

dr inż. Jakub Grela

Współpraca pomp ciepła z odnawialnymi źródłami energii (OZE)

Wraz z zaostrzeniem się norm Unii Europejskiej oraz wzrastającej świadomości ekologicznej odbiorców, na rynku zaczęły się pojawiać rozwiązania dostarczające energię ciepłą oparte o odnawialne źródła energii. Dzięki ich zastosowaniu negatywny wpływ na środowisko naturalne znacznie maleje. W poprzednim artykule przybliżono tematykę pomp ciepła, które są świetnym sposobem na bezobsługowe i tanie ogrzewanie budynku, które pomimo dość wysokiego kosztu instalacji szybko się zwracają. W celu zwiększenia oszczędności, poprzez obniżenie kosztów ogrzania budynku i zapewnienia jego użytkownikom ciepłej wody użytkowej, możliwy jest montaż dodatkowych generatorów opartych o odnawialne źródła energii, które mają możliwość współpracy z pompami ciepła. Instalacje tego typu określane są mianem układów biwalentnych. Montaż tego typu układu mimo początkowego zwiększenia kosztu niezbędnego na inwestycję, może w znacznym stopniu przyspieszyć czas zwrotu tych nakładów inwestycyjnych. Ze względu na to, iż zapotrzebowanie na moc szczytową występuje tylko przez krótki czas w roku (ok. 2-3 tygodnie) możliwym i opłacalnym jest dobór pompy ciepła pokrywającej tylko pewną część (np. 60%) zapotrzebowania na moc szczytową, a pozostałą część można dostarczyć z innego źródła ciepła. Dodatkowo, źródła te mają możliwość pracy równoległej, w takim przypadku, gdy moc pompy ciepła jest niewystarczająca uruchamiane jest inne źródło ciepła.

W niniejszym artykule przedstawiono możliwości współpracy pompy ciepła z innym rodzajem generatorów OZE. Zdecydowano się na analizę możliwości współpracy pompy ciepła z kolektorami słonecznymi, które w sensie energetycznym mają możliwość wsparcia, a w dni ciepłe, nawet całkowitego zastąpienia pompy ciepła. Inną przevalizowaną opcją jest możliwość współpracy pompy ciepła z panelami fotowoltaicznymi, które pozwalają na znaczne obniżenie rachunków za energię elektryczną. Ostatnią przevalizowaną możliwością jest współpraca pompy ciepła z panelami fotowoltaicznymi oraz magazynem energii, który pozwala na magazynowanie nadwyżek energetycznych i wykorzystanie ich w momencie, gdy produk-

cja energii jest zerowa lub minimalna. Tego typu rozwiązanie pozwala niemal całkowicie wyeliminować opłaty za energię ciepłą oraz elektryczną w obiekcie.

Pompa ciepła współpracująca z kolektorami solarnymi

Celem działania kolektorów solarnych jest zamiana energii promieniowania słonecznego w energię ciepłą. Promienie słoneczne padają na powierzchnię kolektora, w efekcie czego powierzchnia kolektorów nagrzewa się, a następnie energia jest przekazywana do czynnika ciekłego przenoszącego ciepło. Czynnikiem przenoszącym ciepło jest najczęściej glikol lub woda. Najczęściej spotykanym rodzajem kolektorów są kolektory płaskie. Składają się one z cienkich rurek przymocowanych do metalowej płyty, pokrytej powłoką selektywną. W celu ochrony przed uszkodzeniami i stratami energii cieplnej, całość jest zamknięta w obudowie. Ciecz płynąca w rurkach kolektora jest nagrzewana od rozgrzanej powierzchni płyty, a następnie trafia do wymiennika, w którym ogrzewa ciepłą wodę użytkową.

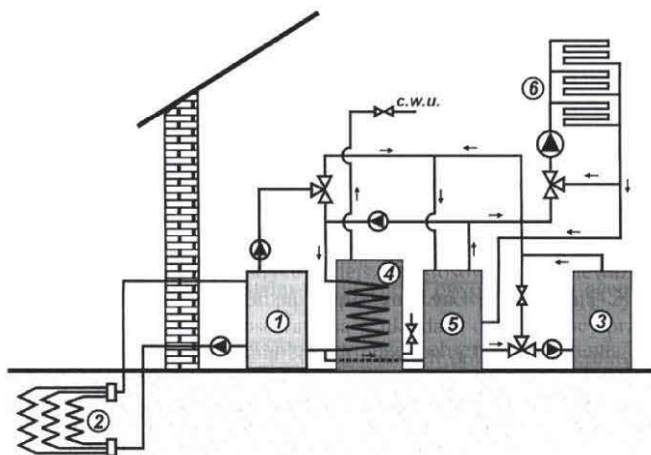
Warunki klimatyczne w Polsce nie pozwalają na wykorzystanie kolektorów słonecznych do ogrzewania domów. Koszty instalacji będącej w stanie zapewnić komfort cieplny w obiekcie bywają zbyt wysokie, w związku z tym nie jest to często uzasadnione ekonomicznie. Natomiast warto zauważyć, że kolektory słoneczne świetnie sprawdzają się do podgrzewania ciepłej wody użytkowej. W celu odpowiedniego dobrania wielkości instalacji (powierzchni kolektorów oraz rozmiarów zasobnika), koniecznym jest dobre oszacowanie dziennego zużycia ciepłej wody użytkowej w obiekcie. W miesiącach letnich kolektory słoneczne mogą zapewnić 100% pokrycia potrzeb na ciepłą wodę użytkową. W związku z tym posiadając kolektory słoneczne w miesiącach poza sezonem grzewczym (kwiecień – wrzesień) można całkowicie zrezygnować ze stosowania innych źródeł ciepła np. piec węglowy, piec gazowy lub pompa ciepła. Wiąże się to ze znacznymi oszczędnościami w postaci niższych opłat za energię elektryczną oraz paliwa zasilające kotły. W miesiącach jesienno-zimowych kolektory słoneczne

nie wystarczają na całkowite pokrycie zapotrzebowania energetycznego na poczet ciepłej wody użytkowej, co wiąże się z koniecznością stosowania innych źródeł ciepła np. pomp ciepła.

Połączenie pompy ciepła z kolektorami słonecznymi jest rozwiązaniem o wysokiej efektywności energetycznej. Istnieją dwie możliwości połączenia ze sobą pompy ciepła i kolektorów solarnych.

Pierwszą z nich, jest częściej spotykane, połączenie po stronie wtórnej. W tym przypadku to pompa ciepła stanowi główne źródło energii cieplnej w obiekcie, natomiast kolektory słoneczne stanowią dopełnienie instalacji w postaci dodatkowego źródła energii cieplnej. W miesiącach zimowych kolektory słoneczne potrafią zapewnić nawet do 60% zapotrzebowania energetycznego na poczet ciepłej wody użytkowej, a pozostała część energii jest dostarczana w wyniku procesów zachodzących w pompie ciepła. W tym przypadku układ solarny współpracuje z pompą ciepła tylko na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w układzie mieszanym. Instalacja centralnego ogrzewania jest zasilana wyłącznie z pompy ciepła. Regulator temperatury układu solarnego włącza pompę w zespole pompowym, która podaje czynnik roboczy ogrzany w kolektorach słonecznych do zasobnika wody użytkowej. Jeżeli kolektory nie będą w stanie ogrzać wody do wymaganej temperatury – taka sytuacja może mieć miejsce w pochmurne oraz zimowe dni, w których dzień jest krótki, regulator powoduje zmianę położenia zaworu trójdrogowego i zasobnik ciepłej wody użytkowej jest ogrzewany również za pomocą pompy ciepła. W tego typu instalacjach zaleca się stosowanie zbiorników buforowych, które zapewniają korzystne wydłużenie cyklu pracy pompy ciepła. Na rysunku 1 przedstawiono schemat biwalentego źródła ciepła. Poszczególne jego elementy oznaczono następującymi cyframi:

1. pompa ciepła,
2. gruntowy wymiennik ciepła,
3. kolektory słoneczne,
4. zbiornik buforowy,
5. zbiornik solarny ciepłej wody użytkowej,
6. zespół pompowy układu solarnego,



Rysunek 1: Biwalentny układ pompy ciepła z kolektorami słonecznymi.

Inną opcją współpracy pompy ciepła z kolektorami słonecznymi jest ich połączenie po stronie pierwotnej. W tym przypadku zadaniem kolektorów słonecznych jest zwiększenie temperatury dolnego źródła ciepła pompy ciepła. Podniesienie temperatury dolnego źródła ciepła wiąże się ze skróceniem czasu pracy sprężarki, co przekłada się bezpośrednio na obniżenie rachunków za energię elektryczną. Na rynku często można spotkać urządzenia z wbudowaną dodatkową węzownicą, do której można podłączyć kolektory słoneczne. W przypadku pochmurnych dni lub pory zimowej kolektory często nagrzewają się do temperatury ok. 20°C. Jest to zbyt niska temperatura do podgrzania ciepłej wody użytkowej, jednak pozwala ona podnieść temperaturę parownika nawet o kilkanaście stopni, co przekłada się na mniejszy, nawet o 40%, pobór energii elektrycznej. Kolejną zaletą połączenia dolnego źródła ciepła pompy ciepła z kolektorami słonecznymi jest szybsza regeneracja gruntu. Zaleta ta występuje tylko w przypadku gruntowych pomp ciepła. Podczas sezonu grzewczego, praca pompy ciepła powoduje obniżenie temperatury gruntu, która w okresie letnim wraca do normalnego poziomu. Temperatura gruntu ma wpływ na osiągnięty przez pompę ciepła współczynnik efektywności energetycznej COP. Wartość tego współczynnika przekłada się bezpośrednio na zużycie energii elektrycznej, podczas produkcji tej samej ilości energii cieplnej. Połączenie gruntowej pompy ciepła z kolektorami słonecznymi pozwala skrócić czas regeneracji gruntu nawet o 4 miesiące. W tym czasie temperatura gruntu może być wyższa nawet o 3°C, co przekłada się na podniesienie współczynnika COP do 10%. Układy te zostały dopracowane do tego stopnia, że kolektory pomimo dodatkowej funkcji dostarczają taką samą ilość energii na poczet ogrzania ciepłej wody użytkowej – do ogrzania gruntu wykorzystywana jest tylko ta energia, która nie zostanie przeznaczona do podgrzania wody.

Podsumowując, połączenie pompy ciepła wraz z kolektorami jest to rozwiązanie dające bardzo duże możliwości oszczędności. Tego typu instalacja jest bardzo dobrą alternatywą dla instalacji zasilanych węglem, gazem, olejem opałowym lub w pełni elektrycznych. Układy oparte o odnawialne źródła energii charakteryzują się niższymi kosztami eksploatacji oraz wysoką niezawodnością. Dodatkowo w celu instalacji pompy ciepła i kolektorów słonecznych nie jest wymagane doprowadzanie żadnych dodatkowych instalacji (np. zasilanie gazem ziemnym). Rosnące ceny paliw oraz energii elektrycznej powodują, że zwrot z inwestycji w tego typu urządzenia jest szybszy, pomimo dużego nakładu kapitału w związku z zakupem urządzeń.

Pompa ciepła współpracująca z panelami fotowoltaicznymi

Posiadanie pompy ciepła, pomimo wysokiej efektywności energetycznej (nawet do 75% wyprodukowanej energii cieplnej pochodzi z otoczenia), wiąże się ze zwiększonym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, która w większości przypadków pochodzi z sieci elektroenergetycznej. Praca pompy ciepła, mimo opisywanych w artykule z poprzedniego wydania korzyści, może stanowić istotną część wysokości rachunków za

energię elektryczną. Na rynku istnieje rozwiązanie, które pozwala w znacznym stopniu zwiększyć niezależność energetyczną obiektów budowlanych (mieszkalnych i niemieszkalnych) i w związku z tym znacznie obniżyć rachunki za energię elektryczną. Mowa tutaj o panelach fotowoltaicznych, które pozwalają na produkcję energii elektrycznej ze słońca. Gdy promienie słoneczne padają na powierzchnie zainstalowanych na dachu paneli fotowoltaicznych zachodzi tzw. zjawisko fotoelektryczne, podczas którego poruszające się elektrony w krzemowych ogniwach wywołują przepływ prądu stałego, który następnie, za pomocą inwertera, jest zamieniany na prąd przemienny, który jest wykorzystywany do zasilania odbiorników energii. Jednym z takich odbiorników może być pompa ciepła.

Efektywność instalacji fotowoltaicznej zależy od nasłonecznienia – czym więcej słońca, tym produkcja energii elektrycznej jest większa. W związku z tym w warunkach Polski na przestrzeni roku efektywność instalacji fotowoltaicznej jest różna – produkcja jest znacznie wyższa w okresie letnim. Natomiast pompa ciepła ma większe zapotrzebowanie na energię elektryczną w okresie zimowym, kiedy oprócz przygotowania ciepłej wody użytkowej konieczne jest zapewnienie komfortu cieplnego w całym budynku. W Polsce przepisy dotyczące instalacji fotowoltaicznych pozwalają na przekazanie wyprodukowanej, w okresie letnim, nadwyżki energii elektrycznej do sieci energetycznej, a następnie odebranie jej w okresie większego zapotrzebowania na prąd (np. w okresie zimowym). Podczas tego typu zabiegu pobierana jest opłata w wysokości 20% zwróconej do sieci elektroenergetycznej mocy. Oznacza to, że w przypadku wyprodukowania 100kWh nadwyżki w okresie letnim możliwe jest odebranie bezpłatnie 80kWh w dowolnym okresie. Energia ta może być przeznaczona na poczet zasilania pompy ciepła w okresie zimowym. W tym momencie warto zwrócić uwagę jak ważnym elementem jest sam dobór mocy instalacji fotowoltaicznej. W przypadku, gdy zostanie zainstalowana odpowiednia liczba paneli fotowoltaicznych nadwyżka energii może być na tyle wysoka, że zostanie osiągnięty zeroowy bilans energetyczny. W związku z czym roczna opłata za energię może wynieść 0zł. Oznacza to, że koszt ogrzewania budynku oraz zasilania pozostałych odbiorników energii będzie zerowy, co znacznie obniża roczne koszty utrzymania gospodarstwa domowego. Lista czynników, na które należy zwrócić uwagę podczas doboru mocy całkowitej instalacji fotowoltaicznej przy założeniu posiadania pompy ciepła, przedstawia się następująco:

- Rozmiar systemu fotowoltaicznego (dopasowanie do kształtu, nachylenia i wielkości dachu).
- Lokalizacja instalacji (orientacja budynku, zacienienie miejsca oraz długość i szerokość geograficzna).
- Zużycie energii elektrycznej przez odbiorniki elektryczne (typu czajnik, telewizor itp.).
- Przyzwyczajenia mieszkańców (oraz ich upodobania co do komfortu cieplnego).
- Moc posiadanej pompy ciepła.
- Klasa energetyczna budynku.

- Zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową.
- Uwzględnienie konieczności oddania 20% nadwyżki energetycznej.

Pompa ciepła w połączeniu z panelami fotowoltaicznymi to wysoce opłacalna opcja, która w długiej perspektywie pozwala na zaoszczędzenie do nawet kilkudziesięciu tysięcy złotych. Ostatnie podwyżki cen energii elektrycznej oraz paliw pozwolą na uzyskanie jeszcze szybszego wzrostu stopy zwrotu z instalacji. Natomiast energia słoneczna jest i pozostanie darmowa. W związku z tym wysoki koszt początkowy inwestycji nie powinien odstraszać potencjalnych przyszłych użytkowników tego typu instalacji. Istnieją liczne programy rządowe (zarówno w formie dotacji oraz niskooprocentowanych pożyczek), które pozwalają w znacznym stopniu obniżyć początkowy wkład własny inwestora. Jedną z inicjatyw tego typu jest program Czyste Powietrze, który pozwala na uzyskanie nawet do 90% całkowitego zwrotu kosztów inwestycji.

Pompa ciepła współpracująca z panelami fotowoltaicznymi z dodatkowym magazynem energii

Energia eklektyczna powstała w wyniku pracy generatorów odnawialnych źródeł energii jest coraz popularniejsza zarówno w gospodarstwach domowych jak i w przemyśle. Warto zauważyć, że częściej jest wykorzystywane energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii również w firmach, fabrykach i zakładach pracy. Najpopularniejszym tego typu generatorem są panele fotowoltaiczne. Jedną z ich wad jest fakt, iż produkują one energię elektryczną tylko w ciągu dnia. Z kolei, w przypadku większości gospodarstw domowych największe zapotrzebowanie na energię elektryczną występuje wieczorem. W celu uniknięcia konieczności oddawania 20% nadwyżki energii w zamian za przechowanie jej w sieci elektroenergetycznej możliwym jest zastosowanie domowych magazynów energii eklektycznej – opisywanych w jednym z poprzednich artykułów. Akumulatory są znane i powszechnie stosowane od wielu lat, jednak zastosowanie ich do przechowywania energii elektrycznej w gospodarstwie domowym jest rynkową nowością. Tego typu banki akumulatorów mieszczą nawet od kilku do kilkudziesięciu kilowatogodzin w zależności od potrzeb danego gospodarstwa domowego. Drugą, bardziej istotną z punktu widzenia pomp ciepła zaletą magazynów energii jest możliwość uniknięcia przerw w dostawie energii. W przypadku występowania przerw w dostawie energii, pompy ciepła nie mają możliwości pracy, w związku z tym w gospodarstwie domowym nie działa instalacja ogrzewania oraz brak ciepłej wody użytkowej. Ma to znaczący wpływ na zachowanie komfortu cieplnego użytkowników obiektu oraz samego komfortu jego użytkowania w związku z brakiem ciepłej wody użytkowej. Zwiększona niezależność energetyczna obiektu pozwala uniknąć tego typu sytuacji – w przypadku braku zasilania z sieci elektroenergetycznej energia pobierana jest z magazynu, przez co komfort cieplny obiektu jest zachowany oraz jest możliwość korzystania ze wszystkich odbiorników energii elektrycznej oraz ciepłej wody użytkowej.

Magazyny energii elektrycznej muszą być odpowiednio dobrane w zależności od posiadanej instalacji fotowoltaicznej oraz łącznej mocy zainstalowanych w gospodarstwie domowym odbiorników energii elektrycznej. Ważnym elementem doboru magazynów energii jest również położenie obiektu oraz liczba i nawyki użytkowników. Należy wziąć pod uwagę czas, w którym zainstalowana w obiekcie instalacja fotowoltaiczna nie będzie produkować energii oraz czas i liczbę pracujących w tym czasie odbiorników energii.

Dostępne na rynku magazyny energii potrafią się znacząco różnić między sobą. Z pozoru podobne urządzenia potrafią posiadać istotnie odmienne kluczowe parametry. Różnice wynikające z ich specyfikacji mają znaczny wpływ na ich cenę końcową. Kluczowymi czynnikami wpływającymi na cenę domowego magazynu energii jest jego pojemność, czyli to, ile energii będzie w stanie w sobie zgromadzić oraz przechować. Ilość energii ma wpływ na czas jego pracy. Drugim równie istotnym i mającym duży wpływ na cenę końcową produktu jest moc magazynu. Im wartość mocy jest większa, tym więcej odbiorników energii elektrycznej może być zasilane jednocześnie. W przypadku pomp ciepła ważne jest, aby magazyn miał dość dużą pojemność przy odpowiedniej mocy, która pozwoli na zachowanie komfortu cieplnego w obiekcie oraz przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Do magazynowania energii najlepiej jest wykorzystać akumulatory litowo-jonowe, które są mniejsze gabarytowo oraz mają większą żywotność, niż akumulatory kwasowe. Przeciętny koszt magazynu energii dla gospodarstwa domowego (pojemność 10kWh) szacuje się na ok 25-30 tys. Niestety, pomimo iż technologia magazynowania energii elektrycznej jest znana od wielu lat to nie poczyniła ona znaczącego rozwoju, w porównaniu do innych dziedzin z branży energetyki. Ogniwa nadal są drogie oraz mają stosunkowo niewielką pojemność energetyczną w stosunku do ich rozmiarów. Ponadto w Polsce nie ma możliwości skorzystania z wielu programów dających dofinansowanie do instalacji magazynu energii. Jednakże tego typu programy pojawiają się już w państwach Europy Zachodniej. Co za tym idzie, w ciągu najbliższych lat magazyny energii powinny zyskać na popularności również w Polsce. Obecnie w świecie nauki magazynowanie energii elektrycznej to dość popularny temat. W związku z tym w najbliższych latach również można spodziewać się znacznej poprawy jakości akumulatorów (wzrost pojemności, poprawiona żywotność oraz obniżenie kosztów produkcji), z których buduje się domowe magazyny energii elektrycznej.

Podsumowując magazyny energii zapewnią użytkownikom większą niezależność energetyczną oraz ciągłość w dostawie energii do obiektu podczas przerw w dostawie energii po stronie dostawcy, co jest kluczowym elementem w przypadku posiadania pompy ciepła, do działania której energia elektryczna jest niezbędna. Dodatkowym atutem jest oszczędność wynikająca z braku 20% prowizji dla operatora systemu energetycznego za przechowanie energii w sieci elektroenergetycznej. W najbliższych latach spodziewany jest również wzrost jakości oferowanych magazynów energii, obniżenie kosztów ich pro-

dukcji, a co za tym idzie potencjalnego zakupu oraz znaczny wzrost popularności poprzez reklamę oraz pojawienie się nowych programów, oferujących dofinansowanie na zakup tego typu urządzeń i instalacji.

Opłacalność inwestycji - stopy zwrotu

Jako punkt odniesienia przyjęto koszty związane z zapewnieniem ogrzewania budynku oraz przygotowaniem ciepłej wody użytkowej, które są wytwarzane przez źródło w postaci pompy ciepła, która została wykonana wcześniej. Badanym obiektem był dom jednorodzinny wykonany w nowoczesnym budownictwie z ocieploną elewacją o powierzchni około 130 m². Obciążenie cieplne budynku wynosi około 9 kW. Obiekt jest ogrzewany za pomocą pompy ciepła o mocy 10 kW i współczynnika COP na poziomie 3.5. Zdecydowano się na przeanalizowanie dwóch przypadków ulepszenia instalacji ogrzewania. Pierwszym z nich jest montaż systemu kolektorów słonecznych o powierzchni około 5 m² do istniejącej już instalacji pompy ciepła, których zadaniem jest wstępne przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Drugim z przeanalizowanych przypadków jest instalacja fotowoltaiczna o mocy szczytowej 4.4 kW, której zadaniem jest generowanie energii elektrycznej która posłuży do zasilania pompy ciepła. W tym przypadku energia wytworzona przez panele PV wykorzystywana jest zarówno do przygotowania ciepłej wody użytkowej i/lub zapewnienia ogrzewania budynku. W dalszej części artykułu zebrano i przedstawiono analizy dotyczące potencjalnych oszczędności, kosztów instalacji oraz przewidywanej rocznej stopy zwrotu.

Wariant 1: pompa ciepła współpracująca z kolektorami słonecznymi (PC + PV)

1. Przyjęte założenia projektowe:

- dom jednorodzinny w nowoczesnym budownictwie (aktualne WT);
- powierzchnia około 130 m²;
- pompa ciepła o mocy znamionowej 10 kW;
- współczynnik COP pompy ciepła na poziomie 3.5;
- kolektory słoneczne o powierzchni ok. 5 m² przeznaczone do podgrzania c.w.u;
- koszt instalacji kolektorów na poziomie 5000 zł;
- cena 1 kWh energii elektrycznej 0.77 zł (średnia cena 1 kilowatogodziny w Polsce w I kwartał 2022 roku taryfa G11);

2. Zużycie energii cieplnej na poczet ciepłej wody użytkowej

W tabeli nr 1 przedstawiono z podziałem na poszczególne miesiące:

- ilość zużytej energii cieplnej przeznaczonej na poczet przygotowania ciepłej wody użytkowej;
- ilość wyprodukowanej przez kolektory słoneczne energii cieplnej;
- ilość energii dostarczonej przez pompę ciepła, będącej różnicą zapotrzebowania energetycznego i produkcji przez kolektory;

Tabela 1: Dane dotyczące zużycia i produkcji energii cieplnej przez panele na poczet CWU

Miesiąc	Zużycie energii cieplnej [kWh]	Produkcja energii z kolektorów słonecznych [kWh]	Ilość energii z pomy ciepła [kWh]
Styczeń	276,81	59,17	217,64
Luty	182,78	190,02	0,00
Marzec	180,56	308,37	0,00
Kwiecień	156,67	328,36	0,00
Maj	148,61	346,97	0,00
Czerwiec	132,78	277,24	0,00
Lipiec	110,28	279,19	0,00
Sierpień	93,06	335,31	0,00
Wrzesień	105,83	297,52	0,00
Październik	121,39	170,01	0,00
Listopad	153,61	118,90	34,71
Grudzień	199,45	83,90	115,55
SUMA	1861,83	2794,96	367,90

3. Tabela kosztów oraz opłacalności

W tabeli nr 2 przedstawiono informacje dotyczące współczynnika sprawności pompy ciepła (COP), koszt 1kWh energii elektrycznej. Na ich podstawie zostały obliczone koszty przygotowania ciepłej wody użytkowej dla obiektu przed i po instalacji kolektorów słonecznych. Po wykonaniu niezbędnych obliczeń i założenia kosztów instalacji na poziomie 5000 zł obliczono roczną stopę zwrotu na poziomie 6.57%.

Tabela 2: Tabela opłacalności inwestycji w kolektory solarne

COP dla Pompy ciepła	3,50
Koszt kWh energii elektrycznej [PLN]	0,77
Koszt przygotowania c.w.u bez kolektorów [PLN]	409,60
Koszt przygotowania c.w.u z kolektorami [PLN]	80,94
Oszczędności roczne [PLN]	328,66
Koszt instalacji solarów [PLN]	5000,00
Roczna stopa zwrotu	6,57%

Wariant 2: Pompa ciepła współpracująca z panelami fotowoltaicznymi (PC + PV)

1. Przyjęte założenia projektowe:

- dom jednorodzinny w nowoczesnym budownictwie (aktualne WT);
- powierzchnia około 130 m²;
- instalacja PV o mocy około 4.4 kW;
- energia produkowana przez PV jest przeznaczana bezpośrednio na potrzeby pompy ciepła. Z kolei, nadwyżki są oddawane do sieci elektroenergetycznej w ramach umowy prosumenckiej (net-metering), a następnie są odbierane zgodnie z przelicznikiem 1 kWh oddany, 0.8 kWh pobrany w późniejszym terminie;
- koszt instalacji paneli na poziomie 25000 zł;
- cena 1kWh energii elektrycznej 0.77 zł (średnia cena 1 kilowatogodziny w Polsce w I kwartał 2022 roku taryfa G11);

2. Zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła (c.o i c.w.u)

W tabeli nr 3 przedstawiono dane dotyczące:

- zużycia energii elektrycznej przez pompę ciepła na poczet centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej,
- produkcji energii przez instalację fotowoltaiczną
- obliczone nadwyżki i niedobory energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach.

Tabela 3: Dane dotyczące zużycia energii elektrycznej przez pompę ciepła oraz produkcji przez panele fotowoltaiczne

Miesiąc	Zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła [kWh]	Produkcja energii elektrycznej [kWh]	Nadwyżka energii [kWh]	Niedobory energii [KWh]
Styczeń	1226,5	45,4	0,0	1181,1
Luty	960,4	138,2	0,0	822,2
Marzec	706,2	304,4	0,0	401,8
Kwiecień	361,0	461,0	100,0	0,0
Maj	197,5	539,6	342,1	0,0
Czerwiec	134,0	644,7	510,7	0,0
Lipiec	61,3	596,8	535,5	0,0
Sierpień	67,8	658,4	590,6	0,0
Wrzesień	157,5	352,4	194,9	0,0
Październik	432,0	252,8	0,0	179,2
Listopad	739,1	41,6	0,0	697,5
Grudzień	976,7	51,2	0,0	925,5

3. Tabela kosztów oraz opłacalności

W tabeli nr 4 przedstawiono informacje dotyczące kosztów 1 kWh energii elektrycznej oraz „opłaty” pobieranej przez do-

stawcę energii za możliwość przechowywania, magazynowania jej w sieci elektroenergetycznej. Następnie na podstawie danych z tabeli 3. wyznaczono roczny koszt energii elektrycznej pobieranej przez pompę ciepła w przypadku, gdy w obiekcie nie ma instalacji fotowoltaicznej oraz w przypadku, gdy została ona zainstalowana. Przyjęto założenie, iż energia pochodząca z paneli jest przeznaczana od razu na pracę pompy ciepła, a nadwyżki energetyczne są oddawane do sieci i w przypadku wystąpienia niedoborów energii jest ona pobierana w wysokości 80% wartości nadwyżki wcześniej zmagazynowanej w sieci.

Tabela 4: Tabela opłacalności inwestycji w panele fotowoltaiczne

Koszt kWh energii elektrycznej [PLN]	0,77
Współczynnik magazynowania energii w sieci	20,00%
Koszt pracy pompy ciepła bez instalacji PV [PLN]	4635,4
Koszt pracy pompy ciepła z instalacją PV [PLN]	1838,96
Koszt instalacji PV [PLN]	23000
Roczna stopa zwrotu	12,16%

Stosowanie pomp ciepła znacząco przekłada się na zmniejszenie zużycia energii niezbędnej do zachowania komfortu cieplnego użytkowania obiektów budowlanych, w porównaniu do uzyskania porównywalnego efektu termicznego z zastosowaniem innych elektrycznych źródeł ciepła. Dodatkowo pompa ciepła umożliwia stosunkowo łatwą i opłacalną integrację jej z odnawialnymi źródłami energii – zarówno panelami fotowoltaicznymi czy kolektorami słonecznymi. Inwestycje takie mimo znacznego finansowego nakładu początkowego, charakteryzują się stosunkowo wysoką rentownością, a gdyby uwzględnić ciągle wzrastające koszty energii, to wyniki te byłyby jeszcze bardziej korzystne. Należy również zaznaczyć, że tego typu rozwiązania dodatkowo przyczyniają się do obniżenia dwutlenku węgla i osiągnięcia chociaż częściowej autonomiczności energetycznej budynków.

dr inż. Jakub Grela