



Zintegrowany system energetyczny dla budynku wielorodzinnego – pompy ciepła i ogniwa PV

edycja 2021



Niniejsze opracowanie powstało w ramach europejskiego projektu „Energia odnawialna dla niskoenergetycznych budynków w przyszłościowych systemach energetycznych” w skrócie RES4BUILD.

Zdjęcie na okładce: Spółdzielnia Mieszkaniowa Lokatorsko-Własnościowa „Żuławy” w Cedrach Wielkich (źródło: SM Lokatorsko-Własnościowa „Żuławy”)

Uwaga:

Projekt ten otrzymał dofinansowanie z unijnego programu badań i innowacji Horyzont 2020 w ramach umowy o grant nr 814865 (RES4BUILD).

Wyłącznie odpowiedzialność za treść niniejszego opracowania ponoszą jego autorzy. Niekoniecznie odzwierciedla ono opinię Unii Europejskiej. Ani Europejska Agencja Wykonawcza ds. Klimatu, Infrastruktury i Środowiska (CINEA), ani Komisja Europejska nie ponoszą odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie zawartych w nim informacji.

Chociaż niniejsza publikacja została przygotowana z należytą starannością, autorzy i ich pracodawcy nie udzielają żadnej gwarancji w odniesieniu do treści i nie odpowiadają za żadne bezpośrednie, przypadkowe lub wynikowe szkody, które mogą wynikać z wykorzystania informacji lub danych w niej zawartych. Powielanie jest dozwolone pod warunkiem, że materiał jest nieskrócony, a źródło jest podane.



Spis treści

SPIS TREŚCI	3
INFORMACJA O PROJEKCIE RES4BUILD	4
EUROPEJSKI ZIELONY ŁAD I FALA RENOWACJI	5
EFEKTYWNE ENERGETYCZNIE BUDYNKI	6
OBNIŻENIE ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ (LED, URZĄDZENIA)	7
WYBRANE, NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA ZASILANIA BUDYNKU W CIEPŁO	9
POMPY CIEPŁA	9
OGNIWA FOTOWOLTAICZNE (PV)	11
ZINTEGROWANY SYSTEM ENERGETYCZNY	15
JAKIE ROZWIĄZANIE BYŁOBY NAJLEPSZE Z PUNKTU WIDZENIA EKONOMICZNEGO, ENERGETYCZNEGO I ŚRODOWISKOWEGO DLA TYPOWEGO BUDYNKU WIELORODZINNEGO?	16

Informacja o projekcie RES4BUILD

Projekt **RES4BUILD** - Renewables for Clean Energy Buildings in a Future Power System (Energia odnawialna dla niskoenergetycznych budynków w systemach energetycznych przyszłości) realizowany jest w Polsce przez Bałtycką Agencję Poszanowania Energii Sp. z o.o. w Gdańsku.

Celem nadrzędnym projektu RES4BUILD jest opracowanie zintegrowanych rozwiązań w oparciu o technologie energii odnawialnej w celu dekarbonizacji energii zużywanej w budynkach. Projekt dotyczy w szczególności rozwijania nowych technologii w zakresie OZE, a także analizy opłacalności działań w efektywności energetycznej i właściwego doboru odnawialnych źródeł energii w obiektach mieszkalnych, przemysłowych, użyteczności publicznej oraz komercyjnych.

Nowe technologie rozwijane w ramach projektu to:

- innowacyjne technologie pomp ciepła, w tym magnetokaloryczna pompa ciepła i zespoły pomp ciepła o wysokim współczynniku wydajności;
- kolektor PV-termiczny łączący funkcję paneli PV z kolektorem grzewczym. Dzięki koncentratorowi promieniowania słonecznego i zastosowaniu dwustronnego ogniwa PV, dla którego ciepło z jego chłodzenia zapewnia podgrzanie ciepłej wody użytkowej, uzyskuje się łączną produkcję energii elektrycznej i ciepła z wysoką efektywnością;
- systemy magazynowania energii w głębokich odwiertach;
- systemy monitorowania i zarządzania energią w budynku.

W warunkach polskich projekt ma przede wszystkim na celu zmianę sposobu ogrzewania budynków leżących poza zasięgiem sieci ciepłowniczej i gazowej z kotłowni opalanych węglem, olejem i LPG, na zasilanie budynków w ciepło ze zintegrowanego systemu energetycznego budynku, obejmującego pompy ciepła, ogniwa PV (ewentualnie połączone z kolektorami słonecznymi) i system sterowania zapewniający odpowiednie warunki komfortu cieplnego w mieszkaniach i niskie zużycie energii.

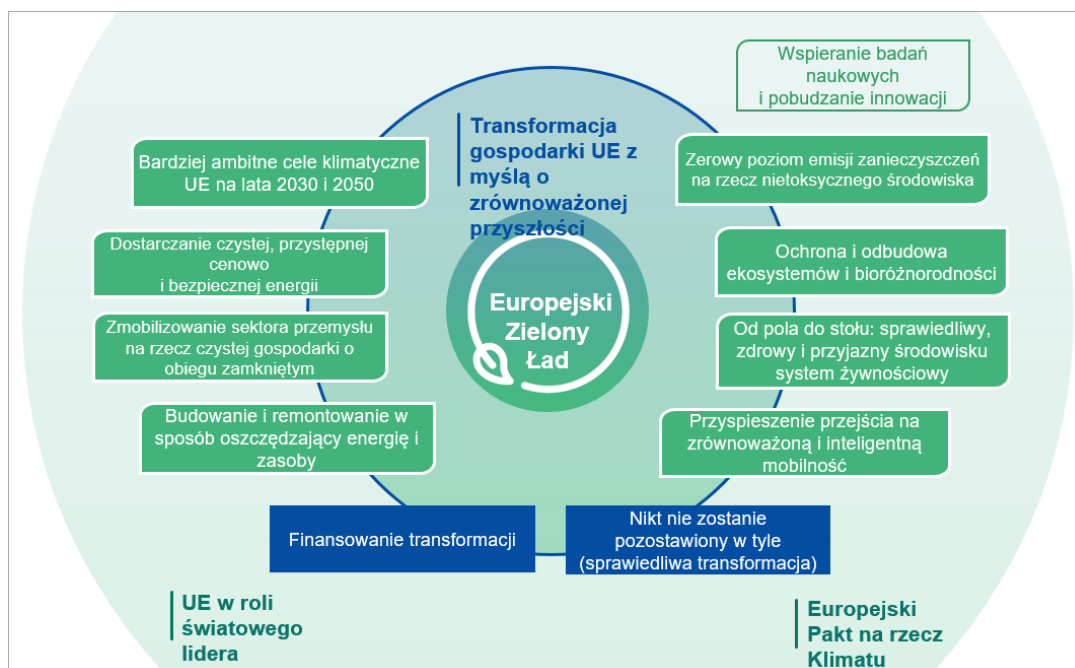
Dla budynków nowobudowanych, o wysokich standardach energooszczędności, instalacja PV umieszczona na dachu budynku może w typowych warunkach zapewnić wystarczającą ilość energii elektrycznej dla napędu pompy ciepła, pokrywającej potrzeby systemu grzewczego i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Dla budynków starszych, o gorszej izolacyjności cieplnej przegród budynku, konieczna jest w pierwszej kolejności termorenowacja tego budynku dzięki czemu budynek będzie mógł stać się budynkiem częściowo, w różnym stopniu, samowystarczalnym energetycznie. W każdym przypadku, budynek jest zasilany z sieci elektroenergetycznej, a rozliczenie ewentualnych nadwyżek energii elektrycznej wytworzonej w okresie letnim w instalacji PV odbywa się w trybie prosumenta. System bilansowania energii elektrycznej wytworzonej na potrzeby własne budynku i energii elektrycznej pobranej z sieci operatora systemu dystrybucyjnego określany jako net-metering (energia wytworzona jest odejmowana od pobranej, wraz z systemem upustów) jest podstawą elektroprosumeryzmu; elektroprosumeryzm polega na jednoczesnym produkowaniu energii z odnawialnych źródeł oraz rozliczaniu nadwyżek i deficytu energii z siecią elektroenergetyczną.

Te nowe możliwości odejścia od kotłowni opalanych węglem i olejem powinny zainteresować właścicieli budynków, wspólnot i spółdzielni mieszkaniowych oraz ich administracji. Optymalne połączenie pomp ciepła i mikroinstalacji PV pozwoli obniżyć koszty ogrzewania budynków, pozyskać atrakcyjne formy finansowania inwestycji i poprawić stan środowiska.

Europejski Zielony Ład i Fala Renowacji

Europejski Zielony Ład z 2019 roku jest odpowiedzią na zmiany klimatu prowadzące do ocieplenia atmosfery, zagrożenia wyginięciem miliona gatunków naszej planety, zanieczyszczeniu lasów i oceanów.

Celem strategicznym Zielonego Ładu jest przekształcenie Unii Europejskiej w sprawiedliwe i prosperujące społeczeństwo żyjące w nowoczesnej, zasobo-oszczędnej i konkurencyjnej gospodarce, która w 2050 r. osiągnie zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych netto i w ramach której wzrost gospodarczy będzie oddzielony od wykorzystania zasobów w naturalnych¹.



Rys. 1 Europejski Zielony Ład

Kraje Unii Europejskiej rozpoczęły już modernizację i transformację gospodarki w celu osiągnięcia neutralności klimatycznej. W latach 1990–2018 Unia zmniejszyła emisje gazów cieplarnianych o 23%, podczas gdy jej gospodarka odnotowała wzrost o 61%. UE uważa, że trzeba stworzyć sektor energetyczny bazujący w dużej mierze na źródłach odnawialnych, jednocześnie wycofując w szybkim tempie węgiel i obniżając emisyjność sektora gazu.

Działania lokalne przyczyniają się do osiągnięcia tych celów. Jednak wdrażanie transformacji energetycznej na poziomie lokalnym nie może odbywać się bez świadomego zaangażowania lokalnych interesariuszy, na przykład mieszkańców lub właścicieli budynków, władz gmin którzy będą wspierać podejmowanie decyzji inwestycyjnych.

¹ Europejski Zielony Ład – Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-społecznego i Komitetu Regionów (COM 2019, 640 final)

Efektywne energetycznie budynki

Na przestrzeni ostatnich ponad dwudziestu lat obserwuje się stopniowy wzrost wymagań ochrony cieplnej budynków i poprawy efektywności energetycznej. Wciąż jednak wiele budynków wymaga termorenowacji. Termorenowacja powinna być pierwszym krokiem w kierunku poprawy parametrów energetycznych budynków. Modernizację źródeł ciepła można przeprowadzać równocześnie z termomodernizacją, o ile inwestor dysponuje wystarczającymi środkami finansowymi, lub po zmodernizowaniu budynku. Rodzaj i wielkość modernizowanych źródeł ciepła powinna być dostosowana do nowych, zmniejszonych potrzeb budynku.

Potencjalne działania termorenowacyjne obejmują szeroki wachlarz możliwości, który zawiera rozwiązania wymagające zróżnicowanych nakładów inwestycyjnych, przynosząc większe lub mniejsze efekty energetyczne. Rodzaje działań termomodernizacyjnych przedstawiono w poniższej tabeli.

Eksploatacja i utrzymanie	Inwestycyjne niskonakładowe	Inwestycyjne wysokonakładowe
Kontrola szczelności przegród	Wymiana uszczelek w stolarnie okiennej i drzwiowej	Wymiana stolarki okiennej i drzwiowej
Kontrola izolacji przewodów	Izolacja cieplna rurociągów Wymiana zaworów	Ocieplenie przegród (dachów, stropodachów, ścian, podłóg na gruncie)
Kontrola urządzeń regulacyjnych	Instalacja elementów automatyki sterującej	Zastosowanie urządzeń sterujących pracą wentylacji (nawiewniki, mechaniczna wentylacja wyciągowa)
Kontrola mierników i liczników	Budowa wiatrołapów	Zastosowanie układu free-cooling
Kontrola instalacji wentylacji	Instalacja samozamykaczy do drzwi	Zastosowanie układu odzysku ciepła
Kontrola automatyki garażowych bram wjazdowych	Wymiana oświetlenia	Wymiana źródła ciepła
	Instalacja czujników ruchu	Budowa wewnętrznej instalacji grzewczej i ciepłej wody użytkowej
	Monitoring zużycia energii Stosowanie przeston zmniejszających nasłonecznienie (żaluzje, daszki)	Stosowanie przeston mechanicznych zmniejszających nasłonecznienie

Źródło: Opracowanie BAPE na podstawie Długoterminowej Strategii Renowacji, projekt, luty 2021

Decyzja co do zakresu prac renowacyjnych powinna być podejmowana na podstawie audytu energetycznego wskazującego optymalny pod kątem ekonomicznym i energetycznym zestaw działań. Kolejnym krokiem powinno być wykonanie dokumentacji projektowej.

Obecnie rozróżniane są pojęcia „płytkiej termomodernizacji” i „głębokiej termomodernizacji”. Długoterminowa Strategia Renowacji definiuje je w następujący sposób:

1. **Płytką termomodernizacją** – to zestaw najbardziej opłacalnych kosztowo (dla danego budynku) działań modernizacyjnych, które pozwalają uzyskać oszczędność energii na poziomie co najmniej 25% zużycia energii końcowej (EK);
2. **Głęboką termomodernizacją** – oznacza zestaw takich działań modernizacyjnych, dzięki którym wszystkie parametry budynku będą spełniały WT21². Dla budynków wielorodzinnych oznacza to osiągnięcie zapotrzebowania na energię pierwotną (EP) na potrzeby ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla budynku na poziomie 65 kWh/m²*rok³.

Jednak osiągnięcie zmniejszenia zapotrzebowania na energię pierwotną do poziomu 65 kWh/m²*rok wymaga już zazwyczaj poszerzenia zakresu prac o modernizację źródła ciepła, w tym z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii.

Generalnie, renowacja zasobów budowlanych powinna prowadzić w kierunku ich neutralności klimatycznej do roku 2050. Oznacza to⁴:

1. Wycofanie wykorzystania węgla we wszystkich budynkach mieszkalnych do roku 2040 (w miastach do roku 2030);
2. Niemal całkowite wycofanie gazu ziemnego w budynkach mieszkalnych i niemieszkalnych przy wykonywaniu renowacji do roku 2030 oraz innych budynkach do roku 2050 przy jednoczesnym wykonaniu głębokiej renowacji.

Obniżenie zużycia energii elektrycznej (LED, urządzenia)

Według danych zawartych w Długoterminowej Strategii Renowacji, w roku 2018 zdecydowana większość gospodarstw domowych posiadała urządzenia elektryczne, takie jak chłodziarko-zamrażarki (82,3%), pralki automatyczne (92,1%) i odbiorniki telewizyjne (93,9%). Brak jednak informacji o klasie energetycznej tego wyposażenia.

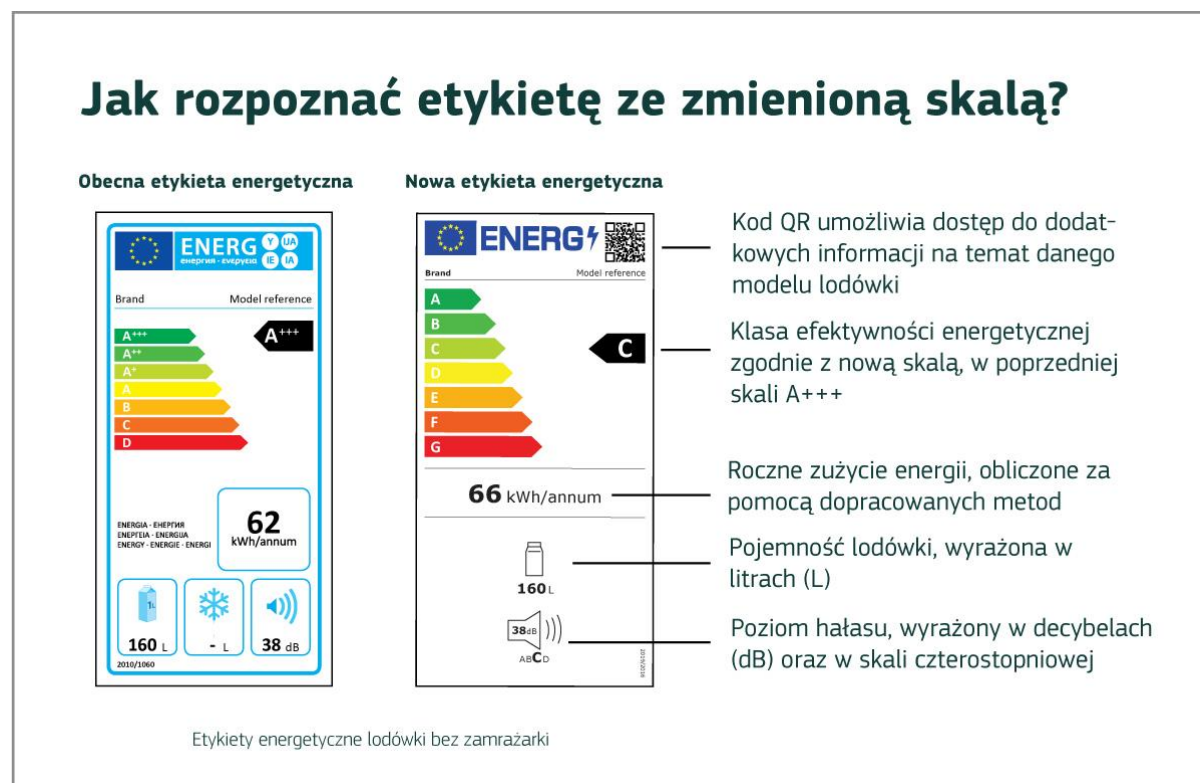
Klasy energetyczne są praktycznym narzędziem ułatwiającym użytkownikom sprzętu podejmowanie decyzji o zakupie energooszczędnych urządzeń. Klasa A lub klasy A+, A++, A+++ oznaczały sprzęt coraz bardziej efektywny energetycznie. W związku z rozwojem nowych, bardziej energooszczędnych technologii, od 1 marca 2021 r. obowiązują zmienione etykiety energetyczne dla nowych produktów AGD (lodówki i zamrażarki, zmywarki, pralki) i RTV. Nie będzie już klas z oznaczeniem plusem, a najwyższe noty w nowej skali, a więc B i A, póki co są wykorzystywane.

Tak więc sprzęt AGD i RTV wysoce energooszczędny posiada klasę C.

² Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

³ Podczas gdy średnia wartość wskaźnika EP dla istniejących budynków wznoszonych w latach 2010 do 2016 wynosi ok. 220 kWh/m²*rok, a dla budynków starszych nawet więcej niż 300 kWh/m²*rok

⁴ Długoterminowa Strategia Renowacji, projekt, luty 2021



Rys. 2 Porównanie dotychczasowej i nowej etykiety energetycznej

Źródło: ec.europa.eu

Wśród źródeł światła, w roku 2018, w gospodarstwach domowych dominowały już źródła w technologii LED, których udział wynosił 44,9%. Oznacza to po raz pierwszy przewagę źródeł LED nad źródłami tradycyjnymi przynoszącymi znaczne oszczędności energii. Przykładowo, źródło światła LED o mocy 5W zastępuje żarówkę o mocy 40W, a źródło LED o mocy 12W może zastąpić tradycyjne źródło światła o mocy 100W.

Źródła te charakteryzują się o wiele dłuższą żywotnością. Trwałość żarówki czy źródła halogenowego wynosi od 1000 do 2000 godzin, a trwałość źródła światła LED może być więcej niż 10-krotnie dłuższa. Źródła LED cechuje lepsza jakość oddawania barw, a także oferują wiele możliwości atrakcyjnego i funkcjonalnego oświetlenia wnętrza.

Podobnie jak dla sprzętu AGD i RTV dla źródeł światła zostaną wprowadzone nowe etykiety energetyczne. Nowe etykiety dla żarówek i lamp ze stałymi źródłami światła zostaną dodane we wrześniu 2021 r.

Wybrane, nowoczesne rozwiązania zasilania budynku w ciepło

Pompy ciepła

Pompa ciepła jest źródłem ciepła, które pozwala na wykorzystanie niewyczerpalnej, odnawialnej energii otoczenia do ogrzewania budynku lub podgrzania ciepłej wody użytkowej.

Pompa ciepła wymusza przepływ ciepła z obszaru o niższej temperaturze (dolnego źródła ciepła, tj. *powietrze, grunt, woda*) do obszaru o wyższej temperaturze (górnego źródła ciepła, tj. *centralne ogrzewanie i ciepła woda użytkowa*). Pompy ciepła typowo są to pompy sprężarkowe lub rzadziej stosowane absorpcyjne, zasilane gazem ziemnym lub pompy ciepła napędzane gazowym silnikiem spalinowym.

W sprężarkowej pompie ciepła niezbędna dla wymuszenia przepływu ciepła praca wykonywana jest przez silnik elektryczny napędzający sprężarkę pompy ciepła. Pompa ciepła wymaga wykorzystania przemian fazowych – parowania i skraplania – czynnika w zamkniętym obiegu, z przepływem wymuszonym przez sprężarkę. Pompy ciepła działają podobnie jak urządzenia chłodnicze, pracują w wyższym zakresie temperatur i mogą być wykorzystane jako urządzenia rewersyjne również do chłodzenia. W absorpcyjnej pompie obieg czynnika wymusza spalanie gazu.

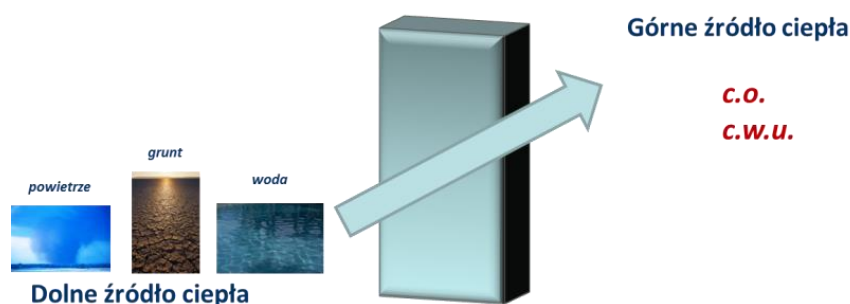
Skuteczność energetyczna pompy ciepła określana jest przez współczynnik wydajności grzewczej pompy ciepła COP (Coefficient of Performance):

$$\text{COP} = \frac{\text{energia uzyskana do ogrzewania}}{\text{energia do napędu pompy ciepła}}$$

COP przedstawia efektywność wykorzystania energii napędowej (energia elektryczna, energia mechaniczna z silnika gazowego lub ciepło w pompie absorpcyjnej) do celów grzewczych (ciepło, ciepła woda użytkowa).

Dla typowych przypadków COP dla sprężarkowych pomp ciepła wynosi od 3 do 4. Współczynnik COP jest tym wyższy, im niższa jest różnica temperatur pomiędzy górnym i dolnym źródłem ciepła. Efektywność absorpcyjnych pomp ciepła jest niższa - COP wynosi ok. 1,5.

Idea działania pompy ciepła



Podstawowe rodzaje pomp ciepła ze względu na rodzaj dolnego i górnego źródła ciepła i wykorzystanie ciepła wytwarzanego przez pompę ciepła zestawiono poniżej w tabeli:

Dolne źródło ciepła	Typ pompy ciepła	
grunt	grunt/woda	grunt/powietrze
woda	woda/woda	woda/powietrze
powietrze	powietrze/woda	powietrze/powietrze

Wymiennikiem dolnego źródła ciepła w gruncie może być węzownica pozioma ułożona poniżej strefy przemarzania gruntu, w strefie oddziaływania energii słonecznej. Ze względu na wymaganą

powierzchnię znajduje to zastosowanie tylko dla mniejszych obiektów. Dla większego zapotrzebowania na ciepło stosowane są sondy pionowe, w formie pętli w odwiertach pary rur zasilania i powrotu. Głębokość odwiertów zależy od lokalnych warunków geologicznych, głównie warstw wodonośnych w gruncie.

Jako dolne źródło ciepła mogą być wykorzystane wody gruntowe i powierzchniowe – cieki wodne lub wody stojące. Wykorzystanie wód gruntowych w typowych warunkach nie powinno być rozważane ze względu na ograniczone zasoby. Wykorzystanie wód powierzchniowych jest trudne ze względu na problemy techniczne i eksploatacyjne pracy wymienników ciepła w tych wodach.

Powietrze jako dolne źródło ciepła może być stosowane w naszym klimacie jako dolne źródło ciepła, jednak ze względu na spadek efektywności grzania wraz ze spadkiem temperatur zewnętrznych i koniecznością wykorzystania innego źródła ciepła do ogrzewania w niskich temperaturach, może być stosowane dla małych instalacji (na przykład w budynkach jednorodzinnych) i powinno być wspierane innym źródłem ciepła, np. kominkiem na biomasę.

Pompy ciepła stosowane są też w systemach odzysku ciepła: wykorzystywane jest powietrze usuwane z pomieszczeń jako źródło zasilania pompy ciepła do podgrzania powietrza nawiewanego lub ciepłej wody. W szczególnych przypadkach dolnym źródłem ciepła może być każdy rodzaj płynu o parametrach wyższych niż parametry otoczenia, jak ścieki i ciepło odpadowe z instalacji technologicznych.

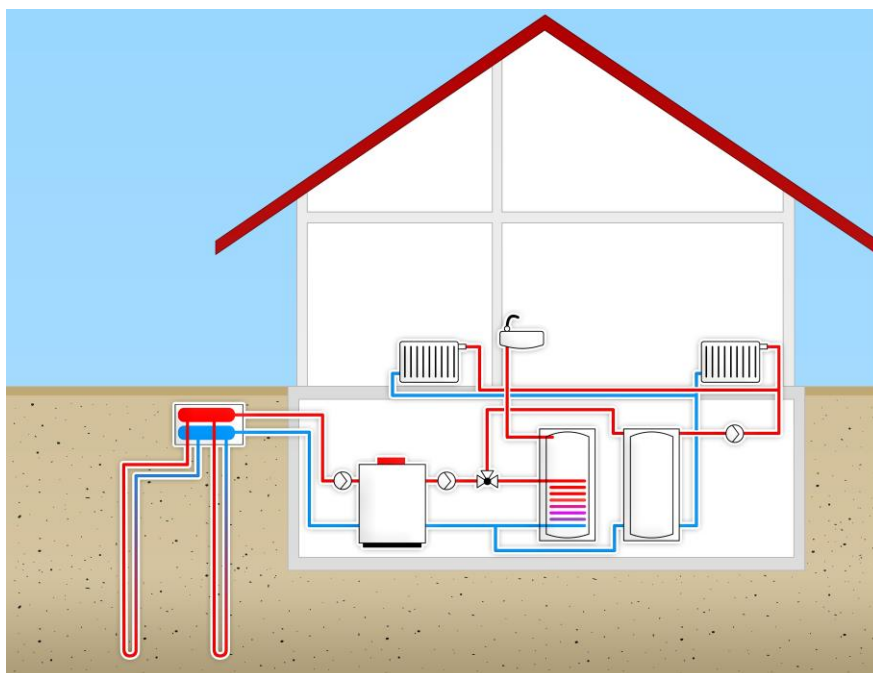
Pompy ciepła, które mają zostać wykorzystane do zasilania w ciepło budynku wielorodzinnego, z instalacjami centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej, mogą być w naszych warunkach prawie jedynie pompami pobierającymi ciepło z gruntu i przekazujące je do ciepłej wody w instalacjach wewnętrznych budynku. Są to pompy lub zespoły pomp sprężarkowych napędzanych energią elektryczną z wymiennikami gruntowymi w postaci pionowych sond. Spośród pomp ciepła tylko takie systemy są stabilnym, w okresie całego roku, źródłem energii odnawialnej, którego efektywność nie ulega praktycznie zmianom przez cały okres eksploatacji (uwzględniając oczywiście konieczną obsługę serwisową).

Typowo w zastosowaniach dla większych obiektów, jak budynek wielorodzinny, pompa ciepła wymusza przepływ ciepła z głębszych warstw gruntu o temperaturze ok. 10°C do obszaru o wyższej temperaturze, na przykład do wnętrza budynku. Dla ogrzania budynku, pompa dostarcza ciepło w postaci ciepłej wody lub ciepłego powietrza o temperaturze ok. 40-50°C.

Pompa ciepła dostarcza ciepło o temperaturze niższej od tradycyjnych źródeł ciepła. Stosowana więc być powinna w dobrze zaizolowanych nowych budynkach lub w budynkach istniejących po ich termomodernizacji tak, aby ciepło dostarczone do grzejników zapewniło komfort cieplny pomimo niższych temperatur wody grzewczej.

Praca pompy ciepła wymaga dostarczenia energii do napędu urządzeń, typowo energii elektrycznej. Jednak uzysk ciepła jest zazwyczaj 3-4 krotnie wyższy od zużycia energii elektrycznej do napędu pompy. Z tego powodu pompa ciepła jest urządzeniem, które podnosi efektywność wykorzystania energii elektrycznej. Dobrze dobrana pompa ciepła zmniejsza zapotrzebowanie budynku na nieodnawialną energię pierwotną. Optymalnym rozwiązaniem byłoby wykorzystanie energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych (ogniwa PV, turbiny wiatrowe) jako energii napędowej pompy ciepła.

Pompa ciepła, dla budynków na obszarach poza zasięgiem systemów ciepłowniczych i zasilanych w gaz ziemny, może stanowić atrakcyjną metodę ogrzewania. Typowym dolnym źródłem ciepła jest wymiennik gruntowy: pionowe sondy w odwiertach o głębokości od 100 m do nawet 300 m.



Rys. 3 Schemat działania gruntowych pomp ciepła

Zewnętrzne źródło ciepła jest dobierane indywidualnie. Gruntowe wymienniki ciepła z sondami pionowymi zapewniają stałą temperaturę dolnego źródła ciepła zasilającego pompę ciepła i wysoką efektywność pompy ciepła. Wymagają jednak szeregu uzgodnień administracyjnych i profesjonalnego wykonania.

Pompa ciepła doskonale współpracuje z kolektorami słonecznymi do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Jak dla każdego budynku, decyzja o wyborze źródła ciepła powinna być poprzedzona analizą techniczną i ekonomiczną.

Ogniwa fotowoltaiczne (PV)

Energia słoneczna dopływa do Ziemi w ilościach wielokrotnie przekraczających zapotrzebowanie. Obliczono, że samo wykorzystanie dla ogniw fotowoltaicznych dostępnych dachów i fasad umożliwiłoby wytworzenie 40% potrzebnej energii elektrycznej.

Światowa moc zainstalowanych systemów PV wynosiła pod koniec 2019 r. 633 GW (wzrost w ciągu 2019 r. o 121 GW), które wytworzyły 724 TWh energii elektrycznej. Moc zainstalowana w krajach Unii Europejskiej w 2019 r. wynosiła 131 GW (wzrost w ciągu roku o 17 GW). Ocenia się, że do 2030 r. na świecie będzie pracować 2 500 GW, a w Europie ponad 200 GW instalacji PV.

Aktualna moc wszystkich polskich instalacji PV to już ponad 3,0 GW, z czego większość generują prosumenci (2020).

Coraz większa produkcja sprzyja ciągłemu obniżaniu cen i rozwojowi nowych technologii. Cena energii generowanej z systemów PV, dla większości taryf dla odbiorców zasilanych z sieci niskiego napięcia, spadła poniżej kosztów zakupu energii z systemów elektroenergetycznych. Oczekuje się dalszego spadku cen, co spowoduje, że w ciągu następnych lat ceny energii słonecznej dla odbiorców końcowych staną się w pełni konkurencyjne.

Stosowane technologie

- ❖ Moduły z krystalicznego krzemu (mono- i poli-), które stanowią 80% rynku,
- ❖ Moduły cienkowarstwowe.

Oprócz wymienionych głównych technologii ciągle pojawiają się nowe, takie jak CPV (Concentrator PV) i OPV (Organic PV). Szczególnie te ostatnie daje się wytwarzać bardzo tanio. Jedynym ich mankamentem są niskie sprawności wynoszące zaledwie 6÷8%. Jednak nowe materiały i technologie rokują nadzieje na ich szybki wzrost.

Typowe moduły produkowane są w przedziale 250 ÷ 400 W, w rozmiarach do kilku m² w zależności od technologii i sprawności.

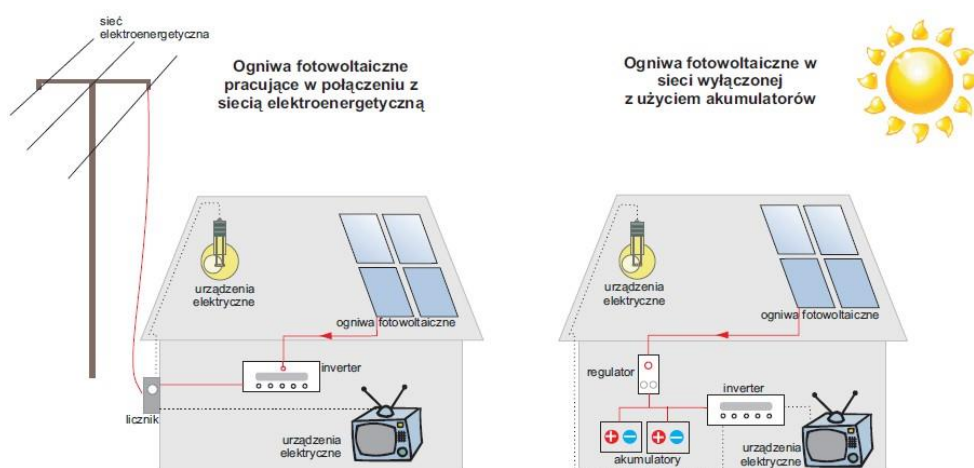
Sprawność wykorzystania promieniowania słonecznego dla wybranych technologii zestawiono w tabeli.

	Technologia						
	Krzem krystaliczny		cienkowarstwowe				CPV
	mono	poli	a-Si	CdTe	a-Si/ μc-Si	Cl(G)S	
Sprawność [%]	18-25	15-22	6-12	10-20	10-14	14-22	> 40

Źródło: NREL

Ile to kosztuje?

Ogniwa fotowoltaiczne mogą pracować w połączeniu z siecią elektroenergetyczną lub w sieciach wydzielonych z wykorzystaniem akumulatorów. W jednym i drugim przypadku odpowiednie napięcie i częstotliwość prądu wymaganego przez odbiorniki zapewniają przetworniki prądu stałego na zmienny (inwertery).



Rys. 4 Praca instalacji PV z siecią i wyspowa

Źródło: materiały własne BAPE

Uwzględniając to, że latem zapotrzebowanie na energię elektryczną jest mniejsze, a zimą większe, zaś promieniowanie słoneczne odwrotnie (większe latem, a mniejsze zimą), nadmiar energii wyprodukowanej latem powinien być zmagazynowany na okres zwiększonego zapotrzebowania w okresie jesienno-zimowym. Umożliwia to tryb rozliczeń prosument, możliwy do zastosowania w przypadku mikroinstalacji.

Mikroinstalacjom o mocy poniżej 50kW, w tym instalacjom PV, udzielono specjalne warunki wytwarzania energii elektrycznej. Nie potrzebują one koncesji, nie są obciążone akcyzą i dla instalacji na dachu budynku nie wymagają pozwolenia na budowę. W trybie prosumenta wytworzona energia elektryczna jest częściowo wykorzystywana na potrzeby własne, a nadmiar energii jest wysyłany do sieci elektroenergetycznej i odzyskiwany w proporcji 0,8 dla mocy do 10 kW i 0,7 dla wyższych mocy. Rozliczenie energii z operatorem odbywa się typowo w ciągu roku. Prosumentami energii mogą być osoby fizyczne, podmioty państwowe i prywatne, w tym m.in. gospodarstwa rolne, spółdzielnie

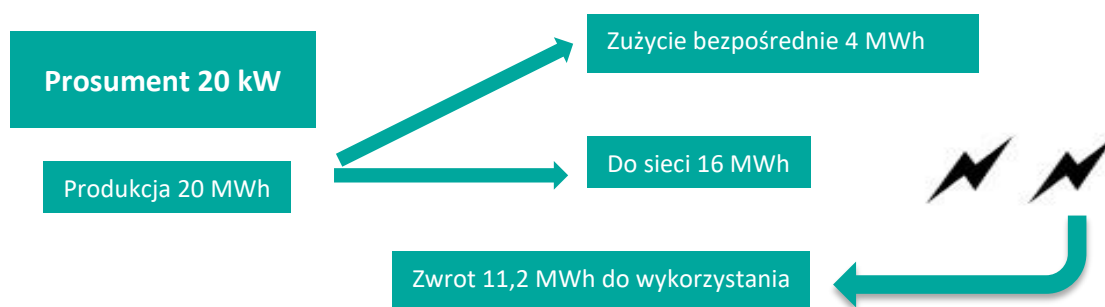
i wspólnoty mieszkaniowe, fundacje i stowarzyszenia. Prosumentem jest podmiot, który spełnia określone warunki, w tym:

- ❖ wytwarza energię elektryczną tylko z odnawialnych źródeł energii w mikroinstalacji na własne potrzeby,
- ❖ jest odbiorcą końcowym, czyli nie wykorzystuje energii na potrzeby wytwarzania, przesyłania lub dystrybucji energii elektrycznej,
- ❖ dokonuje zakupu energii elektrycznej na podstawie umowy kompleksowej,
- ❖ wytwarzanie energii elektrycznej nie stanowi przeważającej działalności gospodarczej,
- ❖ moc mikroinstalacji nie jest większa od mocy przyłączeniowej odbiorcy.

Można przyjąć, że o ile lokalne warunki, w tym dostępna powierzchnia dachu pozwalają, moc mikroinstalacji może być o 10-20% wyższa od mocy wynikającej z rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną, np.:

- ❖ dla rocznego zużycia 9 MWh, instalacja o mocy 10 kW wytwarzająca 10 MWh/rok (nadmiar z odzyskiem 80%),
- ❖ dla rocznego zużycia 25 MWh, instalacja o mocy 30 kW wytwarzająca 30 MWh/rok (nadmiar z odzyskiem 70%).

Typowo bezpośrednie zużycie energii elektrycznej wyniesie 20-40%, a nadmiar zostanie odzyskany z sieci w okresie większego zapotrzebowania. Poniżej przedstawiono schemat wykorzystania energii z instalacji PV o mocy 20kW w trybie prosumenta.



Rys. 5 Schemat trybu prosumenta dla instalacji 20 kWp

Źródło: opracowanie własne BAPE

Koszt kompletnej mikroinstalacji PV wynosił w 2020 r. ok. 4 000 zł/kWp.

Opłacalność instalacji PV pracującej w trybie prosumenta zależy od ceny energii w danej taryfie na energię elektryczną. Typowy okres zwrotu inwestycji wynosi od 5 do 8 lat. Oczekiwany wzrost cen energii elektrycznej w przyszłości znacznie skróci okres zwrotu nakładów na instalację PV.

Instalacja PV dla budynku wielorodzinnego może być dobrana do napędu pompy ciepła zasilającej instalacje grzewcze tego budynku oraz inne potrzeby wspólne budynku.

Oczekiwane jest wprowadzenie do systemu prawnego trybu prosumenta wirtualnego lub zbiorowego. Pozwoliłoby to na korzystanie przez mieszkańców budynku wielorodzinnego lub nawet kilku budynków ze wspólnej instalacji PV na dachu budynku lub instalacji PV w pobliżu budynku.

Alternatywa – spółdzielnia energetyczna

Procedowane obecnie zmiany prawne dotyczące przyszłych rozliczeń prosumentów, dla instalacji uruchamianych od 2022 lub 2023 r., mogą znacznie pogorszyć efektywność wykorzystania nadwyżek energii wytwarzanej we własnej mikroinstalacji. Nadwyżki te sprzedawane byłyby albo po cenach rynkowych lub, w innym wariantcie, rozliczane byłyby tylko koszty energii, bez opłat dystrybucyjnych.

Rozwiązaniem dla grupy odbiorców chcących korzystać wspólnie z energii ze źródeł odnawialnych jest utworzenie spółdzielni energetycznej. Ustawa o odnawialnych źródłach energii definiuje **spółdzielnię energetyczną** jako spółdzielnię w rozumieniu ustawy z dnia 16 września 1982 r. – Prawo spółdzielcze (Dz. U. z 2018 r. poz. 1285 oraz z 2019 r. poz. 730, 1080 i 1100) lub ustawy z dnia 4 października 2018 r. o spółdzielniach rolników (Dz. U. poz. 2073).

Przedmiotem działalności spółdzielni energetycznej jest wytwarzanie energii elektrycznej lub biogazu, lub ciepła, w instalacjach odnawialnego źródła energii i równoważenie zapotrzebowania energii elektrycznej lub biogazu, lub ciepła, wyłącznie na potrzeby własne spółdzielni energetycznej i jej członków, przyłączonych do zdefiniowanej obszarowo sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV lub sieci dystrybucyjnej gazowej, lub sieci ciepłowniczej.

W celu uzyskania statusu spółdzielni energetycznej spełnić należy określone kryteria, w tym biorąc pod uwagę obszar działalności na terenach gmin wiejskich lub miejsko-wiejskich, liczbę członków, zainstalowaną moc elektryczną oraz stopień pokrycia potrzeb własnych spółdzielni i jej członków.

Rozliczenia nadwyżek energii elektrycznej wprowadzonej do dystrybucyjnej sieci elektroenergetycznej wobec ilości energii elektrycznej pobranej z tej sieci w celu jej zużycia na potrzeby własne przez spółdzielnię i jej członków, korygowane jest współczynnikiem ilościowym 1 do 0,6. Rozliczeniu w tej formie podlegać będzie energia elektryczna wytworzona w ciągu 12 miesięcy zgodnie z okresami rozliczeniowymi przyjętymi w umowie kompleksowej. Schemat rozliczeń podobny jest jak dla trybu prosumenta (Rys. 5).

W świetle obecnych regulacji prawnych możliwe jest planowanie założenia spółdzielni energetycznej, w oparciu na kilku lub nawet jednym źródle odnawialnym, jak farma PV.

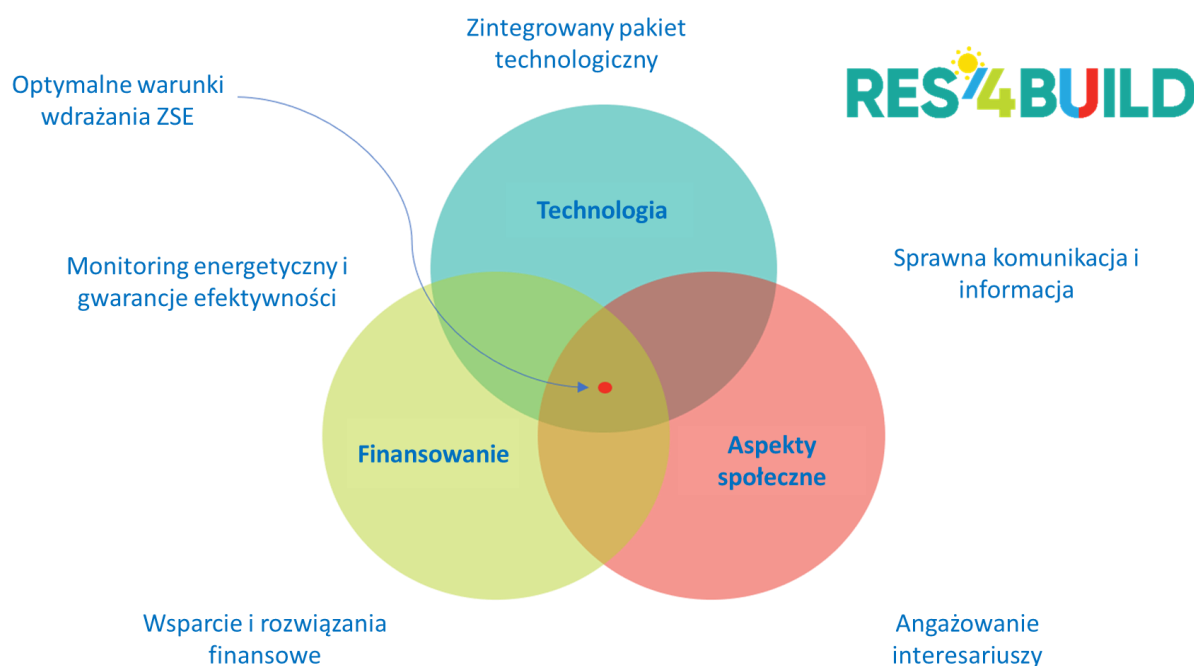
Możliwe jest pełne pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną członków spółdzielni energetycznej, w tym na potrzeby napędu pomp ciepła dla budynków.

Zintegrowany system energetyczny

Obecnie duży nacisk kładzie się na integrację różnych technologii odnawialnych oraz tworzenie kompatybilnych rozwiązań technologicznych związanych z szeroko rozumianą termomodernizacją budynków. Jednak skupienie się jedynie na aspekcie technologicznym jest w tym przypadku niewystarczające. Ocena dobrych praktyk⁵ przeprowadzona w ramach finansowanego przez UE projektu RES4BUILD dotyczącego zintegrowanych systemów energetycznych (ZSE) wykazała, że przyspieszenie wdrażania ZSE wymaga innowacyjnego podejścia do aspektów finansowych i społecznych, które pozwolą na usuwanie barier pozatechnologicznych.

Zintegrowany system energetyczny jest spójnym pakietem składającym się z energooszczędnych rozwiązań technologicznych dla budynku wraz z systemem monitoringu i automatyki. Doświadczenia z realizacji przedsięwzięć wskazują, że istotną rolę dla powodzenia projektu odgrywają również czynniki finansowe i społeczne. Zaangażowanie interesariuszy na wczesnym etapie rozwoju projektu może być kluczowe dla jego akceptacji. Wśród interesariuszy należy tu wymienić użytkowników końcowych energii (np. mieszkańców), właścicieli i zarządców budynków czy przedstawicieli jednostek z sektora finansowego.

Główne obszary mające wpływ na wdrażanie ZSE na szeroką skalę przedstawia schemat poniżej.



Rys. 6 Obszary oddziałujące na ZSE

⁵ Spijker, E., Gaast, W.P. van der, Terluin, I., Grecka, K., Wach, L. and Szajner, A. (2020). Good Practice of Integrated Energy Systems; On Integrated Energy Systems in the built environment in Poland and The Netherlands. RES4BUILD (European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 814865), Deliverable 4.1.

Jakie rozwiązanie byłoby najlepsze z punktu widzenia ekonomicznego, energetycznego i środowiskowego dla typowego budynku wielorodzinnego?

Aby odpowiedzieć na to pytanie trzeba najpierw przyjrzeć się obecnej sytuacji dla każdego przypadku.

Ciepło i ciepła woda użytkowa (c.w.u.) doprowadzane są często do budynku lub grupy budynków z lokalnej kotłowni, opalanej węglem lub olejem. W takiej sytuacji możliwe jest po prostu zastąpienie zasilania budynku w ciepło z kotłowni przez układ zespołu pomp ciepła umieszczony w budynku i instalacji PV na dachu budynku. Konieczna może być uprzednia termorenowacja budynku oraz modernizacja instalacji wewnętrznych wraz z wprowadzeniem armatury sterującej rozdziałem ciepła i ciepłej wody w budynku.

Jeżeli w budynku ogrzewanie mieszkań lub nawet pomieszczeń jest indywidualne, z kotłów lub pieców w mieszkaniach i brak jest wewnętrznych instalacji c.o. i c.w.u., konieczne jest wykonanie takich instalacji dla podłączenia do nich zespołu pomp ciepła. Tego typu dodatkowe przedsięwzięcia mogą być wsparte różnymi programami pomocowymi.

Dla oceny stanu bazowego zasilania budynku w ciepło konieczne jest wykonanie bilansu energetycznego budynku na podstawie kilkuletnich danych zużycia nośników energii, ewentualnie wraz z dodatkowymi badaniami technicznymi i analizami zachowań odbiorców ciepła. Określa się bazowe koszty ogrzewania i c.w.u. Składają się na to koszty paliwa, obsługi, ewentualne opłaty za emisję do atmosfery i koszt utylizacji popiołu oraz inne koszty eksploatacyjne, w tym koszty remontów i napraw. Dla starszych instalacji, w tym wyeksploatowanych kotłów, należy wziąć pod uwagę konieczność ich wymiany w nadchodzących latach.

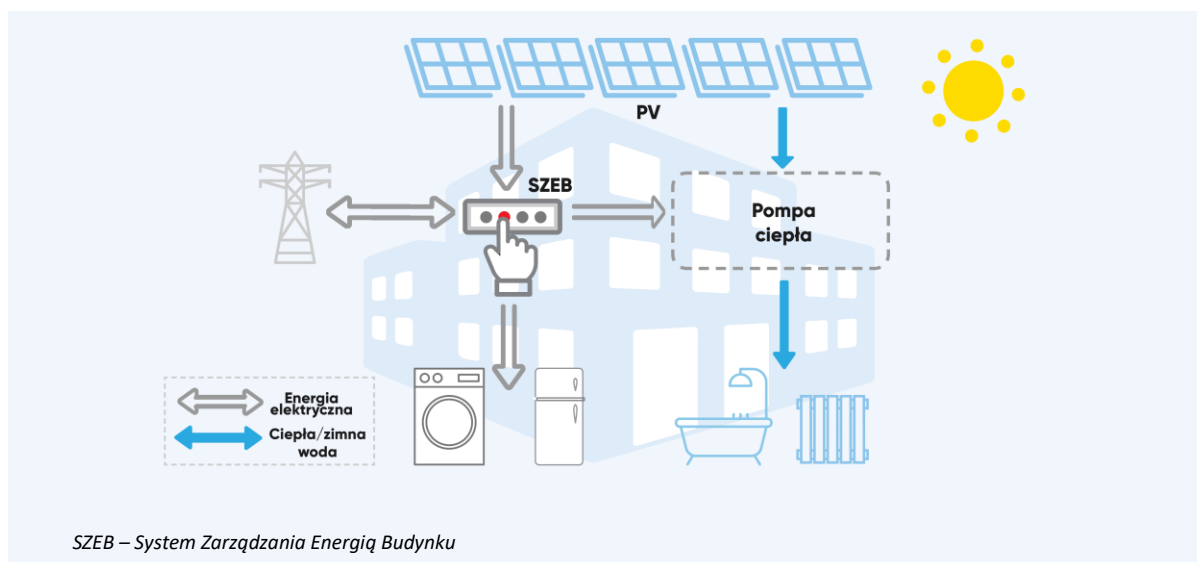
Dla budynku nowego lub po termomodernizacji, montaż pomp ciepła może pozwolić na pokrycie pełnych potrzeb budynku w zakresie ogrzewania i przygotowania c.w.u. Dla wielorodzinnego budynku z tradycyjną instalacją grzewczą powinny być to pompy ciepła z wymiennikiem gruntowym, w postaci sond wymiennika ciepła w głębokich otworach pionowych.

Montaż mikroinstalacji fotowoltaicznej (PV) na dachu budynku lub na terenie w pobliżu budynku (zależnie od lokalnych uwarunkowań) zasilą w energię własny układ pomp ciepła. W zależności od wielkości budynku, miejsca na dachu budynku lub w jego pobliżu, w znanych dotychczasowych rozwiązaniach instalacja PV może pokryć od 50% do 75% zapotrzebowania na energię elektryczną pomp ciepła. Okresowy nadmiar energii elektrycznej wyprodukowanej w układzie PV latem, odebrany zostanie z sieci elektroenergetycznej w trybie prosumenta. Dostawca energii elektrycznej pokryje też ewentualne brakujące ilości energii elektrycznej potrzebnej do napędu pomp ciepła.

Zintegrowany system energetyczny (ZSE)

Sensowne jest, aby obie proponowane instalacje: pompy ciepła i mikroinstalacja PV, zostały odpowiednio dobrane dla potrzeb budynku, zintegrowane i współpracowały ze sobą w celu zapewnienia efektywnego wykorzystania energii słonecznej, która będzie wykorzystywana jako podstawowe źródło energii. Taka integracja wymaga zastosowania dedykowanego systemu sterowania dla optymalnego wykorzystania energii odnawialnej i pokrycia zapotrzebowania budynku w różnych warunkach otoczenia.

Ideę integracji systemów energetycznych przedstawia kolejny rysunek.



Rys. 7 Konceptcja zintegrowanego systemu energetycznego budynku

W analizowanych dotychczas przykładach instalacji zintegrowanego systemu energetycznego budynku nakłady inwestycyjne na instalację takiego systemu zwracają się po okresie do 10 lat. Oszczędności na skutek niższych kosztów ogrzewania pozwalają na spłatę kredytów na tę inwestycję, bez wzrostu łącznych opłat za eksploatację budynku. Instalacja ZSE może liczyć na wsparcie specjalnych programów realizowanych z funduszy krajowych i europejskich. Dodatkowo, instalacja nowoczesnego, „czystego” ogrzewania budynku spowoduje wzrost wartości mieszkań w budynku.

Możliwości pokrycia potrzeb cieplnych w zależności od zużycia energii przez budynek

Możliwe jest przedstawienie szacunkowych obliczeń dla funkcjonowania zintegrowanego systemu energetycznego (ZSE): pompa ciepła zasilana z dachowej instalacji PV wraz z automatyką i monitoringiem w budynku wielorodzinnym (tryb prosumenta).

Dla spółdzielni energetycznej, planowane jest całościowe bilansowanie potrzeb energetycznych członków spółdzielni.

Obliczenia dla przykładu zasilania budynku w trybie prosumenta wykonano dla typowego trzykondygnacyjnego budynku na terenach podmiejskich lub wiejskich. Powierzchnia ogrzewana tego budynku to 800 m², zamieszkuje w nim 40 osób. Powierzchnia dachu tego budynku wynosi 350 m² brutto.

Zestawienie przedstawia wyniki obliczeń dla budynku o różnym stopniu docieplenia przegród zewnętrznych. Dane budynku docieplonego dotyczą budynku po termorenowacji lub nowego, wykonywanego zgodnie z obecnymi wymaganiami efektywności energetycznej w WT21 lub w standardzie budynku niskoenergetycznego. Przyjęto współczynnik efektywności energetycznej dla pomp ciepła COP równy 3,5.

Parametr	Jednostka	Docieplenie		
		Słabe	Dobre	Bardzo dobre
Wsk. rocznego zapotrzebowania na energię użytkową - c.o.	kWh/m ² *rok	120	65	35
Wsk. rocznego zapotrzebowania na energię użytkową - c.w.u.	kWh/ m ² *rok	40	40	40
Razem	kWh/ m ² *rok	160	105	75
Roczne zapotrzebowanie na ciepło	kWh/rok	128 000	84 000	60 000
	GJ/rok	461	302	216
Zapotrzebowanie pomp ciepła na energię elektryczną	kWh/rok	36 571	24 000	17 143
Energia elektryczna z PV	kWh/rok	15 200	15 200	15 200
Udział PV w pokryciu zapotrz.	%	42%	63%	89%

Wyniki obliczeń wskazują, że dla budynku wielorodzinnego całość zapotrzebowania na ciepło i ciepłą wodę użytkową może być pokryte przez układ pomp ciepła z głębokimi wymiennikami gruntowymi. Układ ogniw PV na dachu takiego budynku może pokryć od ponad 40% do prawie 90% zapotrzebowania na energię elektryczną do napędu pomp ciepła, w zależności od stopnia docieplenia budynku. Budynek powinien przejść proces jak najgłębszej termorenowacji przed instalacją zintegrowanego systemu energetycznego.

W przypadku spółdzielni energetycznej, możliwe jest pełne pokrycie potrzeb budynku w zakresie zapotrzebowania na energię elektryczną do napędu pomp ciepła. Oczywiście konieczna jest termomodernizacja budynku, dla obniżenia zapotrzebowania na energię i w konsekwencji dla redukcji nakładów na nowe źródła odnawialne w ramach spółdzielni energetycznej.

Efekt ekologiczny

Przebudowa systemu ogrzewania węglowego na systemy energii odnawialnej zmniejszy emisję CO₂ i zanieczyszczeń w źródłach energii. Zostanie zlikwidowana emisja lokalna z kotłowni węglowej lub olejowej.

Emisja CO₂ z lokalnych kotłowni węglowych zostanie częściowo wyeliminowana poprzez wykorzystanie głównie energii elektrycznej z własnych systemów PV wykorzystaną do napędu pomp ciepła. Pozostała część zostanie zastąpiona znacznie mniejszą emisją CO₂ z elektrowni zasilających krajową sieć elektroenergetyczną.