

Systemy wentylacyjne

Charakterystyka techniczna i rozwiązania praktyczne

Autorzy:

Jan Gerbitz, Andreas Broßette, Merle Petersen - ZEBAU GmbH , Hamburg

Adaptacja i uzupełnienie:

Teresa Źurek - IMP PAN, Gdańsk



LowTEMP2.0

Pakiet zagadnień LowTEMP – Spis treści

Informacje wstępne

Wstęp do Polityki i Celów Ochrony Klimatu

Systemy zaopatrzenia w energię i LTDH

Systemy zaopatrzenia w energię w regionie bałtyckim (Baltic Sea Region)

Strategie energetyczne i projekty pilotażowe

Metodyka rozwoju strategii energetycznych

Pilotażowe strategie energetyczne – cele i uwarunkowania

Pilotażowe strategie energetyczne – przykłady

Sposoby testowania instalacji pilotażowych

Obliczenia emisji CO₂

Obliczenia LCA

Aspekty Finansowe

Szacowanie kosztów w cyklu życia projektów LTDH

Efektywność ekonomiczna i inżynieria finansowa

Modele kontraktowania i płatności

Modele biznesowe i innowacyjne fundusze

Aspekty Techniczne

Typoszeregi rur ciepłowniczych

Elektrociepłownie

Wielkoskalowe kolektory słoneczne

Ciepło odpadowe

Wielkoskalowe (dzielnicowe) pompy ciepła

Instalacje Power-2-Heat and Power-2-X

Zasobniki ciepła, chłodu i magazyny zmiennofazowe

Systemy pomp ciepła

Grzejniki konwekcyjne oraz płaszczyznowe

Systemy zaopatrzenia w wodę

Systemy wentylacji

Dobre praktyki

Dobre praktyki I

Dobre praktyki II

1. Charakterystyka techniczna

Charakterystyka systemów wentylacji i ich przeznaczenie

Zalety i wady poszczególnych systemów wentylacji

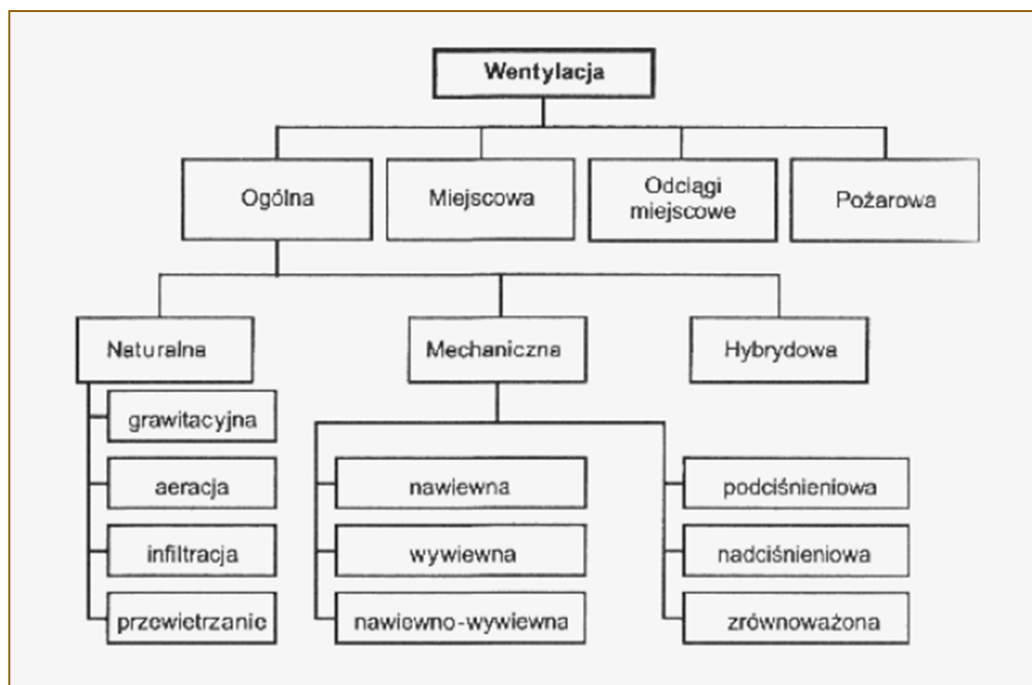
Systemy scentralizowane i zdecentralizowane

Charakterystyka techniczna



LowTEMP2.0

Rodzaje systemów wentylacji i ich przeznaczenie



Źródło: Oknoplast [17]



Źródło: pixabay



Źródło: pixabay



Źródło: Grupa PBS [18]

Rys. 1: Ogólny podział systemów wentylacji.

Źródło: Gaziński B., Krzyżaniak G. Technika klimatyzacyjna dla praktyków. Komfort cieplny, zasady obliczeń i urządzenia [16]



Rodzaje systemów wentylacji i ich przeznaczenie

1. Wentylacja naturalna

- Wymiana powietrza w pomieszczeniach następująca na skutek oddziaływania na budynek czynników atmosferycznych (różnica temperatur w pomieszczeniu i na zewnątrz i działanie wiatru).
- Intensywność wentylacji jest zależna od losowo zmieniających się warunków w otoczeniu oraz od usytuowania i rozwiązania szczegółów konstrukcyjnych budynku.
- Wentylacja naturalna może przybierać formę: przewietrzania, infiltracji i eksfiltracji, wentylacji grawitacyjnej lub aeracji.

Przewietrzanie

Wymiana powietrza wywołana okresowym otwieraniem okien lub innych otworów w przegrodach budowlanych pomieszczeń. Powietrze zewnętrzne dopływa przez dolną część otworu, a powietrze wewnętrzne odpływa na zewnątrz górą.

Infiltracja i eksfiltracja

Stały napływ powietrza do pomieszczenia (infiltracja) i jego odpływ (eksfiltracja) na zewnątrz dzięki porowatości ścian oraz nie szczelności okien i drzwi.

Wentylacja grawitacyjna

Wymaga połączenia pomieszczenia z otoczeniem za pomocą kanału wyprowadzonego ponad poziom dachu.

Powietrze zewnętrzne dopływa do pomieszczeń przez otwory o regulowanym otwarciu usytuowane w przegrodach zewnętrznych (nawiewniki).

Wywiew powietrza przez kanały - następuje, gdy temperatura powietrza na zewnątrz jest niższa od temperatury powietrza wewnątrz pomieszczenia.

Aeracja

Zorganizowana wymiana powietrza w pomieszczeniu poprzez specjalne otwory, uzyskana dzięki różnicy ciśnienia powietrza na zewnątrz i wewnątrz – stosowana najczęściej w zakładach przemysłowych do odprowadzania nadmiernych zysków ciepła oraz części gazów i pyłów.

Charakterystyka techniczna



LowTEMP2.0

Rodzaje systemów wentylacji i ich przeznaczenie

Zalety wentylacji naturalnej

- Niskie koszty eksploatacyjne i inwestycyjne (działanie wentylacji grawitacyjnej nie wymaga energii elektrycznej).
- Sprawdza się w pomieszczeniach, w których znajdują się kotły z otwartą komorą spalania lub kominki.
- Oszczędność miejsca - wymaga jedynie kanałów wywiewnych.

Wady wentylacji naturalnej

- Brak możliwości regulacji i kontroli nad procesem wentylacji.
- Brak możliwości oczyszczania - filtracji powietrza.
- Bardzo niska wydajność wentylacji latem.
- Duże straty ciepła zimą.
- Brak możliwości odzysku ciepła z wywiewanego powietrza.
- Powstawanie przeciągów.
- Często niedostateczna wymiana powietrza, co ma bezpośredni wpływ na samopoczucie mieszkańców.

Rodzaje systemów wentylacji i ich przeznaczenie

2. Wentylacja mechaniczna

Forma wentylacji, w której do kierowania przepływem powietrza w budynku wykorzystywane są urządzenia mechaniczne - wentylatory elektryczne.

Zalety wentylacji mechanicznej

- Zapewnia stałą wymianę powietrza niezależnie od zewnętrznych warunków pogodowych.
- Możliwość zaprogramowania sposobu i intensywności wymiany powietrza, która dostosowuje się do temperatury wewnętrznej i zewnętrznej.
- Możliwy odzysk ciepła z powietrza wywiewanego, co przyczynia się do znacznych oszczędności energii.
- Brak konieczności otwierania okien (brak przeciągów i hałasów zewnętrznych).
- Brak konieczności budowy kominów wymaganych przy wentylacji grawitacyjnej (uniknięcie ciągu wstecznego występującego w kanałach).

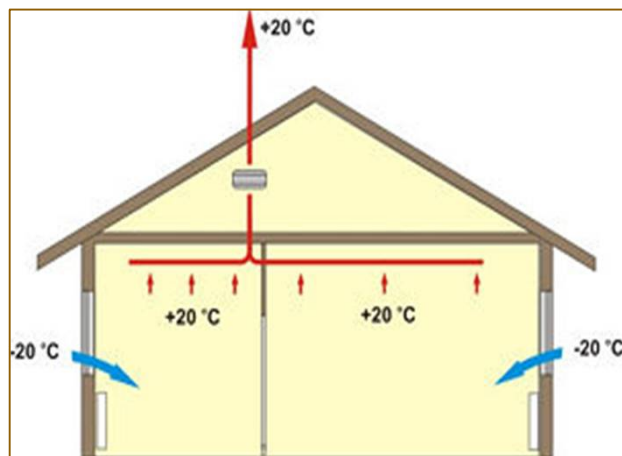
Wady wentylacji mechanicznej

- Wyższe niż w przypadku wentylacji grawitacyjnej nakłady inwestycyjne
- Konieczność rozprowadzenia kanałów wentylacyjnych w budynku
- Wymaga zasilania energią elektryczną (brak zasilania powoduje wyłączenie wentylacji).
- Dodatkowe koszty regularnej wymiany filtrów.
- Dodatkowe koszty cyklicznego czyszczenia kanałów wentylacyjnych

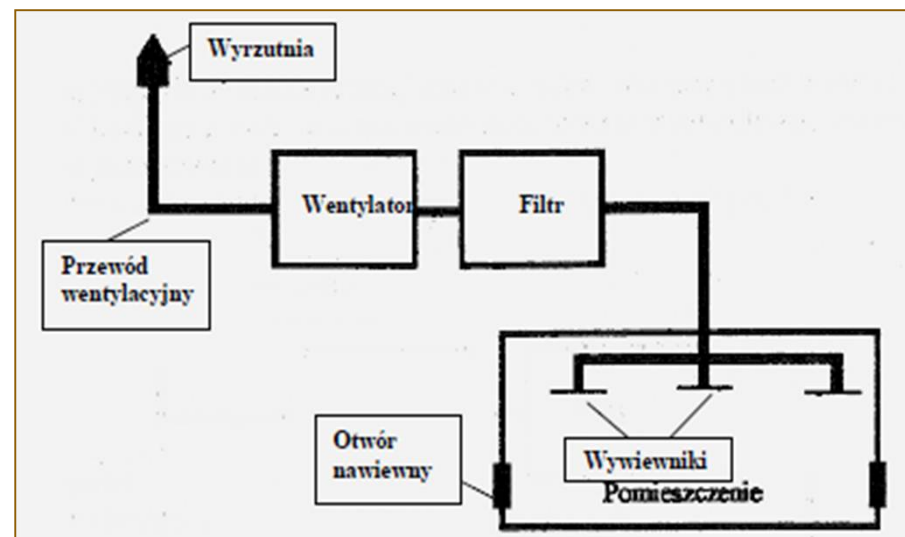
Rodzaje systemów wentylacji i ich przeznaczenie

2.1 Wentylacja wywiewna - wyciągowa

Powietrze jest odprowadzane z pomieszczeń wentylowanych przy pomocy wentylatora wytwarzającego podciśnienie. Dzięki podciśnieniu powietrze napływa do pomieszczeń infiltrując przez nieszczelności lub specjalnie wykonane otwory nawiewne.



Rys. 2: Ilustracja ogólnej zasady działania wentylacji wywiewnej.
Źródło: <https://www.linkair.pl/wentylacja/wentylacja-rodzaje>

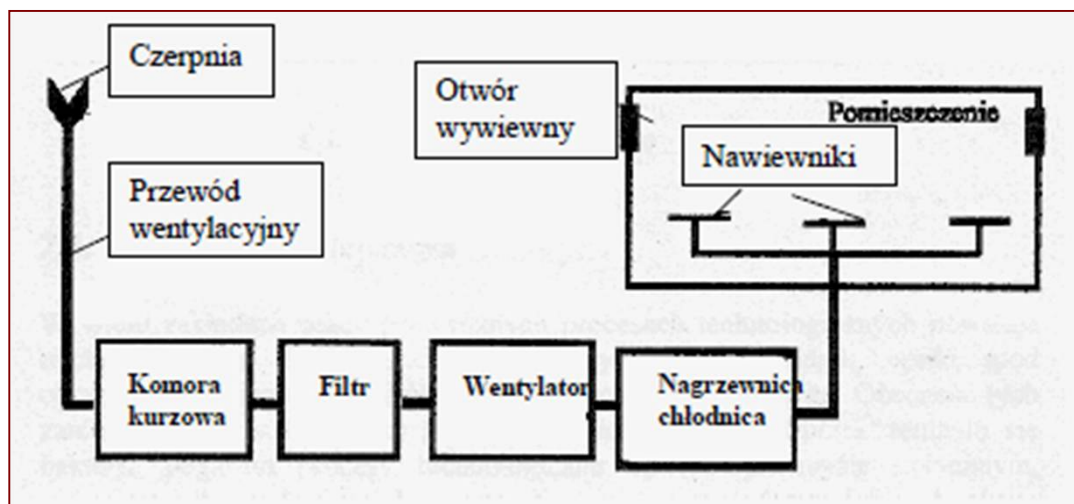


Rys. 3: Schemat wentylacji wywiewnej.
Źródło: M. Więcek. Wykonywanie i eksploatacja instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych [22]

Rodzaje systemów wentylacji i ich przeznaczenie

2.2 Wentylacja nawiewna

Powietrze jest doprowadzane do pomieszczeń wentylowanych przy pomocy wentylatora wytwarzającego nadciśnienie. Dzięki nadciśnieniu powietrze wypływa na zewnątrz lub do sąsiednich pomieszczeń przez nieszczelności, specjalne otwory lub przewody wywiewnej wentylacji grawitacyjnej.



System stosowany rzadko – przeważnie w pomieszczeniach, które mogą być źródłem poważnego wychłodzenia budynku (np. przedsionki teatrów, kin, pawilony wystawowe itp.)

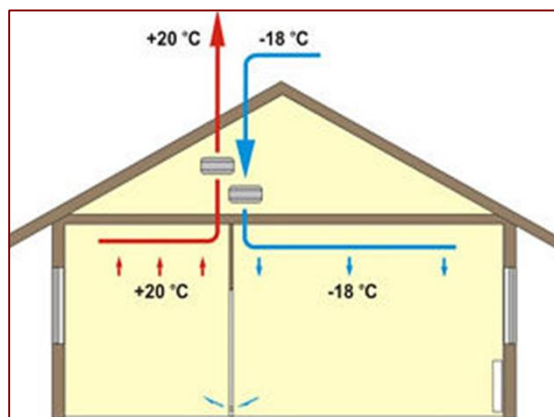
Rys. 4: Schemat wentylacji nawiewnej.

Źródło: M. Więcek. Wykonywanie i eksploatacja instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych [22]

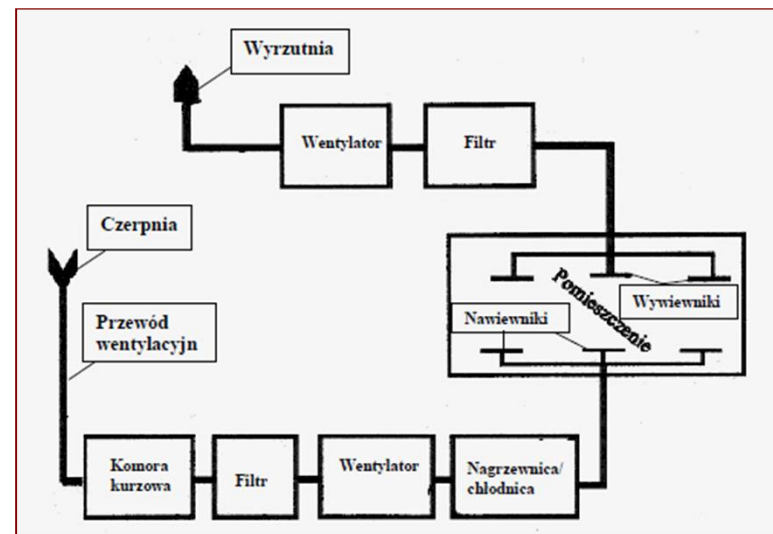
Rodzaje systemów wentylacji i ich przeznaczenie

2.3 Wentylacja nawiewno-wywiewna

Połączenie systemu wentylacji nawiewnej i wywiewnej. Składa się z zespołu nawiewnego i wywiewnego. Napływ świeżego powietrza i usuwanie zużytego następuje w sposób wymuszony za pomocą wentylatorów. Powietrze pobierane jest z zewnątrz przez czerpnię, a usuwane przez wyrzutnię najczęściej usytuowaną na dachu.



Rys. 5: Ilustracja ogólnej zasady działania wentylacji nawiewno-wywiewnej.
Źródło: <https://www.linkair.pl/wentylacja/wentylacja-rodzaje>

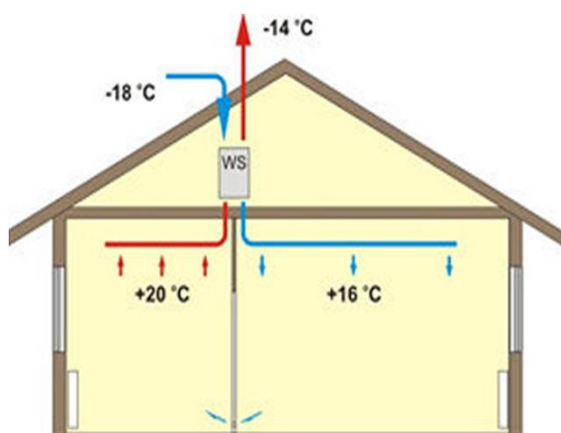


Rys. 6:
Schemat wentylacji nawiewno-wywiewnej.
Źródło: M. Więcek. Wykonywanie i eksploatacja instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych [22]

Rodzaje systemów wentylacji i ich przeznaczenie

2.3a Wentylacja nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła

Wentylacja nawiewno-wywiewna rozbudowana dodatkowo w urządzenie do odzysku ciepła z powietrza wywiewanego.



System pozwala na odzyskanie znacznej ilości ciepła z powietrza usuwanego z pomieszczeń.

Głównym elementem danego systemu wentylacyjnego oprócz wentylatora jest rekuperator, którego zadaniem jest wymiana ciepła.

Ciepło pobierane jest z powietrza odprowadzanego na zewnątrz i przekazywane powietrzu napływającemu.

Dzięki temu do budynku napływa wstępnie ogrzane powietrze.

Konstrukcja rekuperatora uniemożliwia mieszanie powietrza usuwanego ze świeżym.

Rys. 7: Ilustracja ogólnej zasady działania wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła.

Źródło: <https://www.linkair.pl/wentylacja/wentylacja-rodzaje>

Charakterystyka techniczna



LowTEMP2.0

Rodzaje systemów wentylacji i ich przeznaczenie

3. Wentylacja hybrydowa

System wentylowania pomieszczeń pracujący jako wentylacja grawitacyjna lub mechaniczna - w zależności od warunków zewnętrznych.

Na wylocie kanału grawitacyjnego osadzona jest nasada kominowa.

Jeśli warunki naturalne są sprzyjające, nasada nie pracuje - powietrze jest odprowadzane z pomieszczeń grawitacyjnie, a wiejący wiatr jest wykorzystywany do wytwarzania podciśnienia. Wentylacja pracuje wówczas jak tradycyjny system.

Jeśli natomiast warunki się zmieniają (np. z powodu silnego wiatru), nasada jest uruchamiana.

Włącza się wówczas wentylator, który gwarantuje właściwy ciąg.



Rys. 8: System wentylacji hybrydowej zainstalowany w budynku mieszkalnym.
Źródło: Polskie Składy Budowlane. [18]

Charakterystyka techniczna



LowTEMP2.0

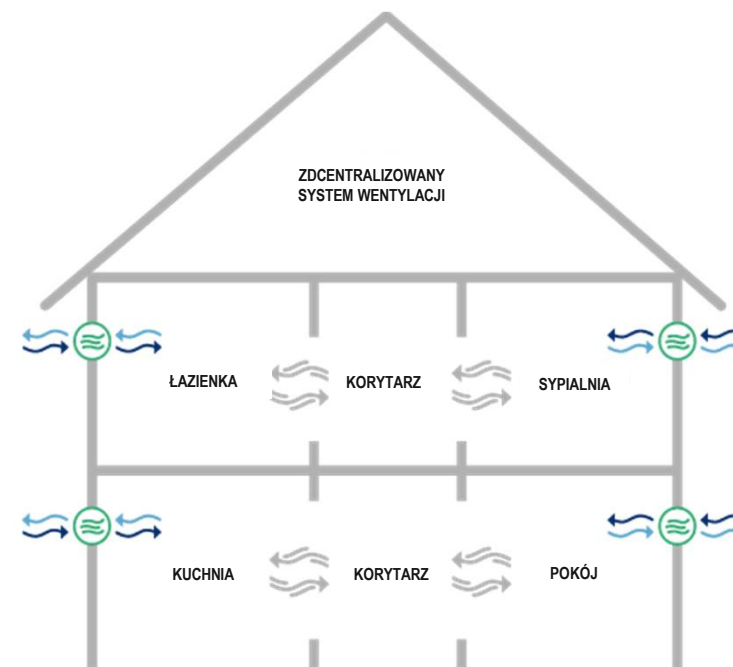
Zdecentralizowane systemy wentylacji mechanicznej

Systemy zdecentralizowane przeznaczone są do wentylacji (lub napowietrzania albo usuwania powietrza) indywidualnych pomieszczeń.

Do pomieszczeń wentylowanych doprowadzane jest powietrze z centrerek wentylacyjnych (z odzyskiem ciepła lub bez), które pracują parami w trybie „push-pull” (nawiew-wywiew).

Jednostki montowane są w ścianach i rozmieszczane w obszarze okien.

W przypadku pomieszczeń takich jak łazienki i kuchnie stosowane są samodzielne jednostki powietrza wywiewanego, działające niezależnie od siebie, usuwające powietrze zanieczyszczone wilgocią i zapachami z pomieszczeń.



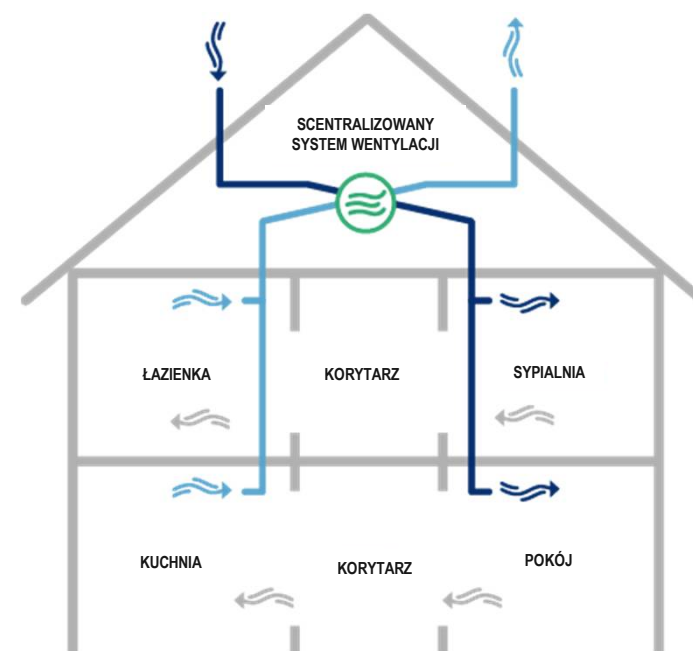
Rys. 9: Zdecentralizowane systemy wentylacyjne.
Źródło: Dierker Luft und Klima GmbH [2]

Scentralizowane systemy wentylacji mechanicznej

Systemy wentylacyjne z centralnym nawiewem i wywiewem oraz odzyskiem ciepła należy instalować w centralnym lub łatwo dostępnym miejscu obiektu.

W ten sposób przepływ powietrza na zewnątrz oraz nawiew i wywiew do i z pomieszczeń można zaprojektować w sposób oszczędzający miejsce i kompaktowy.

W domach jednorodzinnych centrale montuje się na ścianach, a w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych najczęściej ponad stropem ostatniej kondygnacji.



Rys. 10: Scentralizowane systemy wentylacyjne.
Źródło: Dierker Luft und Klima GmbH [2]

2. Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego

Funkcje ogólne systemów odzysku ciepła

Główne komponenty systemu wentylacji z odzyskiem ciepła

Rekuperacyjny odzysk ciepła

Regeneracyjny odzysk ciepła

Zalety i wady różnych systemów odzysku ciepła

Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego



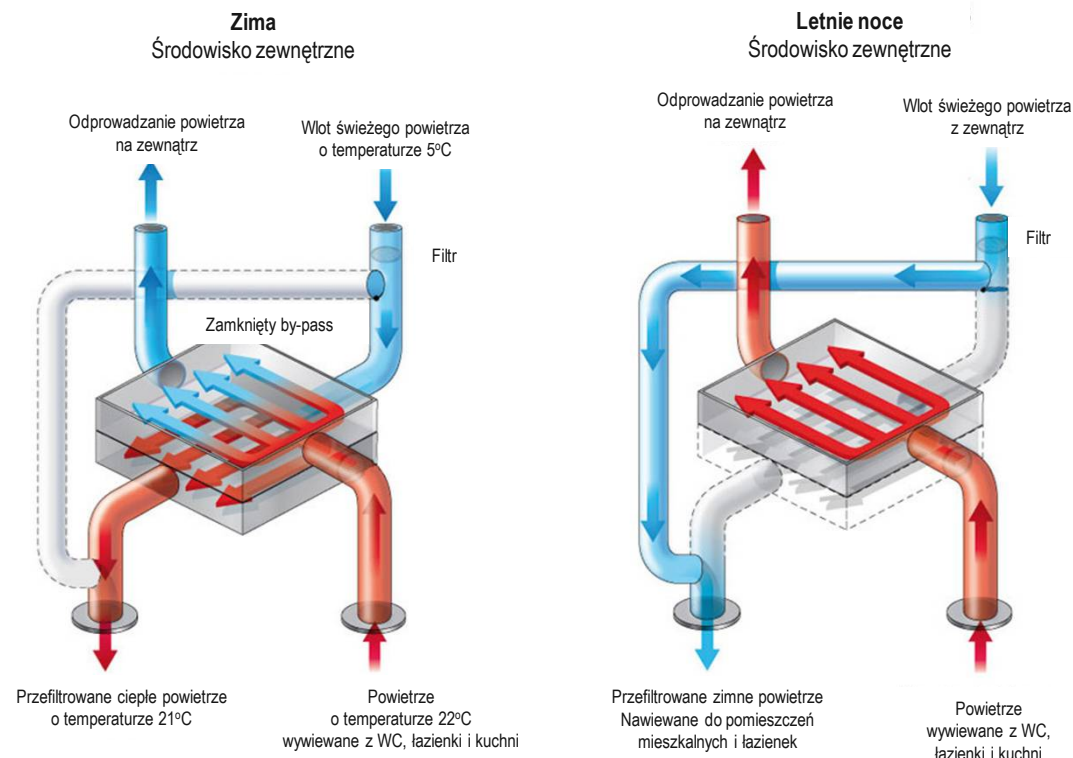
LowTEMP2.0

Funkcje ogólne systemu odzysku ciepła

System odzysku ciepła pozwala zminimalizować straty energii na podgrzanie powietrza wentylacyjnego. W przypadku stosowania systemów wentylacyjnych ze zintegrowanym odzyskiem ciepła możliwe jest nie tylko wstępne ogrzewanie, ale także chłodzenie powietrza w pomieszczeniach latem. Dodatkowo można filtrować kurz i pyłki, co również poprawia jakość powietrza w pomieszczeniach.

Sytuacje sezonowe

- **Zima**
Zimne powietrze zewnętrzne jest wstępnie podgrzewane przez ciepłe powietrze wywiewane z pomieszczeń i filtrowane.
- **Letnie noce**
Chłodne powietrze zewnętrzne kierowane jest do pomieszczenia przez obejście.



Rys. 11: Funkcje sezonowe systemów odzysku ciepła. Źródło: Atlantics Australasia [3]

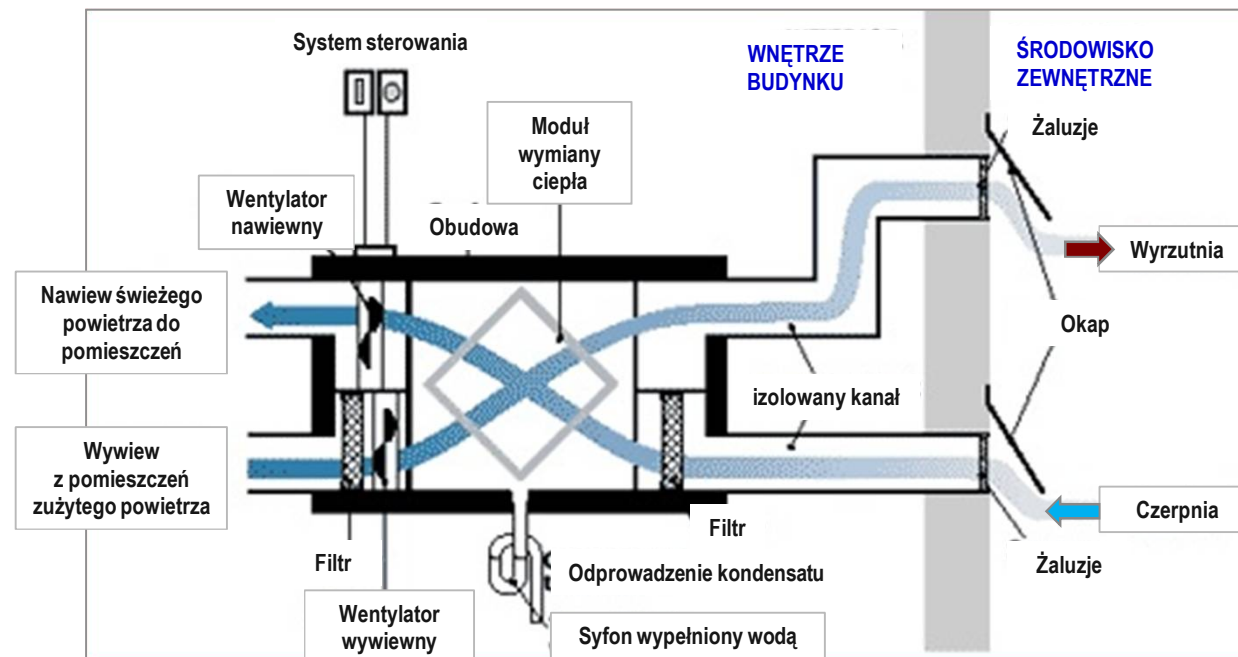
Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego



LowTEMP2.0

Główne komponenty systemu wentylacji z odzyskiem ciepła

- Czerpnia świeżego i wyrzutnia zużytego powietrza (zabezpieczone żaluzjami)
- Moduł wymiany ciepła (dostępne różne systemy)
- Nawiew świeżego powietrza & wywiew powietrza zużytego (praca wentylatorów)
- Filtry na wlotach powietrza (można filtrować pyłki i kurz)
- System odprowadzenia kondensatu
- Jednostka sterująca



Rys. 12: Elementy systemu wentylacji z odzyskiem ciepła. Źródło: One House Green [4]

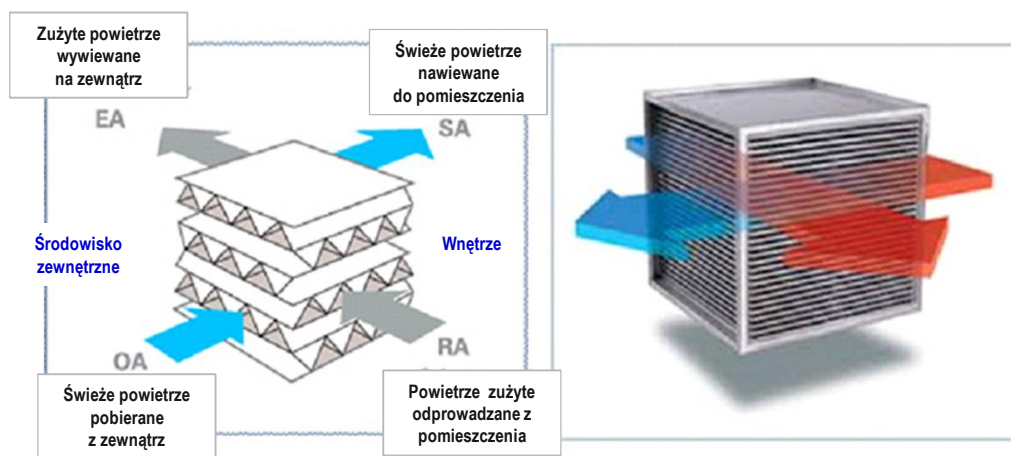
Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego



LowTEMP2.0

Rekuperacyjny odzysk ciepła

- Ciepło jest przekazywane bezpośrednio z jednego strumienia powietrza do drugiego poprzez cienkie płyty wymiennika.
- Brak połączenia między dwoma strumieniami powietrza → brak zanieczyszczeń.



Rys. 13: Płyty wymiennik ciepła. Źródło: NFAN [5]

Płyty wymiennik ciepła

- Pakiet cienkich płyt ze stali, aluminium lub tworzywa sztucznego z małymi odstępami między nimi
- Przez te przestrzenie naprzemiennie kieruje się strumień ciepłego i zimnego powietrza
- Ciepło jest przekazywane z jednego strumienia powietrza do drugiego
- Sprawność odzysku ciepła w zależności od typu wymiennika:
 - wymiennik krzyżowo-płyty: 50-60%
 - wymiennik przeciwprądowo-płyty (rys. 13): 70-90%
 - wymiennik spiralny: ponad 85%.

Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego



LowTEMP2.0

Regeneracyjny odzysk ciepła

- Ciepło jest przekazywane do stałego lub płynnego medium pośredniego.
- Medium przenosi ciepło do zimnego powietrza zewnętrznego.
 - Ciepło jest buforowane, a następnie uwalniane.

Rozwiązania techniczne

- Obrótowe wymienniki ciepła
- Wymiennik typu rurka ciepła
- Układy z cieczą pośredniczącą

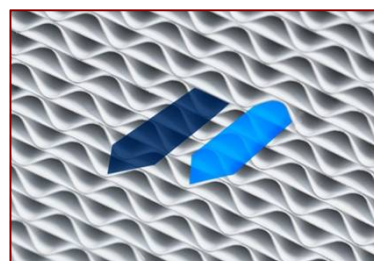
Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego



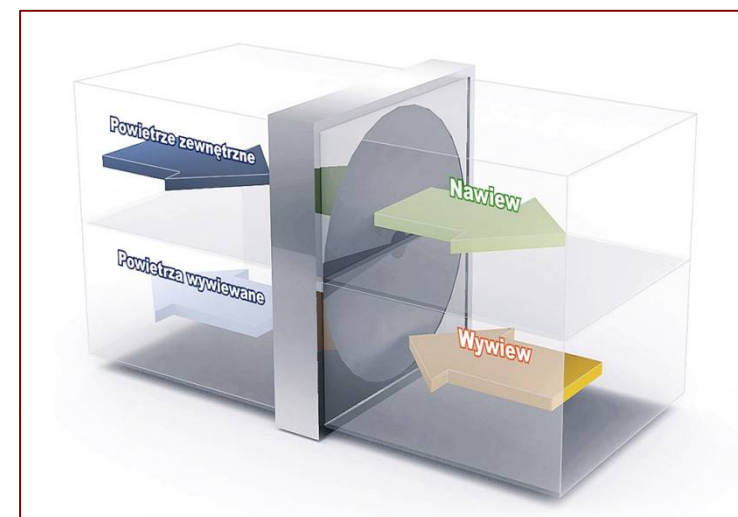
LowTEMP2.0

Obrotowe wymienniki ciepła

- Wirniki obrotowych wymienników ciepła zbudowane są z aluminium, posiadającego strukturę komórkową i bardzo wysoką przewodność cieplną.
- Poprzez masę akumulacyjną wirnika stale przepływa ciepłe powietrze wywiewane i zimne powietrze świeże.
- Powietrze zewnętrzne przepływa przez jedną połowę masy akumulacyjnej, powietrze wywiewane przez drugą, oddając zawarte ciepło do masy akumulacyjnej.
- Podgrzana połowa koła obraca się dalej do strumienia powietrza nawiewanego i oddaje swoje ciepło do wpływającego, chłodniejszego powietrza zewnętrznego.
- Powietrze nawiewane zostaje w ten sposób podgrzane i skierowane do wnętrza budynku.



Masa akumulacyjna obrotowego wymiennika ciepła



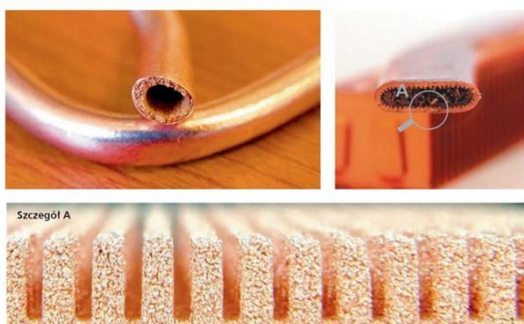
Rys. 14: Zasada działania obrotowego wymiennika ciepła. Źródło: Klingenburg USA [6]

Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego

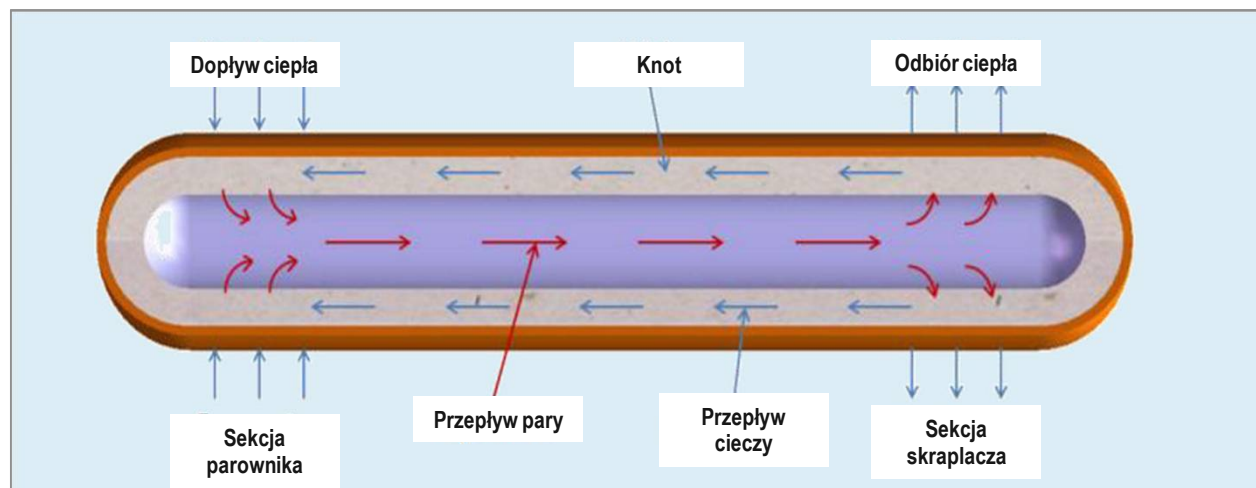


LowTEMP2.0

Wymienniki typu rurka ciepła



Rys. 16: Knot rurek ciepłych. Źródło: Elektronika B2B [19]



Rys. 15: Zasada działania rurki ciepłej.
Źródło: Cooliance [7]

- Rurki ciepłe pokryte są w środku porowatą strukturą określaną jako knot (najczęściej spieczony proszek miedziany) i wypełnione płynnym czynnikiem chłodniczym (najczęściej mieszanina wody i metanolu).
- Ciepłe powietrze wywiewane pełni rolę źródła ciepła → ciepło prowadzi do odparowania czynnika roboczego (sekcja parownika).
- Para przemieszcza się na drugi koniec rurki ciepła (do sekcji skraplacza).
- Zimne powietrze z zewnątrz przepływa przez ten koniec rurki ciepłej → para skrapla się i oddaje ciepło.
- Powietrze nawiewane jest wstępnie podgrzewane, a czynnik chłodniczy skroplony → cykl rozpoczyna się od nowa

Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego



LowTEMP2.0

Układy z cieczą pośredniczącą

- Wymiana ciepła odbywa się za pośrednictwem cieczy pośredniej (woda, roztwór wodny glikolu lub olej).
- Układ składa się z dwóch wymienników ożebrowanych po stronie powietrza (najczęściej wymienniki z rur miedzianych z żebrami aluminiowymi), łączących je przewodów oraz pompy cyrkulacyjnej.

Jeden wymiennik umieszczony jest w kanale powietrza wywiewanego, drugi – w kanale powietrza nawiewanego.

- Strumień powietrza o wyższej temperaturze przekazuje ciepło do cieczy pośredniczącej, która po przetłoczeniu do drugiego wymiennika oddaje to ciepło do strumienia powietrza o temperaturze niższej.

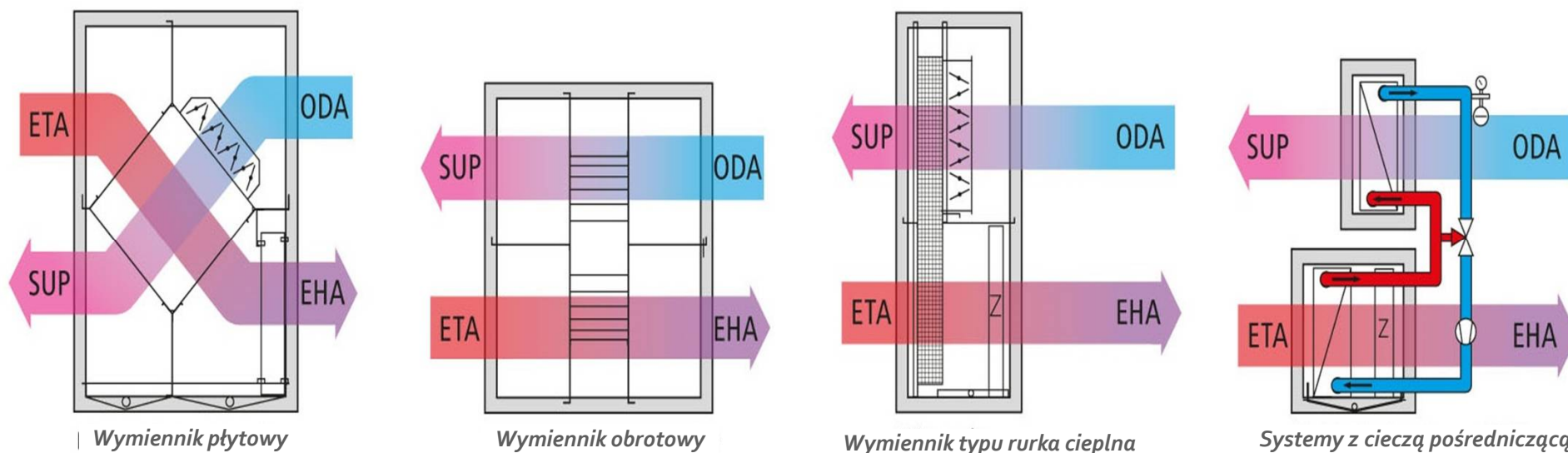
Możliwy jest zatem odzysk ciepła w zimie oraz chłodzenie powietrza nawiewanego latem za pomocą tego samego układu.

Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego



LowTEMP2.0

Zalety i wady różnych systemów odzysku ciepła



Rys. 17: Systemy odzysku ciepła. Źródło: KLAISS GmbH Apuso Lüftungstechnik [8]

Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego



LowTEMP2.0

SYSTEMY ODZYSKU CIEPŁA	ZALETY	WADY
Wymiennik płytowy	<ul style="list-style-type: none">Prostota konstrukcjiNie wymaga doprowadzenia dodatkowej energii spoza układuDuża pewność działania – brak części ruchomychMożliwość regulacji wydajności z wykorzystaniem upustu (by-pass)	<ul style="list-style-type: none">Możliwość występowania oszronienia już przy temperaturze -5°CDuże wymiary centrali z wymiennikiem płytowym.Występują nieszczelności w miarę zużywania się uszczelek.
Wymiennik obrotowy	<ul style="list-style-type: none">Prosta kompaktowa konstrukcjaWysoka sprawność odzysku ciepła (do 80%)Możliwy odzysk ciepła jawnego, jak i utajonegoŁatwy sposób unikania zjawiska oszroniania powierzchni wymiennikaMożliwość uzyskania płynnej regulacji wydajności	<ul style="list-style-type: none">Występowanie „przecieków” powietrza zużytego do strumienia powietrza świeżegoKonieczność doprowadzenia dodatkowej energii do napędu rotoraStosunkowo wysoka cenaKonieczność „zablokowania” centrali wywiewnej z nawiewną.

Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego

SYSTEMY ODZYSKU CIEPŁA	ZALETY	WADY
<p>Wymiennik typu rurka ciepła</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Duża przewodność cieplna i prawie izotermiczny proces przekazywania ciepła wewnątrz ciepłowodu ○ Niezawodność wynikająca z braku części ruchomych. ○ Brak konieczności doprowadzania energii napędowej. ○ Brak przecieków i możliwości mieszania się powietrza nawiewanego z wywiewnym ○ Niskie ryzyko szronienia aparatu (występuje dopiero przy temperaturze powietrza nawiewanego wynoszącej -18°C) ○ Sprawność odzysku ciepła od 50% do ponad 70%. ○ Łatwość czyszczenia zewnętrznej powierzchni wymiany ciepła. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Konieczność usytuowania kanału powietrza nawiewanego nad kanałem wywiewnym i jeden możliwy kierunek przekazywania ciepła w przypadku rurki ciepła pracującej w układzie grawitacyjnym. ○ Konieczność usytuowania kanału nawiewnego i wywiewnego obok siebie w przypadku dwukierunkowego przekazywania ciepła za pomocą rurek ciepła z wewnętrznym pokryciem kapilarno-porowatym ○ Stosunkowo duży koszt wymiennika.

Systemy odzysku ciepła z powietrza wywiewanego



LowTEMP2.0

SYSTEMY ODZYSKU CIEPŁA	ZALETY	WADY
Układ z cieczą pośredniczącą	<ul style="list-style-type: none">• Szczelność układu (brak możliwości mieszania się obydwu strumieni powietrza wymieniających ciepło).• Możliwość znacznego oddalenia od siebie kanałów nawiewnego i wywiewnego (ich liczba może być różna).• Wymiennik ciepła umieszczony w kanale powietrza nawiewnego może być wykorzystany w okresie letnim jako chłodnica powietrza.• Niskie ryzyko szronienia (występuje dopiero przy temperaturach powietrza nawiewanego od -15 do -18°C).• System może być instalowany w istniejących już instalacjach.• System łatwy w sterowaniu.	<ul style="list-style-type: none">• Konieczne ciągłego doprowadzenia energii napędowej (pompa).• Niska sprawność przekazywania ciepła, nie przekraczająca 55%.• Duży koszt instalacji.• W przypadku użycia roztworu glikolu jako medium pośredniczącego, istnieje zagrożenie dla środowiska naturalnego w sytuacji rozszczelnienia (glikol jest substancją trującą).

3. Inne przykłady odzysku ciepła z powietrza wentylacyjnego

Odzysk ciepła i pompy ciepła

Wentylacyjne pompy ciepła



Odzysk ciepła i pompy ciepła

Różne możliwości zastosowania pomp ciepła w systemie wentylacji z odzyskiem ciepła

- **Pompa ciepła do przygotowania ciepłej wody**
Ciepłe powietrze odprowadzane z budynku jest wykorzystywane do podgrzewania wody pitnej. Wymagane jest podłączenie do systemu magazynowania wody.
- **Wykorzystanie pompy ciepła do ogrzewania powietrznego**
Pompa ciepła odbiera ciepło z powietrza wywiewanego, a następnie podgrzewa powietrze świeże dostarczane do budynku.
Pompa ciepła może podgrzać powietrze nawiewane do poziomu wystarczającego do ogrzania wszystkich pomieszczeń wewnętrznych.

Inne przykłady odzysku ciepła z powietrza wentylacyjnego



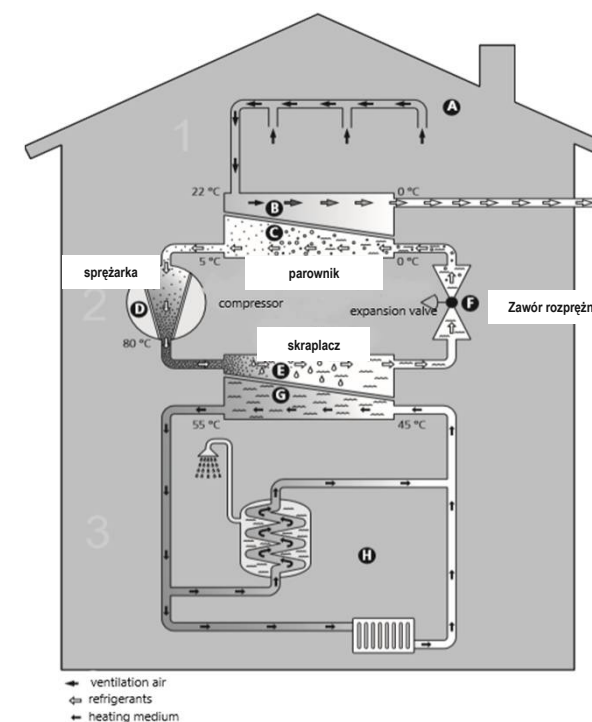
LowTEMP2.0

Wentylacyjne pompy ciepła

Ciepło zawarte w powietrzu wentylacyjnym wykorzystywane jest do ogrzewania budynków i przygotowania c.w.u.

Zamiana energii zawartej w powietrzu wentylacyjnym na energię grzewczą odbywa się w trzech różnych obiegach.

- **Obieg powietrza wentylacyjnego**
Ciepłe powietrze odprowadzane z budynku kierowane jest do parownika pompy ciepła, gdzie oddaje energię cieplną i jego temperatura gwałtownie spada. Zimne powietrze odprowadzane jest na zewnątrz.
- **Obieg chłodniczy**
Czynnik chłodniczy w parowniku odbiera ciepło z powietrza wentylacyjnego i odparowuje, a następnie kierowany jest do sprężarki napędzanej elektrycznie. Podczas sprężania gazu jego ciśnienie i temperatura znacznie wzrastają (od ok. 5 do 100°C). Ze sprężarki gaz jest tłoczony do skraplacza, gdzie ulega schłodzeniu i kondensacji. Następnie poprzez zawór rozprężny kierowany jest ponownie do parownika.
- **Obieg grzewczy**
Energia cieplna oddawana przez czynnik chłodniczy w skraplaczu przekazywana jest do czynnika grzewczego (medium – woda). Czynnik grzewczy o temperaturze ok. 55°C kierowany jest do zasobnika, gdzie podgrzewa ciepłą wodę, oraz do instalacji wewnętrznej centralnego ogrzewania.

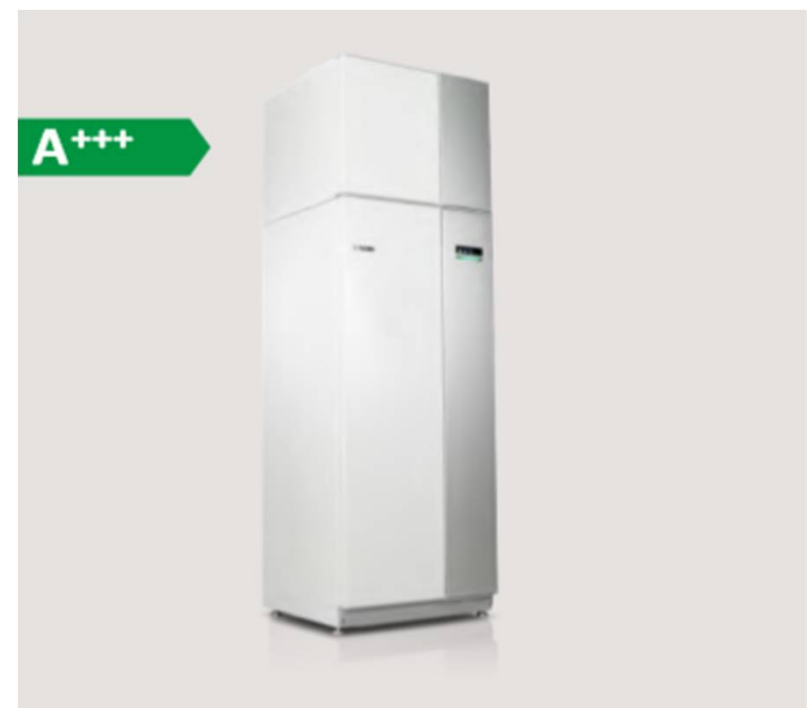


Rys. 18: Przykład zastosowania wentylacyjnej pompy ciepła.
Źródło: Better Planet [21]

Inne przykłady odzysku ciepła z powietrza wentylacyjnego

Przykładowe wentylacyjne pompy ciepła (NIBE 730/NIBE 750)

- Opracowane specjalnie dla nowoczesnych domów o niskich wymaganiach grzewczych
- Jednostki podstawowe umożliwiają wykorzystanie systemu na potrzeby ogrzewania, przygotowania ciepłej wody oraz wentylacji kontrolowanej z odzyskiem ciepła
- Stosowane w domach jednorodzinnych i wielorodzinnych o powierzchni mieszkalnej od 75 do 200 m²
- Jednostka podstawowa nie zajmuje więcej miejsca niż sprzęt AGD.

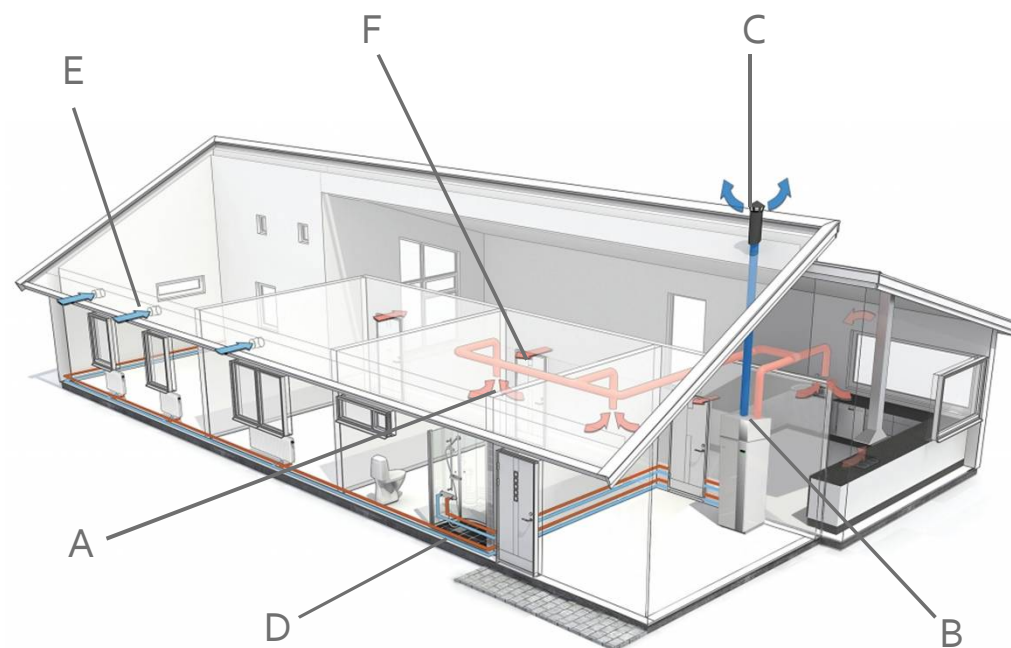


Rys. 19: Wentylacyjne pompy ciepła NIBE 730/NIBE 750.
Źródło: NIBE Systemtechnik GmbH [10]

Inne przykłady odzysku ciepła z powietrza wentylacyjnego

Zastosowanie wentylacyjnych pomp ciepła (na przykładzie systemu z jednostką F730)

- A:** Ciepłe powietrze z pomieszczenia jest kierowane do systemu kanałów
- B:** Ciepłe powietrze doprowadzane jest do wentylacyjnej pompy ciepła F730
- C:** Po przejściu przez jednostkę F730 powietrze o obniżonej temperaturze jest odprowadzane na zewnątrz
- D:** Jednostka F730 zaopatruje budynek w ciepłą wodę użytkową i ciepło na potrzeby ogrzewania
- E:** Powietrze zewnętrzne jest doprowadzane do budynku i ogrzewane zgodnie z wymaganiami
- F:** Powietrze jest kierowane z pomieszczeń wyposażonych w urządzenia nawiewne do pomieszczeń z punktami wywiewu



Rys. 20: Zasada działania wentylacyjnej pompy ciepła.
Źródło: NIBE Systemtechnik GmbH [9]

4. Systemy wentylacji z gruntowym wymiennikiem ciepła (GWC)

Systemy wentylacji z gruntowym wymiennikiem ciepła



LowTEMP2.0

Ogólna charakterystyka systemów wentylacji z gruntowym wymiennikiem ciepła (GWC)

Temperatura panująca na głębokości ok. 1,5 metra pod powierzchnią ziemi jest stała przez cały rok i wynosi około 4-7 °C. Zostało to wykorzystane w technologii GWC.

Instalacja na bazie gruntowego wymiennika ciepła służy do wstępnego ogrzewania (w zimie) lub chłodzenia (w lecie) powietrza wprowadzanego do budynków.

Największe zyski energetyczne daje instalacja zanurzona na głębokość około 4-5 m w gruncie. Minimalna głębokość wynosi 20 centymetrów poniżej głębokości przemarzania gruntu.

W zależności od sposobu wymiany ciepła GWC można podzielić na:

❑ Bezprzeponowe GWC

Przepływające powietrze ma bezpośredni kontakt z odpowiednio przygotowaną warstwą gruntu (wymienniki żwirowe i płytowe).
→ powietrze jest wstępnie podgrzewane lub schładzane dzięki stałej temperaturze gruntu.

❑ Przeponowe GWC

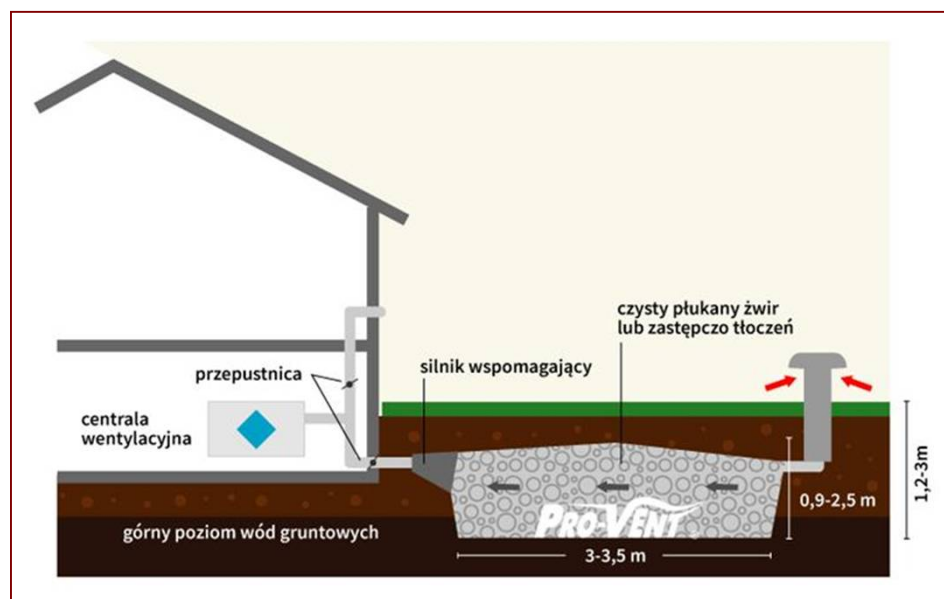
Istnieje warstwa oddzielająca (przepona) media, między którymi następuje wymiana ciepła (wymienniki rurowe).
→ medium jest wstępnie podgrzewane dzięki stałej temperaturze gruntu
→ ciepło jest przekazywane od medium do zimnego powietrza zewnętrznego
→ odwrotny mechanizm działa w chłodne letnie noce (schładzanie wstępne).

Systemy wentylacji z gruntowym wymiennikiem ciepła

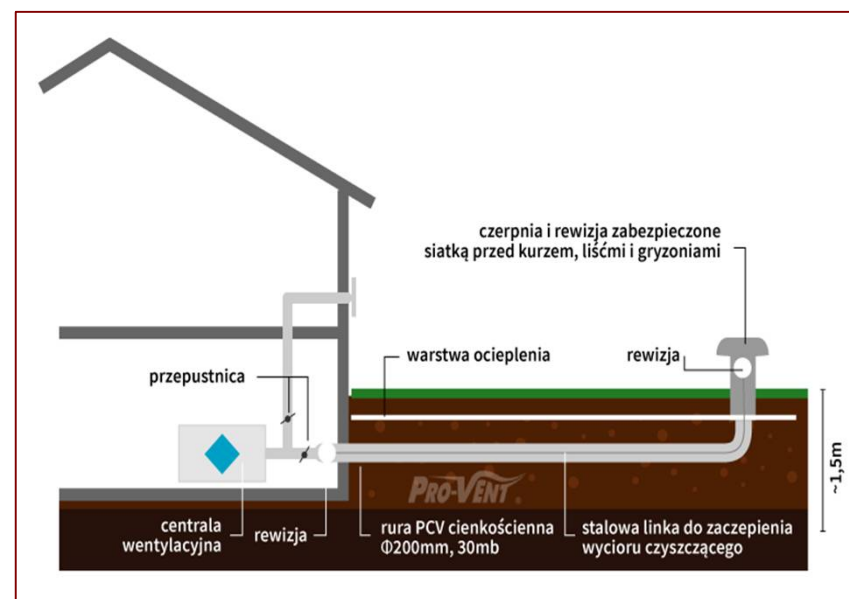


LowTEMP2.0

Systemy wentylacji z gruntowym wymiennikiem ciepła (GWC) – rozwiązania praktyczne



GWC ŻWIROWY (BEZPRZEPOŃOWY)



GWC RUROWY (PRZEPOŃOWY)

Rys. 21: Systemy z gruntowym wymiennikiem ciepła. Źródło: PRO-VENT [20]

5. Zdecentralizowana wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła

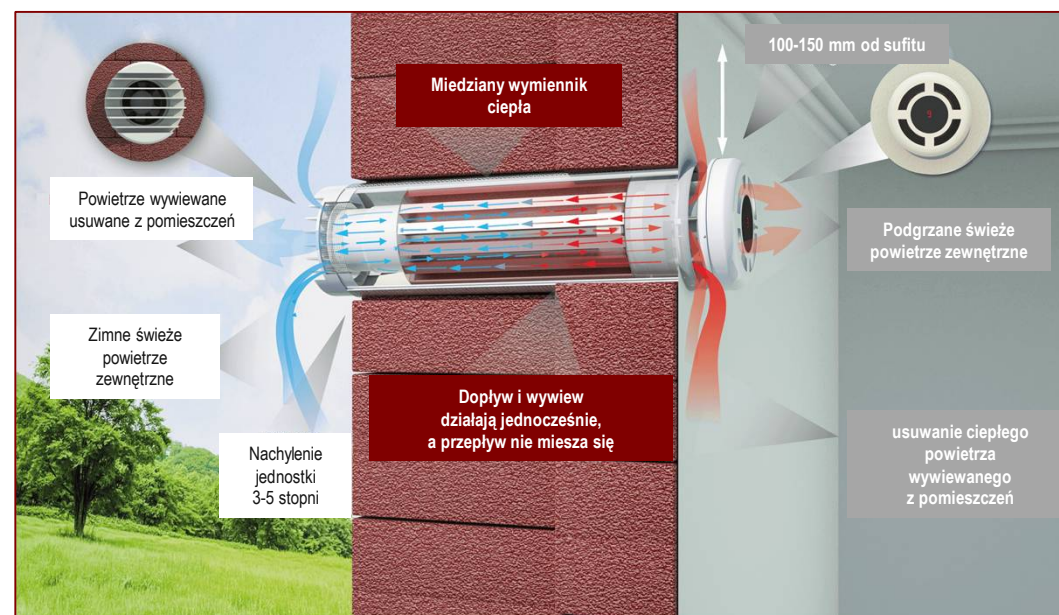
Zdecentralizowana wentylacja mechaniczna



LowTEMP2.0

Zdecentralizowana wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła – systemy PRANA

- Dwa strumienie powietrza przechodzą przez miedziany przeciwprądowy wymiennik ciepła (rekuperator) umieszczony wewnątrz modułu roboczego. Miedź będąc naturalnym środkiem antyseptycznym zapobiega gromadzeniu się szkodliwych bakterii w module roboczym i charakteryzuje się jednym z najwyższych współczynników przewodzenia ciepła.
- Drogi powietrza są oddzielone od siebie, zarówno wewnątrz modułu roboczego, jak i w strefach „wejście-wyjście”.
- Deklarowany współczynnik odzysku ciepła do 91%.
- Brak filtrów (miedziany wymiennik zapewnia dezynfekcję powietrza) – zerowe koszty konserwacji.
- Kompaktowe wymiary (cały moduł schowany w ścianie), łatwy i szybki montaż.



Rys. 22: Zdecentralizowany system wentylacyjny PRANA z odzyskiem ciepła.
Źródło: Ecostream [12]

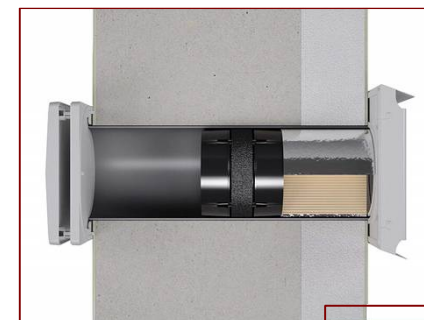
Zdecentralizowana wentylacja mechaniczna



LowTEMP2.0

Zdecentralizowana wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła – systemy inVENTer

- Systemy inVENTer składają się z central wentylacyjnych ułożonych parami, które działają w trybie push-pull i automatycznie przełączają się między trybem powietrza wywiewanego i nawiewanego.
- Komponenty: ceramiczny akumulator ciepła, wentylator cofania, podwójne deflektory powietrza do prostowania przepływu powietrza, filtry, zamykany panel wewnętrzny, kaptur chroniący przed deszczem i innymi warunkami atmosferycznymi.
- Wentylator centrali wentylacyjnej obraca się w jednym kierunku przez 70 sekund i transportuje zużyte powietrze na zewnątrz. Podczas tego procesu wewnętrzny rdzeń ceramiczny odbiera i magazynuje ciepło z powietrza usuwanego z wnętrza.
- Następnie zmienia się kierunek obrotów. Świeże powietrze z zewnątrz jest pobierane, podgrzewane w ceramicznym akumulatorze ciepła i doprowadzane do pomieszczenia.
- System wentylacji obsługiwany przez odpowiednie sterowniki.



Rys. 23: Zdecentralizowany system wentylacji z odzyskiem ciepła inVENTer.
Źródło : inVENTer GmbH [13]

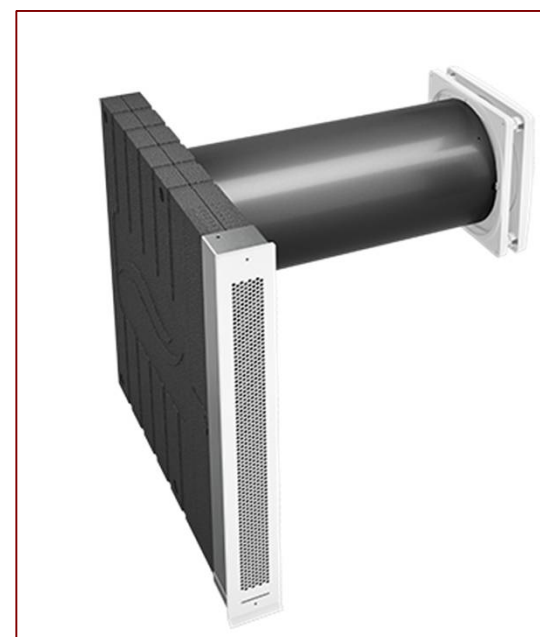
Zdecentralizowana wentylacja mechaniczna



LowTEMP2.0

Zdecentralizowane systemy wentylacyjne z odzyskiem ciepła do ościeży okiennych (systemy iV-Narożnik)

- Systemy przeznaczone do montażu w ościeżach okiennych zarówno nowych, jak i istniejących budynków (np. w przypadku ścian z izolacją termiczną).
- Otwór w ścianie musi znajdować się w bezpośrednim sąsiedztwie okna, ponieważ wlot i wylot powietrza odbywa się przez kratkę wentylacyjną w ościeżu okna.
- Kanał płaski układany jest wewnątrz izolacji w kierunku ościeża okiennego.
- Deklarowany odzysk ciepła: 87-94%.



Rys. 24: Zdecentralizowany system wentylacji do ościeży okiennych. Źródło: inVENTer GmbH [14]

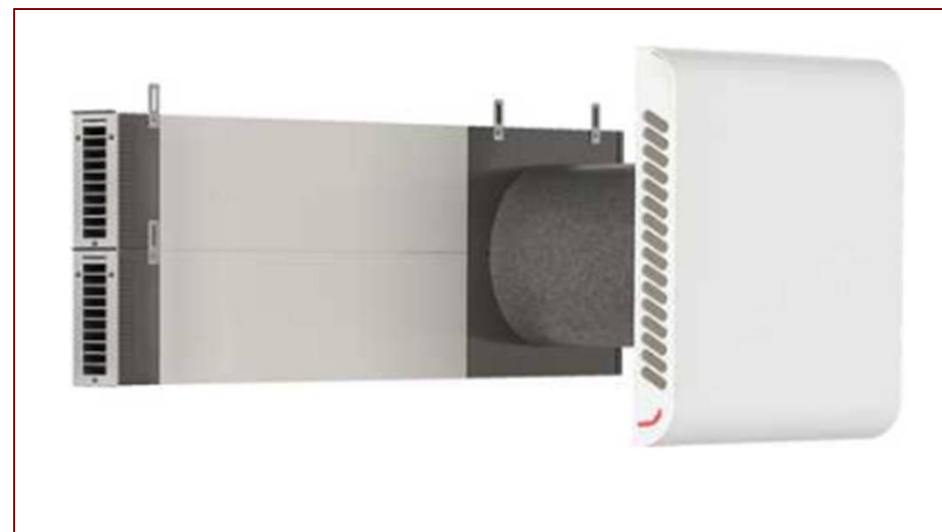
Zdecentralizowana wentylacja mechaniczna



LowTEMP2.0

Zdecentralizowane systemy wentylacyjne z odzyskiem ciepła do ościeży okiennych – moduły ościeżnicowe Zehnder

- Estetyczna integracja kanałów powietrza zewnętrznego i wywiewanego na elewacji domu
- Doskonałe wartości izolacji akustycznej
- Idealnie nadaje się do pomieszczeń mieszkalnych w centrum miasta



Rys. 25: Zdecentralizowany system wentylacji do ościeży okiennych Zehnder.
Źródło: Zehnder Group Deutschland GmbH [15]

Wyznaczanie sprawności urządzeń do odzysku ciepła



LowTEMP2.0

Procedury badania urządzeń do odzysku ciepła określają dokumenty normatywne:

- **PN-EN 308:2001**
Wymienniki ciepła. Procedury badawcze wyznaczania wydajności urządzeń do odzyskiwania ciepła w układzie powietrze-powietrze i powietrze-gazy spalinowe.
- **PN-EN 13141-7:2004**
Wentylacja budynków – Badanie właściwości elementów/wyrobów do wentylacji budynków mieszkalnych – Część 7: Badanie właściwości urządzeń mechanicznych nawiewu i wywiewu (uwzględniono odzysk ciepła) do instalacji wentylacji mechanicznej w budynkach jednorodzinnych.
- **PN-EN 13141-8:2006**
Wentylacja budynków – Badanie właściwości elementów do wentylacji budynków mieszkalnych – Część 8: Badanie właściwości bezkanałowych urządzeń mechanicznych nawiewu i wywiewu (uwzględniono odzysk ciepła) do instalacji wentylacji mechanicznej dla pojedynczych pomieszczeń.

Z reguły badania przeprowadzane są przy następujących parametrach powietrza: wlot powietrza tłoczonego : 25°C ; wlot powietrza zasysanego : 5°C.
Sprawności odzysku ciepła podawane przez producentów urządzeń charakteryzują wartości graniczne określone dla znormalizowanych warunków badań.

Przy ocenie efektywności energetycznej konkretnych systemów wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła z powietrza wywiewanego należy uwzględnić fakt, że średniosezonowe sprawności odzysku ciepła dla całego systemu (określone w zależności od warunków klimatycznych) są niższe od granicznych wartości sprawności samych urządzeń odzysku ciepła podawanych przez ich wytwórców.

1. Skuteczny system wentylacyjny stanowi jeden z kluczowych elementów każdego budynku - bez względu na jego przeznaczenie. Udział strat ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego (stanowiący około 30% wszystkich strat występujących w budynkach istniejących niepoddanych termomodernizacji) wzrasta do poziomu powyżej 60% w budynkach nowych oraz termomodernizowanych, charakteryzujących się wysoką izolacyjnością przegród budowlanych.
2. Systemy wentylacji naturalnej charakteryzują niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, jednakże nie zapewniają możliwości regulacji i kontroli nad procesem wentylacji, powodują duże straty energii w okresie zimowym (brak możliwości odzysku ciepła z powietrza wywiewanego) i często nie zapewniają dostatecznej wymiany powietrza.
3. Systemy wentylacji mechanicznej zapewniają stałą i kontrolowaną wymianę powietrza niezależnie od zewnętrznych warunków pogodowych oraz możliwość realizacji odzysku ciepła z powietrza wywiewanego, jednakże charakteryzują się wyższymi niż w przypadku wentylacji grawitacyjnej nakładami inwestycyjnymi oraz wymagają zasilania energią elektryczną, regularnej wymiany filtrów i cyklicznego czyszczenia kanałów wentylacyjnych.
4. Wentylacja hybrydowa łącząca wentylację naturalną z elementami wentylacji mechanicznej stanowi skuteczny sposób poprawy efektywności tradycyjnych systemów wentylacji w budynkach istniejących.
5. Stosowane systemy odzysku ciepła z powietrza wentylacyjnego posiadają zarówno zalety i wady, zaś ich zastosowanie wymaga przeprowadzenia szczegółowej analizy w każdym indywidualnym przypadku.

6. Wymienniki płytowe, w których stosowany jest regeneracyjny odzysk ciepła charakteryzują się prostotą konstrukcji i dużą niezawodnością działania oraz nie wymagają doprowadzenia do wymiennika dodatkowej energii, zaś ich sprawność odzysku ciepła (w zależności od typu wymiennika) kształtuje się na poziomie od 50÷60% do 85÷90%. Wadą jest natomiast możliwość wystąpienia oszronienia już przy temperaturze -5°C , duże wymiary centrali oraz możliwość występowania nieszczelności.
7. Obrotowe wymienniki ciepła z odzyskiem regeneracyjnym charakteryzuje prosta kompaktowa konstrukcja, praktycznie brak problemów ze zjawiskiem oszronienia i wysoka sprawność odzysku ciepła (do 80%), jednakże wymagają dodatkowej energii do napędu rotora. Wadą jest również możliwość występowania przecieków powietrza zużytego (wraz z możliwością powrotu zanieczyszczeń) do strumienia powietrza świeżego oraz stosunkowo wysoka cena.
8. Zaletą wymienników typu rurka ciepła (odzysk regeneracyjny) jest duża niezawodność (brak części ruchomych), brak konieczności doprowadzenia energii napędowej oraz brak możliwości mieszania się strumieni powietrza i wystąpienia ryzyka oszronienia do temperatury -18°C , zaś ich sprawność odzysku ciepła kształtuje się na poziomie od 50% do ponad 70%. Do wad danego systemu należą ograniczenia dotyczące lokalizacji kanałów nawiewnych i wywiewnych (jeden nad drugim lub obok siebie) oraz stosunkowo duży koszt wymiennika.

9. Układy regeneracyjnego odzysku ciepła z cieczą pośredniczącą charakteryzują się dużą szczelnością, niezależnością lokalizacji kanałów nawiewnych i wywiewnych oraz mniejsze ryzyko oszronienia do temperatury -15°C . Ich wadą jest jednakże konieczność doprowadzenia energii napędowej, ryzyko zagrożenia środowiska w przypadku zastosowania roztworu glikolu (przy rozszczelnieniu), duży koszt instalacji i stosunkowo niska sprawność odzysku ciepła (nie przekraczająca 55%).
10. Wentylacyjne pompy ciepła opracowane dla nowoczesnych domów o niskich wymaganiach grzewczych o powierzchni mieszkalnej od 75 do 200 m² umożliwiają odzysk ciepła z powietrza wentylacyjnego i wykorzystanie go do ogrzewania budynków i przygotowania ciepłej wody użytkowej.
11. Systemy wentylacji mechanicznej zdecentralizowanej pracujące w oparciu o miedziane przeciwprądowe wymienniki ciepła lub akumulatory ceramiczne mogą być montowane w ścianach (lub w ścianach i ościeżach okiennych) i mogą być stosowane w budynkach nowych, jak również stanowią alternatywne rozwiązanie służące poprawie systemów wentylacji w budynkach istniejących.



Wykaz źródeł

- [1] Velux Group. Ventilation and ventilation systems. <https://www.velux.com/what-we-do/research-and-knowledge/deic-basic-book/ventilation/ventilation-and-ventilation-systems>
- [2] Dierker Luft und Klima GmbH. <https://www.dierker.de/faq/>
- [3] Atlantics Australasia. <https://atlantics.com.au/optimocosy-ventilation/>
- [4] One House Green. <http://onehousegreen.com/heat-recovery-ventilator/>
- [5] Northern Fan Supplies (NFAN). https://www.nfan.co.uk/what_are_heat_recovery_systems
- [6] Klingenburg USA. Rotary Heat Exchangers. <http://www.klingenburg-usa.com/knowledge/rotary-heat-exchangers/>
- [7] Cooliance. <http://www.cooliance.com/NA/Technologies/Heat-Pipes/index.php>
- [8] KLAISS GmbH Apuso Lüftungstechnik. <https://www.apuso.de/lueftungstechnik/waermerueckgewinnung/>

Wykaz źródeł



LowTEMP2.0

- [9] NIBE Systemtechnik GmbH. <https://www.nibe.cz/grafika>
- [10] NIBE Systemtechnik GmbH. Produktflyer NIBE F730/F750. <https://www.nibe.eu/assets/documents/20730/639703-1.pdf>
- [11] Vallox GmbH. Planungshandbuch „Lüftungsspezialisten“. <https://vallox.de/Service/Downloads/Unterlagen?selection=handbuch>
- [12] Ecostream. The working principle of “Prana” recuperator. <https://ecostream.org.uk/decentralised-mechanical-ventilation-with-heat-recovery-dmvhr/>
- [13] inVENTer GmbH. <https://www.inventer.de/produkte/lueftungsgeraete/inventer-iv14r/>
- [14] inVENTer GmbH. <https://www.inventer.de/produkte/lueftungsgeraete/inventer-iv14r-corner/>
- [15] Zehnder Group Deutschland GmbH. <https://www.zehnder-systems.de/csy-neuheit-erweiterungen-dezentral>
- [16] Gaziński B., Krzyżaniak G. Technika klimatyzacyjna dla praktyków. Komfort cieplny, zasady obliczeń i urządzenia . Systherm serwis, Poznań 2005.

Wykaz źródeł



LowTEMP2.0

- [17] Nawiewniki okienne – montaż na starych oknach. Fot. Oknoplast. <http://www.e-okna.pl/a/nawiewniki-okienne-montaz-na-starych-oknach-19878.html>
- [18] Wentylacja hybrydowa – co to jest? Polskie Składy Budowlane. <https://www.grupapbs.com.pl/porady/porada/wentylacja-hybrydowa-co-to-jest.html>
- [19] D. Tomaszewski. Pasywne chłodzenie elektroniki – konstrukcja i zasada działania rurki cieplnej. <https://elektronikab2b.pl/technika/53894-pasywne-chlodzenie-elektroniki-konstrukcja-i-zasada-dzialania-rurki-cieplnej>
- [20] PRO-VENT. Wymiennik gruntowy rurowy czy płytowy. <https://www.pro-vent.pl/gwc-co-to-jest-gruntowy-wymiennik-ciepla/>
- [21] Better Planet. Exhaust air heat pumps. <https://www.betterplanet.co.uk/exhaust-air-heat-pumps>
- [22] M. Więcek. Wykonywanie i eksploatacja instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych 311 [39]. Z2.05. Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy. Radom 2007.

Dane kontaktowe



LowTEMP2.0

ZEBAU GmbH

Centre for Energy, Construction, Architecture
and the Environment

Jan Gerbitz / Andreas Broßette / Merle Petersen

Große Elbstraße 146
22767 Hamburg
Germany

E-mail: info@zebau.de
Tel: +49 40 - 380 384 - 0
www.zebau.de

Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk

Teresa Żurek
Zakład Fizycznych Aspektów Ekoenergii

ul. Fiszer 14
80-231 Gdańsk
Polska

E-mail: tzurek@imp.gda.pl
Tel: +48 608 062 533
www.imp.gda.pl