

Wpływ zastosowania glikolowego odzysku ciepła z wentylacji do przygotowania ciepłej wody użytkowej na wartość wskaźnika EP dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego

The impact of using glycol heat recovery from ventilation for the preparation of domestic hot water on the EP index value for a multi-family residential building

Andrzej Piasek, Jerzy Kwiatkowski^{*)}

Słowa kluczowe: charakterystyka energetyczna, ciepła woda użytkowa, odzysk ciepła, budynki mieszkalne wielorodzinne

Streszczenie

Wymagania prawa budowlanego w zakresie ochrony cieplnej budynków są coraz ostrzejsze, dlatego poszukiwane są rozwiązania poprawiające efektywność energetyczną nowoprojektowanych budynków. W budynkach mieszkalnych wielorodzinnych jednym z głównych systemów wpływających na charakterystykę energetyczną jest instalacja wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. W artykule przedstawiono analizę wpływu systemu glikolowego odzysku ciepła z wentylacji do przygotowania ciepłej wody użytkowej na wartość wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej EP dla przykładowego budynku mieszkalnego wielorodzinnego. W tym celu opisano rodzaje systemów do odzysku ciepła z powietrza wentylacyjnego, a następnie dla przykładowego budynku mieszkalnego wielorodzinnego przeprowadzono analizę wpływu założeń instalacyjnych na wartość wskaźnika EP. Przeprowadzone analizy wykazały, że zastosowanie glikolowego odzysku ciepła z powietrza wentylacyjnego powoduje obniżenie wskaźnika EP. Jednak przy podstawowym źródle ciepła, jakim jest kocioł gazowy, sama taka instalacja bez dodatkowych działań w postaci zwiększonej izolacyjności przewodów w instalacjach, czy zastosowaniu instalacji fotowoltaicznej produkującej energię elektryczną na miejscu, może nie wystarczyć, aby spełnić obecne wymagania w zakresie wskaźnika EP, jak dla nowo wznoszonych budynków. Artykuł ten powstał na podstawie pracy dyplomowej magisterskiej o tytule „Wykorzystanie ciepła zawartego w powietrzu usuwanym do przygotowania ciepłej wody użytkowej w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym” wykonanej na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej.

Keywords: energy performance, domestic hot water, heat recovery, residential multi-family buildings

Abstract

The requirements of the building law in the field of thermal protection of buildings are becoming more stringent, which is why solutions are sought to improve the energy efficiency of newly designed buildings. In multi-family residential buildings, one of the main systems influencing the energy performance is the ventilation system and the preparation of domestic hot water. The article presents an analysis of the impact of the glycol heat recovery system from ventilation for the preparation of domestic hot water on the value of the non-renewable primary energy index EP for an example multi-family residential building. For this purpose, the types of systems for heat recovery from ventilation air were described, and then an analysis of the impact of installation assumptions on the value of the EP index was carried out for an example multi-family residential building. The analyses carried out showed that the use of glycol heat recovery from ventilation air reduces the EP index. However, with the basic heat source being a gas boiler, such an installation alone without additional measures in the form of increased insulation of pipes in installations or the use of a photovoltaic installation producing electricity on site may not be sufficient to meet the current requirements in terms of the EP index for newly constructed buildings. This article is based on the master's thesis entitled "Use of heat contained in exhaust air for preparing domestic hot water in multi-family residential building" completed at the Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering of the Warsaw University of Technology.

Wstęp

Zmiany klimatu są globalnym problemem, niosącym za sobą, zarówno zagrożenia środowiskowe jak i gospodarcze. Bezpośrednią przyczyną podnoszenia temperatury Ziemi jest gromadzenie się w atmosferze gazów cieplarnianych. Szacuje się, że około

78% emisji gazów cieplarnianych związane jest z działalnością człowieka, a konkretnie ze spalaniem paliw kopalnych, w celu wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Niekorzystne zmiany klimatu doprowadziły do rozpoczęcia działań, mających na celu zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. W 1992 r.

* **Andrzej Piasek**, mgr. inż., Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering, Warsaw University of Technology, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warsaw; **Jerzy Kwiatkowski**, dr inż., Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering, Warsaw University of Technology, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warsaw, e-mail: jerzy.kwiatkowski@pw.edu.pl

została podpisana Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych, określająca współpracę krajów członkowskich dotyczącą zmian klimatu. Efektem współpracy 195 krajów było przyjęcie w 2015 r. w Paryżu pierwszego prawnie obowiązującego porozumienia w dziedzinie klimatu. Głównym założeniem porozumienia jest ograniczenie globalnego ocieplenia do wartości poniżej 2°C w stosunku do epoki przemysłowej. W związku z powyższym na państwa członkowskie zostały nałożone liczne zobowiązania, między innymi regularne spotkania sprawozdawcze przedstawiające postępy w realizacji określonych celów oraz aktualizacja zamierzonych celów dostosowująca je do bieżącej wiedzy naukowej.

Europejski pakiet inicjatyw politycznych Zielony Ład to plan działań pozwalających zapewnić neutralność klimatyczną Unii Europejskiej do 2050 r., spełniając tym samym założenia porozumienia paryskiego. Jako cel pośredni ustanowiono redukcję emisji o co najmniej 55% do 2030 r. Narzędziem do realizacji założeń jest pakiet ustaw „Gotowi na 55”, w którego skład wchodzi szereg zmian legislacyjnych z zakresu budownictwa, ciepłownictwa, energetyki, transportu, rolnictwa i leśnictwa. Planowane działania w obszarze budownictwa zostały przedstawione w unijnych dyrektywach w sprawie efektywności energetycznej (EED) [1], odnawialnych źródeł energii (RED II) [2] oraz charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) [3].

W dyrektywie EED ustalono poziom redukcji zużycia energii o 20% do 2020 r., a następnie o kolejne 11,7% do 2030 r. Państwa członkowskie zostały zobligowane do utworzenia programów zobowiązań w zakresie efektywności energetycznej. Zgodnie z dyrektywą przedsiębiorstwa energetyczne powinny wykazywać oszczędności energii poprzez poprawę efektywności energetycznej zasilanych obiektów. Ponadto państwa członkowskie mają obowiązek utworzenia długoterminowego harmonogramu renowacji budynków dążącego do poprawy ich efektywności energetycznej.

Dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii (RED II) wyznacza minimalny udział energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych na poziomie 32% do 2030 r. jako wiążący cel ogólny państw UE. W sektorze ogrzewania i chłodzenia ustalono roczny przyrost udziału energii odnawialnej w wysokości 1,3 punktu procentowego. Państwa członkowskie zostały zobowiązane do utworzenia programów wspierających wykorzystanie energii odnawialnej oraz do raportowania postępów. Nowelizacja dyrektywy RED II zakłada zwiększenie udziału energii odnawialnej do poziomu 42% do 2030 r.

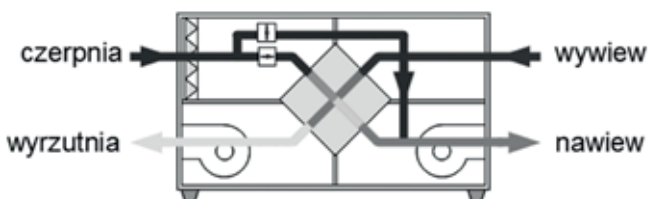
Dyrektywa w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) określa działania niezbędne do ograniczenia zużycia energii, a tym samym redukcji emisji gazów cieplarnianych w sektorze budownictwa. Jej głównym celem jest przekształcenie zasobów budowlanych w zeroemisyjne do 2050 r. Zgodnie z założeniami nowopowstające budynki niemieszkalne powinny być zeroemisyjne od 2030 r., natomiast w przypadku budynków należących do organów publicznych już od 2028 r.

Spełnienie wymagań dyrektyw europejskich, w obszarze budownictwa, wymaga poszukiwania rozwiązań poprawiających efektywności energetyczną samych budynków. Jednym z takich sposobów może być wykorzystanie odzysku ciepła z wentylacji. W artykule tym przedstawiono analizę wpływu zastosowania glikolowego odzysku ciepła z wentylacji do wstępnego przygotowania ciepłej wody użytkowej na wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP. Analiza wykonana została na przykładzie budynku mieszkalnego wielorodzinnego.

Odzysk ciepła w systemach wentylacyjnych

Odzysk ciepła zawartego w powietrzu wywiewanym może być realizowany metodami bezpośrednimi oraz przy wykorzystaniu medium pośredniczącego. Wybór metody odzyskiwania ciepła uwarunkowany jest względami technicznymi oraz higienicznymi. Wybrane metody pozwalają odzyskać, zarówno ciepło jawne jak i ciepło utajone wynikające z zawartości wilgoci. Najczęściej stosowanymi sposobami odzysku ciepła, ze względu na stosunkowo wysoką sprawność i niską cenę, są metody bezpośrednie takie jak wymienniki krzyżowe, obrotowe i recyrkulacja. Spośród układów pośrednich możemy wyróżnić sprężone wymienniki z czynnikiem pośredniczącym, pompy ciepła oraz rurki ciepła.

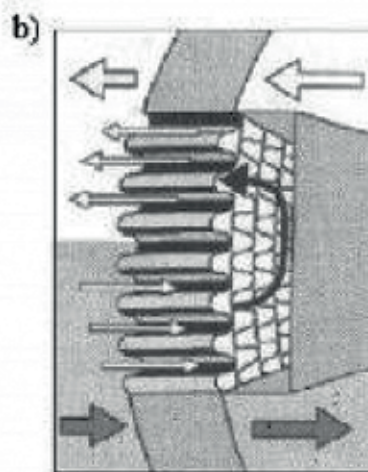
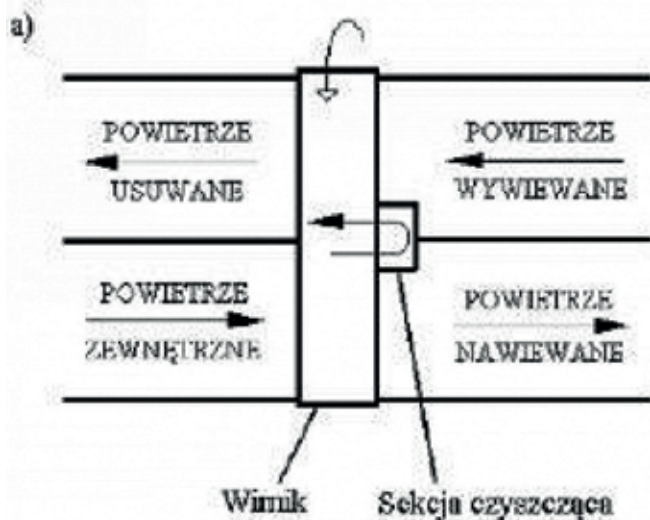
Odzysk ciepła w wymiennikach krzyżowych realizowany jest przy wykorzystaniu zjawiska przewodzenia ciepła (rys. 1). Wymienniki krzyżowe zbudowane są ze specjalnie wyprofilowanych płyt, ułożonych równoległe względem siebie. Przez przestrzenie między poszczególnymi płytami przepływa równocześnie powietrze nawiewane i wywiewane, omywając ich powierzchnie. Strumienie przepływają względem siebie w kierunku krzyżowym, przekazując na drodze przewodzenia ciepło z powietrza o temperaturze wyższej do powietrza o temperaturze niższej. Strumienie powietrza nie ulegają zmieszaniu co wyklucza możliwość odzysku wilgoci. Wyróżniamy klasyczne wymienniki krzyżowe o budowie sześcianu oraz wymienniki przeciwpądowe o konstrukcji diagonalnej. Zasada działania wymienników przeciwpądowych jest analogiczna do wymienników krzyżowych. Różnica polega na zwiększonej powierzchni wymiany ciepła skutkującej dłuższym czasem kontaktu strumieni przepływających względem siebie przeciwpądowo, czego efektem jest możliwość przekazania większej ilości energii.



Rys. 1. Krzyżowy wymiennik ciepła [4]

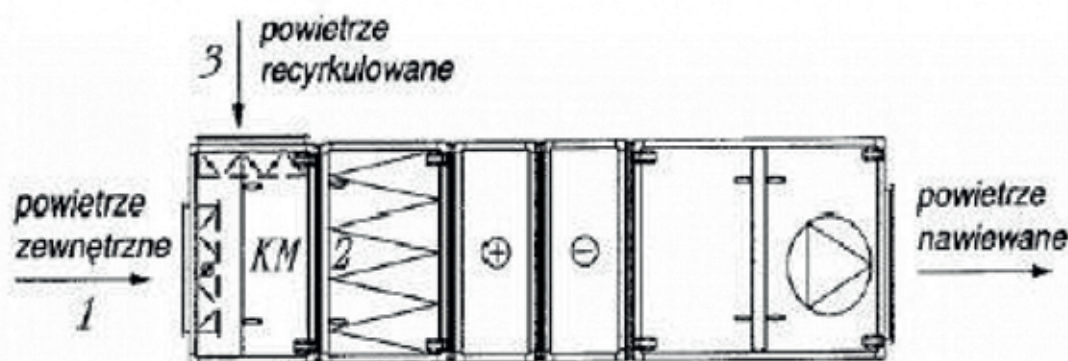
Fig. 1. Cross flow heat exchanger [4]

Kolejną, pod względem popularności, metodą odzysku ciepła są wymienniki obrotowe (rys. 2). Konstrukcja wymienników obrotowych opiera się na rotorze, który przy wykorzystaniu napędu elektrycznego jest wprowadzony w ciągły ruch obrotowy. Oś obrotu jest równoległa do kierunku przepływu powietrza nawiewanego i wyciąganego. W przypadku zastosowania wymiennika jedynie do odzysku energii jawnej, rotor zbudowany jest z aluminiowych lamel tworzących sieć kanalików. Jeśli wymiennik ma służyć również do odzysku energii utajonej, zawartej w wilgoci, to rotor dodatkowo pokryty jest powłoką sorpcyjną. Dzięki ciągłemu obrotowi oraz lokalizacji wymiennika, zarówno w świetle sekcji nawiewnej jak i wywiewnej, możliwe jest przekazywanie energii z powietrza wyciąganego do powietrza nawiewanego. Strumień powietrza wywiewanego, omywając dany fragment wymiennika, przekazuje mu ciepło oraz wilgoć, po czym na skutek ciągłego ruchu obrotowego rotora, zakumulowana w nim energia zostaje odebrana przez strumień powietrza nawiewanego.



Rys. 2. Obrotowy wymiennik ciepła [6]

Fig. 2. Rotary heat exchanger [6]



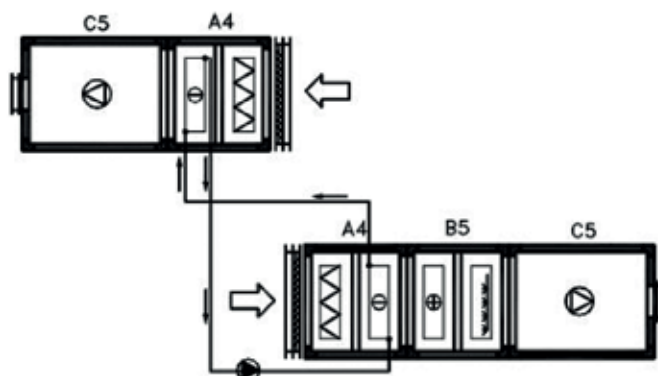
Rys. 3. Centrala wentylacyjna z recykulacją [6]

Fig. 3. Ventilation unit with recirculation [6]

Najprostszą metodą odzysku ciepła w systemach wentylacyjnych jest recykulacja (rys. 3). Recykulacja powietrza polega na bezpośrednim mieszaniu strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego. Metoda ta umożliwia zarówno odzysk ciepła jak i odzysk wilgoci. Stosunek zmieszania strumieni jest zależny od parametrów cieplno-wilgotnościowych powietrza zewnętrznego i wewnętrznego. Regulacja stopnia zmieszania realizowana jest za pomocą przepustnic z siłownikami elektrycznymi, które kontrolują ilość powietrza zewnętrznego oraz powietrza wywiewanego, trafiającego do komory mieszania.

Rozwiązaniem alternatywnym do bezpośrednich metod odzysku ciepła są układy z czynnikiem pośredniczącym. Najpopularniejszą metodą odzysku pośredniego jest glikolowy odzysk ciepła (rys. 4). Metoda ta opiera się na dwóch wymiennikach ciepła sprzężonych ze sobą instalacją glikolową. Jeden z wymienników umieszczony jest w sekcji wywiewnej centrali wentylacyjnej, natomiast drugi w sekcji nawiewnej. Wymienniki połączone są ze sobą rurociągami, tworząc obieg zamknięty. Instalacja wyposażona jest w niezbędną armaturę zabezpieczającą i regulacyjną oraz pompę obiegową, wymuszającą stały przepływ glikolu między wymiennikami. Ciepło odebrane ze strumienia powietrza wywiewanego ogrzewa glikol przepływający przez wymiennik umieszczony w sekcji wywiewnej, który następnie zasila w ciepło wymiennik zlokalizowany w sekcji nawiewnej.

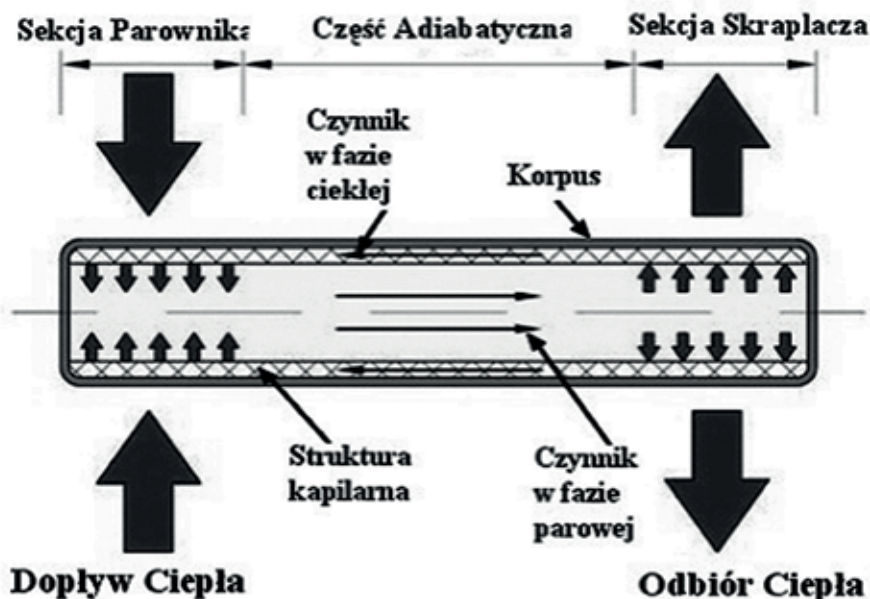
Kolejną metodą pośredniego odzysku ciepła są wymienniki typu rurki ciepła (rys. 5). Wymienniki typu rurki ciepła składają się z zespołu szczelnych rurek miedzianych, wypełnionych czynnikiem chłodniczym. W celu poprawy sprawności wymiany ciepła, rurki mają aluminiowe ożebrowanie. Dzięki umieszczeniu jednego z końców rurki w strumieniu ciepłego



Rys. 4. Centrala wentylacyjna z wymiennikiem glikolowym [8]

Fig. 4. Ventilation unit with glycol heat exchanger [8]

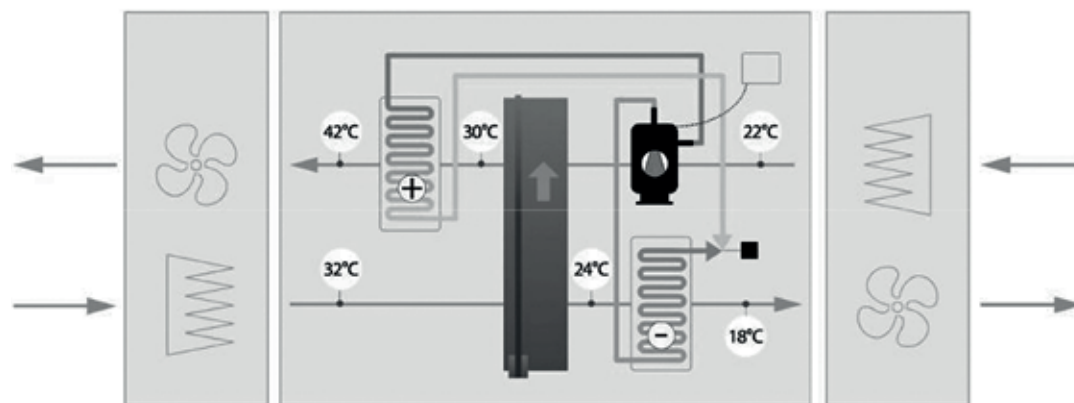
powietrza wywiewanego, dochodzi do odparowania ciekłej fazy czynnika chłodniczego i transportu ciepłych par do drugiego końca rurki. W przypadku grawitacyjnych rurek ciepła, czynnik roboczy w fazie gazowej oddaje ciepło w górnej części rurki, po czym następuje grawitacyjny spływ fazy ciekłej do dolnej części rurki, gdzie proces się powtarza. W sytuacji, gdy wymagany jest transport ciepła w poziomie, możliwe jest zastosowanie rurek ciepła ze strukturą kapilarną. Omywanie jednego z końców rurki ciepłym powietrzem wywiewanym powoduje wzrost temperatury oraz ciśnienia czynnika roboczego i transport par w kierunku chłodniejszego końca, gdzie panuje niższe ciśnienie. Odbiór ciepła powoduje skroplenie czynnika, który dzięki siłom kapilarnym powraca w fazie ciekłej do końca rurki, będącego parowaczem.



Rys. 5. Rurka ciepła – schemat ideowy [7]
 Fig. 5. Heat pipe – schematic diagram [7]

Rozwiązaniem łączącym metody odzysku bezpośredniego oraz pośredniego, są urządzenia wykorzystujące dwustopniowy odzysk ciepła (rys. 6). Pierwszy stopień odzysku realizowany jest przy wykorzystaniu wymiennika obrotowego, natomiast drugi stopień dzięki wykorzystaniu pompy ciepła. Powietrze nawiewane bezpośrednio po przejściu przez wymiennik obrotowy trafia na skraplacz pompy ciepła, który pełni rolę nagrzewnicy. Przez parowacz, umieszczony za rotorem, przepływa strumień powietrza wywiewanego. W przypadku zastosowania rewersyjnych pomp ciepła, możliwy jest odzysk ,zarówno ciepła jak i chłodu. Lokalizacja rotora pomiędzy wymiennikami pompy ciepła pozwala w pełni wykorzystać sprawność wymiennika obrotowego, przy jednoczesnym zwiększeniu sprawności pompy ciepła. W trybie ogrzewania, powietrze wywiewane, zanim trafi na parowacz, jest osuszane przez rotor, co zmniejsza ryzyko wystąpienia zjawiska szronienia wymiennika pompy ciepła. Z kolei w trybie chłodzenia, wymiennik obrotowy wstępnie osusza powietrze nawiewane, dzięki czemu zmniejsza się ilość energii chłodniczej zużytej do wykroplenia wilgoci. Przepływ powietrza wywiewanego przez wymiennik pompy ciepła pozwala wykorzystać energię cieplną lub chłodniczą, która nie została odzyskana przez wymiennik obrotowy. Pomimo wysokiej sprawności rotora, takie rozwiązanie zmniejsza różnicę temperatur skraplacza i parowacza, dzięki czemu wzrasta sprawność pompy ciepła.

Analiza możliwości wykorzystania metod odzysku ciepła z powietrza wywiewanego pozwala zauważyć, że większość dostępnych metod ogranicza się do zastosowania w systemach wentylacji mechanicznej nawiewno – wywiewnej. Doprowadzenie kanałów nawiewnych do każdego z mieszkań wiąże się z koniecznością wyodrębnienia przestrzeni na wielkogabarytowe szachty nawiewne oraz wygospodarowaniem miejsca pod stropem korytarzy, niezbędnego do rozprowadzenia instalacji do każdego z mieszkań. W wybranych przypadkach istnieje możliwość wykorzystania do tego celu przestrzeni pozostałych po nieczynnych zszpach na odpady lub prowadzenie kanałów na zewnątrz budynku po elewacji. Głównym problemem jest zapewnienie prawidłowej dystrybucji powietrza w obrębie mieszkań. Konieczność wentylowania każdego z pomieszczeń wymaga rozprowadzenia kanałów nawiewnych w zamieszkałych lokalach. W przypadku budynków o kondygnacjach powtarzalnych, istnieje także możliwość rozprowadzenia instalacji nawiewnej na dachu budynku i sprowadzania pionów nawiewnych w dedykowanych szachtach bezpośrednio do pomieszczeń. Rozwiązanie to również wymaga prowadzenia prac budowlanych i instalacyjnych w obrębie zamieszkałych lokali oraz powoduje zmniejszenie powierzchni użytkowej mieszkań. W związku z powyższym zastosowanie wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej w istniejących budynkach mieszkalnych wielorodzinnych jest zazwyczaj niemożliwe do wykonania.



Rys. 6. Schemat dwustopniowego odzysku ciepła – rotor ze zintegrowaną pompą ciepła [5]
 Fig. 6. Two-stage heat recovery diagram – rotor with integrated heat pump [5]

Alternatywną możliwością odzysku ciepła jest wykorzystanie energii zawartej w powietrzu wywiewanym, do zasilenia pozostałych systemów technicznych w budynku. Zastosowanie odzysku glikolowego umożliwi odzysk ciepła ze zdecentralizowanej instalacji wywiewnej, obsługującej pomieszczenia o różnym przeznaczeniu. Z uwagi na niską temperaturę powietrza wywiewanego, niemożliwe jest bezpośrednie wykorzystanie odzysku glikolowego do zasilania instalacji ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej. W celu podniesienia temperatury czynnika do wartości, pozwalającej na wykorzystanie w którymkolwiek z powyższych systemów, konieczne jest zastosowanie pompy ciepła typu glikol/woda. W związku z tym, że sprawność pomp ciepła maleje wraz ze wzrostem różnicy temperatury dolnego i górnego źródła ciepła, zasilanie wysokoparametrowych instalacji grzejnikowych jest nieefektywne energetycznie. W przypadku instalacji ciepłej wody użytkowej, temperatura wody z sieci wodociągowej umożliwia odbiór ciepła, przy stosunkowo niskiej temperaturze górnego źródła ciepła, co pozytywnie wpływa na sprawność energetyczną systemu. Szczegółowe wymagania, jakie powinien spełniać system przygotowania ciepłej wody użytkowej, zostały zamieszczone w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Zgodnie z rozporządzeniem temperatura mierzona w punktach czerpalnych powinna mieścić się w zakresie 55-60°C, a instalacja powinna umożliwiać jej okresową dezynfekcję termiczną w temperaturze minimum 70°C. Powyższe wymagania oraz konieczność zapewnienia maksymalnej godzinowej wydajności instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej, ograniczają możliwość wykorzystania pompy ciepła jedynie do podgrzewu wstępnego.

Opis instalacji odzysku glikolowego

System glikolowego odzysku ciepła zaproponowano jako instalację zamkniętą, w której przepływ czynnika wymuszony będzie pompą obiegową zlokalizowaną w kotłowni. Odzysk ciepła realizowany będzie przy wykorzystaniu wymienników ciepła typu powietrze/glikol zainstalowanych na kanałach wyciągowych systemów wentylacji kuchni, łazienek i WC.

Ciepło odebrane przez instalację glikolową zostanie wykorzystane jako dolne źródło ciepła do zasilania pompy ciepła glikol/woda. Urządzenie zlokalizowane będzie wewnątrz budynku w pomieszczeniu kotłowni. W celu zwiększenia sezonowej sprawności pompy ciepła, na dachu budynku zaprojektowano dodatkowo dry-cooler, pełniący funkcję alternatywnego dolnego źródła ciepła w sytuacji, gdy temperatura powietrza zewnętrznego wyniesie minimum 20°C. Zmiana dolnego źródła ciepła będzie realizowana automatycznie przez zawór trójdrogowy, przełączający z silnikiem sterowanym w funkcji temperatury zewnętrznej. Podczas pracy dry-coolera parametry temperaturowe dolnego źródła będą wynosiły 15/20°C.

Czynnikiem roboczym w obiegu górnego źródła ciepła będzie woda o parametrach 55/50°C. Pompa ciepła będzie pracowała na potrzeby wstępnego przygotowania ciepłej wody użytkowej, przy wykorzystaniu dwóch zasobników pojemnościowych o pojemności 1500 dm³ każdy. W celu zwiększenia powierzchni wymiany ciepła dobrano zasobniki z dwiema węzłowicami. Zasobniki zostały połączone względem siebie w układzie równoległym.

Podgrzew końcowy ciepłej wody użytkowej realizowany będzie w trzecim zasobniku Sunex o pojemności 1500 dm³ połączonym w układzie szeregowym, względem dwóch pozostałych. Źródłem ciepła do podgrzewu końcowego będzie kocioł gazowy lub węzeł ciepłowniczy, który będzie pełnił funkcję źródła szczytowego w okresach maksymalnych godzinowych rozbiórów wody oraz umożliwi uzyskanie wymaganej temperatury ciepłej wody w punktach poboru tj. 55-60°C w pozostałych okresach.

Analiza wpływu instalacji odzysku glikolowego na wartość wskaźnika EP

W celu zweryfikowania wpływu zaproponowanej instalacji, na wartość wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP, wykonano analizę porównawczą dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego, wyposażonego w wybrane warianty systemów instalacyjnych. Obliczenia wskaźnika EP zostały przeprowadzone dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego o pięciu kondygnacjach nadziemnych i zwartej kubaturze zewnętrznej. Powierzchnia ogrzewana budynku $A_f=4495$ m².

Tabela 1. Opis wariantów obliczeniowych
Table 1. Description of calculation variants

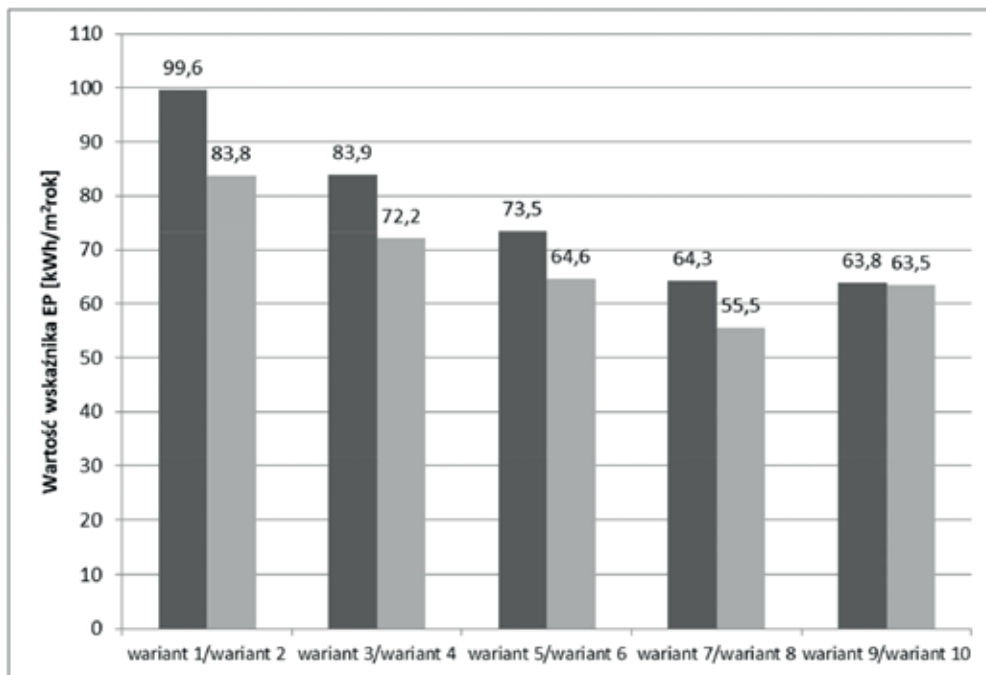
Opis	Wariant									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Źródło ciepła c.o. – kocioł gazowy	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
Źródło ciepła c.o. – węzeł ciepłowniczy	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X
Źródło ciepła c.w.u. – kocioł gazowy (100% zapotrzebowania na ciepło)	X		X	-	-	-	-	-	-	-
Źródło ciepła c.w.u. – węzeł ciepłowniczy (100% zapotrzebowania na ciepło)	-	-	-	-	-	-	-	-	X	
Źródło ciepła c.w.u. – pompa ciepła glikol/woda (55,5% zapotrzebowania na ciepło) + kocioł gazowy (44,5% zapotrzebowania na ciepło)	-	X	-	X	-	X	-	X	-	-
Źródło ciepła c.w.u. – pompa ciepła glikol/woda (40% zapotrzebowania na ciepło) + kocioł gazowy (60% zapotrzebowania na ciepło)	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-
Źródło ciepła c.w.u. – pompa ciepła glikol/woda (54% zapotrzebowania na ciepło) + węzeł ciepłowniczy (46% zapotrzebowania na ciepło)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Izolacja przewodów instalacji c.w.u. – grubość zgodna z WT	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-
Izolacja przewodów instalacji c.w.u. – 2xgrubość zgodna z WT	-	-	X	X	-	X	X	X	-	X
Instalacja PV o mocy 3,0 W _p /m ² powierzchni A _f	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-
Instalacja PV o mocy 6,7 W _p /m ² powierzchni A _f	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-

Współczynniki przenikania ciepła przegród budowlanych równe aktualnym wartościom $U_{\max 2021}$.

Analiza przeprowadzona została dla 10 wariantów obliczeniowych różniących się: źródłem ciepła do ogrzewania (kocioł gazowy lub węzeł ciepłowniczy), źródłem ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej (kocioł gazowy lub węzeł ciepłowniczy, pokrywające w 100% zapotrzebowanie na ciepło lub wspomagające instalację pompy ciepła), grubością izolacji cieplnej przewodów w instalacji c.w.u. (wymagana aktualnymi przepisami grubość izolacji lub podwójna grubość), zastosowaniem systemu produkcji energii elektrycznej na miejscu (bez instalacji PV lub z instalacją PV). We wszystkich wariantach założono natomiast taki sam system wentylacji – wentylację mechaniczną wywiewną o stałym strumieniu powietrza wentylacyjnego, o wartości zgodnej z aktualnymi wymaganiami prawa budowlanego. Założono także że każdy budynek wyposażony jest w pogodową centralną regulację temperatury oraz głowice termostatyczne, a przewody instalacji c.o. są zaizolowane cieplnie zgodnie z wymaganiami WT. W tab. 1 scharakteryzowano poszczególne warianty obliczeń.

Na wykresie XX przedstawiono uzyskane wartości wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną EP dla każdego z opisanych wcześniej wariantów obliczeniowych. Wyniki obliczeń wskaźnika EP dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego zasilanego w ciepło wyłącznie z indywidualnej kotłowni gazowej (wariant 1) wskazują, że budynek przekracza aktualnie obowiązującą maksymalną wartość wskaźnika EP, jak dla nowych budynków EP_{\max} równą 65,0 kWh/m²rok o wartość 99,6 kWh/m²rok. Wyposażenie analizowanego budynku w glikolowy odzysk ciepła z wentylacji mechanicznej wywiewnej wraz z pompą ciepła glikol/woda, pokrywającą 55,5% rocznego zapotrzebowania na energię użytkową do przygotowania c.w.u. (wariant 2), skutkuje obniżeniem wartości wskaźnika EP względem wariantu 1 o 16%, jednak nie umożliwia spełnienia aktualnych wymagań wskaźnika EP_{\max} .

Wykres 1. Wartość wskaźnika EP dla poszczególnych wariantów obliczeniowych
Chart 1. The value of the EP indicator for each calculation variant



Wartość wskaźnika EP dla budynku z wariantu 1, w którym zastosowano izolację cieplną rurociągów instalacji c.w.u. i cyrkulacji o podwójnej grubości względem wymagań WT2021 (wariant 3) jest niższa względem wariantu 1 o 16%, tym samym przekroczenie obecnie obowiązującej wartości granicznej wskaźnika EP_{\max} wynosi 18,9 kWh/m²rok. Założenie analogicznej modernizacji w przypadku budynku z wariantu 2 (opisane w wariacie 4) powoduje obniżenie wartości wskaźnika EP względem wariantu 2 o 14%, jednak nadal nie umożliwia spełnienia aktualnych wymagań wskaźnika EP_{\max} , jak dla nowo wznoszonych budynków.

Wyposażenie budynku opisanego w wariacie 3 w elektryczną, sprężarkową, powietrzną pompę ciepła, pokrywającą 40% rocznego zapotrzebowania na energię użytkową do przygotowania c.w.u. oraz instalację fotowoltaiczną o mocy 3,0 W_p/m² powierzchni o regulowanej temperaturze A_f (wariant 5), umożliwia redukcję wskaźnika EP względem wariantu 3 o kolejne 12%. Jednakże uzyskana wartość EP wciąż przekracza aktualne wymagania graniczne EP_{\max} . Budynek przedstawiony w wariacie 4, po doposażeniu w instalację fotowoltaiczną o tej samej mocy 3,0 W_p/m² powierzchni o regulowanej temperaturze A_f (wariant 6), charakteryzuje się wskaźnikiem EP niższym względem wariantu 4 o 11%. W wariacie tym uzyskano wartość wskaźnika EP minimalnie niższą niż wartość graniczna „jak dla nowo wznoszonych budynków”.

Aby budynek wyposażony w systemy techniczne przedstawione w wariacie 5 spełnił obowiązujące wymagania wskaźnika EP_{\max} wymagana jest rozbudowa instalacji fotowoltaicznej do mocy 6,7 W_p/m² powierzchni o regulowanej temperaturze A_f (wariant 7). Zwiększenie mocy instalacji fotowoltaicznej powoduje spadek wskaźnika EP względem wariantu 5 o 13% do wartości 64,3 kWh/m²rok. Zastosowanie instalacji fotowoltaicznej o analogicznej mocy w wariacie 6 (wariant 8) skutkuje obniżeniem wartości wskaźnika EP do 55,5 kWh/m²rok, co stanowi 86% wartości aktualnie wymaganego wskaźnika EP_{\max} .

Zmiana głównego źródła ciepła z kotła gazowego na węzeł ciepłowniczy zasilany z sieci ciepłowniczej, o współczynniku nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej $w_i=0,8$ w budynku, bez dodatkowej izolacji rurociągów instalacji c.w.u. i cyrkulacji oraz pozbawionego instalacji fotowoltaicznej (wariant 9), umożliwia spełnienie obowiązującego warunku wskaźnika EP_{\max} . Rozbudowa instalacji o glikolowy odzysk ciepła z wentylacji mechanicznej wywiewnej wraz z pompą ciepła glikol/woda, pokrywającą 54% rocznego zapotrzebowania na energię użytkową do przygotowania c.w.u. (wariant 10), nie skutkuje istotnym zmniejszeniem wskaźnika EP względem wariantu 9 – zmiana poniżej 1%.

Widać, że zastosowanie glikolowego odzysku ciepła z powietrza wentylacyjnego powo-

duje obniżenie wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP. Jednak przy podstawowym źródle ciepła jakim jest kocioł gazowy, sama taka instalacja, bez dodatkowych działań w postaci zwiększonej izolacyjności przewodów w instalacjach, czy zastosowaniu instalacji fotowoltaicznej produkującej energię elektryczną na miejscu, może nie wystarczyć aby spełnić obecne wymagania w zakresie wskaźnika EP jak dla nowo wznoszonych budynków.

Podsumowanie

Postępujący wzrost średniej temperatury powierzchni Ziemi wymaga podjęcia natychmiastowych działań, w celu ograniczenia niekorzystnych zmian klimatycznych. Nasilające się anomalie pogodowe oraz związane z nimi zagrożenia społeczne i gospodarcze zmusiły największe światowe gospodarki do pracy nad redukcją emisji gazów cieplarnianych. Unia Europejska, pełniąc rolę światowego lidera w dążeniu do neutralności klimatycznej, opracowała pakiet inicjatyw politycznych Zielony Ład, w tym pakiet Fit for 55, będący zbiorem propozycji legislacyjnych przybliżających ją do osiągnięcia założonego celu klimatycznego. Jednym z kluczowych aktów prawnych pakietu Fit for 55 jest dyrektywa o charakterystyce energetycznej budynków EPBD, zawierająca szczegółowy program poprawy efektywności energetycznej krajowych zasobów budowlanych.

Wyznacznikiem efektywności energetycznej budynków jest wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP. Zmniejszenie wskaźnika EP możliwe jest poprzez redukcję zapotrzebowania na energię końcową lub przez zmianę nośnika energii dla systemów technicznych w budynku. W przypadku budynków mieszkalnych wielorodzinnych, będących przedmiotem analizy niniejszej pracy, wybór nośnika energii stanowiącego główne źródło zasilania budynku sprowadza się do sieci ciepłowniczej, sieci gazowej oraz sieci elektroenergetycznej. Z uwagi na wysokie zużycie energii końcowej w odniesieniu do powierzchni zabudowy, zastosowanie alternatywnych źródeł energii jest mocno ograniczone. Redukcji zapotrzebowania na energię końcową można dokonać, ograniczając straty ciepła przez przenikanie i wentylację oraz poprawiając sprawność całkowitą systemów technicznych.

Systemy wentylacyjne stosowane w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym, w większości przypadków ograniczają się do instalacji grawitacyjnej lub instalacji mechanicznej wywiewnej. Spośród systemów wentylacji mechanicznej można wyróżnić instalacje o stałym strumieniu powietrza oraz instalacje higrosterowane o zmiennym strumieniu powietrza. Analiza dostępnych metod odzysku ciepła z powietrza wywiewanego wykazuje, że większość z nich ma zastosowanie wyłącznie w systemach nawiewno-wywiewnych. Rozbudowa instalacji wentylacji o dodatkowy system nawiewny wiąże się z koniecznością wygospodarowania dodatkowej przestrzeni oraz pracami budowlanymi w obrębie mieszkań. Sposobem umożliwiającym odzysk ciepła z powietrza wywiewanego, a następnie wykorzystanie odzyskanej energii do zasilenia pozostałych systemów technicznych jest glikolowy odzysk ciepła, pełniący funkcję dolnego źródła ciepła dla elektrycznej sprężarkowej pompy ciepła typu glikol/woda. Z uwagi na największe roczne zapotrzebowanie na energię końcową oraz niską wymaganą temperaturę górnego źródła pompy ciepła, najbardziej optymalnym rozwiązaniem jest wykorzystanie odzyskanej energii do zasilenia systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej.

W pracy pokazano wyniki analizy porównawczej zmiany wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej EP, przy różnych wariantach systemów technicznych. Wykonane obliczenia pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków:

Zastosowanie instalacji glikolowego odzysku ciepła z powietrza wywiewanego dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego, wyposażonego w wentylację mechaniczną wywiewną o stałym strumieniu powietrza, w którym źródłem ciepła jest kotłownia gazowa, umożliwi zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną o ok. 16%.

Zastosowanie instalacji odzysku glikolowego dla budynku mieszkalnego wielorodzinnego, w którym głównym źródłem ciepła jest kocioł gazowy, umożliwi spełnienie aktualnych wymagań dotyczących wskaźnika EP pod warunkiem wyposażenia budynku w instalację fotowoltaiczną o mocy $3,0 W_p/m^2$ powierzchni o regulowanej temperaturze A_f oraz zastosowania podwójnej izolacji cieplnej rurociągów ciepłej wody i cyrkulacji.

Zastosowanie instalacji odzysku glikolowego nie ma wpływu na wartość wskaźnika EP, w przypadku budynków zasilanych w ciepło z sieci ciepłowniczej o wskaźniku nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej $w_i=0,80$.

Jeśli wymagania dotyczące wskaźnika EP dla nowych budynków będą coraz bardziej rygorystyczne, zastosowanie pomp ciepła typu glikol/woda umożliwi znacznie większą redukcję zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną względem pomp ciepła typu powietrze/woda. Udział energii pochodzącej z pomp ciepła powietrze/woda, w pokryciu rocznego zapotrzebowania na energię zużywaną przez poszczególne systemy techniczne, jest ograniczony z uwagi na spadek wydajności urządzeń w okresie niskich temperatur zewnętrznych oraz występowanie przerw w pracy, w celu wykonania procesu odszraniania wymiennika.

Instalacja ma uzasadnienie jedynie w przypadku systemów wentylacyjnych o stałym strumieniu powietrza wywiewanego. W systemach wentylacji higrosterowanej, rzeczywisty strumień powietrza wywiewanego w okresie zimowym może być znacznie niższy od obliczeniowego, co skutkuje spadkiem wydajności instalacji odzysku ciepła.

LITERATURA

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylecia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE. Dz.U. L 315 z 14.11.2012, p. 1–56.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Dz.U. L 328 z 21.12.2018, p. 82–209
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1275 z dnia 24 kwietnia 2024 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona). Dz.U. L, 2024/1275, 8.5.2024,
- [4] <http://centrale-rekuperacyjne.pl> [dostęp dnia 16.03.2025 r.]
- [5] <http://www.instalacjebudowlane.pl> [dostęp dnia 16.03.2025 r.]
- [6] <http://klimatyzacja.pl> [dostęp dnia 16.03.2025 r.]
- [7] <https://www.proakademia.eu> [dostęp dnia 16.03.2025 r.]
- [8] <http://wentylacja.com.pl> [dostęp dnia 16.03.2025 r.]