

The logo for WOLF, featuring the word "WOLF" in a bold, white, sans-serif font. The letter "O" is replaced by a white circle with a red outline. The logo is positioned at the top center of the page, partially overlapping a red diagonal shape that cuts across the image from the top right to the bottom left. The background of the entire page is a photograph of a classroom with white desks and orange chairs, and a window with white frames in the upper left corner.

Dla projektantów i wykonawców
Technologia wentylacyjna
w placówkach oświatowych

Technologia wentylacyjna w placówkach oświatowych

Pod kątem modernizacji

Spis treści

Czynnik: Powietrze	04
<hr/>	
Obowiązujące wytyczne i standardy dla sal lekcyjnych	08
Stężenie CO ₂ w powietrzu	10
Komfort w środowisku nauki	11
Redukcja zanieczyszczeń powietrza	12
<hr/>	
Rozwiązania	14
Wyposażenie placówek oświatowych w urządzenia wentylacyjne	15
- Rozwiązania semicentralne	16
- Rozwiązania decentralne	20



Czynnik: Powietrze

Wiele obiektów edukacyjnych, takich jak sale lekcyjne w szkołach czy pomieszczenia w świetlicach i uczelniach wyższych nie mają zainstalowanego systemu wentylacyjnego. Wietrzenie przy pomocy okien również nie zawsze jest możliwe ze względu na dane warunki konstrukcyjne. Jednak jakość powietrza w pomieszczeniach jest czynnikiem decydującym przy efektywnej nauce. Stosunkowo niedrogię doposażenie wydajnej techniki wentylacyjnej umożliwia osiągnięcie niezbędnej higieny powietrza w pomieszczeniu. Ponadto, pozwala to zaoszczędzić energię.

Wiele osób, a zwłaszcza dzieci i młodzież, spędza coraz więcej czasu w pomieszczeniach zamkniętych. Ze względu na szkodliwe działanie wielu substancji chemicznych i biologicznych, w pomieszczeniach zamkniętych wentylacja mechaniczna okazuje się być niezbędna do osiągnięcia i utrzymania dobrej jakości powietrza.

W placówkach oświatowych temat ten odgrywa szczególnie istotną rolę w zapewnieniu dobrej i zdrowej atmosfery do nauki. Duża liczba ludzi w ograniczonej przestrzeni sprawia, że regularna wymiana powietrza jest niezbędna do zapewnienia higienicznych wymogów jakości powietrza w pomieszczeniach.

W zamkniętych pomieszczeniach oprócz dwutlenku węgla (CO₂) gromadzą się także inne substancje chemiczne (LZO, drobne pyły) i patogeny (wirusy, zarazki), przez które w wielu przypadkach nie wystarcza już zwykłe wietrzenie. W przypadku sal lekcyjnych lub innych pomieszczeń edukacyjnych, ważną kwestią jest wydajność wentylacji przy jednoczesnym zachowaniu komfortu uczniów i nauczycieli.

Odpowiednia wentylacja wspiera sukcesy w nauce i zapobiega dyskomfortowi, a nawet chorobowym nieobecnościom, które mogą być spowodowane przebywaniem w źle wentylowanych pomieszczeniach.

W ostatnich latach w całej Europie bada się różne pomiary jakości powietrza w pomieszczeniach w obiektach edukacyjnych. W niezależnych badaniach wykorzystano wytyczne i przepisy prawne dotyczące zdrowych warunków uczenia się, aby odzwierciedlić rzeczywiste warunki panujące na miejscu. Wyniki analiz wskazują na jedną wspólną cechę: w prawie wszystkich badanych pomieszczeniach wartości jakości powietrza, poziom hałasu i warunki oświetleniowe są daleko od norm lub w ogóle ich nie spełniają.

Wykaz niektórych badań:

- Szwajcarskie Stowarzyszenie Higieny Powietrza i Wody: Niezdrowe powietrze w szkołach
- Bawarski Urząd ds. Zdrowia i Bezpieczeństwa Żywności: Świeże powietrze dla świeżego myślenia. Nowa jakość nauczania w naszych klasach
- Uniwersytet Freie w Bolzano: Badanie jakości powietrza w szkoły na czas po Coronie
- Frankfurt: Pył zawieszony i dwutlenek węgla w w salach lekcyjnych - wpływ czyszczenia i wentylacji
- Portugalia: Jakość powietrza wewnętrznego w szkołach i jej związek z objawami oddechowymi u dzieci
- Uniwersytet w Exeter (Anglia): Poziomy dwutlenku węgla i wskaźniki wentylacji w szkołach

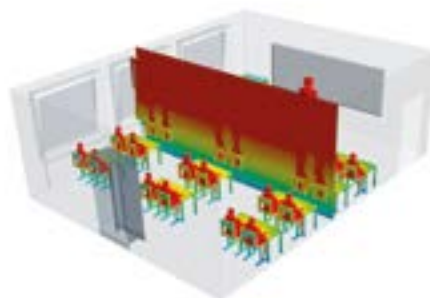
Potwierdzone przez symulację: Wietrzenie nie wystarcza w dłuższym okresie czasu

W ramach badań wykonanych przez firmę WOLF GmbH przy wsparciu TU Berlin, przeprowadzono symulację w sali lekcyjnej o powierzchni 60 m² z 24 uczniami i jednym nauczycielem. W jednym ze scenariuszy, okna były stale uchylone, a po 20 minutach trwania lekcji całkowicie otwarte przez 5 minut. W drugim scenariuszu zastosowano urządzenie wentylacyjne o strumieniu objętości 800 m³/h przy zamkniętych oknach. Przy temperaturze zewnętrznej 20 °C uwzględniono stężenie CO₂, temperaturę i stężenie aerozoli w pomieszczeniu.

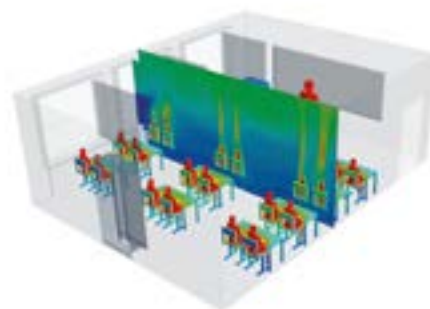
Dla wszystkich trzech parametrów całkowicie otwarte okna okazały się bardzo skuteczne w krótkotrwałym przyniesieniu zwiększonych zysków z powrotem do normalnego poziomu. Jednak szybko ponownie wzrosły, gdy okna zostały uchylone. Skuteczność wentylacji okiennej zależy od szeregu czynników zewnętrznych i może prowadzić do dyskomfortu osób przebywających w pomieszczeniu.

Z kolei dzięki urządzeniu wentylacyjnemu można było zagwarantować prawie stały i przyjemny klimat w pomieszczeniach przez całą lekcję. W porównaniu z wietrzeniem, urządzenie wentylacyjne mogło skutecznie i trwale utrzymać niski poziom stężenia potencjalnie niebezpiecznych aerozoli ucznia (I rząd, siedzącego pod ścianą)

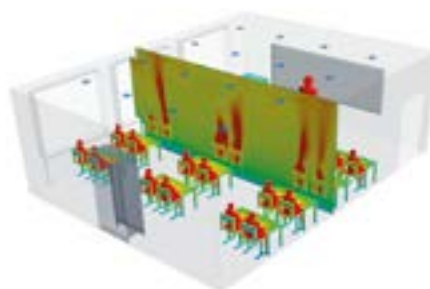
Porównanie temperatury (°C) w klasie



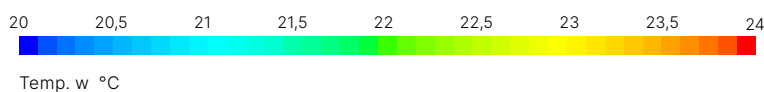
Uchylone okno



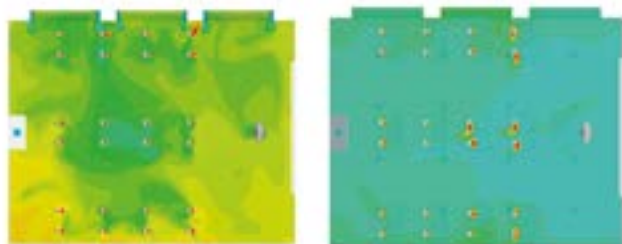
Otwarte okno



Urządzenie wentylacyjne



Porównanie stężenia CO₂ w klasie (przez 45 minut)



400 500 600 700 800 900 1.000 1.100 1.200 1.300 1.400 1.500 1.600



Stężenie CO₂ (ppm)

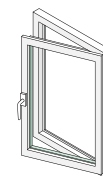
Porównanie stężenia cząstek stałych w klasie



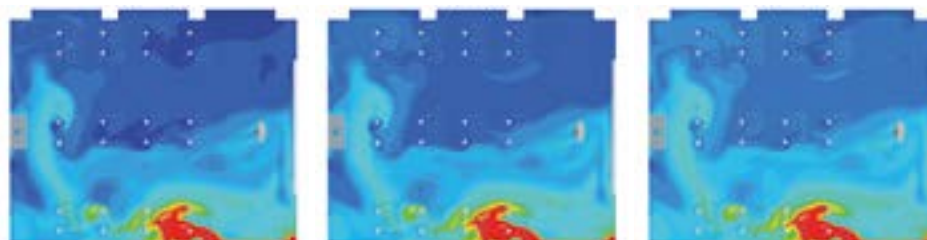
uchylone

otwarte

uchylone



Wietrzenie



20 Min.

25 Min.

45 Min.



Wentylowanie

→ Zeit

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1.000



Kstężenie (P/m3), źródło cząstek stałych 2



Obowiązujące wytyczne i standardy dla sal lekcyjnych

Zarówno Federalna Agencja Ochrony Środowiska (UBA), jak i Grupa Robocza ds. Mechaniki i Elektrotechniki Administracji Państwowej i Miejskiej (AMEV) udzielają cennych wskazówek do stworzenia odpowiedniego projektu wentylacji w placówkach edukacyjnych.

W części 1 publikacji „Wymagania dotyczące koncepcji wentylacji w budynkach”¹ Federalna Agencja Ochrony Środowiska zaleca, aby w procesie planowania uwzględnić jako cele następujące czynniki wpływające na dobrą jakość powietrza wewnątrz obiektów edukacyjnych:

- Niska zawartość CO₂ w powietrzu w pomieszczeniach (< 1.000 ppm).
- Dla każdego budynku oświatowego należy sporządzić oddzielne projekty wentylacji poszczególnych pomieszczeń dla semestrów letnich i zimowych
- Komfort w zakresie temperatury powietrza, wilgotności, ruchu powietrza (brak przeciągów, rozwarstwienie powietrza) i poziom dźwięku
- Prosta i ekonomiczna, a także regularna konserwacja instalacji wentylacyjnych i grzewczych
- Wytrzymałe, niezawodne systemy o niskiej podatności na awarie

Wytyczna AMEV „RLT-Anlagenbau” opisuje bardzo szczegółowo wymagania dyrektyw, które muszą być uwzględnione dla systemów wentylacji i klimatyzacji w budynkach użyteczności publicznej.

¹ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_empfehlungspapier_lueftung_unterrichtsgebaeude_final_bf.pdf

Stężenie CO₂ w powietrzu

VDI 6040 (Wentylacja i klimatyzacja - szkoły) definiuje jakość powietrza wewnętrznego w arkuszu 1. na podstawie następujących wartości granicznych stężenia CO₂:

- < 1000 ppm poziom CO₂ bezpieczny
- > 1000 ppm i < 2000 ppm są wątpliwe pod względem higienicznym
- > 2000 ppm są uważane za niedopuszczalne

Norma DIN EN 16798-1 określa trzy sposoby obliczania zapotrzebowania na świeże powietrze:

Metoda 1: Obliczanie na podstawie postrzeganej jakości powietrza

Wykorzystywane do wstępnego oszacowania, w którym dokładne wykorzystanie klasy nie zostało jeszcze określone. Oprócz indywidualnego przepływu objętościowego CO₂ (qP) należy uwzględnić emisję z budynku (qB). Dla pomieszczeń dydaktycznych można zastosować wartości z odpowiedniej tabeli wg kat. II.

$$q_{tot} = q_P \times n + q_B \times A$$

Metoda 2: Obliczanie według stężenia zanieczyszczeń

Ta metoda określa wymagany przepływ objętościowy jako funkcję maksymalnej dozwolonej emisji CO₂ (1 000 ppm) powietrza w pomieszczeniach (CRL), w tym WSPÓŁ 2-stężenie powietrza zewnętrznego (CZU), a także skuteczność wentylacji. W tym przypadku jako standard przyjęto wentylację mieszaną (EV =1). Ta metoda jest szczególnie dobra dla zwykłych sal lekcyjnych, ponieważ emisja zanieczyszczeń w pomieszczeniu (Gh) - faktyczna „aktywność” - jest już znana.

$$q_{V, zu} = \frac{G_h}{(C_{RL} - C_{ZU})} \times \frac{1}{\varepsilon_V}$$

Metoda 3: Obliczanie zgodnie z określonymi przepływami objętościowymi powietrza

Na podstawie wstępnie zdefiniowanych wartości, wymagany przepływ objętościowy powietrza, np. 7 l/s (na osobę), można odczytać z tabeli. Ta metoda umożliwi określenie wstępnych, bardzo przybliżonych oszacowań w pierwszej fazie planowania. Często na tym etapie dokładne wykorzystanie pokoi nie jest jeszcze znane.

Komfort w środowisku nauki

Aby praca w placówce oświatowej mogła być wykonywana w skupieniu, oprócz odpowiedniego oświetlenia należy przywiązywać wagę do następujących parametrów:

- Temperatura
- Wilgotność
- Głośność
- Przekągi

VDI 6040 zakłada, że temperatura pomieszczenia powinna wynosić co najmniej 20 °C a maksymalnie 26 °C. Ponadto przy wyborze odpowiedniego i zoptymalizowanego pod względem przepływu powietrza systemu kanałów w pomieszczeniu należy wziąć pod uwagę następujące kwestie.

- Wymiarowanie
- Dobór i rozmieszczenie nawiewników powietrza

W związku z tym, rozporządzenie techniczne dla miejsc pracy - ASR A3.6 dodaje, że

- powietrze nawiewane do pomieszczenia musi być wolne od przeciągów i w wystarczającej ilości docierać do pomieszczeń
- w miejscach, gdzie zbiera się duża liczba osób należy umożliwić i dobrze wykorzystać naturalne ruchy powietrza
- ładunki materiału, wilgoci i ciepła należy zbierać i odprowadzać jak najbliżej źródła.

Kontrolując temperaturę pomieszczeń, należy jednocześnie wziąć pod uwagę energooszczędność. Zgodnie z ustawą o energetyce budowlanej (GEG) system wentylacji i klimatyzacji powinien być:

- o nominalnej mocy większej niż 12 kW, oraz
- posiadać przepływ powietrza nawiewanego o wielkości co najmniej 4 000 m³/h

dotatkowo musi być zintegrowany z systemem odzysku ciepła zgodnym z klasyfikacją DIN EN 13053:2007-11 H3.

Ponadto należy zawsze uwzględnić wymagania dyrektywy ErP 1253/2014, jeśli przewody powietrzne central wentylacyjnych mają zasilać pomieszczenia, w których regularnie przebywają ludzie.

Zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza

Zanieczyszczenia z zewnątrz

Aby zapobiec doprowadzeniu zanieczyszczonego powietrza do pomieszczenia przez centralę wentylacyjną, należy przestrzegać następujących zasad. Po pierwsze, zgodnie z VDI 6022-1, powietrze zewnętrzne nie powinno być doprowadzane w pobliżu niektórych obszarów.

Na przykład:

- - wjazdach/wyjazdach z garaży, parkingów
- - nad wodami stojącymi
- - wyciągach kuchennych, otworów WC, miejscach dla palących

Aby sama centrala wentylacyjna nie stała się źródłem zagrożenia z powodu zanieczyszczenia (np. substancje niebezpieczne, bakterie, pleśń), należy również zapewnić, że:

- filtry powietrza nawiewanego są odpowiednio zaprojektowane (DIN EN 16798-1)
- czyszczenie jest możliwe zgodnie z aktualnym stanem techniki (Technische Regel für Arbeitsstätten - ASR A3.6)
- uwzględniony jest rodzaj konstrukcji budynku (np. niska emisja; DIN EN 16798-3) oraz warunki powietrza zewnętrznego (wartości ODA)

Zanieczyszczenie powietrza w pomieszczeniu/wyjściu

- Raport o stanie 52 FGK 2 oraz zalecenia BTGA wskazują, że należy zwrócić uwagę na pomieszczenia zwiększonego ryzyka zakażenia patogenami i kierować się następującymi zaleceniami:
- ze względów higienicznych należy unikać trybu recyrkulacji
- jeśli wymagana jest recyrkulacja, należy stosować filtry HEPA klasy H13 lub H14 (zgodnie z DIN EN 1822), aby osiągnąć odpowiednią ochronę przed wirusami.

² „Hohe Luftqualität, empfohlen für Räume und Nutzungen, die auch in Pandemiezeiten eine umfangliche Lüftung mit Außenluft sicherstellen sollen.“ – FGK Statusreport 52





Rozwiązania

Wyposażenie placówek oświatowych w urządzenia wentylacyjne

Istnieją różne możliwości stosunkowo szybkiego doposażenia centrali wentylacyjnej w istniejących budynkach. Jak już wcześniej zostało omówione, w placówkach oświatowych rozwiązania te muszą jednak spełniać szereg dodatkowych wymagań.

1. Wentylacja hybrydowa

Jedną z opcji projektowania i doboru odpowiednich urządzeń jest tzw. wentylacja hybrydowa. W wentylacji hybrydowej rozwiązania spełniające wymagania projektuje się zawsze w połączeniu z wentylacją swobodną lub okienną. Częściowo jednak rezygnuje się z zalet odpowiednio zwymiarowanej wentylacji mechanicznej, a częściowo przyjmuje się wady wentylacji swobodnej.

Zalety wentylacji hybrydowe

- ✓ Niższa wydajność powietrza wymaganej wentylacji mechanicznej
- ✓ Połączenie koncepcji wentylacji z istniejącą infrastrukturą (okna)

Wady wentylacji hybrydowej

- × Wysokie straty energii w zimie
- × Wysoki pobór ciepła w lecie
- × Kryterium komfortu pozostaje nierozstrzygnięte
- × Zależność od czynnika ludzkiego
- × Nieprzewidywalna rzeczywista skuteczność wentylacji
- × Wprowadzanie zanieczyszczeń, np. drobnego pyłu, przez wentylację okienną
- × Zanieczyszczenie hałasem

2. Wentylacja mechaniczna

Poniższe przykłady skupiają się na rozwiązaniach półcentralnych i zdecentralizowanych, które można również łączyć, bez tworzenia wentylacji hybrydowej. W przypadku modernizacji budynków z systemami wentylacyjnymi, rozwiązania centralne zwykle nie wchodzi w grę, ponieważ wymagają przeprowadzania zmian w strukturze budynku, a tym samym czas przeprowadzania instalacji znacząco się wydłuża.

Rozwiązania semicentralne

W przypadku rozwiązania semicentralnego, powietrze do kilku pomieszczeń jest dostarczane przez jedną centralę wentylacyjną.

Przypadki użycia:

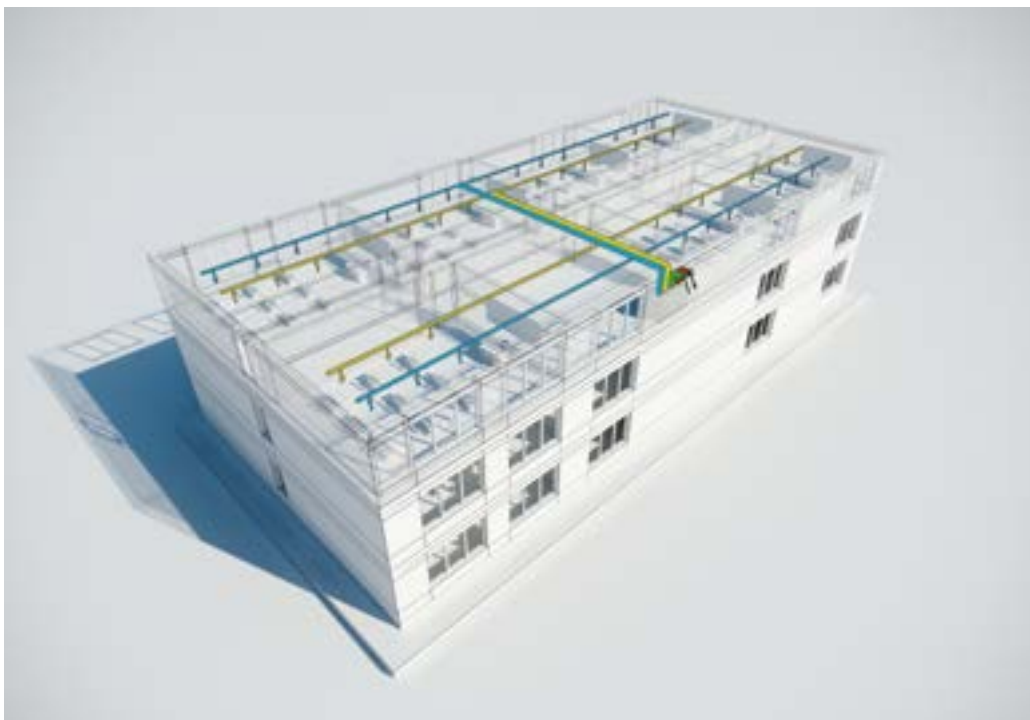
- Gdy budynek jest zbyt mały, aby umieścić osobną zdecentralizowaną jednostkę wentylacyjną w każdym pomieszczeniu
- Gdy pożądane jest jak najmniej otworów w elewacji zewnętrznej, np. ze względu na ochronę zabytków lub podobne
- Gdy w niektórych pokojach nie ma możliwości podłączenia mediów
- Gdy odprowadzanie (przyłącze kondensatu) nie jest możliwe w poszczególnych pomieszczeniach
- Gdy układ pomieszczeń pozwala na zainstalowanie semicentralnego AHU

Dodatkowe zalety:

- ✓ Prawie całkowity brak emisji dźwięku w salach lekcyjnych
- ✓ Oszczędność miejsca w klasie
- ✓ Technika systemowa z mniejszą ilością aspektów do konserwacji



Przykład: semicentralna jednostka sufitowa



Przykład: semicentrala wentylacyjna stojąca

Płaska centrala wentylacyjna z płytowym wymiennikiem ciepła CFL-WRG

CFL-WRG to kompaktowa jednostka nawiewno-wywiewna o płaskiej konstrukcji. Zaprojektowana jako jednostka wewnętrzna w konstrukcji sufitowej do zastosowania w sufitach podwieszanych.

- Odzysk ciepła za pomocą aluminiowego przeciwprądowego płytowego wymiennika ciepła (PHE) o sprawności do ponad 90%
- Wentylatory w wersji swobodnego wirnika, regulowane bezstopniowo za pomocą technologii EC
- Płaska, kompaktowa konstrukcja umożliwia łatwą integrację i instalację



Wymiary		CFL-10	CFL-15	CFL-22	CFL-32
Max. przep. powietrza	m ³ /h	1.000	1.500	2.200	3.200
Wysokość	mm	367	367	411	495
Szerokość	mm	1.017	1.423	1.830	1.932
Głębokość	mm	1.322	1.322	1.525	1.932



Dowiedz się więcej na stronie
www.wolf.eu/pl-pl/cfl-ec

Kompaktowa centrala wentylacyjna CKL evo z płytowym wymiennikiem ciepła

CKL evo jest dostępny jako jednostka wewnętrzna i zewnętrzna z pionowym lub poziomym podłączeniem kanałów (CKL-iV/iH evo) oraz jako odporna na warunki atmosferyczne jednostka zewnętrzna CKL-A evo.

- Podwójny stopień filtracji dla maksymalnych wymagań higienicznych oraz licznych modułów rozszerzeń i akcesoriów
- Wentylacja nocna (chłodzenie) poprzez bypass
- Odzysk ciepła: współczynniki odzysku ciepła do ponad 90%



Model CKL evo		1400	2400	3300	4700	6100
Max. przep. powietrza	m ³ /h	1.400	2.400	3.300	4.700	6.100
Wysokość	mm	1.315	1.720	1.720	1.424	1.424
Szerokość	mm	1.525	2.033	2.033	2.237	2.237
Głębokość	mm	750	750	950	1360	1.665



Dowiedz się więcej na stronie
www.wolf.eu/pl-pl/ckl-evo

Rozwiązania decentralne

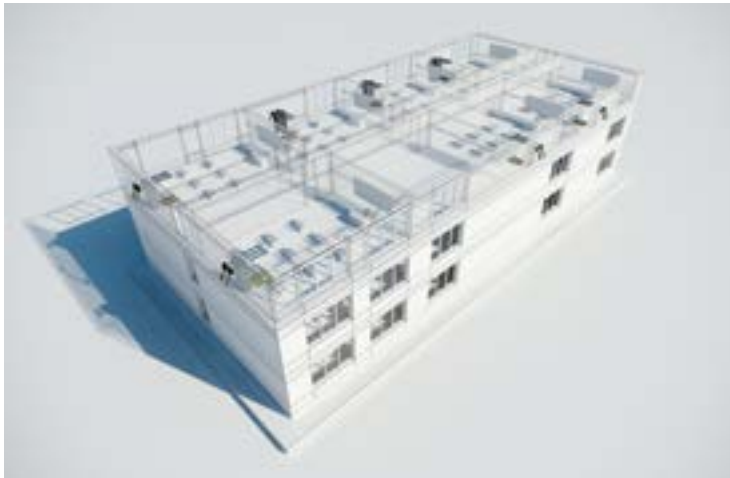
W rozwiązaniu zdecentralizowanym jedna centrala wentylacyjna dostarcza powietrze do jednego pomieszczenia.

Przypadek użycia

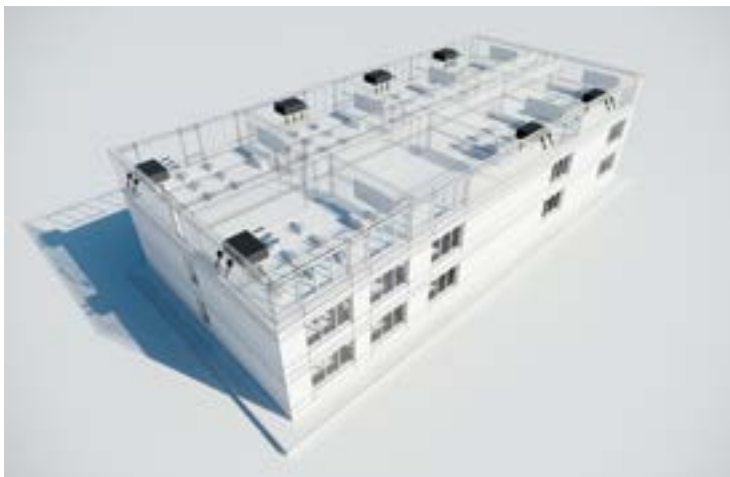
- Gdy zabudowa obiektu wymaga rozwiązania zdecentralizowanego
- Gdy tylko pojedyncze, odległe pomieszczenia / tylko jedno pomieszczenie do pomieszczenie ma być wyposażone
- Gdy dla inwestora bardzo ważny jest czas przeprowadzenia instalacji (instalacja pomieszczenie po pomieszczeniu)
- Gdy projekt posiada bardzo silne zróżnicowanie wymagań dotyczących wentylacji w wentylowanych pomieszczeniach (duże indywidualne wymagania dotyczące sterowania)

Dalsze korzyści

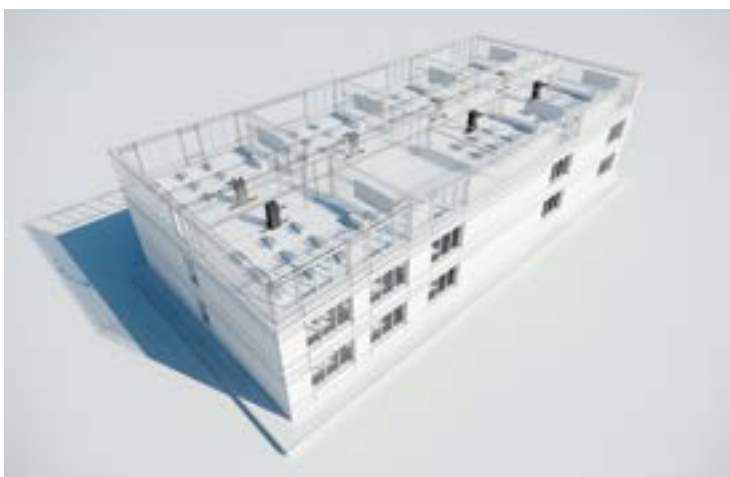
- ✓ Bezproblemowa praca zorientowana na zapotrzebowanie
- ✓ Możliwość szybkiej realizacji
- ✓ Nie ma konieczności przebijania się między pomieszczeniami, dzięki czemu nie dochodzi do przenoszenia hałasu z pokoju do pokoju
- ✓ Brak problemów z ochroną przeciwpożarową



Przykład: instalacja wentylacyjna zdecentralizowana



Przykład: jednostka sufitowa decentralna



Przykład: oczyszczacz powietrza

Kompaktowa jednostka CGL 2 edu

Zdecentralizowana stająca jednostka AHU:

- Odzysk ciepła poprzez wysokosprawny przeciwprądowy wymiennik ciepła o sprawności ponad 90%.
- Wentylacja nocna (chłodzenie) poprzez standardowy bypass
- Zintegrowane tłumiki rozdzielające dla powietrza nawiewanego i wywiewanego



Wymiary

CGL-2 edu

Max. przep. powietrza	m ³ /h	1100		
Poziom ciśnienia akustycznego	dB(A)	28 (600 m ³ /h)	32 (800 m ³ /h)	37 (1,000 m ³ /h)
Wysokość	mm	2.133		
Szerokość	mm	1.070		
Głębokość	mm	620		



Dowiedz się więcej na stronie
www.wolf.eu/pl-pl/cgl-2

Kompaktowa jednostka wentylacyjna CFL edu

Decentralna jednostka podwieszana:

- Odzyskiwanie ciepła poprzez wydajny płytowy wymiennik ciepła
- Standardowo wbudowany bypass dla możliwości wentylacji nocnej
- Niezwykle cicha praca przy bardzo dobrej wydajności powietrza



Wymiary

CFL Edu

Max. przep. powietrza	m ³ /h	ok. 1.000
Poziom ciśnienia akustycznego	dB(A)	< 35
Wysokość	mm	2.137
Szerokość	mm	1.017
Głębokość	mm	508






Dowiedz się więcej na stronie
www.wolf.eu/pl-pl/cfl-edu

Masz pytania? Nasi eksperci na nie odpowiedzą!

Zapisz się
na szkolenia!



Bądź z nami na bieżąco!

-  @WolfDomzDobraEnergia
-  @WolfTechnikaGrzewczaspzoo
-  @Wolf Technika Grzewcza sp. z.o.o.

Masz pytania dotyczące ulotki?
Skontaktuj się z nami wolf@wolf-polska.pl

Zastrzega się możliwość wprowadzania zmian technicznych. Należy pamiętać, że na zdjęciach pokazane są jedynie produkty WOLF z pominięciem niezbędnych podłączeń instalacyjnych.

WOLF Technika Grzewcza sp. z o.o.
Sokołów, ul. Sokołowska 36
05-806 Komorów k. Warszawy
tel. 22 720 69 01
e-mail: wolf@wolf-polska.pl
www.wolf.eu

WOLF

Perfekcyjnie dopasowany do Ciebie.