym stopniu dotyczącym czystości powietrza
- Zapewnienie prawidłowej gradacji ciśnień pomiędzy pomieszczeniami dla utrzymania prawidłowej ścieżki przepływu powietrza od pomieszczeń o najwyższej klasie czystości do pomieszczeń o niższych klasach czystości powietrza



Główne zadania, jakie muszą spełniać systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne w obiektach służby zdrowia

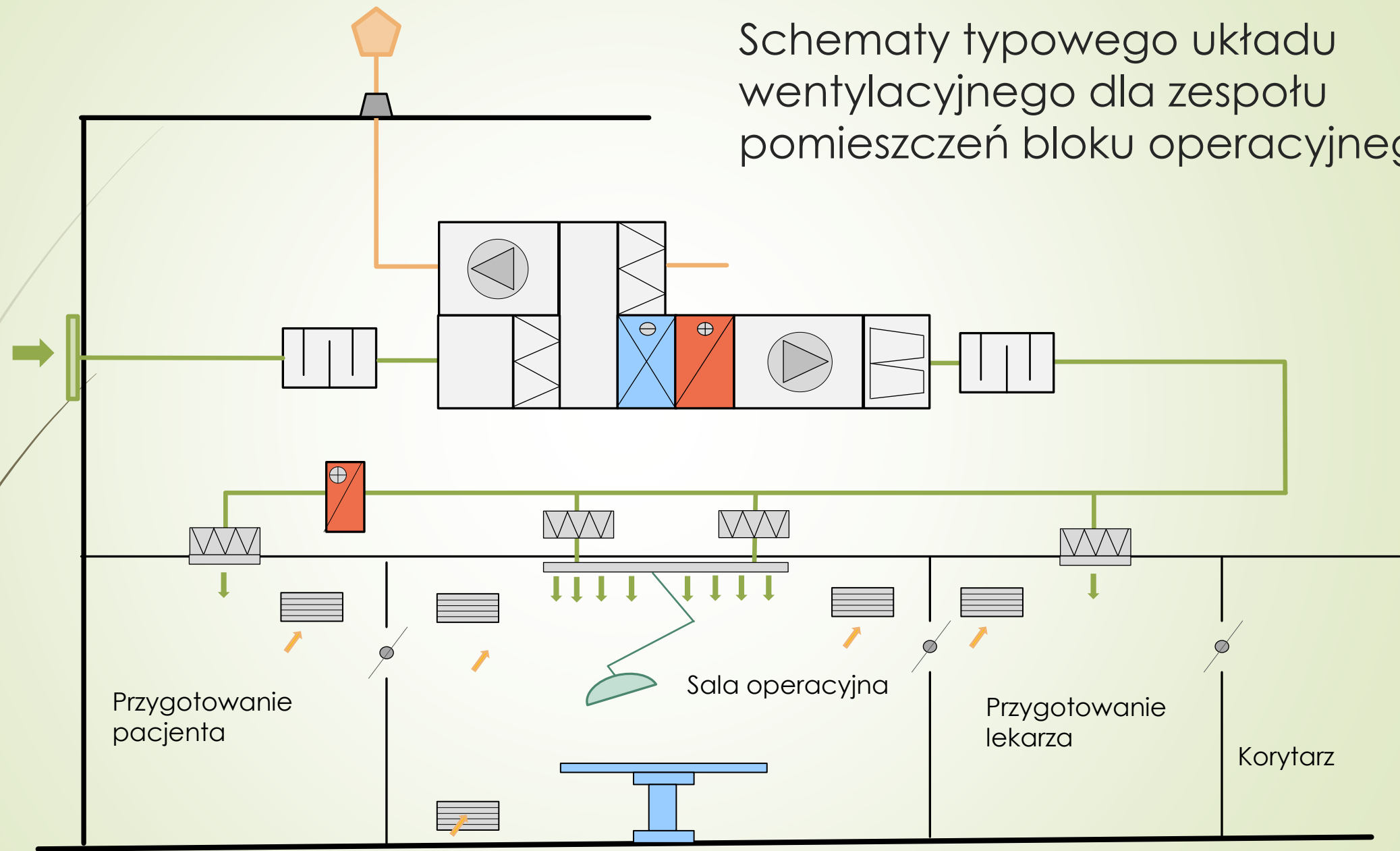
- Usunięcie lub rozcieńczenie zanieczyszczeń i oparów
- Zapewnienie wydzielenia pomieszczeń o różnym stopniu dotyczącym czystości powietrza
- Zapewnienie prawidłowej gradacji ciśnień pomiędzy pomieszczeniami dla utrzymania prawidłowej ścieżki przepływu powietrza od pomieszczeń o najwyższej klasie czystości do pomieszczeń o niższych klasach czystości powietrza
- Zapewnienie kontroli czystości przestrzeni



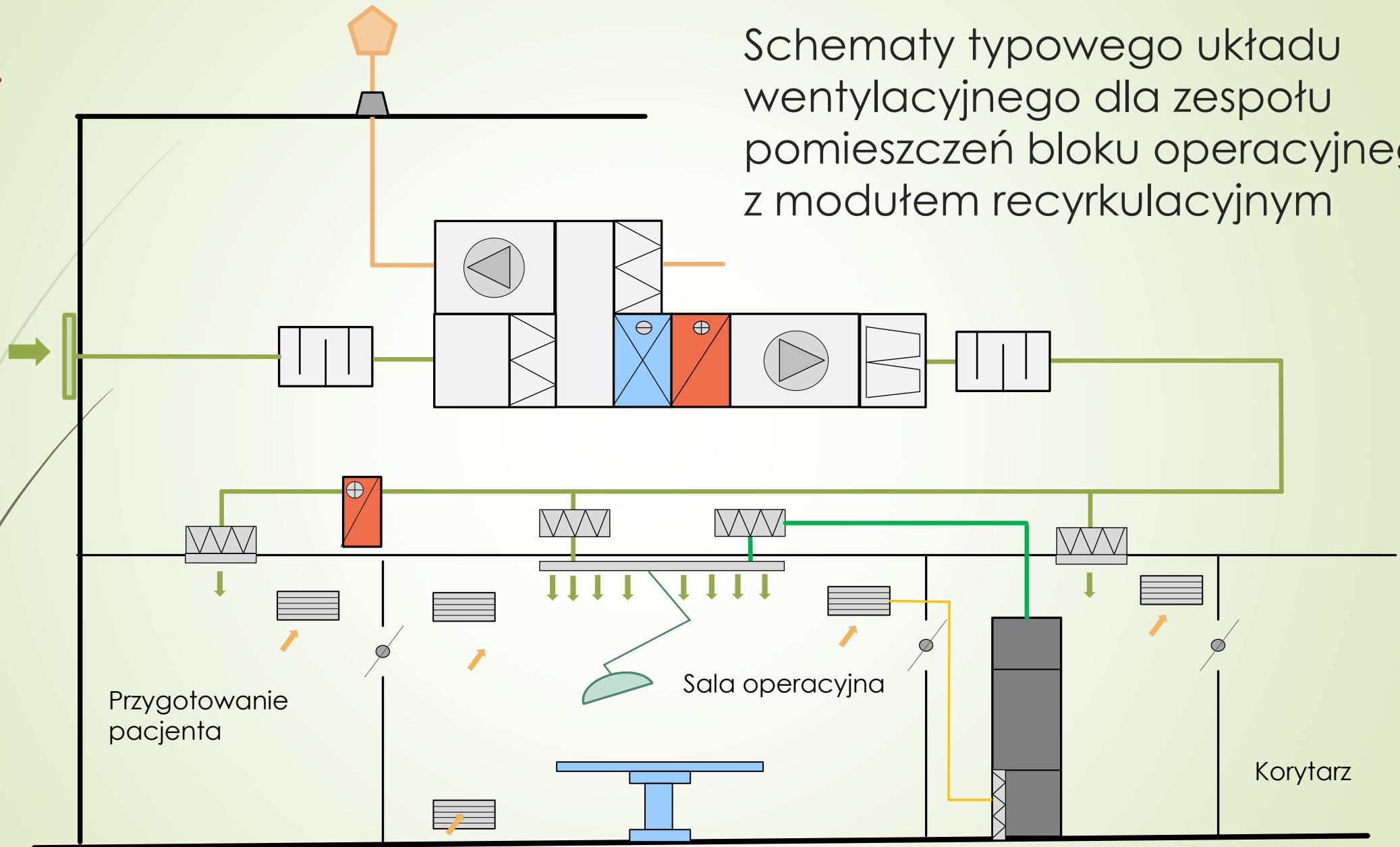
Główne zadania, jakie muszą spełniać systemy wentylacyjne i klimatyzacyjne w obiektach służby zdrowia

- Usunięcie lub rozcieńczenie zanieczyszczeń i oparów
- Zapewnienie wydzielenia pomieszczeń o różnym stopniu dotyczącym czystości powietrza
- Zapewnienie prawidłowej gradacji ciśnień pomiędzy pomieszczeniami dla utrzymania prawidłowej ścieżki przepływu powietrza od pomieszczeń o najwyższej klasie czystości do pomieszczeń o niższych klasach czystości powietrza
- Zapewnienie kontroli czystości przestrzeni
- Zapewnienie wymaganych warunków jakości powietrza w pomieszczeniu (w tym m.in. właściwej temperatury powietrza, właściwej wilgotności względnej powietrza, właściwych warunków higienicznych powietrza, itd.)

Schematy typowego układu wentylacyjnego dla zespołu pomieszczeń bloku operacyjnego

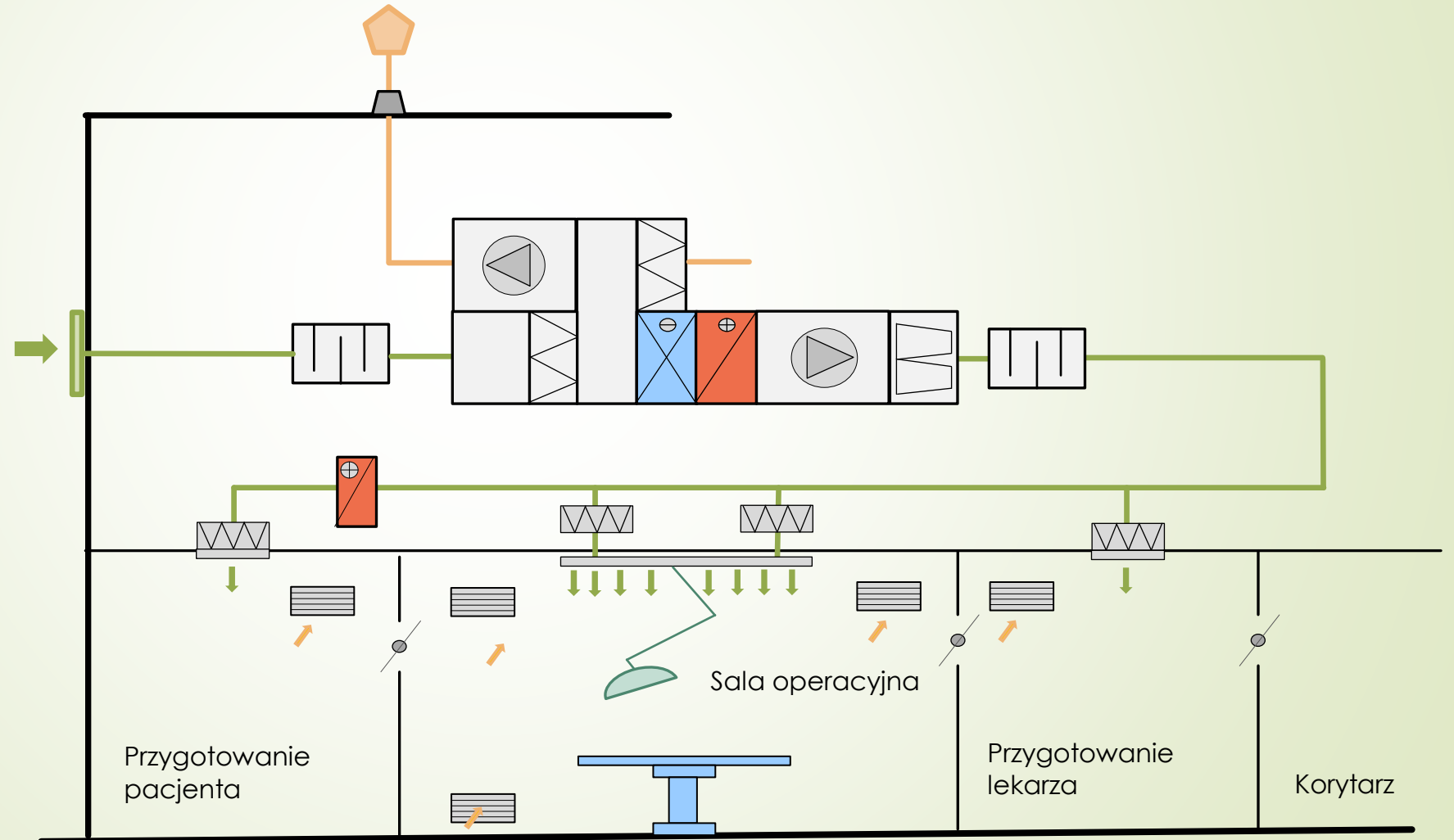


Schematy typowego układu wentylacyjnego dla zespołu pomieszczeń bloku operacyjnego z modułem recyrkulacyjnym



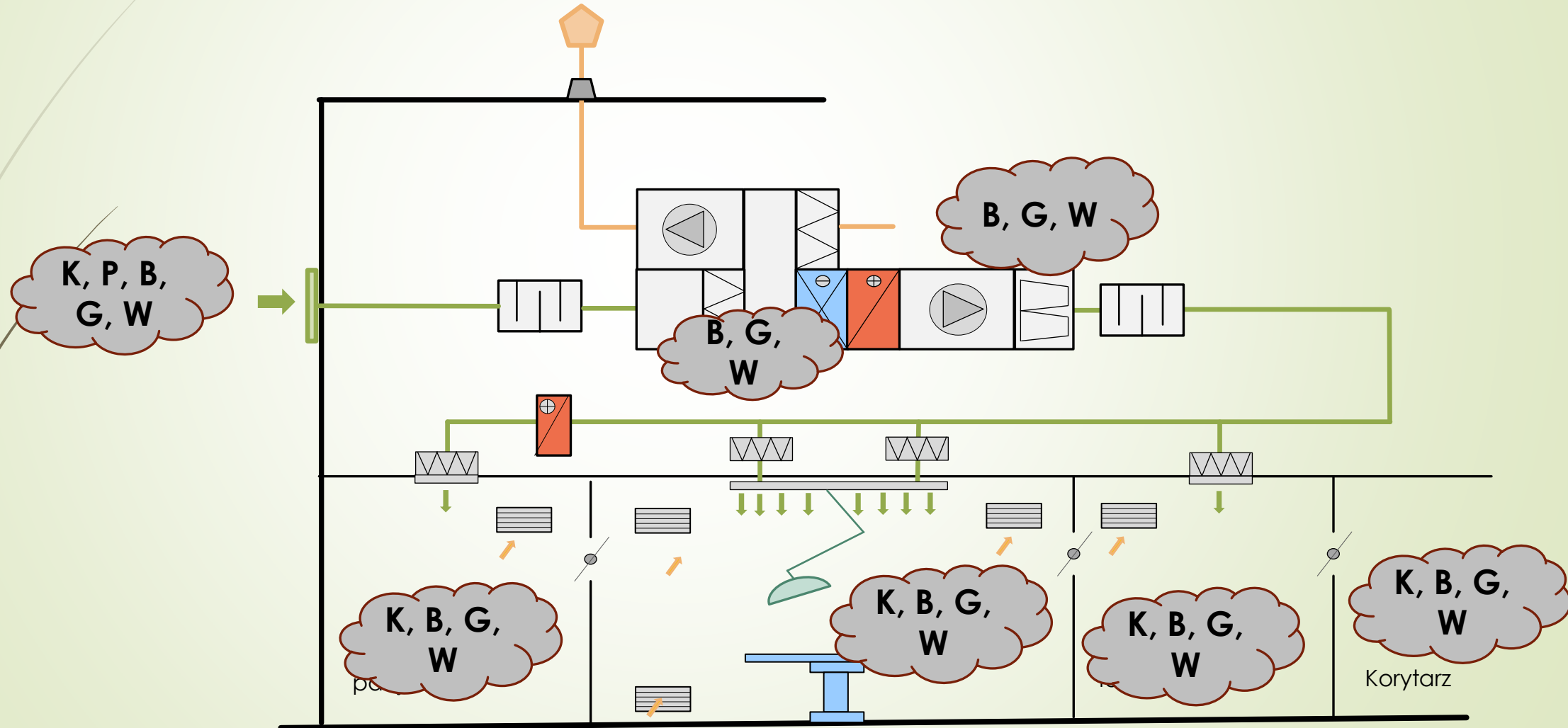
Główne zanieczyszczenia i ich źródła w instalacjach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych

Kurz – **K**, Pyły – **P**, Bakterie – **B**, Grzyby – **G**, Wirusy – **W**



Główne zanieczyszczenia i ich źródła w instalacjach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych

Kurz – **K**, Pyły – **P**, Bakterie – **B**, Grzyby – **G**, Wirusy – **W**





Metody zachowania czystości w pomieszczeniach szpitalnych?


- ▶ Dotykowe



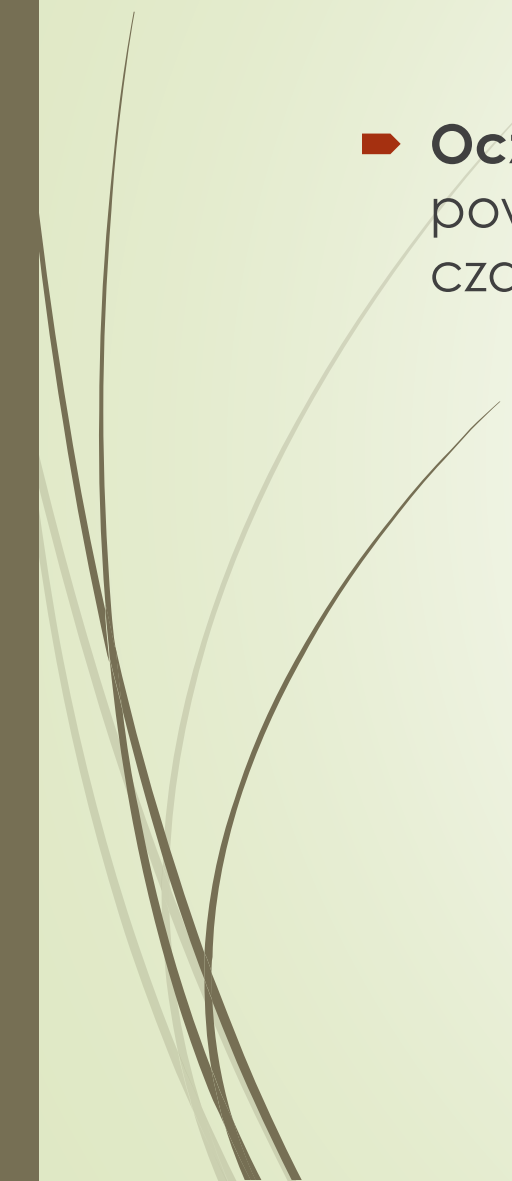



Metody zachowania czystości w pomieszczeniach szpitalnych?

- Dotykowe
- Bezdotykowe



Metody ograniczania zanieczyszczeń w pomieszczeniach i instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych

- ▶ **Oczyszczanie** – pozbywanie się zanieczyszczeń stałych zawieszonych w powietrzu (pył, kurz, sierść, itp.) – najczęściej stosowane są filtry wyłapujące cząsteczki stałe różnej wielkości (PM10, PM2,5, filtry HEPA, ULPA).
- 



Metody ograniczania zanieczyszczeń w pomieszczeniach i instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych

- **Oczyszczanie** – pozbywanie się zanieczyszczeń stałych zawieszonych w powietrzu (pył, kurz, sierść, itp.) – najczęściej stosowane są filtry wyłapujące cząsteczki stałe różnej wielkości (PM10, PM2,5, filtry HEPA, ULPA).
- **Sanityzacja** – pozbywanie się zanieczyszczeń stałych oraz drobnoustrojów z powierzchni stałych.

Metody ograniczania zanieczyszczeń w pomieszczeniach i instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych

- **Oczyszczanie** – pozbywanie się zanieczyszczeń stałych zawieszonych w powietrzu (pył, kurz, sierść, itp.) – najczęściej stosowane są filtry wyłapujące cząsteczki stałe różnej wielkości (PM10, PM2,5, filtry HEPA, ULPA).
- **Sanityzacja** – pozbywanie się zanieczyszczeń stałych oraz drobnoustrojów z powierzchni stałych.
- **Dezynfekcja/Sterylizacja** – działania ukierunkowane na zabijanie drobnoustrojów i patogenów chorobotwórczych znajdujących się zarówno na powierzchniach stałych jak i w powietrzu.

Metody ograniczania zanieczyszczeń w pomieszczeniach i instalacjach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych

- **Oczyszczanie** – pozbywanie się zanieczyszczeń stałych zawieszonych w powietrzu (pył, kurz, sierść, itp.) – najczęściej stosowane są filtry wyłapujące cząsteczki stałe różnej wielkości (PM10, PM2,5, filtry HEPA, ULPA).
- **Sanityzacja** – pozbywanie się zanieczyszczeń stałych oraz drobnoustrojów z powierzchni stałych.
- **Dezynfekcja/Sterylizacja** – działania ukierunkowane na zabijanie drobnoustrojów i patogenów chorobotwórczych znajdujących się zarówno na powierzchniach stałych jak i w powietrzu.
- **Dekontaminacja** – działania polegające na usunięciu i unieszkodliwieniu zarówno zanieczyszczeń biologicznych jak i niebezpiecznych i toksycznych (neutralizacja promieniowania, unieszkodliwianie związków chemicznych, itp.). Dotyczy zarówno powierzchni jak i powietrza, ludzi czy zwierząt.



Czym dokładnie jest dezynfekcja i sterylizacja

- ▶ **Sterylicacja** – zniszczenie **wszystkich zarówno wegetatywnych jak i przetrwalnikowych form** mikroorganizmów. Stosowane w medycynie, mikrobiologii, przemyśle kosmetycznym i produkcji żywności ale także w procesach oczyszczania pomieszczeń. Do sterylizacji najczęściej stosuje się nadtlenek wodoru (plazma) oraz parę.
- ▶ **Dezynfekcja** – mniej śmiertelny proces inaktywacji mikroorganizmów w porównaniu do sterylizacji.

Sposoby dezynfekcji/sterylizacji powietrza i powierzchni

► Promieniowanie UV

niszczy drobnoustroje jednak nie penetruje w głąb ciał stałych i cieczy. Jest szkodliwe także dla organizmów ludzkich. Jego skuteczność zależy od wielu czynników tj.: dawka promieniowania, natężenie promieniowania, czas ekspozycji itd.

Sposoby dezynfekcji/sterylizacji powietrza i powierzchni

► Promieniowanie UV

niszczy drobnoustroje jednak nie penetruje w głąb ciał stałych i cieczy. Jest szkodliwe także dla organizmów ludzkich. Jego skuteczność zależy od wielu czynników tj.: dawka promieniowania, natężenie promieniowania, czas ekspozycji itd.

► Promieniowa jonizacja katalityczna

Polega na jednoczesnym wykorzystaniu promieniowania UV oraz katalizatora, na którego specjalnej powierzchni dochodzi do procesu katalizy. W wyniku tego powstają jony wodorotlenowe i nadtlenkowe, które mają zdolności dezaktywacji wirusów i bakterii. Skuteczność metody oceniana jest na poziomie 94% - 99,9% .

Sposoby dezynfekcji/sterylizacji powietrza i powierzchni

► HPI – jonizacja plazmowa

wytwarzane pole plazmowe rozdziela cząsteczki wody w wyniku czego powstają jony H-, które reagują z jonami H+ na błonie komórkowej mikroorganizmów. Skuteczność tej metody jest oceniana na 99% w stosunku do bakterii i wirusów

Sposoby dezynfekcji/sterylizacji powietrza i powierzchni

► HPI – jonizacja plazmowa

wytwarzane pole plazmowe rozdziela cząsteczki wody w wyniku czego powstają jony H⁻, które reagują z jonami H⁺ na błonie komórkowej mikroorganizmów. Skuteczność tej metody jest oceniana na 99% w stosunku do bakterii i wirusów

► Ozonowanie

Wykorzystuje silne właściwości utleniające ozonu. Metoda jest stosowana do dezynfekcji powietrza oraz cieczy. Ozon z racji tego, że jest gazem stosunkowo łatwo dociera do wszelkich szczelin, co sprawia, że ta metoda dezynfekcji jest bardzo skuteczna. Skuteczne ozonowanie trwa od 2-4 godzin i powinno być realizowane w temperaturze 25-35°C. Ozon jest jednak szkodliwy zarówno dla organizmu ludzkiego jak i dla materiałów (np. lateks). W czasie ozonowania człowiek nie może przebywać w pomieszczeniu.

Promieniowanie UV



Rodzaje promieniowania działającego na organizmy żywe:



Promieniowanie UV

Rodzaje promieniowania działającego na organizmy żywe:

Nazwa	Długość fali	Typ i klasyfikacja		
UVA	320 (315)-400	Brak zdolności bakteriobójczych		
UVB	280-320 (315)	Zdolność erytemalna (295-298 nm)	Bakteriobójczy ($\lambda_{\max} = 265\text{nm}$) Aktywny	
UVC	200-280	Zdolność erytemalna (250-260 nm)		
VUV	100-200	Światło próżniowe - Brak zdolności transmisji w powietrzu		

Władysław Kowalski, „Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook. UVGI for Air and Surface Disinfection”, Springer, 2009

Systemy dezynfekcji powietrza z wykorzystaniem promieniowania UV

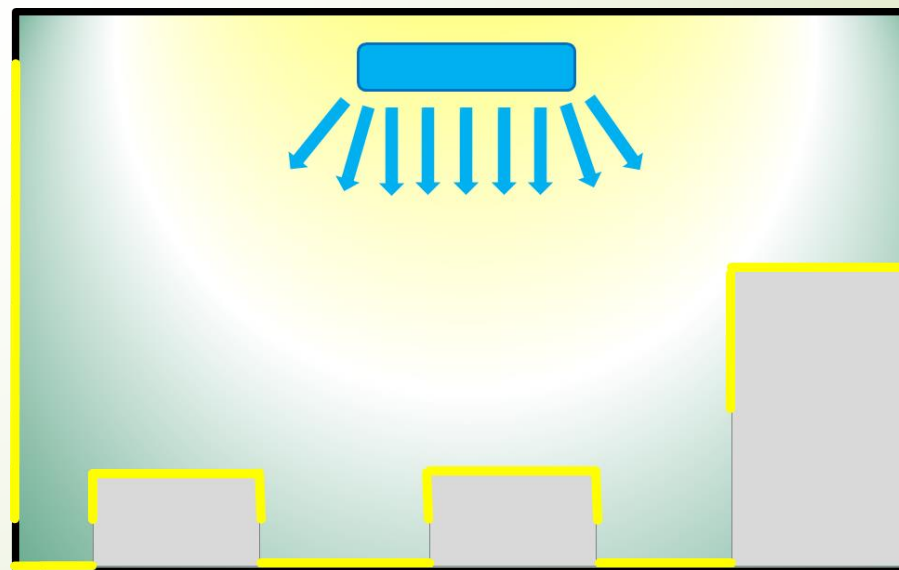
- Dezynfekcja górna tzw. Upper Room Systems,
- Dezynfekcja recyrkulacyjna (przepływowa)
- Dezynfekcja kanałowa tzw. in-duct systems
- UV barrier system
- Overhead tank

Wykorzystanie promieniowania UV do dezynfekcji powietrza w pomieszczeniach i instalacjach

➤ **Dezynfekcja górna (Upper room disinfection)**

Dezynfekcja powietrza za pomocą światła o długości fali 253,7 nm (UVC) z górnego pomieszczenia może obniżyć poziom koncentracji organizmów zakaźnych w dolnej części pomieszczenia, a tym samym kontrolować rozprzestrzenianie się infekcji przenoszonych drogą powietrzną osoby przebywające w pokoju bez narażania mieszkańców na znaczącą ilość UVC

Lampy UVC
bezpośredniego działania



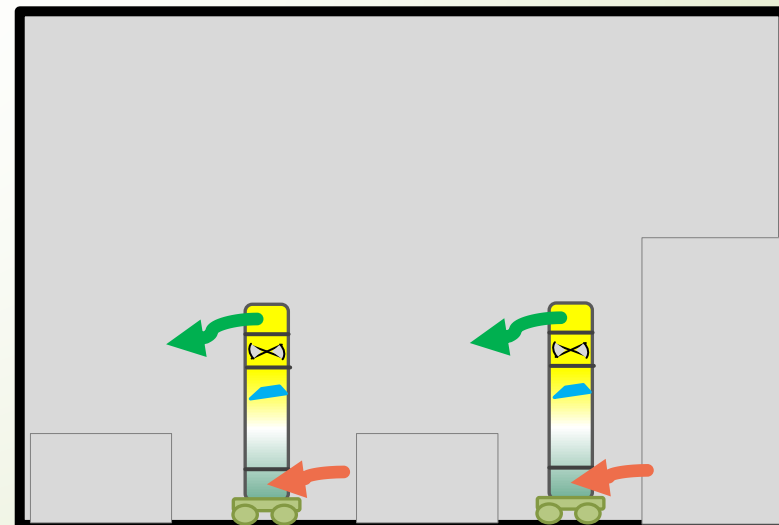
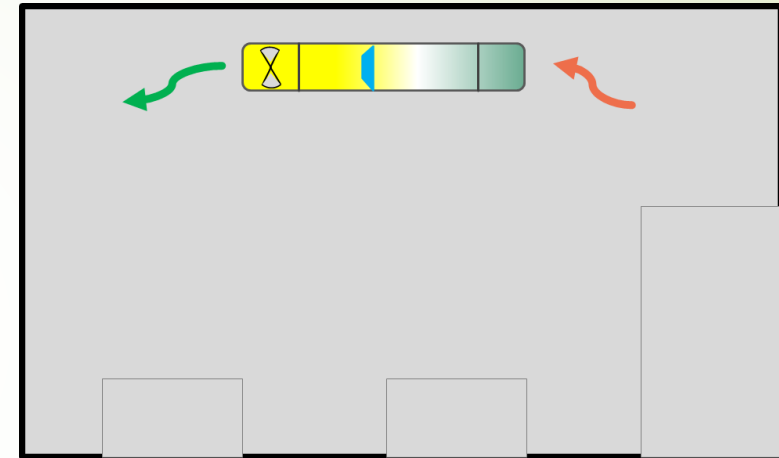
Wykorzystanie promieniowania UV do dezynfekcji powietrza w pomieszczeniach i instalacjach

- **Dezynfekcja recykulacyjna (przeptywowa)** (recirculation unit)

Recykulacyjne jednostki przepływowe

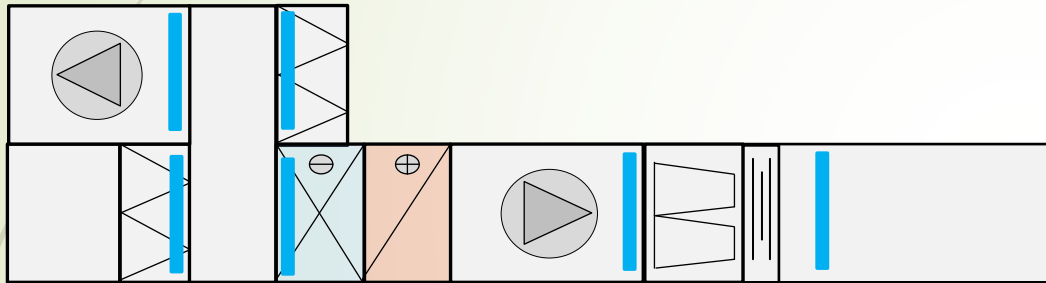


www.aparaturamedyczna.net

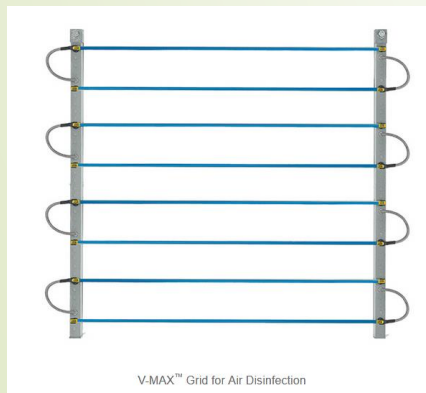


Wykorzystanie promieniowania UV do dezynfekcji powietrza w pomieszczeniach i instalacjach

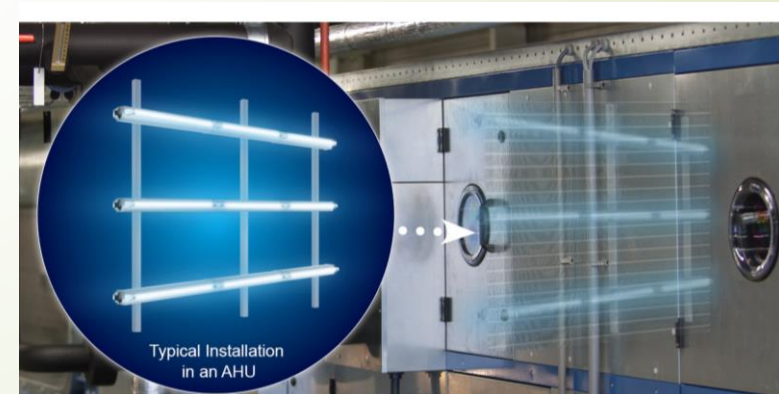
- ▶ **Dezynfekcja w kanałach wentylacyjnych i centralach wentylacyjnych/klimatyzacyjnych (in duct systems i coil cleaning systems)**



https://www.americanairandwater.com/hvac/hvac_prods.htm



V-MAX™ Grid for Air Disinfection

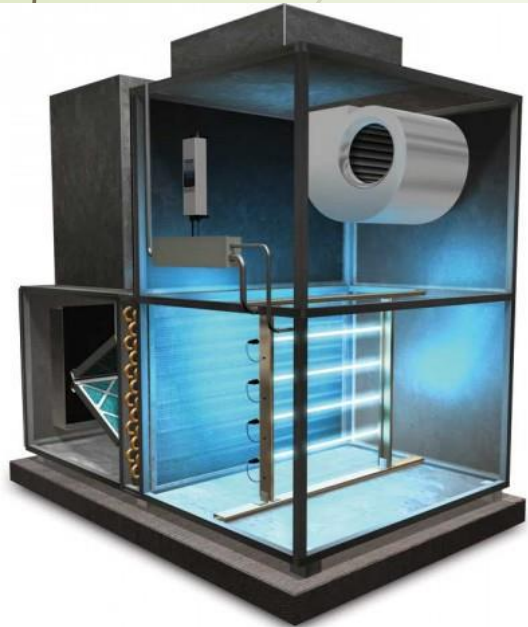


Typical Installation in an AHU

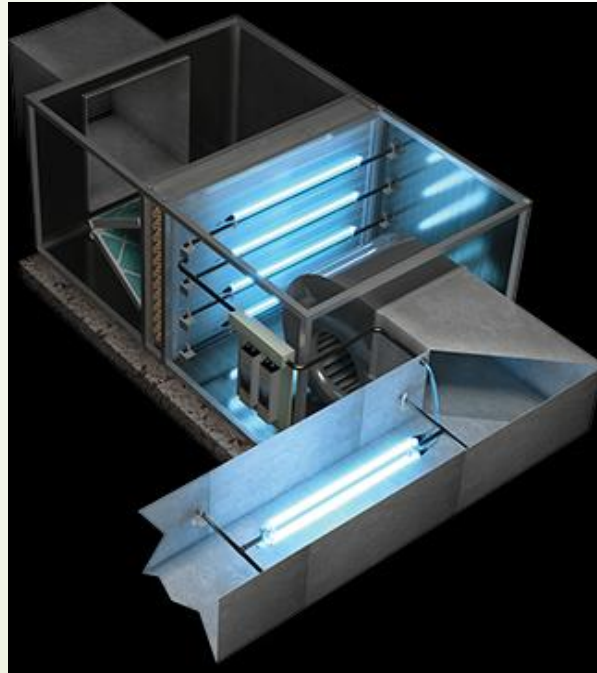
<https://www.uvdi.com/hvac/airstream-disinfection>

Wykorzystanie promieniowania UV do dezynfekcji powietrza w pomieszczeniach i instalacjach

- ▶ **Dezynfekcja w kanałach wentylacyjnych i centralach wentylacyjnych/klimatyzacyjnych (in duct systems i coil cleaning systems)**



<https://www.constructioncanada.net/saving-energy-through-air-filtration/>



<https://dentalairpurifiers.org/hvac-systems/>

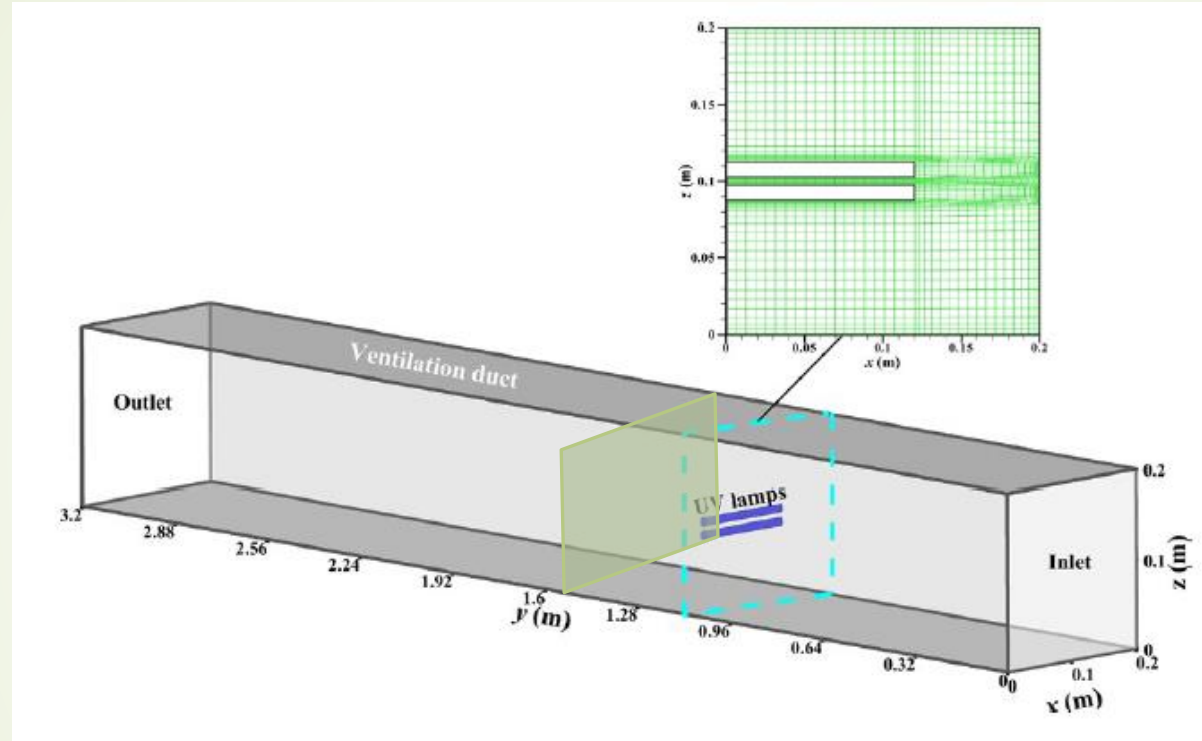


<https://www.uahac.com/germicidal-uv-light-ac-units>



<https://www.constructioncanada.net/saving-energy-through-air-filtration/>

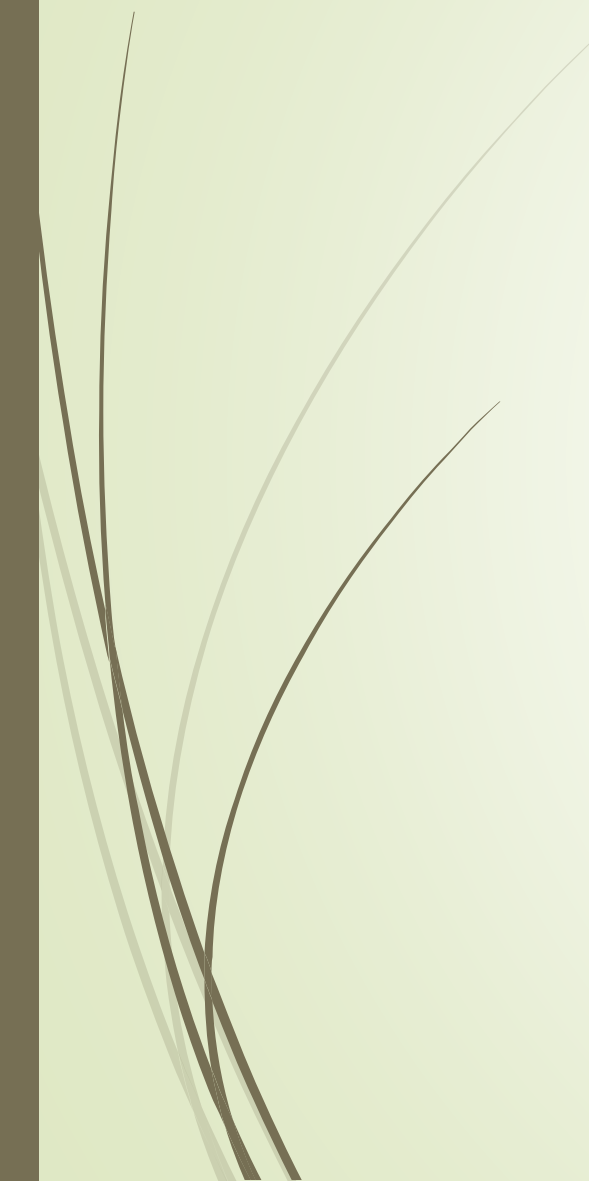
Lampy UV w kanałach wentylacyjnych (In-ducts lamps)



Yi Yang, Huihui Zhang, Sunday Segbenu Nunayon, Vincent Chan⁴, Alvin CK Lai: „Disinfection efficacy of ultraviolet germicidal irradiation on airborne bacteria in ventilation ducts”; Wiley 2018, str. 806-817.

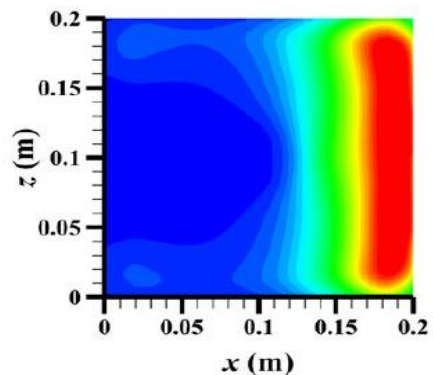


Serratia marcescens (Pałeczka krwawa) (-)

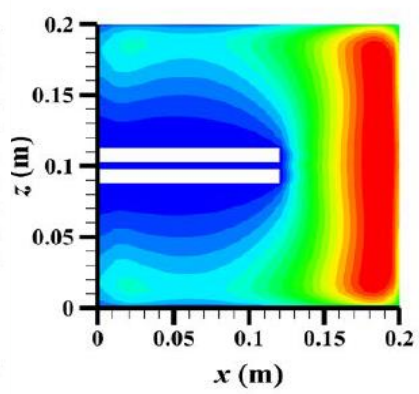
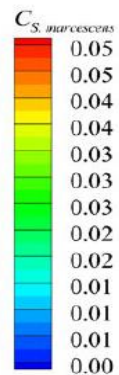




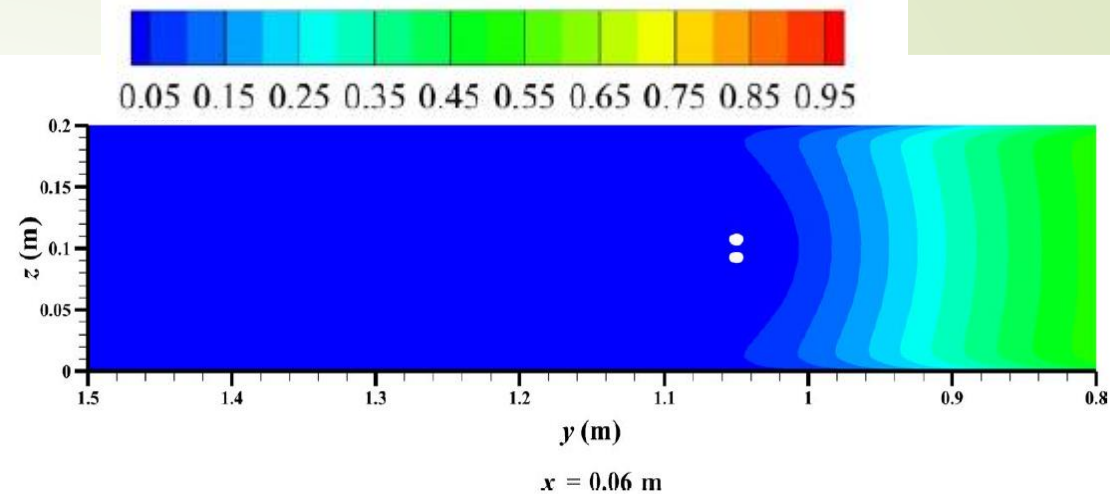
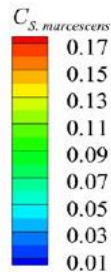
Serratia marcescens (Pateczka krwawa) (-)



$y = 1.4$ m

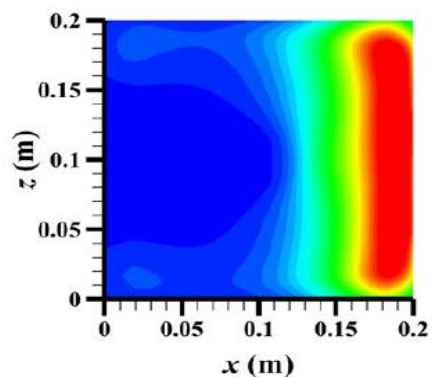


$y = 1.05$ m

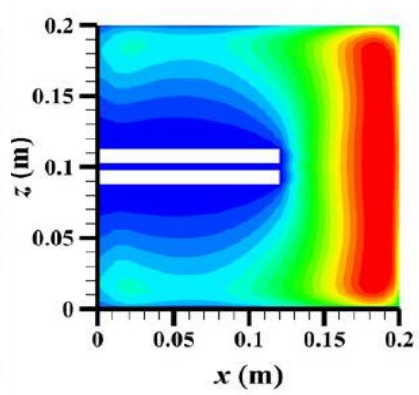
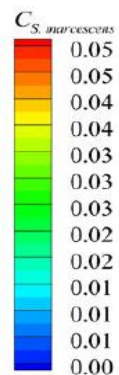




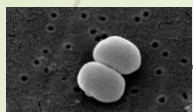
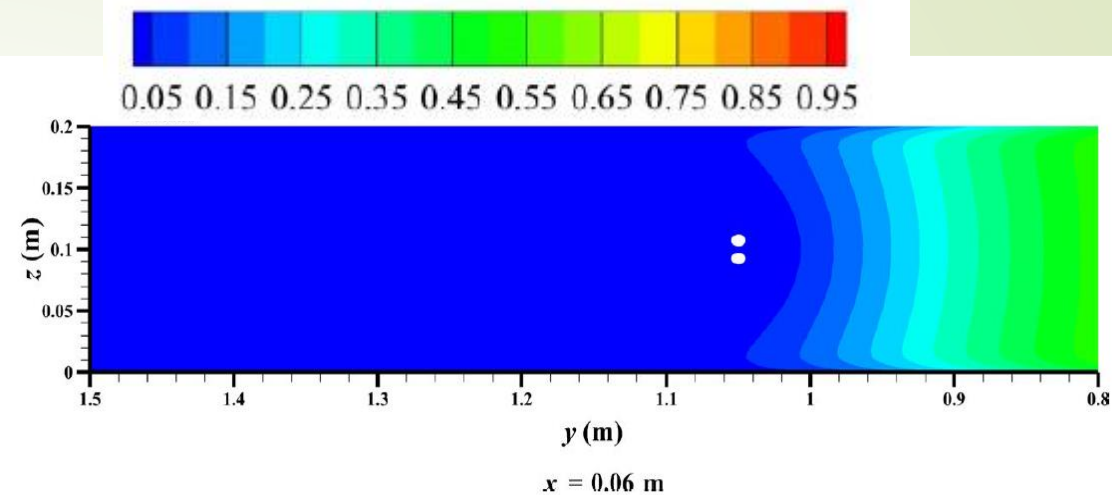
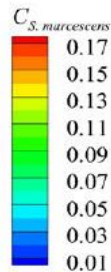
Serratia marcescens (Pateczka krwawa) (-)



$y = 1.4$ m



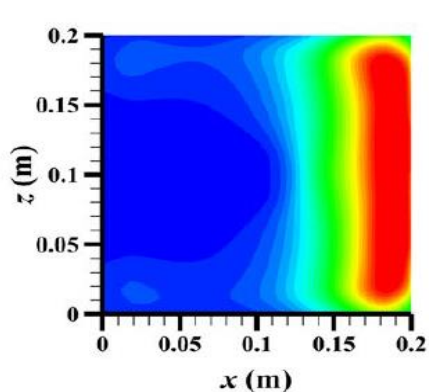
$y = 1.05$ m



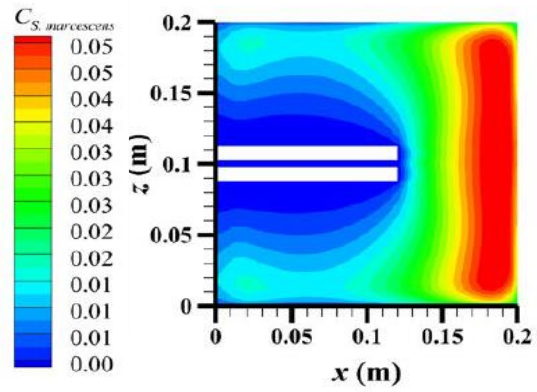
Staphylococcus epidermidis (Gronkowiec skórny) (+)



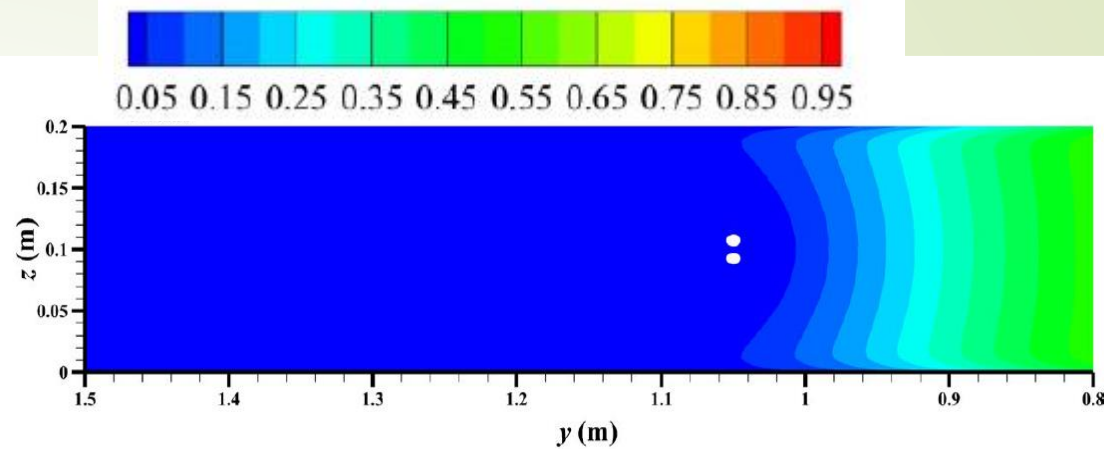
Serratia marcescens (Pateczka krwawa) (-)



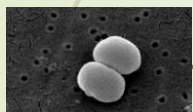
$y = 1.4$ m



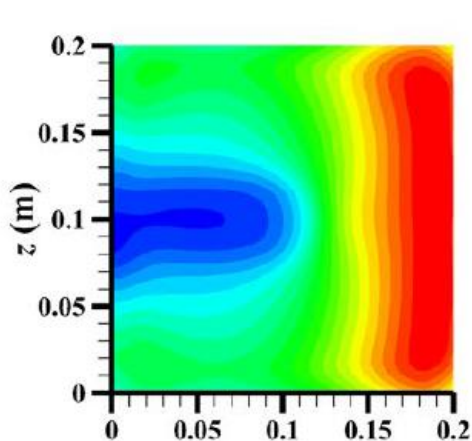
$y = 1.05$ m



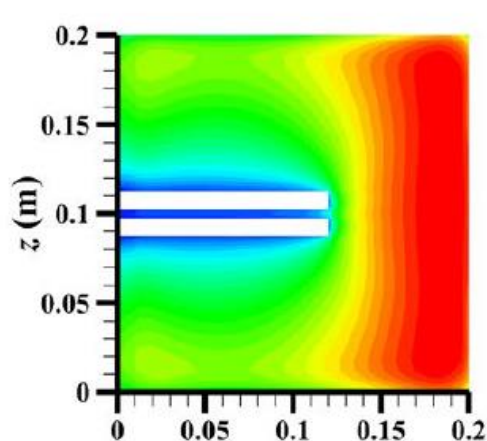
$x = 0.06$ m



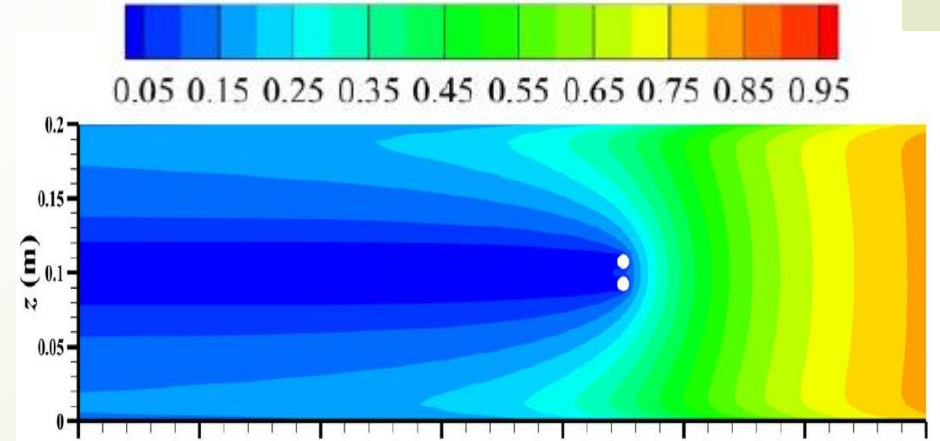
Staphylococcus epidermidis (Gronkowiec skórny) (+)



$y = 1.4$ m



$y = 1.05$ m

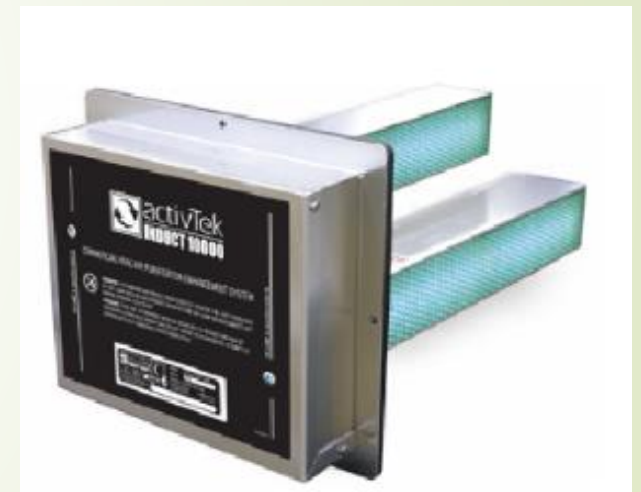
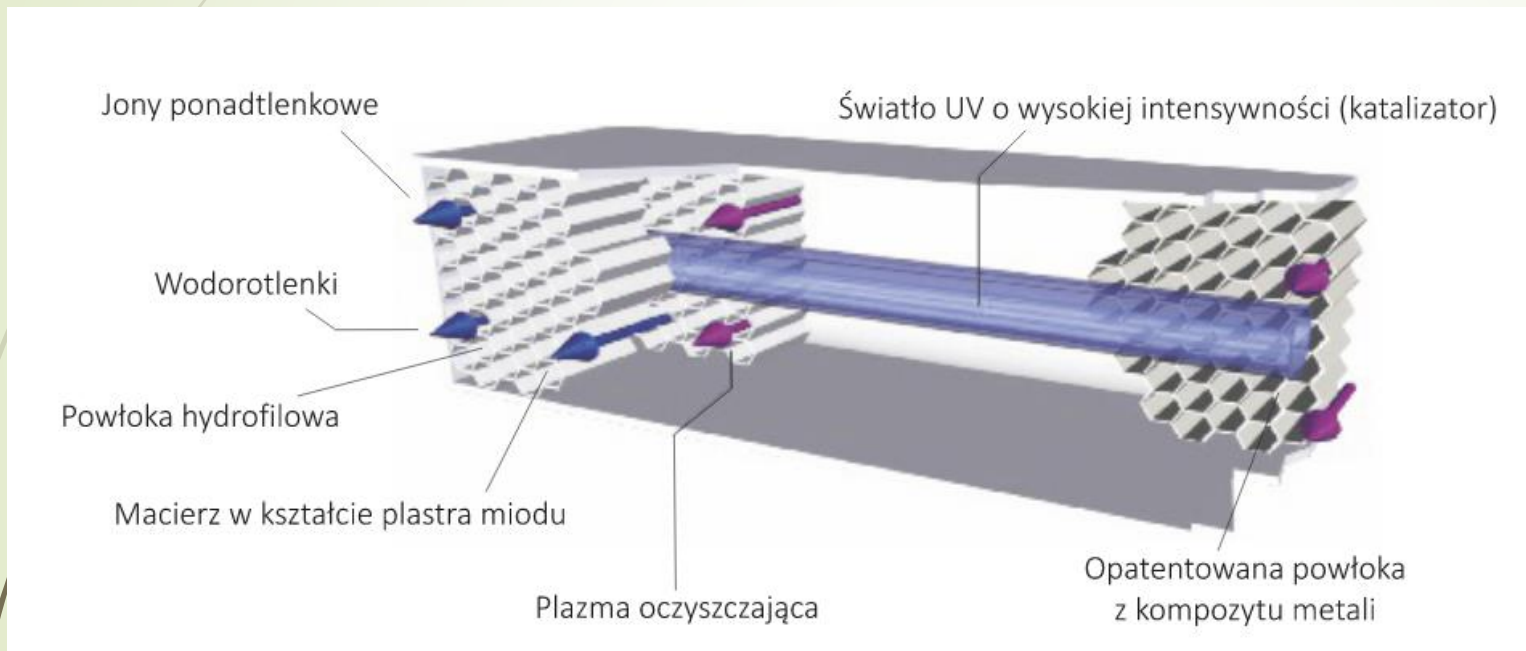


$x = 0.06$ m

Yi Yang, Huihui Zhang, Sunday Segbenu Nunayon, Vincent Chan⁴, Alvin CK Lai: „Disinfection efficacy of ultraviolet germicidal irradiation on airborne bacteria in ventilation ducts”; Wiley 2018, str. 806-817.

Promieniowa jonizacja katalityczna

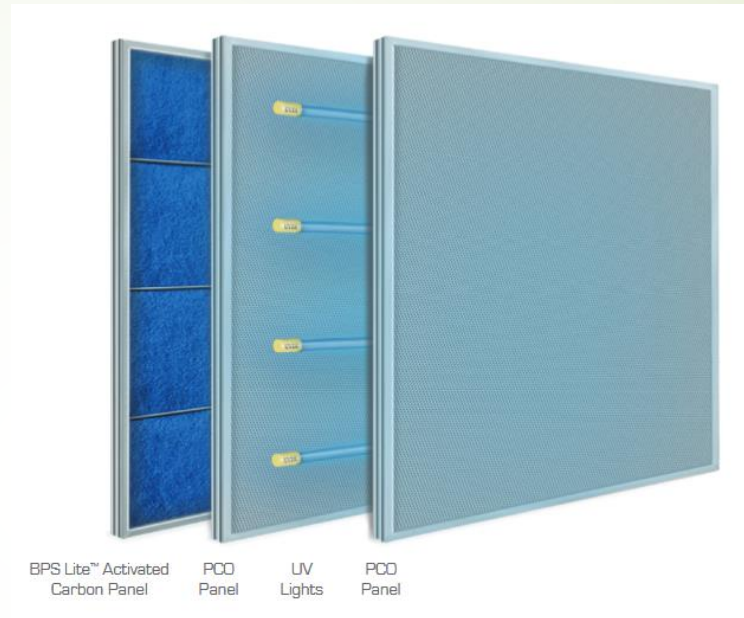
- Polega na jednoczesnym wykorzystaniu promieniowania UV oraz katalizatora, na którego specjalnej powierzchni dochodzi do procesu katalizy. W wyniku tego powstają jony wodorotlenowe i nadtlenkowe, które mają zdolności dezaktywacji wirusów i bakterii. Skuteczność metody oceniana jest na poziomie 94% - 99,9% .



Activtek – karta katalogowa

Promieniowa jonizacja katalityczna

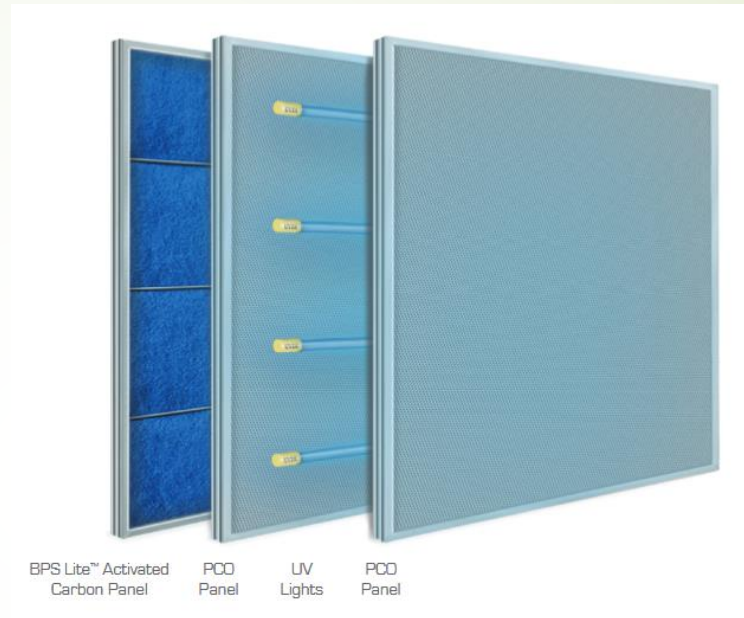
W eksperymentach biologicznych do wzbudzenia fotoaktywnych tlenków metali wykorzystuje się głównie, bezpieczne dla zdrowia człowieka, promieniowanie z zakresu bliskiego ultrafioletu (UV-A, $\lambda = 315-400 \text{ nm}$)¹. Powierzchnie fotokatalityczne mogą być tworzone z nanometrycznych tlenków tytanu (nano-TiO₂), cynku (nano-ZnO) i magnezu (nano-MgO)².



https://www.uvdi.com/wp-content/uploads/2020/07/V-PAC-for-Air-Purification-MKTFM-254_Rev-B.pdf

Promieniowa jonizacja katalityczna

W eksperymentach biologicznych do wzbudzenia fotoaktywnych tlenków metali wykorzystuje się głównie, bezpieczne dla zdrowia człowieka, promieniowanie z zakresu bliskiego ultrafioletu (UV-A, $\lambda = 315-400 \text{ nm}$)¹. Powierzchnie fotokatalityczne mogą być tworzone z nanometrycznych tlenków tytanu (nano-TiO₂), cynku (nano-ZnO) i magnezu (nano-MgO)².



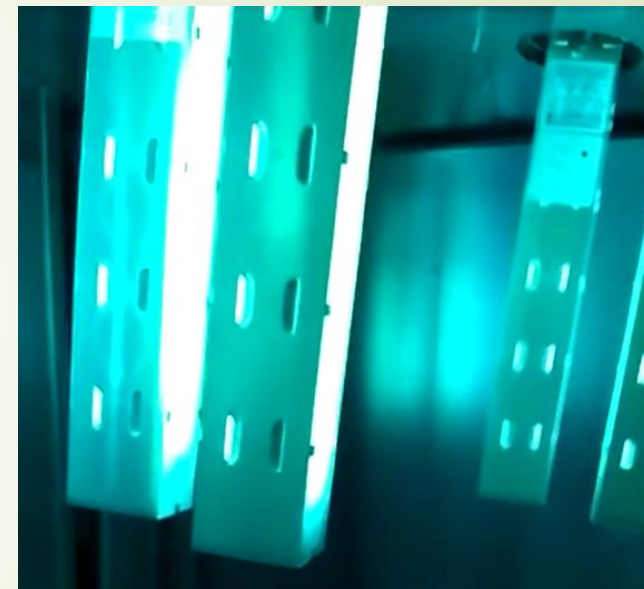
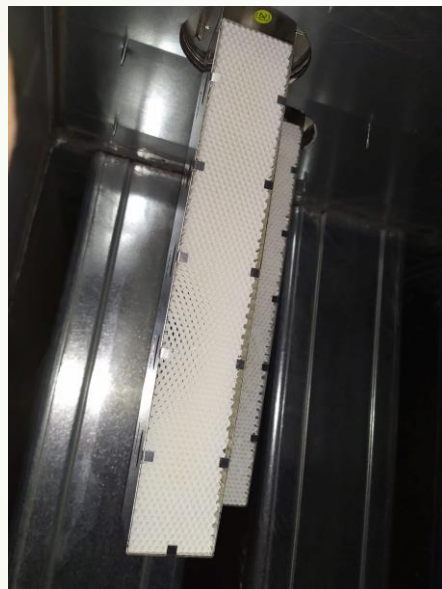
https://www.uvdi.com/wp-content/uploads/2020/07/V-PAC-for-Air-Purification-MKTFM-254_Rev-B.pdf

Z przeprowadzonych licznych badań wynika, że fotokataliza TiO₂/UV stanowi **narzędzie skutecznie niszczące wiele wirusów**, takich jak: *wirus opryszczki pospolitej typu 1*, *wirus zapalenia wątroby typu B*, *rotawirus A*, *wirus polio*, *wirus ptasiej grypy typu H5N2*, a także fagów *Escherichia coli*, np. MS2 i T4².

¹ Kühn K. P., Chaberny I. F., Massholder K., Stickler M., Benz V. W., Sonntag H. G., Erdinger L.: Disinfection of surfaces by photocatalytic oxidation with titanium dioxide and UVA light. *Chemosphere* 2003, 53, 71-77.

² Bogdan J., Jackowska-Tracz A., Zarzyńska J., Pławińska-Czarnak J.: Znaczenie procesów fotokatalitycznych TiO₂/UV, ZnO/UV i MgO/UV w inaktywacji czynników zakaźnych. *Med. Weter.* 2015, 71 (8), 472-479

Promieniowa jonizacja katalityczna



Podsumowanie

- Sterylizacja powietrza w systemach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych pomieszczeń szpitalnych może być skutecznie realizowana z wykorzystaniem zarówno promieniowania **UVC** jak i **jonizacji katalitycznej** z promieniowaniem UVA.

Podsumowanie

- ▶ Sterylizacja powietrza w systemach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych pomieszczeń szpitalnych może być skutecznie realizowana z wykorzystaniem zarówno promieniowania **UVC** jak i **jonizacji katalitycznej** z promieniowaniem UVA.
- ▶ Do dezynfekcji powietrza w instalacjach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych wykorzystywać można tzw. systemy **in-duct** oraz **coil cleaning**, w których zarówno w centralach jak i kanałach wentylacyjnych montować można lampy UVC lub systemy jonizacji katalitycznej.

Podsumowanie

- ▶ Sterylizacja powietrza w systemach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych pomieszczeń szpitalnych może być skutecznie realizowana z wykorzystaniem zarówno promieniowania **UVC** jak i **jonizacji katalitycznej** z promieniowaniem UVA.
- ▶ Do dezynfekcji powietrza w instalacjach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych wykorzystywać można tzw. systemy **in-duct i coil cleaning**, w których zarówno w centralach jak i kanałach wentylacyjnych montować lampy UVC lub systemy jonizacji katalitycznej.
- ▶ Najbardziej skuteczną metodą dezynfekcji wydaje się być jonizacja katalityczna, której skuteczność zawiera się w przedziale 94-99%. Skuteczność metody promieniowania UVC zaczyna się od 74% i może być znacznie wyższa.

Podsumowanie

- ▶ Sterylizacja powietrza w systemach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych pomieszczeń szpitalnych może być skutecznie realizowana z wykorzystaniem zarówno promieniowania **UVC** jak i **jonizacji katalitycznej** z promieniowaniem UVA.
- ▶ Do dezynfekcji powietrza w instalacjach klimatyzacyjnych i wentylacyjnych wykorzystywać można tzw. systemy **in-duct i coil cleaning**, w których zarówno w centralach jak i kanałach wentylacyjnych montować lampy UVC lub systemy jonizacji katalitycznej.
- ▶ Najbardziej skuteczną metodą dezynfekcji wydaje się być jonizacja katalityczna, której skuteczność przekracza zawiera się w przedziale 94-99%. Skuteczność metody promieniowania UVC zaczyna się od 74% i może być znacznie wyższa.
- ▶ Na skuteczność dezynfekcji wpływają takie czynniki jak: wrażliwość mikroorganizmów na promieniowanie, dawka promieniowania, czystość lamp, temperatura i wilgotność względna powietrza, prędkość przepływu powietrza w kanale/centrali, stopień turbulencji przepływu powietrza, czas naświetlania, materiał z jakiego wykonany jest kanał wentylacyjny itd.

Podsumowanie

- Wykorzystywanie lamp UVC w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych nie wpływa znacząco na konieczność zmiany warunków pracy wentylatora. Straty ciśnienia spowodowane montażem lamp UV nie są większe niż 15 Pa.

Podsumowanie

- Wykorzystywanie lamp UVC w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych nie wpływa znacząco na konieczność zmiany warunków pracy wentylatora. Straty ciśnienia spowodowane montażem lamp UV nie są większe niż 15 Pa.
- Wykorzystywanie jonizacji katalitycznej w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych w zależności od wykorzystanej metody może nie wpływać znacząco na wydajność wentylatora. Należy jednak liczyć się z tym, iż w znacznym stopniu zależy to od przyjętego rozwiązania i w szczególnych przypadkach może powodować wzrost oporów znacznie powyżej 50Pa.

Podsumowanie

- ▶ Wykorzystywanie lamp UVC w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych nie wpływa znacząco na konieczność zmiany warunków pracy wentylatora. Straty ciśnienia spowodowane montażem lamp UV nie są większe niż 15 Pa.
- ▶ Wykorzystywanie jonizacji katalitycznej w systemach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych w zależności od wykorzystanej metody może nie wpływać znacząco na wydajność wentylatora. Należy jednak liczyć się z tym, iż w znacznym stopniu zależy to od przyjętego rozwiązania i w szczególnych przypadkach może powodować wzrost oporów znacznie powyżej 50Pa.
- ▶ Najczęściej stosowanymi materiałami w jonizacji katalitycznej są nanometryczne tlenki: tytanu, cynku i magnezu.

Podsumowanie

- ▶ Najczęściej stosowaną długością fali promieniowania UVC wykorzystywanego do dezynfekcji jest $\lambda=253,7$ nm.

Podsumowanie

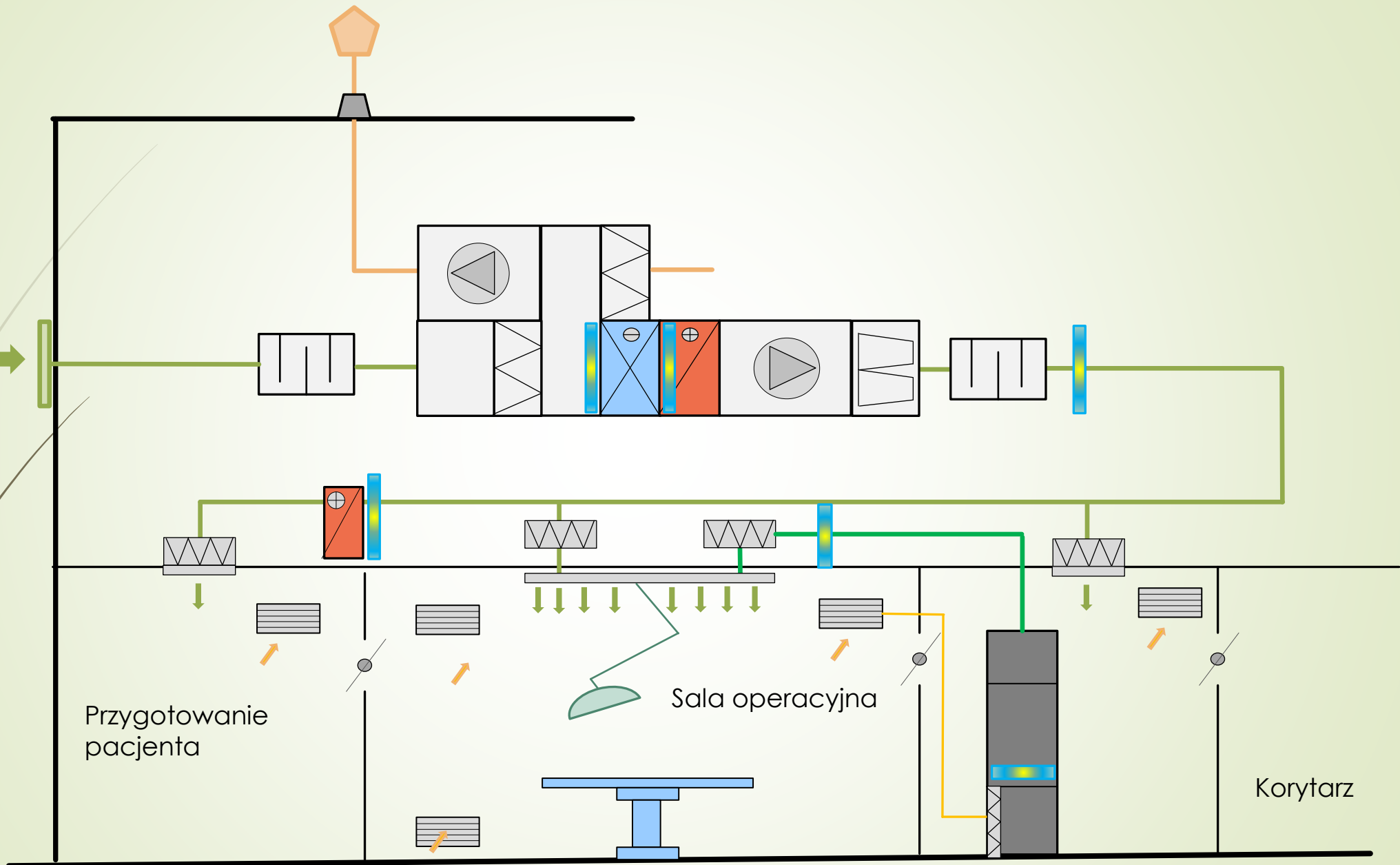
- ▶ Najczęściej stosowaną długością fali promieniowania UVC wykorzystywanego do dezynfekcji jest $\lambda=253,7$ nm.
- ▶ W czasie dezynfekcji z wykorzystaniem promieniowania UVC powstają cząsteczki ozonu, który jest szkodliwy dla organizmu ludzkiego. Dlatego lampy powinny posiadać filtry ograniczające promieniowanie z zakresu 170-220 nm.

Podsumowanie

- ▶ Najczęściej stosowaną długością fali promieniowania UVC wykorzystywanego do dezynfekcji jest $\lambda=253,7$ nm.
- ▶ W czasie dezynfekcji z wykorzystaniem promieniowania UVC powstają cząsteczki ozonu, który jest szkodliwy dla organizmu ludzkiego. Dlatego lampy powinny posiadać filtry ograniczające promieniowanie z zakresu 170-220 nm.
- ▶ Stosowanie zarówno lamp UVC jak i jonizacji katalitycznej jest wysokoskuteczne tylko pod warunkiem utrzymywania czystości filtrów stosowanych w centralach i kanałach wentylacyjnych. Wykorzystanie naświetlania nie może być powodem do rezygnacji z filtracji powietrza.

Podsumowanie

- ▶ Najczęściej stosowaną długością fali promieniowania UVC wykorzystywanego do dezynfekcji jest $\lambda=253,7$ nm.
- ▶ W czasie dezynfekcji z wykorzystaniem promieniowania UVC powstają cząsteczki ozonu, który jest szkodliwy dla organizmu ludzkiego. Dlatego lampy powinny posiadać filtry ograniczające promieniowanie z zakresu 170-220 nm.
- ▶ Stosowanie zarówno lamp UVC jak i jonizacji katalitycznej jest wysokoskuteczne tylko pod warunkiem utrzymywania czystości filtrów stosowanych w centralach i kanałach wentylacyjnych.
- ▶ Wykorzystanie naświetlania nie może być powodem do rezygnacji z filtracji powietrza.





Dziękuję za uwagę