

O RODZAJACH REKUPERATORÓW, CZYLI RÓŻNE WYMIENNIKI, RÓŻNE EFEKTY

Odzysk ciepła i... wilgoci

Wentylacja mechaniczna w domach jednorodzinnych (potocznie zwana rekuperacją) wraz z fotowoltaiką oraz pompami ciepła, jest najszybciej rozwijającą się gałęzią budownictwa. Zmiany przepisów w 2021 roku, dotyczące zużycia energii pierwotnej na potrzeby codziennego użytkowania budynku, spowodowały gwałtowny wzrost zainteresowania tematyką rekuperacji.

Warto zaznaczyć, że rekuperacja jest tematem nośnym od dłuższego czasu, a zmiany w przepisach są kolejnym elementem, który napędza kulę śnieżną, jaką jest temat świeżego, czystego powietrza, które zapewnia komfort życia na co dzień. Poza przepisami, kluczowym aspektem w kontekście popularyzacji domowej wentylacji mechanicznej, jest słaba jakość powietrza i związane z nią nagłaśnianie tego tematu przez media. Ze względu na bardzo niski udział OZE (odnawialne źródła energii) w pozyskiwaniu energii, Polska nadal boryka się z problemem wszechobecnego smogu. Ten fakt przyczynił się do zwiększenia świadomości ludzi, jak ważna jest jakość powietrza, którym oddychamy, a w konsekwencji spopularyzowania wentylacji mechanicznej w domach. W mojej opinii to nie zmiana przepisów, lecz praca u podstaw osób związanych z branżą HVAC, doprowadziła nas do miejsca, w którym to inwestor szuka informacji o tym, jak sprawić, żeby oddychać zdrowym, czystym powietrzem.

WILGOTNOŚĆ POWIETRZA

Komfortowa jakość powietrza kojarzona jest głównie z odpowiednią temperaturą powietrza, niskim stężeniem pyłów PM, czy też niską zawartością CO₂. W tych rozważaniach bardzo często pomija się kwestię wilgotności powietrza, która warunkuje szereg aspektów życia i wydaje się być jednym z kluczowych elementów, wpływających na komfort dnia codziennego. Wilgotność powietrza wpływa bezpośrednio na nasze samopoczucie, problemy zdrowotne, rozwój grzybów i bakterii, przenoszenie wirusów czy też trwałość materiałów budowlanych. W tym miejscu pojawia się zatem pytanie, w jaki sposób możemy zapewnić odpowiednią wilgotność powietrza w domu i czy możemy wykorzystać w tym celu rekuperację?

Odpowiednia wilgotność względna powietrza w budynku dla standardowej temperatury +/-20°C, to ta z zakresu 40÷60%. W okresie letnim wysoka zawartość pary wodnej w powietrzu sprawia,

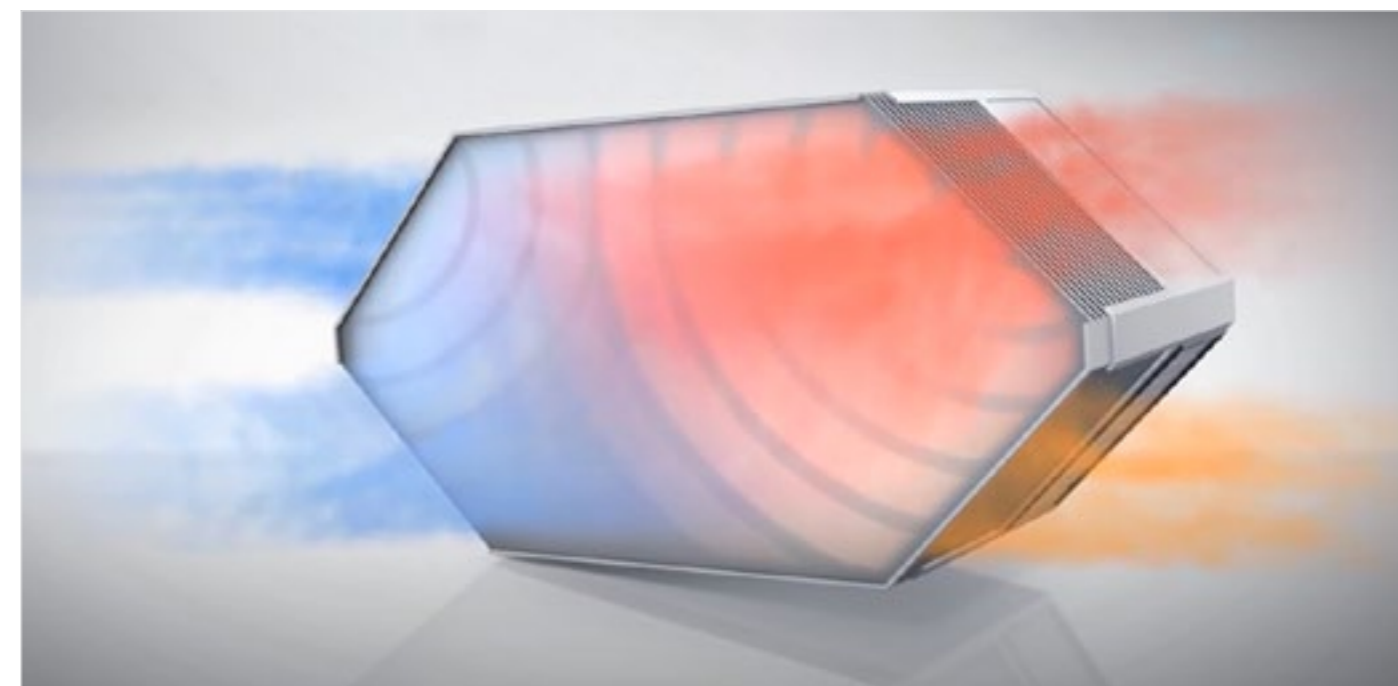
że nie mamy problemu z osiągnięciem tej wartości. W tym czasie, dużo częstszym problemem jest zbyt wysoka wilgotność powietrza, szczególnie w okresach deszczowych. Kłopot z utrzymaniem odpowiedniej wilgotności powietrza pojawia się w okresie zimowym, kiedy ilość pary

wodnej, zgromadzonej w powietrzu jest niska. Zyski pary wodnej, generowane przez domowników, nie wystarczają na pokrycie strat, wywołanych przez ciągłą pracę wentylacji mechanicznej. Najbardziej efektywnym sposobem kontroli wilgotności powietrza jest wykorzystanie nawilżacza oraz osuszacza. Praktyka pokazuje jednak, że standardowa rodzina może utrzymać odpowiedni poziom wilgotności względnej w domu, wykorzystując rekuperator z wymiennikiem ciepła, odzyskującym wilgoć.

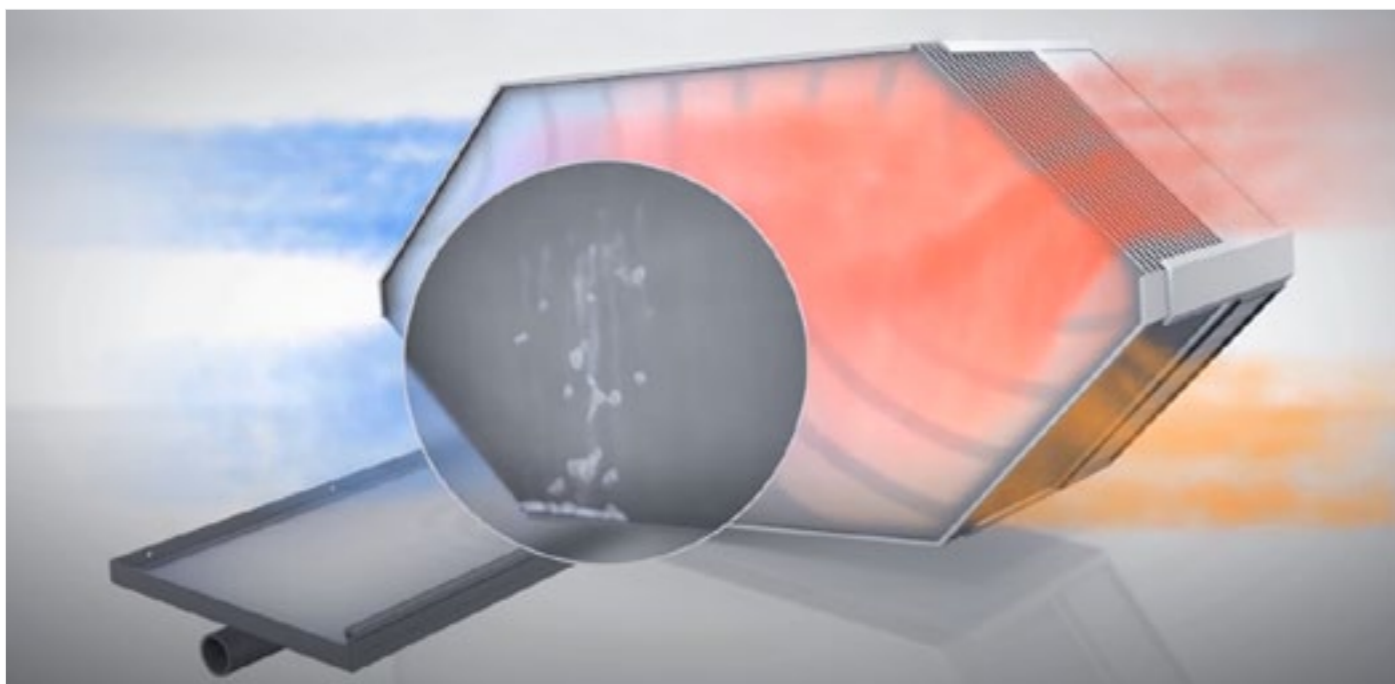
ADRIAN ZAGULSKI

KONDENSACYJNY, PRZECIWPŁĄDOWY WYMIENNIK CIEPŁA

Kondensacyjne, przeciwprądowe wymienniki ciepła (zwane też płytowymi), stosowane w rekuperacji, wykonane są z polipropylenowych płyt, tworzących przestrzenie, w których naprzemiennie, w przeciwległych kierunkach przepływa świeże powietrze zewnętrzne oraz zużyte powietrze wewnętrzne (rys. 1). Odzysk energii jest oparty o proces rekuperacji (stąd również pochodzi potoczna nazwa wentylacji mechanicznej,



1 Przepływ powietrza w przeciwprądowym wymienniku ciepła



2 Kondensacja wilgoci wewnątrz przeciwprądowego wymiennika ciepła

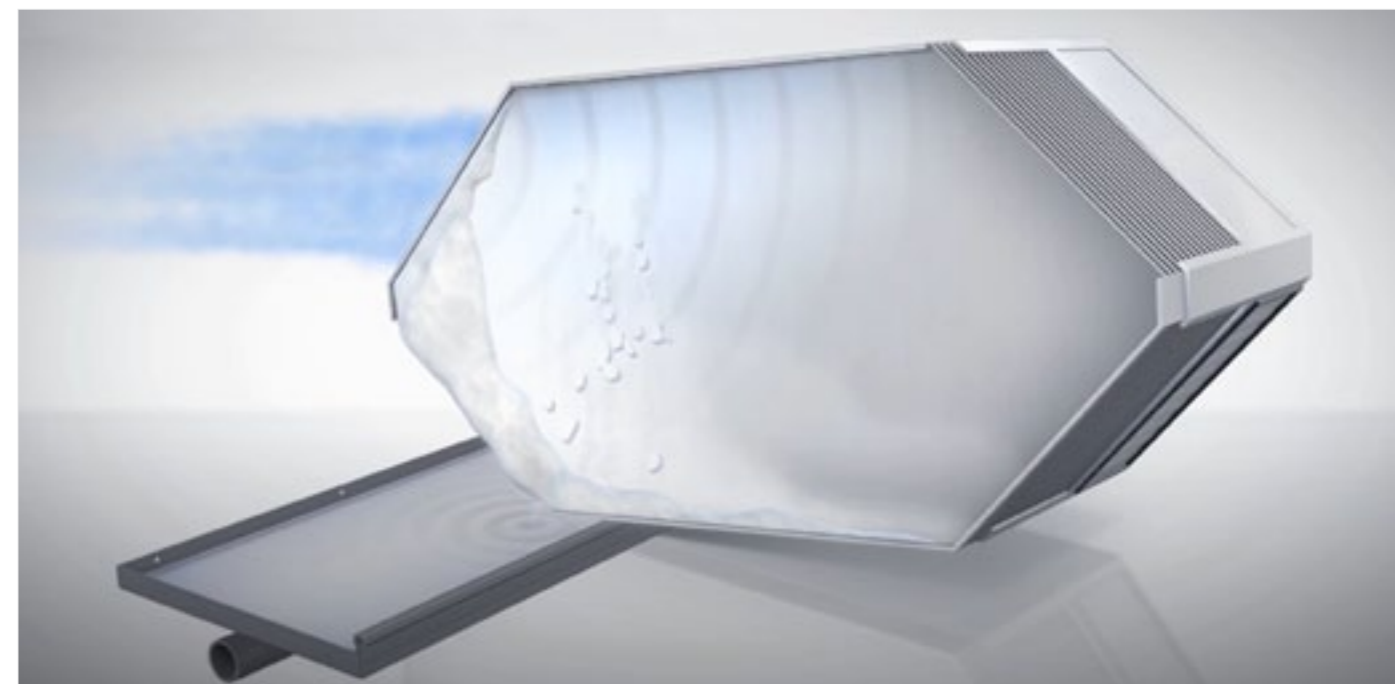
przeznaczonej dla budynków mieszkalnych – rekuperacja). W trakcie procesu rekuperacji, strumienie powietrza zewnętrznego oraz wewnętrznego nie stykają się bezpośrednio z tą samą powierzchnią. Zjawisko wymiany energii, zachodzi przez przewodzenie zgromadzonej energii między sąsiadującymi przestrzeniami płyt wymiennika ciepła. Proces rekuperacji gwarantuje zarówno odzysk ciepła w okresie zimowym, jak również odzysk chłodu w okresie letnim.

W wymienniku przeciwprądowym odzysk energii opiera się o długi czas obcowania strumieni powietrza z jego płytami. W momencie gdy różnica temperatury powietrza zewnętrznego oraz wewnętrznego jest wysoka, zostaje osiągnięty punkt rosy, co powoduje kondensację zgromadzonej w powietrzu wilgoci, stąd nazwa wymiennika – kondensacyjny, przeciwprądowy.

W okresie zimowym różnica temperatury powietrza zewnętrznego oraz wewnętrznego jest bardzo wysoka i może osiągnąć wartość nawet 40 K. W związku z tym kondensacja wilgoci jest zja-

wiskiem ciągłym (rys. 2). Wykroplony kondensat zostaje odprowadzony na tacę ociekową, a jego nadmiar częściowo zamarza, blokując przestrzenie, którymi przepływa powietrze. Proces ten popularnie nazywany jest szronieniem wymiennika (rys. 3). Z uwagi na ten fakt, wymienniki przeciwprądowe są w stanie pracować w sposób stabilny do temperatury -4°C , przy spadku temperatury poniżej tej wartości, musi zostać uruchomione jedno z zabezpieczeń przeciwwymroziowych. Centrale wentylacyjne z wymiennikami płytowymi są wyposażone w systemy zabezpieczające w postaci pustej komory z przepustnicą, zlokalizowanej obok wymiennika (potocznie zwane by-passem), wstępnej nagrzewnicy elektrycznej czy też algorytmów regulujących pracę wentylatorów.

Wymiennik ten nie odzyskuje wilgoci, oznacza to, że całość zgromadzonej w powietrzu wywiewanym pary wodnej, zostaje bezpowrotnie usunięta z pomieszczeń.



3 Proces szronienia wymiennika ciepła – zamarzanie wykroplonego kondensatu

Niska popularność nawilzaczy powietrza oraz brak możliwości odzysku wilgoci w okresie zimowym, powoduje, że bardzo często jedynym sposobem, pozwalającym na ograniczenie usuwania pary wodnej z budynku, jest obniżenie przepływu powietrza. Warto jednak wiedzieć, że niższa intensywność wymiany powietrza, może przekładać się na spadek ogólnego komfortu.

W okresie letnim warunki pozwalające na osiągnięcie punktu rosy występują niezwykle rzadko, dlatego też kondensacja wilgoci jest znikoma lub nie występuje w ogóle. Kondensacyjne, wymienniki przeciwprądowe idealnie sprawują się w klimacie umiarkowanym, który ze względu na stosunkowo wysoką temperaturę w okresie zimowym, pozwala na osiągnięcie bardzo wysokich sprawności odzysku energii, na poziomie nawet 95%, bez wykorzystania dodatkowych elementów zabezpieczających w postaci np. nagrzewnicy wstępnej. Brak odzysku wilgoci w okresie zimowym powoduje, że wymienniki te idealnie sprawują się w przypadku gdy w po-

mieszczeniach mamy nadmierne zyski wilgoci, których nie chcemy zawrócić do pomieszczeń.

ENTALPICZNY, PRZECIWPŁĄDOWY WYMIENNIK CIEPŁA

Zasada działania entalpicznego, przeciwprądowego wymiennika ciepła jest podobna do kondensacyjnego, przeciwprądowego wymiennika ciepła i również polega na wykorzystaniu procesu rekuperacji. Różnica polega na zastosowaniu innego materiału, z którego wykonane są jego płyty. Płyty entalpicznych, przeciwprądowych wymienników ciepła zbudowane są z biologicznej membrany polimerowej. Materiał, z którego wykonana jest membrana, można zdefiniować jako selektywny filtr, który umożliwia transfer pary wodnej (wilgoci) przez jego strukturę. Co do zasady, membrana umożliwia dyfuzję cząsteczek pary wodnej, a strumienie powietrza dążą do wyrównania entalpii po obu jej stronach. Mówiąc najprościej, dążą do wyrównania

energii, którą przenoszą (na którą składa się ciepło jawne oraz utajone). Dodatkowym plusem wymienników z membran polimerowych jest większy zakres pracy, bez konieczności wykorzystania dodatkowych elementów zabezpieczających (nawet do -8°C).

Proces rekuperacji w wymienniku entalpicznym zapewniony jest odzysk ciepła oraz częściowy odzysk wilgoci zarówno w okresie letnim, jak również zimowym.

W związku z tym, że wilgoć jest transferowana na zasadzie wyrównania stanu nasycenia, odzysk wilgoci występuje również w okresie letnim,

pod warunkiem, że zawartość wilgoci w powietrzu wewnętrznym jest większa od zawartości wilgoci w powietrzu zewnętrznym.

Entalpiczny, przeciwprądowy wymiennik ciepła jest bardzo ciekawą alternatywą dla kondensacyjnego, przeciwprądowego wymiennika ciepła. Ma cechy, które gwarantują stabilną pracę w ujemnej temperaturze. Warto jednak pamiętać, że rekuperatory z tego typu wymiennikami, mimo wszystko są wyposażone w systemy zabezpieczające w postaci przepustnicy by-passu, nagrzewnicy elektrycznej czy też algorytmów, regulujących pracę wentylatorów. Częściowy odzysk wilgoci w okresie zimowym sprawia, że komfort życia jest dużo wyższy, należy jednak mieć na uwadze fakt, że w okresie letnim również mogą wystąpić dni w których będzie realizowany proces odzysku wilgoci.

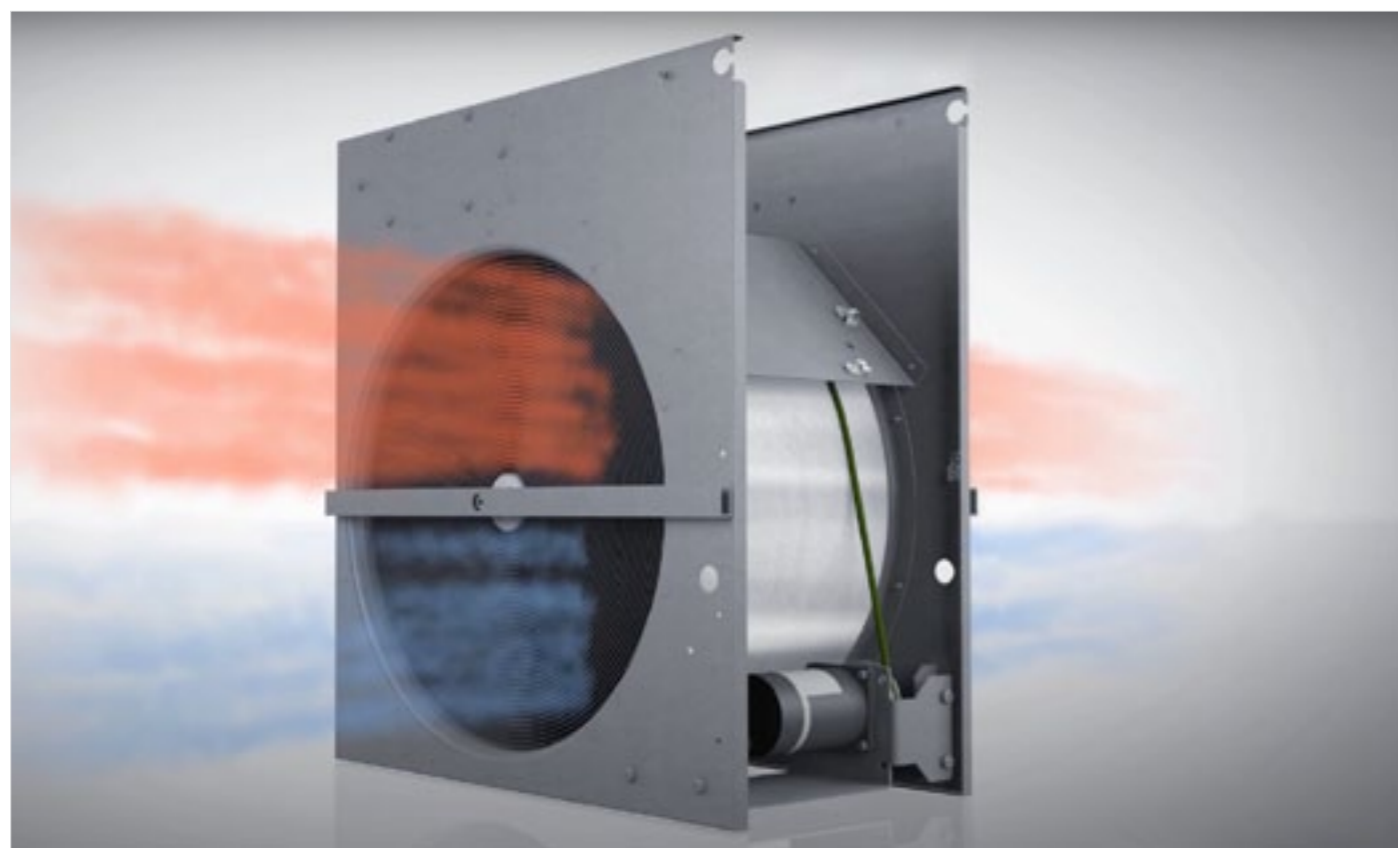
KONDENSACYJNY, OBROTOWY WYMIENNIK CIEPŁA

Kondensacyjny, obrotowy wymiennik ciepła, wykonany jest z naprzemiennie ułożonej, płaskiej oraz karbowanej blachy aluminiowej, która tworzy niewielkie kanaliki – całość wymiennika stanowi masę akumulacyjną. W standardowych regeneracjach, dolną częścią wymiennika dostarczane jest świeże powietrze zewnętrzne, natomiast górną częścią – zużyte wewnętrzne (rys 4.). Odzysk energii jest oparty o proces regeneracji. Charakterystyką procesu regeneracji jest fakt, że strumienie powietrza zewnętrznego oraz wewnętrznego, naprzemiennie omywają tę samą powierzchnię wymiennika, dzięki czemu może być realizowana wymiana energii oraz masy, w postaci wilgoci (rys. 5). Wymiennik obrotowy cyklicznie

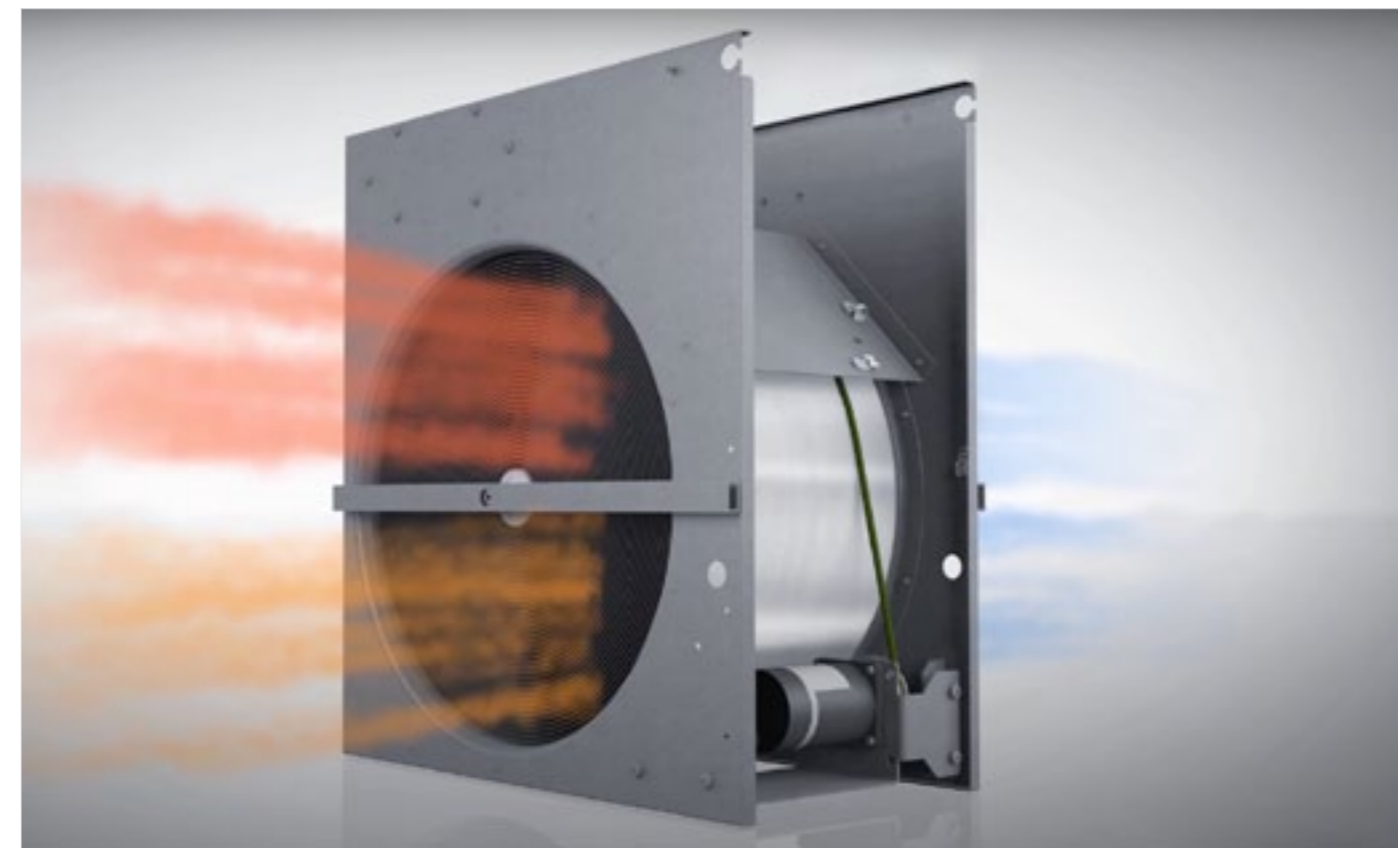
obraca się, naprzemiennie znajdując się w otoczeniu powietrza zewnętrznego oraz wewnętrznego.

Proces regeneracji zapewnia odzysk ciepła oraz częściowy odzysk wilgoci w okresie zimowym, jak również odzysk chłodu w okresie letnim.

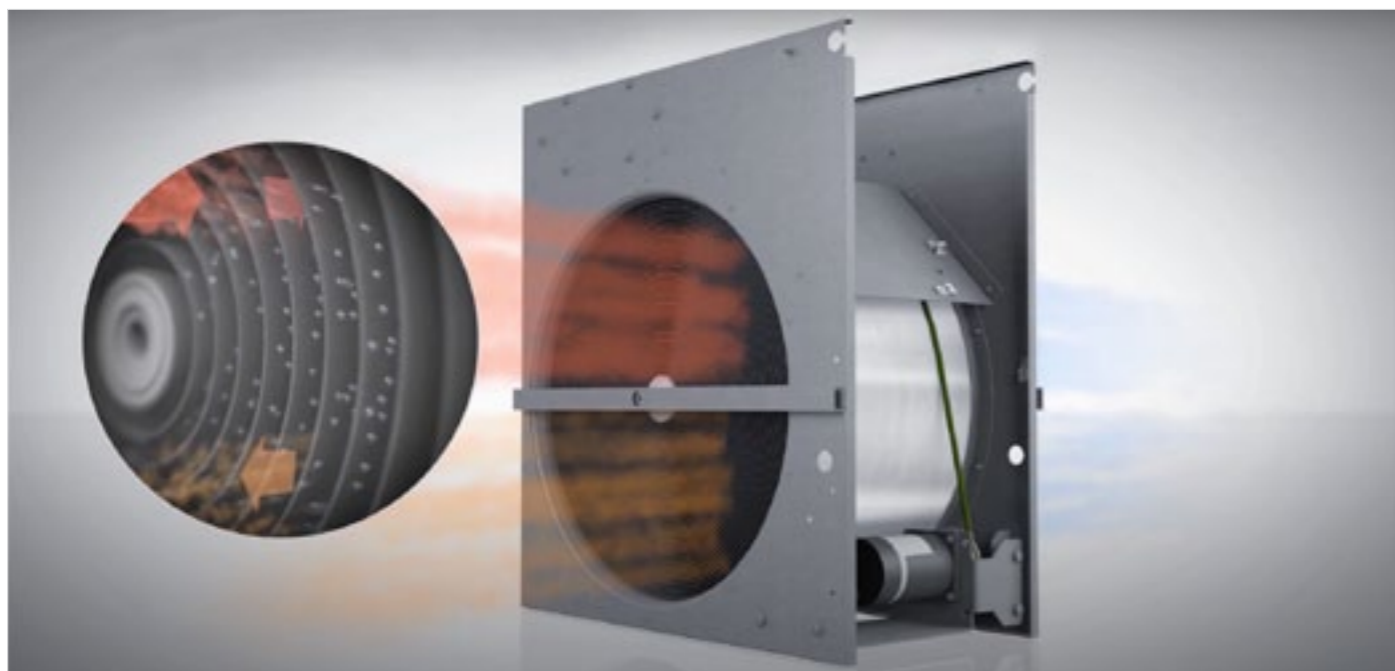
Budowa wymiennika powoduje, że w momencie, gdy temperatura powietrza zewnętrznego jest niska, powietrze wywiewane zostaje schłodzone do temperatury poniżej temperatury punktu rosy, co skutkuje kondensacją wilgoci (rys. 6). Wykroplona wilgoć osadza się w cieplej strukturze wymiennika i w wyniku obrotu, przechodzi w oto-



4 Przepływ powietrza w obrotowym wymienniku ciepła



5 Odzysk energii w wymienniku obrotowym



6 Kondensacja wilgoci wewnątrz obrotowego wymiennika ciepła

czenie zimnego powietrza zewnętrznego. Powietrze zewnętrzne po zetknięciu z wymiennikiem ogrzewa się, a następnie dochodzi do zjawiska częściowego odparowania wykroplonego kondensatu, dzięki czemu świeże powietrze zostaje nawilżone. Proces prowadzony jest w sposób ciągły, co sprawia, że wykroplony kondensat nie ma wystarczającej ilości czasu, żeby zamarznąć. Z tego powodu wymienniki obrotowe mogą pracować w sposób ciągły nawet do temperatury -30°C , bez wykorzystania dodatkowych elementów zabezpieczających.

W okresie letnim warunki pozwalające na osiągnięcie punktu rosy występują niezwykle rzadko, dlatego też kondensacja wilgoci jest znikoma lub nie występuje w ogóle.

Kondensacyjne wymienniki obrotowe idealnie sprawdzają się w klimacie chłodnym, który cechuje się niską temperaturą w okresie zimowym. Pozwalają na osiągnięcie stabilnego odzysku energii na poziomie $\sim 80\div 85\%$, bez wykorzystania elementów zabezpieczających, w postaci np. na-

grzewnicy wstępnej. Częściowy odzysk wilgoci w okresie zimowym, pozwala na nawilżanie świeżego powietrza, co powoduje znaczącą poprawę komfortu w pomieszczeniach.

SORPCYJNY, OBROTOWY WYMIENNIK CIEPŁA

Sorpcyjny, obrotowy wymiennik ciepła jest zbudowany analogicznie do kondensacyjnego, różnica polega na tym, że jest on dodatkowo wyłożony warstwą materiału higroskopijnego, który absorbuje parę wodną z powietrza.

Sorpcyjne, obrotowe wymienniki ciepła są w stanie odzyskać nawet do 90% pary wodnej, zawartej w powietrzu wyciąganym z pomieszczeń. Zjawisko absorbowania pary wodnej, występuje zarówno w okresie zimowym, jak również w okresie letnim, ponieważ nie opiera się na zjawisku kondensacji wilgoci, lecz absorbowaniu jej przez materiał higroskopijny.

W przypadku tego typu rozwiązania, kluczowe w kontekście wilgotności powietrza jest określenie zapotrzebowania na wilgoć przestrzeni wentylowanej. Oznacza to, że jeżeli wymiennik zostanie zastosowany w miejscu, które z założenia ma wysoką wilgotność powietrza, jest wysoce prawdopodobne, że wilgotność w domu będzie zbyt wysoka, a co za tym idzie nie zostaną osiągnięte komfortowe warunki.

Wymiennik sorpcyjny idealnie nadaje się do prze-

strzeni, gdzie ilość generowanej pary wodnej z założenia jest niska, a inny rodzaj wymiennika (kondensacyjny, obrotowy lub entalpiczny, przeciwprądowy) nie uzyskałby zadawalających efektów, ze względu na zbyt niską skuteczność odzysku wilgoci. Podobnie, jak w przypadku entalpicznego, przeciwprądowego wymiennika ciepła, należy jednak pamiętać, że odzysk wilgoci występuje również w okresie letnim.

Rys. Ventia.

RODZAJ WYMIENNIKA A SPECYFIKA OBIEKTU

Jakość powietrza, na którą składa się między innymi wilgotność powietrza, odgrywa kluczową rolę w kontekście komfortu. Bardzo istotnym elementem prawidłowo wykonanej wentylacji, jest jednostkowe podejście. Każdy dom jest inny, każda rodzina ma inne nawyki, a co za tym idzie – generuje różne zyski wilgoci, które mają kluczowe znaczenie w kontekście prawidłowego wyboru systemu odzysku energii. Wilgotność w pomieszczeniach, szczególnie w okresie zimowym, jest z reguły zbyt niska, dlatego na tym etapie należy rozpatrzyć zastosowanie wymiennika ciepła z częściowym odzyskiem wilgoci, który wspomogłby proces dostarczania świeżego powietrza o prawidłowej zawartości wilgoci. Do tej grupy możemy zaliczyć zarówno entalpiczny, przeciwprądowy wymiennik ciepła, kondensacyjny, obrotowy wymiennik ciepła, jak również sorpcyjny, obrotowy wymiennik ciepła. Warto jednak pamiętać, że wymiennik sorpcyjny, obrotowy, ma dodatkową warstwę higroskopijną, a osiągnięte parametry odzysku wilgoci są bardzo wysokie, dlatego też stosowanie go w domu, w którym z założenia są generowane wysokie zyski wilgoci, może doprowadzić do zjawiska zbyt wysokiej wilgotności powietrza. Kondensacyjny, przeciwprądowy wymiennik ciepła jest rozwiązaniem, które idealnie będzie się sprawowało w przypadku domów o dużej produkcji wilgoci, zapewniając jej skuteczne odprowadzenie. Z kolei w przypadku stosowania tego typu wymiennika w standardowych przestrzeniach, zaleca się zastosowanie dodatkowego nawilzacza, który sprawi, że dostarczane powietrze będzie miało pożądaną wilgotność.

W Polsce rynek rekuperatorów jest bogaty w różnego typu rozwiązania, ważne jest więc, by przy wyborze urządzenia, skupić się na istotnych elementach, które realnie mają wpływ na standard życia codziennego. Niestety bardzo często aspekt ten jest pomijany w publikacjach marketingowych. Założeniem i sensem wentylacji mechanicznej jest stworzenie instalacji, opartej o prawidłowy typ rekuperatora, która pozwoli nam czuć się komfortowo w przestrzeni domowej.