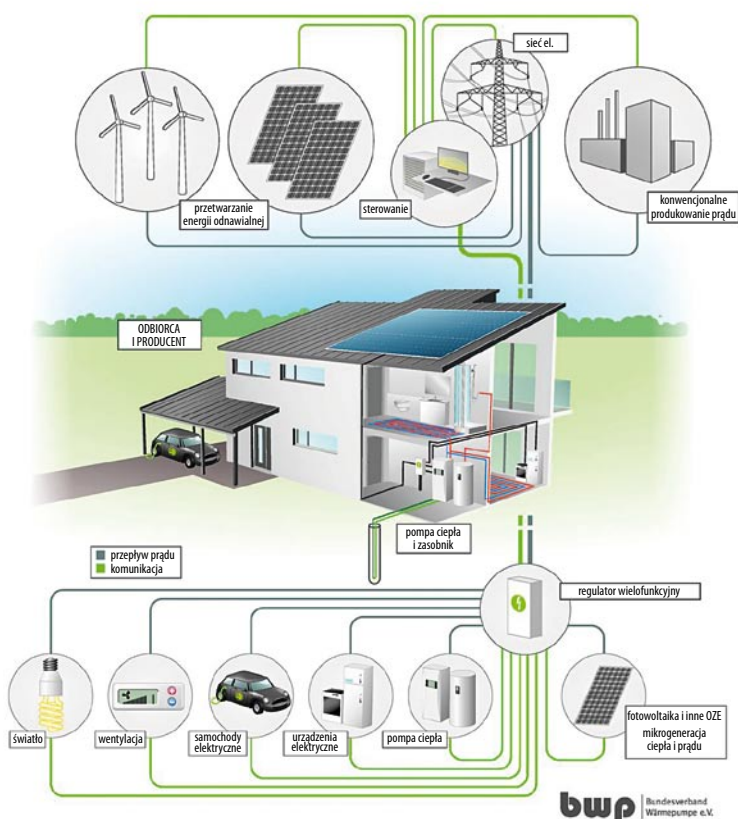




Poradnik „Dom bez rachunków”



Patroni honorowi akcji



MINISTERSTWO
PRZEDSIĘBIORCZOŚCI
I TECHNOLOGII



Global Compact
Network Poland

Organizacje branżowe wspierające akcję



Stowarzyszenie
Polska
Wentylacja



Stowarzyszenie Producentów
i Importerów Urządzeń Grzewczych

„Dom bez rachunków” – dom jednorodzinny przyszłości w zasięgu ręki



Paweł Lachman
– prezes zarządu
Polskiej Organizacji
Rozwoju Technologii
Pomp Ciepła,
koordynator kampanii
„Dom bez rachunków”



Stan obecny

Wiele obecnie wznoszonych domów jednorodzinnych charakteryzuje się niekorzystnymi cechami. Mają skomplikowane, wielospadowe i kosztowne w budowie dachy, bo każda zabudowana tam jaskółka istotnie podnosi koszty, a ponadto utrudnia dobrą izolację poddasza. Powszechnie stosowane kominy spalnikowe i wentylacyjne również zwiększają koszty budowy, często nie zapewniając prawidłowej wentylacji budynków. Brak sprawnej wentylacji jest przyczyną zagrzybienia ścian łazienek (szczególnie tych, w których są kominy wentylacyjne) oraz obniża komfort życia mieszkańców. Zbyt duże stężenie dwutlenku węgla w powietrzu i innych substancji szkodliwych jest powodem syndromu tzw. chorych budynków.

Według statystyk aż w 30% nowo wznoszonych domów w Polsce instaluje się kotły na paliwa stałe. Urządzenia te wymagają stałej oraz dodatkowej obsługi, w tym czyszczenia i corocznych przeglądów kominarskich. Sam czas dodatkowej obsługi to przeciętnie 10-15 godz. w miesiącu, co oznacza 120-180 godz. rocznie. Problemem jest często przewymiarowywanie tych kotłów, co z kolei jest przyczyną istotnego spadku ich sprawności i zwiększenia kosztów ogrzewania nawet o 40%. Jeśli chodzi o koszty, warto również zaznaczyć, że dla kotłów na paliwa stałe wymagana jest kotłownia o powierzchni min. 8-10 m² i pomieszczenie na skład opału o powierzchni 5-6 m². Aby kotły te mogły pracować efektywnie, potrzebny jest też bufor wody o pojemności 300-500 l, który oczywiście zajmuje w budynku miejsce. Tymczasem każdy dodatkowy metr kwadratowy w nowym domu to 1500-2500 zł w kosztach budowy, w zależności od wielkości budynku. Mieszkańcy muszą się też liczyć z ograniczeniem wygody i komfortu ze względu na brak możliwości utrzymania czystości w kotłowni i składzie opału oraz w pomieszczeniach sąsiadujących.

Budynki z kotłami na paliwo stałe bez wątpienia wymagają więc stałej obsługi oraz stałych wydatków na paliwo i energię elektryczną. Już dziś nie jest łatwo taki dom sprzedać.

Zmiana

Jesteśmy świadkami rewolucji energetycznej w zakresie odnawialnych źródeł energii. W ciągu ostatnich 40 lat systemy fotowoltaiczne znacząco potaniały. Średni spadek cen samych modułów fotowoltaicznych wyniósł około 10% rocznie. W wielu krajach Europy koszt pozyskania energii elektrycznej z fotowoltaiki i energii wiatrowej jest dziś porównywalny (a czasem i niższy) od kosztów produkcji prądu przy wykorzystaniu paliw kopalnych. Przewiduje się, że w najbliższych latach (po 2020 r.) powszechnie spadnie on poniżej kosztów technologii tradycyjnych. Czas zwrotu nakładów na instalację fotowoltaiczną w budynku wynosi obecnie 8-12 lat, a jeśli korzysta się z dodatkowych dofinansowań lub ulgi termomodernizacyjnej, czas ten skraca się o około 30%.

W ostatnich kilku latach znacząco wzrosła efektywność pomp ciepła, szczególnie powietrznych,

Zasadnicze idee koncepcji „Domu bez rachunków”:

- wznoszenie prostych konstrukcyjnie i tanich w użytkowaniu domów
- wykorzystywanie energii z OZE – brak rachunków
- magazynowanie energii – bilansowanie roczne, czyli system opustów
- dbałość o zdrowie mieszkańców i społeczności
- zapewnienie komfortu i wygody mieszkańców
- niskie koszty eksploatacji – wysoka wartość budynku

spadły koszty ich produkcji i montażu. Są to urządzenia, które świetnie współpracują z domową instalacją fotowoltaiczną. Dla domów jednorodzinnych dostępne są też wysokosprawne systemy wentylacji z odzyskiem ciepła. Można zatem zrezygnować z budowy kominów wentylacyjnych oraz wykonywania związanych z nimi obróbek dachowych, blacharskich, podestów itd., a zamiast tego zainwestować w system rekuperacyjny. Dodatkowo, działający w ramach energetyki prosumenckiej system bilansowania energii, tzw. system opustu na wyprodukowaną w domu energię elektryczną, pozwala na dostarczanie jej do sieci elektrycznej i następnie odebranie potrzebnej ilości energii w ciągu roku.

Koncepcja „Domu bez rachunków”

Zakładamy, że eliminując koszty związane z budową skomplikowanego dachu, kominów spalinowych i wentylacyjnych, pomieszczenia kotłowni czy maga-

zynu opału, można projektować i wznosić domy jednorodzinne, które – przy zachowaniu racjonalnych kosztów inwestycyjnych (często porównywalnych do rozwiązań tradycyjnych) – charakteryzują się niewielkimi kosztami związanymi z ogrzewaniem, przygotowaniem ciepłej wody, chłodzeniem czy zużyciem energii elektrycznej. Takie domy produkują więcej energii ze źródeł odnawialnych niż zużywają jej w ciągu roku, nie powodując lokalnej emisji zanieczyszczeń. Ważnym aspektem jest ich pozytywny wpływ na zdrowie zarówno mieszkańców, jak i sąsiadów. Wyższy komfort mieszkańców można też uzyskać dzięki zastosowaniu efektywnej i kontrolowanej wentylacji z odzyskiem ciepła.

Obniżenie kosztów eksploatacji przekłada się na zwiększenie wartości finansowej budynku. Będzie go można łatwiej sprzedać i za lepszą cenę. Ponadto każda taka inwestycja jest ważnym wkładem w czystość środowiska oraz walkę ze smogiem i globalnym ociepleniem klimatu. ■

Technologie zeroemisyjne w budynkach – poprawa jakości życia

W ramach Systemu ONZ od lat trwa debata nad poprawą jakości powietrza. W ostatnim raporcie WHO z 2018 r. wskazuje się, że wskutek zanieczyszczenia powietrza co roku na świecie jest prawie 7 mln ofiar śmiertelnych, z czego ok. 48 tys. w Polsce. Do tej statystyki nie są wliczane osoby ciężko i przewlekłe chore z powodu zanieczyszczonego powietrza. Żeby poprawić jakość powietrza w Polsce, konieczne są zdecydowane działania na kilkunastu płaszczyznach. Jedną z kluczowych jest wymiana systemów grzewczych i systemów chłodzenia na zeroemisyjne. Szerokie zastosowanie energii elektrycznej do ogrzewania i chłodzenia budynków umożliwi zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych, poprawę efektywności energetycznej, obniżenie emisji dwutlenku węgla i znaczne obniżenie kosztów inwestycji w integrację odnawialnych źródeł energii. Jednak zasadnicze znaczenie dla tych zastosowań ma promocja efektywnych technologii, takich jak: pompy ciepła, instalacje fotowoltaiczne czy systemy wentylacji z odzyskiem ciepła. Budynki są kluczowym elementem dla rozwijania powiązań między rynkiem ogrzewania i chłodzenia a rynkiem energii elektrycz-



nej. Jeśli w polskich domach pojawią się zeroemisyjne technologie, to jakość powietrza się poprawi, a przy okazji poprawi się jakość życia i zdrowia mieszkańców Polski. ■



Network Poland

Kamil Wyszowski
– dyrektor generalny
agencji ONZ
UN Global Compact
Network Poland

Uwarunkowania dla rozwoju koncepcji „Domu bez rachunków”

Zadaniem niniejszego poradnika jest pomoc projektantom, architektom i instalatorom w zakresie doboru, projektowania i wykonania systemu składającego się z instalacji fotowoltaicznej (PV), pompy ciepła oraz zasobników ciepła i ciepłej wody oraz wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła w domach jednorodzinnych. Przyda się on także inwestorom, którzy planują budowę nowoczesnego, przyszłościowego i taniego w eksploatacji domu.

W prace nad przygotowaniem poradnika zaangażowało się wiele firm, instytucji i organizacji branżowych, którym bliska jest idea praktycznego powiązania obecnych możliwości technologicznych w budownictwie z ich dostępnością (także cenową) dla inwestorów indywidualnych oraz popularyzacji technologii zapewniających wysoki standard użytkowy i ochronę środowiska, w którym mieszkamy i żyjemy. Poradnik traktuje o systemach grzewczych z pompą ciepła z funkcjami ogrzewania, chłodzenia i przygotowywania ciepłej wody użytkowej działających w połączeniu z instalacją fotowoltaiczną o mocy do 10 kWp, która współpracuje z siecią energetyczną (on-grid) i funkcjonuje w ramach systemu opustu.

Uwarunkowania inwestycji

Korzyści z zastosowania systemu modułów fotowoltaicznych oraz zasilanej elektrycznie pompy ciepła i bufora ciepła i/lub systemu magazynowania energii elektrycznej w instalacji domowej są uwarunkowane różnymi czynnikami, w tym przede wszystkim:

- **Wykorzystaniem tzw. systemu opustu.** System ten, zgodny z obecnie obowiązującą ustawą OZE, pozwala na budowanie „Domów bez rachunków”, które charakteryzują się m.in. tym, że opłaty za wykorzystywaną w nich energię (na cele ogrzewania, przygotowania c.w.u., chłodzenia i inne cele użytkowe) sprowadzają się w ostatecznym rozliczeniu tylko do stosunkowo niewielkich kosztów opłat stałych za przyłącze energii elektrycznej.
- **Terminem wykonania instalacji PV.** Wygaśnięcie systemu opustu w przypadku pierwszych instalacji PV z ustawowego okresu wsparcia wynoszącego 15 lat nastąpi w 2035 r. Dla instalacji wykonanych po 2020 r., 15-letni okres systemu opustu będzie stopniowo skracany.
- **Relacją ceny energii i kosztu jej wytworzenia we własnym zakresie.** Już teraz bardziej opłaca

się wykorzystywać energię elektryczną wytworzoną w domowej instalacji fotowoltaicznej niż kupować ją u dostawcy energii.

- **Koszt wykonania instalacji PV i ceną akumulatorów.** W ostatnich latach spadły ceny instalacji PV i akumulatorów do magazynowania energii. W przyszłości magazyny energii elektrycznej będą w stanie w pełni zastąpić system opustu.

Podstawowe pojęcia

- **Stopień samowystarczalności.** Określa możliwość wykorzystania udziału energii elektrycznej wyprodukowanej z własnej instalacji PV w ogólnym zużyciu energii przez gospodarstwo domowe w ciągu roku. W systemie opustu uwzględnia się też zwroty energii elektrycznej w ciągu roku z sieci energetycznej. Dodatkowe zapotrzebowanie na energię jest zaspokajane przez pobór z sieci elektrycznej.
- **Wskaźnik zużycia własnego (autokonsumpcji).** Określa udział zużycia energii elektrycznej w gospodarstwie domowym pochodzącej z instalacji fotowoltaicznej w stosunku do całej energii elektrycznej wytworzonej przez instalację PV. Pozostała część wyprodukowanej lecz niewykorzystanej energii elektrycznej jest odprowadzana do sieci energetycznej.
- **„Dom bez rachunków”.** To budynek, w którym energia zużyta na potrzeby ogrzewania, przygotowania c.w.u. i ewentualnie chłodzenia oraz na inne cele, bilansuje się z energią elektryczną produkowaną z własnej instalacji PV działającą w systemie opustu. Koszty energii elektrycznej sprowadzają się tylko do nieznacznych opłat stałych za korzystanie z przyłącza. W przypadku mniejszych instalacji PV możliwe jest zbilansowanie produkcji i zużycia energii, np. tylko w zakresie samej energii ogrzewania, ciepłej wody i chłodzenia. ■



Skanuj:
cały poradnik
w pliku pdf

Jak działa system bilansowania rocznego, tzw. opustu?

W budynkach jednorodzinnych z instalacją PV o mocy do 50 kWp można korzystać z tzw. systemu opustu. Jest to bezgotówkowy system rozliczeń energii elektrycznej wyprodukowanej w budynku i pobranej z sieci, dedykowany właścicielom mikroinstalacji PV, których nazwano prosumentami. W takim przypadku muszą oni podpisać kompleksową umowę z zakładem energetycznym o świadczenie usług dystrybucji i sprzedaży energii.

Według obecnie obowiązujących zapisów ustawy OZE, prosumentem może być osoba fizyczna lub prawna nieprowadząca działalności gospodarczej. W praktyce są to głównie osoby fizyczne. Z systemu opustu mogą jednak korzystać także jednostki samorządu terytorialnego, wspólnoty mieszkaniowe czy związki wyznaniowe.

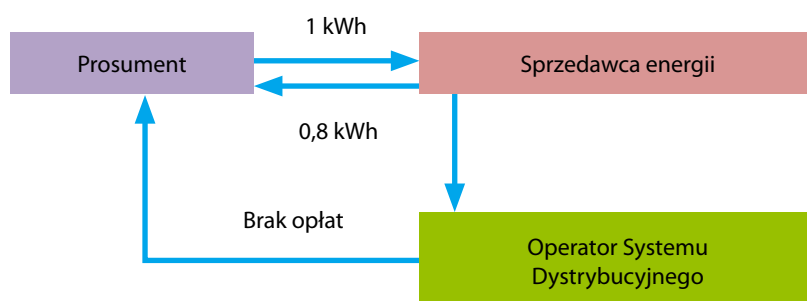
Formalności i sposób rozliczeń

W przypadku mikroinstalacji PV formalności związane z jej wykonaniem sprowadzają się do zgłoszenia tego faktu w lokalnym zakładzie energetycznym oraz podpisania z dystrybutorem energii aneksu do umowy kompleksowej. Bezgotówkowe rozliczenie ilości energii w ramach systemu opustu odbywa się w okresie rocznym. Same rachunki za energię elektryczną (np. opłaty stałe) mogą być rozliczane tak jak przed montażem instalacji PV, czyli w cyklu miesięcznym, dwumiesięcznym lub półrocznym w zależności od zapisów w umowie kompleksowej ze sprzedawcą energii. Po roku sprzedawca energii zobowiązany jest wykonać rozliczenie energii wprowadzonej do sieci przez prosumenta oraz pobranej z sieci. Przy czym dla instalacji o mocy do 10 kWp za 1 kWh oddaną do sieci prosument może odebrać 0,8 kWh, dla większych instalacji PV (do 50 kWp) obowiązuje współczynnik 0,7.

Co się opłaca?

Przy takim sposobie rozliczania najkorzystniej jest jak najwięcej energii wyprodukowanej w domu konsumować w czasie rzeczywistym. Możliwe jest wtedy wykorzystanie jej nawet w 100%.

Gdy prosument pobiera energię z sieci, to w ramach bilansowania opustu traci minimum 20% energii uprzednio wprowadzonej przez siebie do sieci. Bieżąca konsumpcja energii elektrycznej wytwarzanej



Rys. 1. Schemat funkcjonowania systemu opustu w przypadku mocy PV < 10 kWp

w domu jednorodzinnym statystycznie sięga zaledwie 10-20%. Aby ją zwiększyć, wskazane jest zastosowanie pompy ciepła. Dzięki niej autokonsumpcja energii wzrośnie nawet dwukrotnie, do 20-35%, a przy wykorzystaniu funkcji chłodzenia – nawet do około 40%.

Rzeczywisty współczynnik opustu, uwzględniający autokonsumpcję energii elektrycznej, wynosi odpowiednio:

- 82% przy konsumpcji własnej 10%,
- 84% przy konsumpcji własnej 20%,
- 88% przy konsumpcji własnej 40%.

Ułatwienia dla prosumentów

Od energii rozliczanej w ramach opustu prosument nie uiszcza ani opłaty za energię, ani dodatkowej opłaty dystrybucyjnej za ponownie pobraną energię. Nie płaci również żadnej dodatkowej opłaty na rzecz sprzedawcy z tytułu prowadzenia rozliczeń. Należy jednak zaznaczyć, że po roku niewykorzystany w ramach opustu nadmiar energii elektrycznej „przepada” i z tego względu moc instalacji PV powinna być optymalnie dobrana do przewidywanego zużycia. W przeciwnym razie nadwyżki energii przejmie sprzedawca energii, a opłacalność instalacji ulegnie pogorszeniu. ■



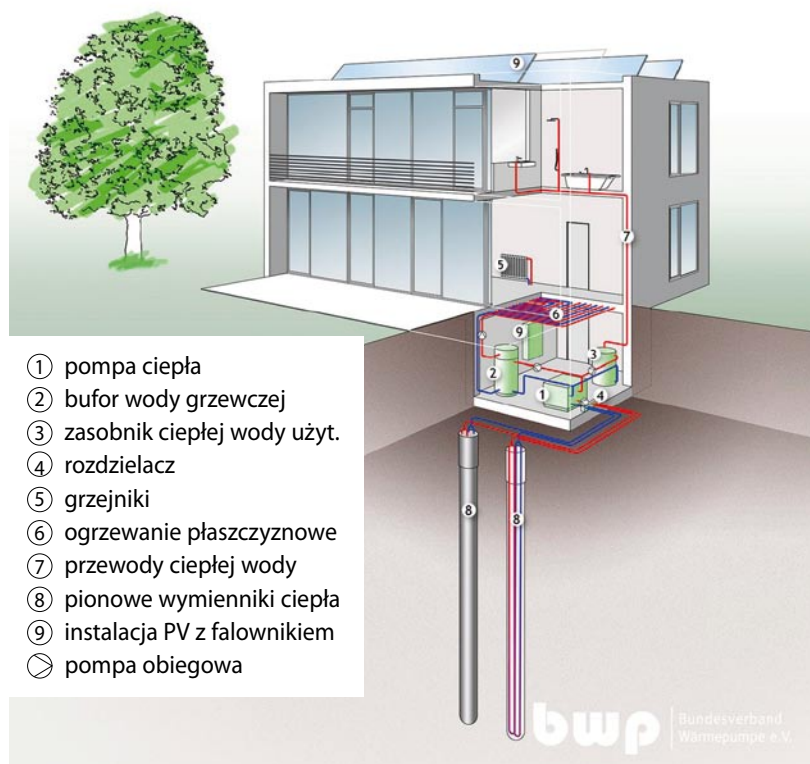
Skanuj: polecamy książkę B. Szymańskiego „Instalacje fotowoltaiczne”

3

Czym się charakteryzuje „Dom bez rachunków”?

Budynki projektowane i wznoszone zgodnie z koncepcją „Domu bez rachunków” powinny się charakteryzować pewnymi podstawowymi cechami, które przedstawiamy poniżej. Bez wątpienia, są to domy przyszłości, jednak są one dostępne technologicznie i finansowo już dziś.

- **Budynek jest plus energetyczny.** Oznacza to, że ilość energii ze źródeł odnawialnych, wyprodukowana w ciągu roku przez wykonaną w nim instalację PV przekracza ilość energii zużywanej przez budynek (również w postaci ciepła).
- **Symboliczne opłaty.** Koszty ogrzewania, ciepłej wody, chłodzenia i prądu mogą wynosić poniżej 20 zł/miesiąc, czyli tyle, co obecnie koszty opłaty stałej wynikające z systemu opustu i przyłączenia do sieci elektrycznej.



Rys. 1. Uproszczony model „Domu bez rachunków”

w budynku. Warto przewidzieć dodatkowe miejsce na dachu na instalację PV produkującą energię do zasilania samochodu elektrycznego i wykonać okablowanie do przyszłej rozbudowy instalacji.

- **Wykorzystanie pompy ciepła.** Zamontowana w budynku pompa ciepła zapewnia efektywne ogrzewanie, przygotowanie c.w.u. i chłodzenie budynku – z efektywnością energetyczną od trzech do pięciu razy większą niż ogrzewanie elektryczne czy elektryczne podgrzewanie c.w.u. Roczny udział energii zużywanej przez pompę ciepła pochodzącej bezpośrednio z instalacji PV wynosi 20-30%. Zastosowanie pompy ciepła pozwala na rezygnację z budowy komina, kotłowni czy magazynu opału. Może być ona umieszczona w dowolnym pomieszczeniu, nie zajmując na podłogę więcej powierzchni niż 0,5 m².
- **Prosta konstrukcja dachu.** Zalecany jest dach dwuspadowy, jednospadowy lub płaski. Oszczędności na kosztach wykonania konstrukcji dachu oraz zastosowaniu tańszych pokryć dachowych pozwalają w pełni lub częściowo pokryć koszty instalacji PV. Jak wskazuje rys. 2, wykonanie dachu dwuspadowego zamiast czterospadowego może obniżyć koszty budowy dachu o powierzchni 150 m² o blisko 20 tys. zł, co odpowiada obecnie kosztom instalacji PV o mocy 4-4,5 kWp lub pozwala zwiększyć moc instalacji PV o 5 kWp, np. z 3 kWp do 8 kWp.
- **Zeroemisyjne i bezobsługowe systemy techniczne.** System wykorzystujący pompę ciepła oraz instalacja PV to technologie, które nie mają negatywnego wpływu na zdrowie mieszkańców i sąsiadów. Zapewniają też mieszkańcom wysoki komfort użytkowy oraz pozwalają zachować czystość w budynku.
- **Wzrost wartości rynkowej budynku.** „Dom bez rachunków” zyskuje na wartości i w przyszłości łatwiej go będzie sprzedać. Badania przeprowadzone kilkanaście lat temu na rynku nieruchomości w stanie Nowy York pokazały, że każde obniżenie kosztów eksploatacji domu o 100 USD rocznie powoduje wzrost jego wartości finansowej o 2000 USD.

- **Zbilansowane zużycie i produkcja energii.** Instalacja PV pozwala na zbilansowanie rocznego zużycia energii na cele ogrzewania, c.w.u., chłodzenia i inne cele użytkowe z produkcją energii

- **Najwyższy komfort cieplny.** Płaszczynowe ogrzewanie/chłodzenie wodne zapewnia w budynku wysoki komfort cieplny, również dzięki regulacji pogodowej (wg krzywej grzewczej). Pomimo niższej temperatury w pomieszczeniach (ok. 20°C), komfort cieplny jest podobny jak przy temperaturze 22°C przy ogrzewaniu grzejnikowym. Niższa temperatura to 10-15% oszczędności na kosztach ogrzewania. Instalacja płaszczynowa pozwala także na efektywne chłodzenie budynku z kontrolą punktu rosy. Systemy ogrzewania i chłodzenia przygotowane są na rozwiązania Smart i na elastyczne sterowanie w sieciach energetycznych przyszłości.

- **Efektywny odzysk ciepła/chłodu z powietrza usuwanego z budynku.** W budynku wykorzystuje się mechaniczną wentylację z odzyskiem ciepła (rekuperator). Większość ciepła obecnego w powietrzu usuwanym jest przekazywana do napływającego powietrza świeżego (roczna sprawność odzysku ciepła może wynosić ponad 85%). Taka wentylacja zapewnia w pełni kontrolowaną wentylację pomieszczeń, najwyższy komfort użytkowy, a także niższe koszty ogrzewania o 15-20% w porównaniu z tradycyjnymi rozwiązaniami. Ponadto znacznie zmniejsza się ryzyko powstania pleśni na ścianach pomieszczeń, a w pomieszczeniach jest dokładnie przefiltrowane powietrze o odpowiedniej jakości (wilgotności i czystości).

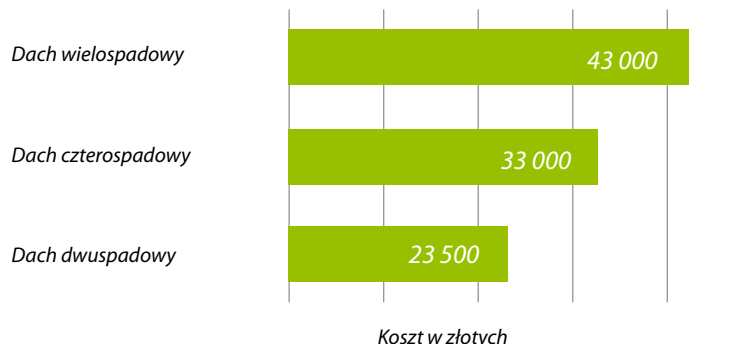
- **Wysoka szczelność powietrzna budynku.** Wymiana powietrza przez infiltrację przeprowadzana w teście nadciśnienia 50 Pa musi być mniejsza od 0,6 wymiany powietrza budynku na godzinę (realna infiltracja powietrza w budynku poniżej 0,04 h⁻¹).

- **Wysokie standardy izolacji termicznej.** Budynek spełnia standardy izolacyjne NF 40 (U oraz EP_{min}) lub wyższe, np. budynku pasywnego. Proponowany standard budynku spełnia wyższe wymagania niż WT 2021. Wszystkie zewnętrzne przegrody są izolowane termicznie w takim stopniu, aby współczynnik przenikania ciepła U przegród budowlanych nie przekraczał 0,12-0,15 W/(m²K) (oprócz okien i drzwi).

- **Zwarta i prosta bryła budynku.** Zaleca się projektowanie domów na planie prostokąta, z dłuższym bokiem zwróconym na stronę południową.

- **Pasywne wykorzystanie energii słonecznej.** Jest to istotny czynnik przy projektowaniu budynku, w celu wykorzystania zewnętrznych i wewnętrznych zysków ciepła (mogą one sięgać nawet 50% strat ciepła budynków). Pomieszczenia pomocnicze (tj. łazienka, spiżarnia, garderoba, pralnia, schody, korytarze, garaż itd.) powinny zostać ułożone od strony północnej.

- **Energooszczędne okna i ramy okienne.** Zgodnie ze standardem NF 40 współczynnik U okien (szyb i ram) nie powinien przekraczać 0,80 W/(m²K), przy czym całkowity współczynnik przepuszczalności promieniowania g okien nie powinien przekraczać wartości 50%. Okna powinny być osadzone w strefie izolacji cieplnej, bez mostków cieplnych. Okna spełniające standardy domów pasywnych i energooszczędnych są potrójnie szklone, często wypełnione gazem szlachetnym.



Rys. 2. Koszty budowy dachu o powierzchni 150 m² wg portalu „Fachowy Dekarz”. Dane z I kwartału 2018 r.

- **Eliminacja mostków cieplnych.** W „Domu bez rachunków” rezygnuje się z projektowania balkonów oraz tarasów jako stałych elementów budynku, ponieważ płyty balkonowe i tarasowe wykonane są zazwyczaj jako przedłużenia konstrukcyjne stropu. Podłogi lokalizuje się na gruncie lub na płycie fundamentowej.

- **Najwyższy wskaźnik gotowości Smart (Smart Readiness Indicator w skrócie SRI).** „Domy bez rachunków” pozwolą na uzyskanie najwyższego wskaźnika A lub B, zgodnie ze znowelizowaną w 2018 r. dyrektywą EPBD.



Rys. 3. „Dom bez rachunków” to budynek plus energetyczny, wykorzystujący także pasywnie energię słoneczną. Rozwiązanie jest przygotowane na ładowanie samochodu elektrycznego

4

Wskaźnik gotowości Smart SRI

Wskaźnik gotowości Smart (*Smart Readiness Indicator*, w skrócie SRI) jest nowym narzędziem, które zostało wprowadzone w ostatniej nowelizacji Dyrektywy EPBD 2018/844. Pozwala on ocenić gotowość budynków do obsługi inteligentnych rozwiązań oraz ocenia najważniejsze aspekty nowoczesnych budynków.

**Skanuj:**

opracowanie o wskaźniku SRI (w języku ang.)

Celem znowelizowanej w 2018 r. Dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) jest to, że wszystkie budynki mieszkalne w Europie w 2050 r. nie będą korzystać z paliw kopalnych. Wprowadzony w nowelizacji Dyrektywy wskaźnik SRI ma oceniać zdolność budynku lub części budynku do dostosowania jego funkcjonowania do potrzeb użytkowników i sieci elektrycznej oraz do poprawy jego efektywności energetycznej i ogólnej charakterystyki użytkowania.

Celem pośrednim stosowania wskaźnika SRI jest zwiększenie wartości dodanej (finansowej) budowanych inteligentnych obiektów, co ma być bezpośrednio odczuwane przez użytkowników budynków, właścicieli i najemców. Wskaźnik ten ma być narzędziem informacyjnym służącym do podniesienia świadomości na temat korzyści płynących z inteligentnych technologii i technologii informacyjno-komunikacyjnych w budynkach, szczególnie z perspektywy energetycznej. Kolejnym celem pośrednim jest poprawa współpracy między wszystkimi uczestnikami rynku wpływającymi na wznoszenie obiektów budowlanych i integracja sektora budynków z przyszłymi systemami energetycznymi i rynkami. Metodologia wyliczania wskaźnika SRI ma obejmować następujące kluczowe funkcje związane z budynkiem i jego systemami technicznymi:

- zdolności do utrzymania charakterystyki energetycznej i funkcjonowania budynku poprzez dostosowanie zużycia energii, np. przez wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych;
- zdolności do dostosowania swojego trybu działania do potrzeb użytkowników, z jednoczesnym należyty uwzględnieniem dostępności elementów wygodnych dla nich, utrzymaniem wysokich standardów dotyczących zdrowia i klimatu w budynku oraz zdolności informowania o zużyciu energii;
- elastyczności ogólnego zapotrzebowania budynku na energię elektryczną, w tym zdolności do uczestnictwa w aktywnym i pasywnym pozyskiwaniu energii oraz ukrytego i jawnego reagowania na zapotrzebowanie energii w odniesieniu do sieci, np. poprzez elastyczność i zdolności przesuwania obciążeń.

Wprowadzenie wskaźnika SRI w krajach członkowskich nie jest obligatoryjne, a decyzję każdy kraj ma podjąć samodzielnie. Państwa członkowskie mają natomiast około półtora roku na dostosowanie swoich regulacji do wymogów nowej Dyrektywy EPBD. Informacje na temat wskaźnika SRI można znaleźć na stronie internetowej www.smartreadinessindicator.eu.

Jeden wskaźnik oceny budynków Wskaźnik gotowości SMART



Końcowa punktacja bazuje na średniej punktacji 8 głównych kryteriów

8 głównych kryteriów



10 domen



Rys. 1. Wskaźnik gotowości Smart (*Smart Readiness Indicator*, w skrócie SRI) według znowelizowanej Dyrektywy EPBD 2018/844

Emisja gazów cieplarnianych z urządzeń grzewczych

Jednym z kluczowych wyzwań polityki klimatycznej UE do 2030 i 2050 r. będzie znaczące ograniczenie emisji gazów cieplarnianych również w sektorze budownictwa. Statystyki wskazują, że w polskich domach jednorodzinnych ogrzewanie i przygotowanie c.w.u. to blisko 80% zużywanej energii. Urządzenia grzewcze istotnie przyczyniają się do zanieczyszczenia środowiska naturalnego.

W przypadku ogrzewania budynków i przygotowania ciepłej wody użytkowej najbardziej obiecującą i perspektywiczną technologią w zakresie redukcji emisji CO₂ są pompy ciepła. Rynek tych urządzeń w Polsce rozwijał się w ostatnich latach bardzo dynamicznie, zwłaszcza w zakresie powietrznych pomp ciepła, notując istotne przyrosty sprzedaży. Wyraźnie wzrosła znajomość technologii i zainteresowanie nią wszystkich uczestników rynku budowlanego, w tym inwestorów. Można zakładać, że urządzenia te staną się w niezbyt odległym czasie bardziej popularne niż kotły kondensacyjne i będą je zastępować w nowych budynkach.

Jeśli chodzi o emisję, to przewiduje się, że – choć obecnie w Polsce jednostkowa pośrednia emisja CO₂ z pompy ciepła typu powietrze-woda jest tylko nieznacznie niższa niż emisja z kondensacyjnego kotła gazowego – już w 2030 r. będzie ona prawie dwukrotnie niższa (założone dane emisji są zgodne z prognozą organizacji IRENA REMAP 2030 r. dla Polski). W przypadku zastosowania roz-

wiązania: pompa ciepła z fotowoltaiką, emisja CO₂ w 2030 r. będzie prawie trzykrotnie niższa, a w przypadku podobnego rozwiązania z gruntową pompą

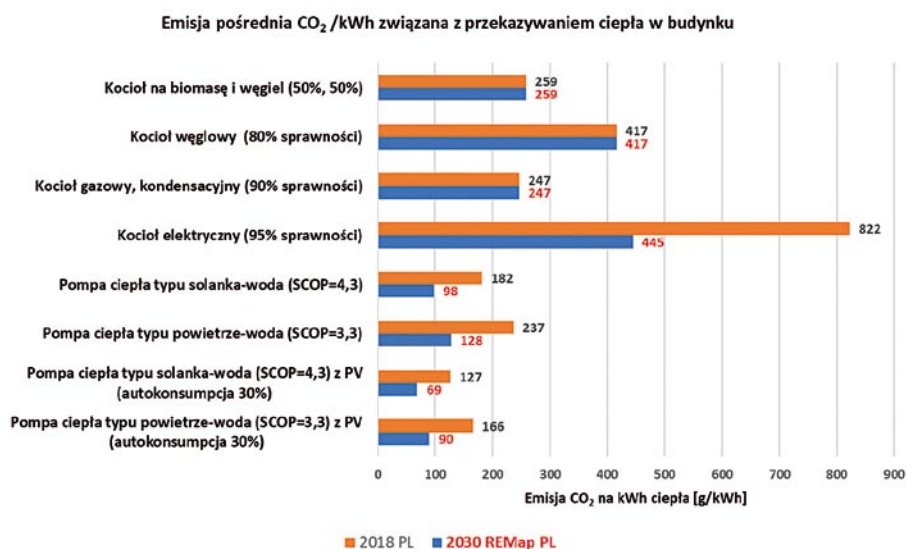
W przypadku zwiększania udziału energii odnawialnej do 80% w produkcji energii elektrycznej w 2050 r., emisja CO₂ z pomp ciepła może być nawet dwudziestokrotnie niższa niż z kotłów gazowych i prawie trzydziestokrotnie niższa niż emisja z kotłów węglowych.

ciepła prawie czterokrotnie niższa. Będzie to mocno związane z prognozowanym, zwiększającym się udziałem energii odnawialnej przy produkcji energii elektrycznej w Polsce. W przypadku zwiększania udziału energii odnawialnej do 80% w produkcji energii elektrycznej w 2050 r., emisja CO₂ z pomp ciepła może być nawet dwudziestokrotnie niższa niż z kotłów gazowych i prawie trzydziestokrotnie niższa niż emisja z kotłów węglowych.



Skanuj:
analiza emisji CO₂
(plik xls)

Rys. 1. Porównanie emisji CO₂ z różnych technologii grzewczych (wg REMAP 2030 oraz opracowanie własne PORT PC). Założona emisja CO₂ z energii elektrycznej w 2019 r. – 770 g/kWh i w 2030 r. wg REMAP 2030 – 420 g/kWh ciepła



6

Ogrzewanie i wentylacja – jak spełnić wymagania?

Wymagania w zakresie oszczędności energii w budynkach zaostriżyły się w ostatnich latach i będą się dalej zaostriżać. Już samo wdrożenie WT 2021 spowoduje istotne zmiany, nie tylko w obudowie termicznej budynków, ale również w systemach c.o., chłodzenia, c.w.u. i wentylacji. Sprawdźmy zatem, jakie konkretnie rozwiązania tych systemów w typowym domu jednorodzinnym pozwalają w praktyce spełnić obecne i zaostriżone wymagania.

WT 2017 a WT 2021

Wymogi techniczne programu Czyste Powietrze w zakresie izolacji przegród opierają się o przyszłe Warunki Techniczne WT 2021, które będą mocno wspierać stosowanie efektywnych technologii, takich jak pompy ciepła czy systemy fotowoltaiczne w nowych budynkach, oraz wymuszają powszechne zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (rekuperacja). Nowe WT 2021 zaczną obowiązywać w przypadku pozwolenia na budowę od 1 stycznia 2021 r. i spowodują istotne obniżenie granicznych wartości maksymalnych współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych U_{max} (tab. 1) oraz wskaźnika rocznego obliczeniowego zapotrzebowania budynku na nieodnawialną energię pierwotną EP_{max} (tab. 2). Będą mieć wpływ na stosunkowo duże zwiększenie izolacyjności przegród budowlanych.

Tabela 1. Maksymalna wartość U_{max} zależnie od rodzaju przegrody

Rodzaj przegrody budowlanej	U_{max} wg WT 2017 [W/(m ² K)]	U_{max} wg WT 2021 [W/(m ² K)]
ściany zewnętrzne	0,23	0,2
dachy	0,18	0,15
podłogi na gruncie	0,3	0,3
okna pionowe	1,1	0,9
okna połaciowe	1,3	1,1
drzwi i bramy	1,5	1,3

Tabela 2. Maksymalna wartość wskaźnika EP_{max} według WT

Maksymalna wartość wskaźnika EP_{max}	WT 2017	WT 2021
	95 kWh/(m ² rok)	70 kWh/(m ² rok)

Izolacyjność cieplna przegród budynku wpływa bezpośrednio na sezonowe zapotrzebowanie na ciepło użytkowe do ogrzewania. Z kolei zapotrzebowanie energii pierwotnej (EP) związane jest z wyposażeniem technicznym budynku i rodzajem zastosowanego źródła ciepła.



Rys. 1. Analizowany typowy projekt budynku jednorodzinnego z226 o powierzchni użytkowej 128 m²

Model analizowanego budynku

W celu określenia możliwości spełnienia rosnących wymagań energetycznych WT 2017 i WT 2021 w odniesieniu do nowych budynków jednorodzinnych, przeprowadzono wielowariantową analizę porównawczą wpływu zastosowania różnych rozwiązań źródeł ciepła i wentylacji w typowym budynku jednorodzinnym. Do analizy wybrano gotowy projekt domu o oznaczeniu z226 (rys. 1), o stosunkowo dużej liczbie realizacji. Jest to wolno stojący budynek jednorodzinny z poddaszem użytkowym, o łącznej powierzchni użytkowej 128 m² (razem ze stanowiskiem garażowym). Jako lokalizację przyjęto Kraków (III strefa klimatyczna i stosunkowo typowy rozkład temperatur zewnętrznych dla Polski), a budynek został projektowo korzystnie zorientowany dużymi przeszkleniami na południe.

Wybór projektu tak małego budynku nie jest przypadkowy. Można przypuszczać, że w Polsce, tak jak w innych krajach europejskich, coraz częściej będą wznoszone domy o powierzchni około 130 m² lub mniejsze.

W każdym analizowanym przez nas wariantcie rozwiązań przegrody budynku spełniały wymagania izolacyjności cieplnej – współczynniki przenikania ciepła U elementów budowlanych nie przekraczały

opisanych w WT 2017 i WT 2021 wartości U_{max} oraz wymaganej wartości szczelności powietrznej n_{50} . Praktyka wskazuje, że w wielu typowych projektach budynków wypełniane są jedynie minimalne wymagania odnośnie do izolacyjności i współczynnika U przegród budowlanych. Można przypuszczać, że jest to spowodowane chęcią maksymalnego obniżenia kosztów inwestycji, tak aby dany projekt był atrakcyjny. Jeśli zatem w WT 2017 występuje wymóg wartości współczynnika U dla ścian zewnętrznych $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, to w projekcie wartość ta będzie wynosić również około $0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Analiza wariantów ogrzewania wybranego budynku

W poszukiwaniu rozwiązań pozwalających spełnić wymagania EP_{max} według WT 2017 i WT 2021, przeprowadzono obliczenia zapotrzebowania energii końcowej i pierwotnej EP dla ośmiu wariantów źró-

deł ciepła (tab. 3) zasilających instalację płaszczyznowego, centralnego ogrzewania wodnego i zasobnikowy układ c.w.u. Analizowane warianty obejmują typowe rodzaje źródeł ciepła stosowane w nowych budynkach jednorodzinnych: kocioł na węgiel (groszek), na biomasę (granulat drzewny), kondensacyjny kocioł gazowy oraz pompy ciepła.

Wariant 1: groszek – węgiel. Nie jest w stanie spełnić wymagań EP według WT 2017 i WT 2021. Jest to rozwiązanie kłopotliwe dla użytkowników ze względu na konieczność obsługi kotła, magazynowania paliwa i usuwania produktów spalania. Istotnym utrudnieniem jest też konieczność wygospodarowania przestrzeni w budynku na kotłownię, magazyn paliwa, bufor wody grzewczej. Wysokie są również łączne nakłady finansowe na wykonanie komina.

Wariant 2: biomasa. Pomimo wysokiego zapotrzebowania energii użytkowej E_U i końcowej E_K , wariant



Skanuj:
opis programu
komputerowego
CASAnowa

Warunki Techniczne 2021 i standard budynków NF 40

Standard budynków NF 40 wprowadzony kilka lat temu w jednym z programów dofinansowań NFOŚiGW zawierał ostrzejsze wymogi niż planowane od 1 stycznia 2021 r. Warunki Techniczne (WT 2021). Standard NF40 wymagał, aby budynek miał nie tylko określone, ograniczone zapotrzebowanie na ciepło, ale również, aby wentylacja grawitacyjna została zastąpiona mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła (rekuperacją). W standardzie tym konieczne jest także ograniczenie infiltracji powietrza zewnętrznego przez zapewnienie wymaganej szczelności powietrznej budynku. Zarówno okna, jak i drzwi muszą mieć podwyższone parametry izolacyjne. Niezbędna jest wysoka termoizolacyjność przegród, otworów i dachu oraz ograniczenie strat ciepła powstających z winy mostków termicznych. Budynek powinien być chroniony również przed przegrzewaniem, za co odpowiadają elementy zacięniające i rozwiązania pozwalające na nocne przewietrzanie pomieszczeń.

Tabela 3. Praktyczne zestawienie wymagań przegród dla standardu NF40 i WT 2021

Opis	Wymagania	Uwagi
ściany zewnętrzne	$U_{max} = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	odpowiednik gr. izolacji ($\lambda = 0,04$) – 20 cm (wg WT 2021 – 18 cm)
dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	$U_{max} = 0,12 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	odpowiednik gr. izolacji w ($\lambda = 0,04$) – 30 cm (wg WT 2021 – 30 cm)
stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami, podłogi na gruncie	$U_{max} = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	odpowiednik gr. izolacji ($\lambda=0,04$) – 16 cm (wg WT 2021 – 16 cm)
okna, okna połaciowe, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne	$U_{max} = 0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	wg WT 2021 – $0,90 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
drzwi zewnętrzne, garażowe	$U_{max} = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	
mostki cieplne – tylko dla płyt balkonowych	$\psi_{max} = 0,10 \text{ W/(mK)}$ $\psi_{max} = 0,20 \text{ W/(mK)}$	
rodzaj systemu wentylacji: wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	sprawność odzysku ciepła $\geq 85\%$	klasa energetyczna A lub A+
szczelność powietrzna budynku n_{50}	$n_{50} < 1,0 \text{ 1/h}$	



Skanuj:
program instalacyjny
CASAnowa
(wersja ang. lub niem.)



Skanuj:
strona
internetowa
Heatmaster

ten spełnia wymagania EP i to zarówno według WT 2017, jak i WT 2021. Jest to możliwe dzięki temu, że biomasa charakteryzuje się bardzo niskim współczynnikiem nakładu energii pierwotnej ($w_i = 0,2$). Podobnie jak w wariancie 1 jest to rozwiązanie kłopotliwe dla użytkowników ze względu na konieczność obsługi kotła, magazynowania paliwa i usuwania produktów spalania. W budynku konieczne jest wygospodarowanie przestrzeni na kotłownię, magazyn biomasy, bufor wody grzewczej. Wysokie są też łączne nakłady na budowę komina.

Wariant 3: gaz, grawitacyjna. Przy zastosowaniu w tym wariancie gazowego kotła kondensacyjnego jako źródła ciepła oraz wentylacji grawitacyjnej analizowany budynek jednorodzinny przekracza maksymalne wartości EP wg WT 2017 i WT 2021. Wyraźnie pokazuje to, że spełnianie przez budynek minimalnych wymagań U_{max} i n_{50} nie oznacza automatycznego spełnienia warunku EP , chociaż w budynku wykorzystana jest kondensacyjna źródła ciepła.

Wariant 4: gaz, mechaniczna. Pomimo zastosowania w tym wariancie kotła kondensacyjnego oraz wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (rekuperacją), analizowany budynek nadal przekracza maksymalne wartości EP wg WT 2017 i WT 2021. Kolejny raz okazuje się zatem, że spełnienie minimalnych wymagań U_{max} i n_{50} przez budynek nie spowoduje automatycznego spełnienia warunku EP , nawet z zastosowaniem nowoczesnego, kondensacyjnego źródła ciepła i wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (rekuperacją). Również zastosowanie wymogów izolacyjnych ze standardu NF 40 nie pozwoli na osiągnięcie wartości $EP < EP_{max}$.

Wariant 5: gaz/solar. Istotną próbą poprawienia wyników wariantu 4 jest zastosowanie kolektorów słonecznych do przygotowania c.w.u. z zachowaniem gazowego kondensacyjnego kotła jako podstawowe-

go źródła ciepła. Termiczny układ z kolektorami słonecznymi dostarcza w skali roku 60% ciepła potrzebnego do przygotowania c.w.u., a jego praca wymaga dodatkowej, pomocniczej energii elektrycznej. Zastosowanie kolektorów słonecznych w budynku w przypadku WT 2017 pozwala obniżyć zapotrzebowanie energii pierwotnej poniżej EP_{max} . Zastosowanie dodatkowych wymogów izolacyjnych ze standardu NF 40 pozwoli bez problemu na osiągnięcie wartości $EP < EP_{max}$ również dla WT 2021

Warto pamiętać, że samo spełnienie minimalnych wymagań WT odnośnie do obudowy termicznej budynku, nawet przy zastosowaniu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, nie zagwarantuje spełnienia warunku EP .

Wariant 6: pompa ciepła p-w. Zastosowanie powietrznej pompy ciepła z instalacją ogrzewania podłogowego pozwala spełnić wymagania WT 2017. Niskie zapotrzebowanie energii końcowej wynika ze stosunkowo wysokich współczynników SCOP i zapowiada niewielkie koszty zaopatrzenia budynku w ciepło. Pompa ciepła zasilana jest energią elektryczną z sieci energetycznej, co podnosi zapotrzebowanie energii pierwotnej ($w_i = 3,0$). Mimo to pompa ciepła pozostaje wygodnym, bezobsługowym i tanim w eksploatacji źródłem ciepła, którego pracy nie towarzyszy niska (lokalna) emisja zanieczyszczeń powietrza. Zastosowanie dodatkowych wymogów izolacyjnych ze standardu NF 40 pozwoli bez problemu na osiągnięcie wartości $EP < EP_{max}$ również dla WT 2021.

Wariant 7: pompa ciepła gruntowa. Wyższą średnioroczną wartością efektywności SCOP charakteryzują się pompy ciepła typu solanka-woda czerpiące ciepło z energii geotermalnej (o niskiej entalpi). Zastosowanie takiego rozwiązania w wariancie 7 pozwala spełnić wymagania WT 2017. Gruntowa pompa ciepła zapewnia wyższe SCOP od powietrz-

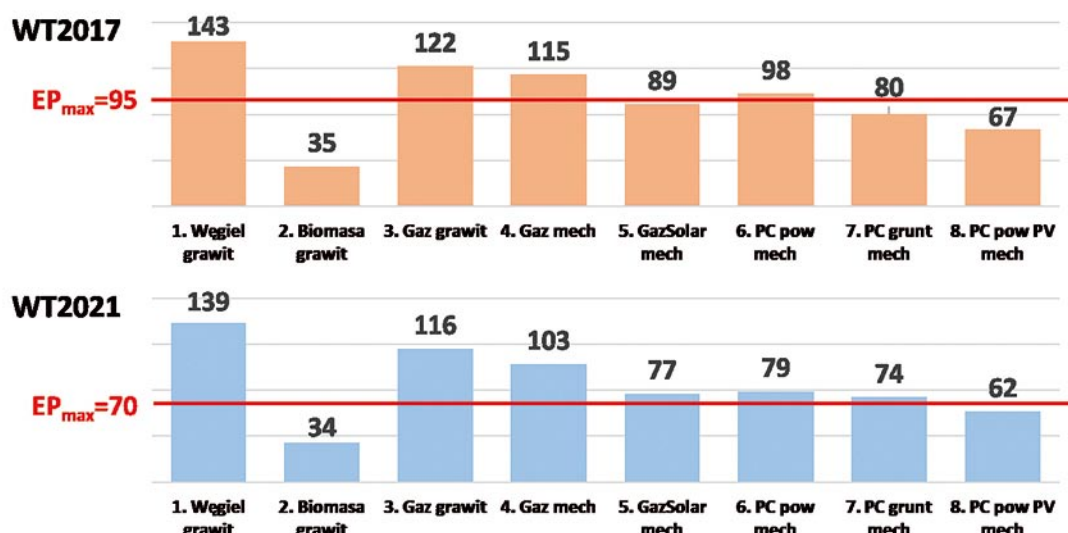


Skanuj:

prezentacja w pdf
dr P. Jadwiszczak
o WT 2017 i WT 2021

Tabela 4. Warianty rozwiązań w zakresie ogrzewania i wentylacji poddane analizie porównawczej

Oznaczenie wariantu	Rodzaj wentylacji	Źródło ciepła
1. węgiel, grawitacyjna	grawitacyjna	kocioł na groszek (ekoprojekt)
2. biomasa, grawitacyjna	grawitacyjna	kocioł na biomasę (ekoprojekt)
3. gaz, grawitacyjna	grawitacyjna	kocioł gazowy kondensacyjny
4. gaz, mechaniczna	mechaniczna z rekuperacją	kocioł gazowy kondensacyjny
5. gaz/solar, mechaniczna	mechaniczna z rekuperacją	kocioł gazowy kondensacyjny
6. pompa ciepła p-w, mechaniczna	mechaniczna z rekuperacją	pompa ciepła typu powietrze-woda
7. pompa ciepła gruntowa, mechaniczna	mechaniczna z rekuperacją	pompa ciepła typu solanka-woda
8. pompa ciepła p-w + PV, mechaniczna	mechaniczna z rekuperacją	pompa ciepła typu powietrze-woda + instalacja PV (30%)



Rys. 2. Wartości EP dla ośmiu wariantów źródła ciepła i wentylacji w wybranym projekcie budynku jednorodzinnego

nej pompy ciepła, wymaga jednak dodatkowego nakładu na pionowe czy poziome dolne źródło ciepła. Trwałość dolnego źródła wynosi jednakże ponad 50 lat (nawet 80-100 lat), a pompa taka, dzięki funkcji chłodzenia pasywnego (bez pracy sprężarki), może maksymalnie obniżyć koszty chłodzenia budynku. Zastosowanie wymogów izolacyjnych ze standardu NF 40 pozwoli bez problemu na osiągnięcie wartości $EP < EP_{max}$.

Wariant 8: pompa ciepła p-w + PV. Niekorzystny wpływ zasilania pompy ciepła z sieci elektrycznej można ograniczyć, gdy zastosuje się instalację fotowoltaiczną do częściowego zasilania pompy ciepła. W wariancie 8 przyjęto, że instalacja PV pokrywa 30% sezonowego zapotrzebowania energii elektrycznej do napędu pompy ciepła i urządzeń pomocniczych. W wariancie tym budynek osiąga granicę EP w standardzie WT 2017 i WT 2021.

Wnioski po analizie

Warto pamiętać, że samo spełnienie minimalnych wymagań WT odnośnie do obudowy termicznej budynku (nawet przy zastosowaniu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła) nie zagwarantuje spełnienia warunku EP. Już obecnie zgodnie z WT 2017 nie można w wielu nowych budynkach formalnie zastosować kotła węglowego lub kondensacyjnego kotła gazowego do ogrzewania i przygotowania c.w.u. Jeśli chce się spełnić wymagania EP przy zastosowaniu pomp ciepła zgodne z WT 2017 ($EP_{max} \leq 95$ kWh/(m² rok)) i WT 2021 ($EP_{max} \leq 70$ kWh/(m² rok)), warto zastosować wymogi izolacyjności z programu NF 40 lub standardu budynków pasywnych. Obliczenia wykazują również, że możliwe jest stworzenie budynku blisko zeroenergetycznego, a nawet

plus energetycznego z wykorzystaniem pomp ciepła częściowo zasilanych systemem PV. Układy fotowoltaiczne obniżają zapotrzebowanie nieodnawialnej energii końcowej do napędu pompy ciepła i urządzeń pomocniczych. Malejące ceny modułów PV oraz istniejący system opustu korzystnie wpływają na popularność ich stosowania.

Niewątpliwie godne polecenia są energooszczędne rozwiązania w bryle budynku połączone z nowoczesnymi, wysokoelektywnymi rozwiązaniami w zakresie źródeł energii (pompa ciepła z instalacją PV), instalacji płaszczyznowych, rekuperacji oraz odborników i systemów automatycznej regulacji.



Skanuj:

opracowanie w pdf
dr P. Jadwiszczak
o WT 2017 i WT 2021



Rys. 3. Systemy automatycznej regulacji i rozwiązania Smart nie tylko zapewniają komfort użytkowy, ale też korzystnie wpływają na bilans energetyczny budynku

7

Znaczenie wentylacji i kwestia jakości powietrza

Domy dobrze zabezpieczone przed stratami ciepła muszą być dobrze zaizolowane, a więc bardzo szczelne. W takich budynkach niezwykle ważne jest zapewnienie sprawnego systemu wymiany powietrza.

Z myślą o oszczędzaniu energii zmieniają się technologie budowlane, a uwaga projektantów i budowniczych skupia się na metodach ograniczania strat ciepła w budynkach. Stosuje się szczelne okna i drzwi,

likwiduje się wszelkie drogi niekontrolowanego przedostawania się powietrza przez obudowę budynku. Na ścianach montuje się grube warstwy izolacji i zabezpiecza się je przed przewiewaniem oraz przed parą wodną opuszczającą budynek. Domy są więc bardzo szczelne,

dlatego w kontekście komfortu i jakości środowiska wewnętrznego konieczne jest zapewnienie sprawnego i kontrolowanego systemu wymiany powietrza.

nie uzależnione od warunków zewnętrznych (użytkownik ma nikły wpływ na intensywność wymiany powietrza), dodatkowo w okresie zimowym często dochodzi do zjawiska odwrócenia kierunku przepływu powietrza w pionowych przewodach. Nieefektywny system wymiany powietrza i brak możliwości filtracji prowadzi do występowania u użytkowników dolegliwości charakterystycznych dla syndromu chorego budynku. Do istotnych wad powyższego rozwiązania należy zaliczyć wysokie straty ciepła osiągające nawet 40% w całkowitym bilansie energetycznym budynku.

ILE POWIETRZA WDYCHAMY?

9-33 dm³/min.
15-57 kg
dziennie

6-17 dm³/min.
10-29 kg
dziennie

*Źródło: How Much
Do We Breathe?
Research Division,
John R. Holmes, Ph. D.

Rys. 1.

Wentylacja starej daty

W tradycyjnym systemie budownictwa mieszkalnego powszechnie stosowana była wentylacja grawitacyjna, w której wymiana powietrza realizowana była dzięki różnicy ciśnienia wytworzonej w pionowych przewodach wentylacyjnych. W celu zapewnienia prawidłowego przepływu powietrza konieczne jest wówczas zainstalowanie nawiewników okiennych lub w przypadku ich braku – rozszczelnienie okien. Rozwiązanie to jest, niestety, mało efektywne i sil-

Nowoczesne rozwiązania

W systemach wentylacji mechanicznej budynków mieszkalnych wymianę powietrza zapewnia urządzenie nawiewno-wywiewne, które jednocześnie poddaje powietrze świeże podstawowej obróbce polegającej na wstępnej filtracji, a także – z uwagi na obniżanie energochłonności budynków – odzyskowi ciepła zawartego w strumieniu powietrza uszanowanego. W bardziej rozbudowanych instalacjach stosuje się także elementy umożliwiające precyzyjne kontrolowanie temperatury powietrza nawiewanego lub dokładną filtrację powietrza.

Parametry powietrza

Stan komfortu cieplnego opisywany jest szeregiem parametrów. Do najważniejszych należą: temperatura, wilgotność względna powietrza oraz stężenie dwutlenku węgla. Temperatura i wilgotność jedno-

Rys. 2.

SYNDROM CHOREGO BUDYNKU

DOLEGLIWOŚCI

- REAKCJE ALERGICZNE**
zapalenie śluzówek,
astma oskrzelowa,
przewlekłe
zapalenia gardła,
krtani i oskrzeli
- POGORSZENIE SAMOPOCZUCIA**
ból i zawroty głowy,
migreny, rozdrażnienie,
zaburzenia koncentracji,
nienaturalne zmęczenie,
podrażnienie błon
śluzowych, oczu, nosa,
gardła, a także objawy
skórne



ŹRÓDŁA

MATERIAŁY BUDOWLANE: tynki,
farby, lakiery, rozpuszczalniki

WYPOSAŻENIE WNETRZ:
meble, urządzenia i materiały
wykończeniowe

**NIEEFEKTYWNA WENTYLACJA
POMIESZCZEŃ**

PRACE DOMOWE: gotowanie,
pranie, sprzątanie
i konserwacja środkami czystości



**ZANIECZYSZCZENIA
Z ZEWNĄTRZ:** pyły,
związki siarki i azotu

**ZANIECZYSZCZENIA
ZWIĄZANE Z PROCESAMI
WYKONAWCZYMI
W POMIESZCZENIACH**

**ZANIECZYSZCZENIA
ZWIĄZANE Z OBECNOŚCIĄ
LUDZI ORAZ ZWIERZĄT:**
bakterie, wirusy, grzyby,
pleśnie

PRODUKTY SPALANIA PALIW

znacznie definiują stan powietrza pod kątem cieplnym. Z uwagi na to, że postrzeganie tych parametrów przez użytkowników pomieszczeń ma indywidualny charakter, ich wzajemne zależności najlepiej ilustruje wykres komfortu cieplnego (rys. 3).

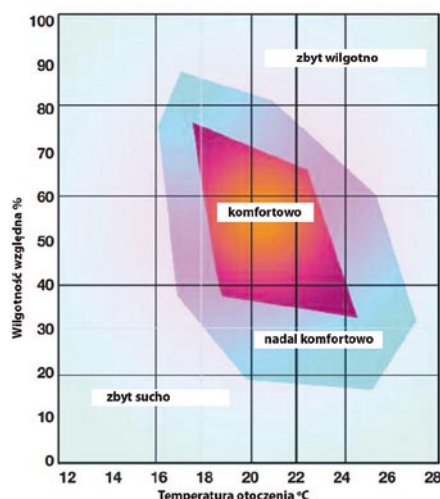
Typowe układy wentylacji mechanicznej budynków mieszkalnych pozwalają utrzymać temperaturę pomieszczenia w akceptowalnym zakresie, natomiast zapewnienie właściwego poziomu wilgotności względnej jest nieco problematyczne. W okresie zimowym, na skutek usuwania wilgotnego powietrza z pomieszczeń i zastępowania go świeżym o znacznie niższej zawartości wilgoci, następuje osuszanie wnętrza budynku. Najbardziej powszechnym układem odzysku ciepła w urządzeniach przeznaczonych do wentylacji budynków mieszkalnych jest wymiennik rekuperacyjny pozbawiony możliwości odzysku wilgoci, dlatego przy wyborze jednostki warto rozważyć rozwiązania umożliwiające transfer wilgoci ze strumienia powietrza usuwanego, np. za pomocą wymiennika entalpicznego, obrotowego lub periodycznego.

Równie ważnym aspektem wpływającym na samopoczucie osób przebywających w pomieszczeniach jest stężenie dwutlenku węgla. Strumień wymienianego powietrza powinien być uzależniony od liczby użytkowników oraz ich aktywności. W przypadku budynków mieszkalnych powinien wynosić co najmniej $20 \text{ m}^3/\text{h}/\text{osobę}$.

Energia a wentylacja

Wymiana powietrza w budynku wiąże się ze znacznym zużyciem energii. Jest to nieuniknione. Prąd jest niezbędny do zasilania wentylatorów. To jednak tylko część potrzeb energetycznych. Trzeba przede wszystkim pamiętać o tym, że zimą, wymieniając powietrze, trzeba je podgrzać. Ilość energii używanej do podgrzania powietrza doprowadzanego z zewnątrz może stanowić niemal połowę zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku. Procentowy udział energii używanej na cele podgrzewania powietrza w całym bilansie energetycznym budynku jest tym większy, im mniej ciepła budynek traci przez dobrze izolowane ściany, stropy i okna. Systemy wentylacji mechanicznej pozwalają na regulowanie intensywności wentylacji w zależności od potrzeb. Warto z tego skorzystać.

Istotne jest także odzyskiwanie ciepła z powietrza usuwanego z budynku. Do oceny efektywności energetycznej jednostki służy klasyfikacja zdefiniowana w Rozporządzeniu KE1253/14 obowiązująca dla wszystkich urządzeń wentylacyjnych przeznaczonych do budynków mieszkalnych. Klasa energetyczna (A lub A+) służąca do szybkiej identyfikacji energochłonności rekuperatora wyznaczana jest m.in. w oparciu o pomiary poboru mocy elektrycznej oraz



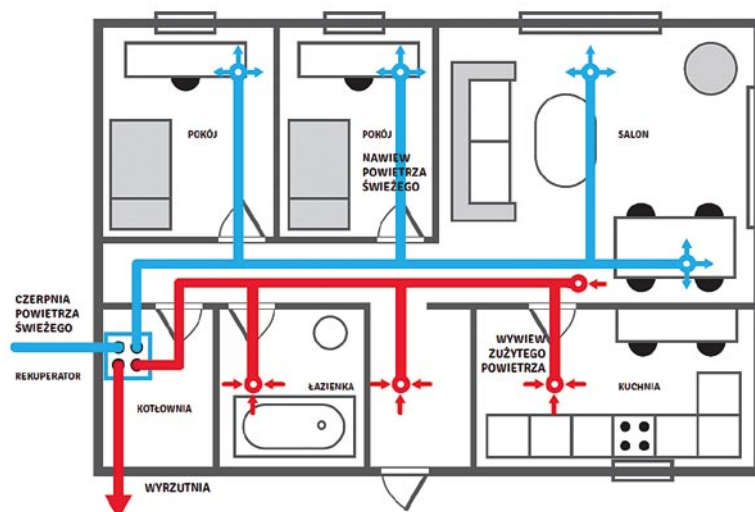
Rys. 3. Wykres komfortu cieplnego

sprawności temperaturowej układu odzysku ciepła. Metodyka zawiera także elementy związane z układem sterowania i możliwości adaptacji urządzenia w zależności od zapotrzebowania na wymianę powietrza. Dodatkowo karta produktu powinna zawierać wyszczególnione parametry służące do wyznaczenia klasy efektywności energetycznej, m.in. wartości zużycia energii w odniesieniu do strumienia powietrza oraz sprawności temperaturowej wymiennika. O efektywności energetycznej systemów wentylacyjnych z odzyskiem ciepła stanowi kilka czynników: sprawność odzysku ciepła w centrali wentylacyjnej, poprawne zaplanowanie sieci przewodów wentylacyjnych minimalizujące opory przepływu powietrza, właściwa regulacja instalacji, możliwość sterowania wydajnością wentylacji według aktualnych potrzeb mieszkańców, zapewnienie szczelności instalacji i odpowiedniej izolacyjności.

www.wentylacja.org.pl



Skanuj:
baza wiedzy
Stowarzyszenia Polska
Wentylacja o wentylacji
w budynkach



Rys. 4. Przykładowy schemat instalacji wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła

8

10 wstępnych warunków wykonania efektywnej instalacji PV

Optymalna pod względem opłacalności inwestycja w instalację fotowoltaiczną w budynku jednorodzinnym to nie tylko właściwe rozwiązanie kwestii technicznych oraz prawidłowe dobranie mocy instalacji. Często jest to także efekt dobrej współpracy między inwestorem, architektem, konstruktorem oraz wykonawcą instalacji już na etapie projektowania budynku, a nawet zakupu działki pod budowę domu. To wszystko wpływa bowiem na koszt wykonania instalacji i jej sprawność.

1 Odpowiedni wybór działki i lokalizacji domu jednorodzinnego.

Przy wyborze działki pod budowę domu warto zwrócić uwagę na kwestię zacienienia. Ważne jest to, czy obok domu nie ma wysokich drzew oraz wysokich budynków. Cień może znacząco obniżyć uzyski z instalacji fotowoltaicznej! Ponadto warto zwrócić uwagę na wysokie kominy i inne wysokie elementy, które mogą spowodować zacienienie modułów fotowoltaicznych, mimo iż znajdują się w większej odległości.

2 Prawidłowe określenie rocznego zużycia energii elektrycznej w budynku.

W przypadku nowych budynków zużycie prądu szacuje się na podstawie planowanych urządzeń elektrycznych, z których domownicy będą korzystać. Typowy dom jednorodzinny zużywa rocznie od 3000-6000 kWh (bez pompy ciepła). Jeżeli budynek jest już eksploatowany przez kilka lat, warto przeanalizować zestawienie zużycia energii, które powinno

być dostarczone przez sprzedawcę energii. Niektórzy sprzedawcy umożliwiają dostęp online do rachunków za energię. Warto wtedy przeanalizować zużycie z ostatnich kilku lat, aby sprawdzić, czy rośnie ono, spada, czy utrzymuje się na stałym poziomie.

3 Wykonanie prostej konstrukcji dachu.

Już na etapie projektowania dachu można uprościć późniejszy montaż fotowoltaiki. Chodzi m.in. o rezygnację z dodatkowych okien dachowych na wybranej połaci czy jaskółek, co pozwala obniżyć koszty montażu konstrukcji pod moduły fotowoltaiczne. Optymalnym rozwiązaniem dla instalacji fotowoltaicznej jest prosta konstrukcja dachu. Jeśli projektując dom, zamiast skomplikowanych powierzchni i wielu połaci, wybierze się dach dwuspadowy, jednospadowy lub płaski, to często można zaoszczędzić na jego budowie tyle, ile kosztuje montaż typowej instalacji fotowoltaicznej w budynku jednorodzinnym. Ponadto na takich dachach jest więcej miejsca na montaż modułów, nie ma też ryzyka zacieniania modułów ułożonych na jednej z połaci przez inne elementy dachu.

Najkorzystniej jest, gdy moduły PV są zainstalowane na połaci dachu skierowanej na południe, najlepiej pod kątem 20-45°. Przy takim ustawieniu instalacja fotowoltaiczna produkuje rocznie największą ilość energii elektrycznej. W praktyce, z uwagi na lokalizację budynku i możliwości jego usytuowania względem stron świata, często moduły PV montowane na dachach nie są idealnie ustawione na południe. Jeżeli odchylenie od południa nie jest duże (do 45°), straty w stosunku do optymalnego kierunku (południe) zazwyczaj nie przekraczają 5-10%. Jeżeli budynek nie ma połaci dachu skierowanej na południe i pod instalację PV zostaną wykorzystane połacie wschodnia czy zachodnia, to strata w stosunku do optimum będzie wynosić 15-25%.



Rys. 1. W koncepcji „Domu bez rachunków” znaczenie ma wybór działki i lokalizacja budynku względem stron świata. Optymalne rozmieszczenie modułów PV oraz brak zacienienia zapewnią efektywną pracę instalacji

W takim przypadku dobrze jest, gdy kąt nachylenia połączy jest możliwie mały.

4 Zapewnienie odpowiedniej nośności konstrukcji dachu i jakości pokrycia.

Instalacja fotowoltaiczna składa się z modułów fotowoltaicznych, które za pomocą konstrukcji montażowej zostaną przymocowane do konstrukcji dachu. Każdy z modułów fotowoltaicznych waży około 20 kg i po zamontowaniu na dachu będzie powodował jego dodatkowe obciążenie. Można przyjąć, że instalacja o mocy 5 kWp będzie powodowała dodatkowe obciążenie około 400 kg. Nie jest to obciążenie trudne do przeniesienia dla typowej więźby dachowej domu jednorodzinnego. Przed montażem instalacji fotowoltaicznej na istniejącym dachu bardzo ważne jest jednak, aby podczas wizji lokalnej sprawdzić stan więźby dachowej oraz jej pokrycia. Elementy konstrukcyjne, tj. krokwie dachowe, nie mogą być spróchniałe lub spleśniałe. Ponadto ważny jest stan pokrycia dachowego. Pokrycie wykonane z blachodachówki lub blachy trapezowej nie może wykazywać śladów korozji, natomiast z dachówki ceramicznej lub betonowej – nie może być popękane.

5 Wybór pokrycia dachowego ułatwiającego montaż modułów PV.

Materiał pokrywający dach (np. blachodachówka, dachówka ceramiczna, dachówka bitumiczna) ma istotne znaczenie przy doborze rodzaju konstrukcji wsporczej pod moduły i wpływa na koszty wykonania instalacji. Gdy moduły fotowoltaiczne będą zajmować znaczną część dachu, nie ma sensu stosować drogiej, ale i ciężkiej ceramicznej lub betonowych pokryć dachowych. Jeśli zatem instalacja PV jest planowana do nowego domu lub przy okazji jej wykonania będzie wymieniane pokrycie, optymalnym rozwiązaniem jest skorzystanie z tańszych opcji pokrycia dachu, np. z dachówki bitumicznej (gont bitumiczny). Takie pokrycie znacząco ułatwi montaż instalacji fotowoltaicznej, co dodatkowo przełoży się na niższe koszty jej wykonania. Łatwy montaż instalacji PV jest także w przypadku blach, szczególnie rąbkowej oraz trapezowej.

6 Poprawne określenie powierzchni dachu potrzebnej do zamontowania modułów PV.

Znając przewidywane zużycie energii elektrycznej w budynku, można określić moc instalacji fotowoltaicznej, która najlepiej spełni swoje zadanie. Przed montażem modułów na dachu, konieczne jest wykonanie pomiarów przestrzeni montażowej, nie tylko przez zmierzenie wymiarów charakterystycznych dachu. Należy także określić wymiary i lokalizację wszelkiej infrastruktury zaciemniającej (np. kominy, anteny, drzewa, sąsiadujące budynki). Mając te

dane, można określić powierzchnię dachu potrzebną do zamontowania modułów.

Typowy moduł fotowoltaiczny ma około 1,65 m długości i około 1 m szerokości. Wymagana przestrzeń montażowa pod 1 kWp instalacji wynosi 5,5-6 m² (z uwzględnieniem koniecznych przestrzeni instalacyjnych między modułami).

7 Zapewnienie odpowiedniej odległości modułów PV od instalacji odgromowej.

Jeżeli w budynku jednorodzinnym została wykonana instalacja odgromowa lub planowane jest jej wykonanie, to zaleca się zachować tzw. odstęp separacyjny modułów PV od takiej instalacji. W praktyce jest to zazwyczaj odległość 0,5-1 m. W razie braku możliwości zachowania odstępu separacyjnego, należy zastosować wyższy poziom ochrony przepięciowej.

8 Właściwy wybór miejsca na montaż falownika.

Aby zmniejszyć do minimum długość okablowania, falowniki należy lokalizować jak najbliżej modułów fotowoltaicznych, a przede wszystkim możliwie blisko rozdzielni głównej budynku. Warto zarazem ograniczyć kontakt falownika ze źródłami pyłu i wilgoci. W tym celu najlepiej jest go zlokalizować w budynku, np. w pomieszczeniu technicznym lub garażu. Wybierając lokalizację, warto pamiętać, że falowniki fotowoltaiczne pracują cicho, nie mniej jednak emitują hałas (moc akustyczna) na poziomie 25-35 dB

9 Odpowiednie przygotowanie instalacji elektrycznej pod instalację fotowoltaiczną.

W celu zminimalizowania stosowania instalacji natynkowych podczas montażu instalacji fotowoltaicznej, na etapie budowy domu jednorodzinnego, a w szczególności podczas wykonywania instalacji elektrycznej, warto zadbać o kilka istotnych kwestii:



Rys. 2. Wybierając projekt domu, warto optymalizować koszty budowy. Oszczędności na wykonaniu prostej konstrukcji dachu, tańszego pokrycia i rezygnacji z okien dachowych na wybranej połączy pozwolą dofinansować instalację PV. Dodatkowo łatwiej i taniej będzie ją można wykonać

- przewidzieć odpowiednie miejsce w rozdzielnicy elektrycznej budynku (do której będzie przyłączany falownik) na instalację dodatkowych elementów: zabezpieczenia przeciwprzepięciowego AC, zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego oraz na dodatkowy licznik elektryczny przeznaczony do współpracy z falownikiem;
- zaplanować instalację falownika w pobliżu głównej rozdzielnicy elektrycznej budynku, najlepiej nie dalej niż 10 m – nie będzie wtedy konieczne stosowanie dodatkowych zabezpieczeń przepięciowych po stronie AC. Warto także do planowanego miejsca montażu falownika poprowadzić odpowiedni przewód ($5 \times 4 \text{ mm}^2$). W przyszłości pozwoli on podłączyć nawet falownik o mocy do 25 kW. Do miejsca planowanego montażu falownika należy także doprowadzić przewód jednożyłowy 16 mm^2 , który będzie można wykorzystać do podłączenia ograniczników przepięć;
- z planowanego miejsca montażu falownika do dachu warto poprowadzić cztery przewody jednożyłowe o przekroju 4 mm^2 . W przyszłości pozwolą one podłączyć do około 40 modułów PV. W przypadku planowania większej

liczby modułów PV, należy dać dodatkowy przewód 4 mm^2 na każde 20 modułów PV. Ponadto warto poprowadzić na dach jeden przewód ochronny 6 mm^2 , który posłuży do wyrównania potencjałów instalacji PV;

- w przypadku gdy długość linii DC przekroczy 10 m, należy przewidzieć dodatkową skrzynkę z zabezpieczeniem przepięciowym DC usytuowaną możliwie blisko modułów fotowoltaicznych;
- należy zapewnić dostęp do złącza kontrolnego uziemienia. Jego wartość powinna być poniżej 10 Ohm. Ponadto trzeba przewidzieć dodatkową rozdzielnicę elektryczną przy falowniku posiadającą certyfikację na napięcie 1000 V DC – do montażu zabezpieczeń przeciwprzepięciowych DC oraz ewentualnych rozłączników DC.

10 **Dobra i wczesna współpraca z firmą wykonującą instalację PV.**

Zaleca się, aby przed etapem wykonawczym (realizacją projektu budynku) skonsultować przyszłe działania ze specjalistyczną firmą instalacyjną montującą instalacje fotowoltaiczne. ■



Skanuj:

interaktywne narzędzie doboru PV-GIS

Monitorowanie pracy instalacji PV i zwiększanie autokonsumpcji

Możliwości pomiarowe falowników. Współcześnie stosowane falowniki PV dają możliwość pomiaru ilości wyprodukowanej energii elektrycznej, pomiarów parametrów prądu, zarówno stałego, jak i przemiennego, oraz monitorowania stanu pracy instalacji. Jeśli falownik PV podłączy się do internetu i odpowiednio skonfiguruje transmisję danych, możliwa będzie także lokalna i globalna prezentacja danych praktycznie na dowolnym urządzeniu stacjonarnym czy mobilnym.

Dodatkowy układ pomiarowy w rozdzielni. Układ pomiarowy w falowniku PV jest w stanie zmierzyć ilość energii wytworzonej i wprowadzonej do wewnętrznej instalacji w budynku, jednak informacja ta nie jest wystarczająca, gdy dąży się do maksymalizacji zużycia energii produkowanej przez instalację PV. W takim przypadku konieczne jest także monitorowanie ilości energii pobieranej lub wprowadzanej do sieci publicznej przez wyposażenie budynku. Zadanie to spełnia układ pomiarowy w postaci licznika dwukierunkowego instalowany przez zakład energetyczny, niemniej jednak na wykorzystaniu danych z tego licznika stoi szereg przeszkód natury administracyjnej i technicznej. Z związku z tym coraz częstszą praktyką jest montaż dodatkowego układu pomiarowego w rozdzielni głównej budynku, który będzie mierzył kierunek i przepływ energii z i do budynku. Licznik ten po połączeniu z falownikiem PV pozwoli na określenie chwilowego bilansu energii, na podstawie którego możliwe jest okresowe załączanie lub wyłączanie dodatkowych urządzeń w celu zrównoważenia produkcji i poboru energii.

Sterowanie pracą odbiorników. Najprostszym elementem systemu zarządzania wyprodukowaną energią jest załączanie i wyłączanie dowolnych odbiorników energii (np. poprzez przełącznik). Najprostszy algorytm sterowania wykorzystuje w tym celu informacje o produkcji energii z falownika fotowoltaicznego i przy przekroczeniu odpowiedniego progu mocy z instalacji PV dokonuje załączenia urządzenia, a następnie, w przypadku spadku produkcji mocy z instalacji PV, dokonuje jego wyłączenia. Możliwe jest także sterowanie w ten sposób pompą ciepła, należy jednak pamiętać, że w tego typu urządzeniach bardzo ważne jest, aby po załączeniu pracowały nieustannie przez czas określony przez producenta (z uwagi na ochronę pracy sprężarki). Część producentów pomp ciepła, oprócz złącza SG Ready (domyślnie dedykowanego dla zakładu energetycznego), wyposaża swoje urządzenia w złącze PV przeznaczone dla instalacji fotowoltaicznej. Podanie sygnału sterującego wprowadza wówczas pompę w tryb pracy podobny do trybu nadmiaru mocy w SG Ready.

Możliwości magazynowania wyprodukowanej energii

System instalacji fotowoltaicznej współpracujący z pompą ciepła w domu jednorodzinnym daje zasadniczo trzy różne możliwości magazynowania chwilowo niewykorzystanej energii elektrycznej: „magazynowanie” w sieci, czyli roczny system opustu, zastosowanie magazynów ciepła lub elektrochemicznych.

„Magazynowanie” w systemie opustu

System opustu można porównać do magazynu energii elektrycznej o rocznej sprawności 80% (lub 70% – dla instalacji PV o mocy większej niż 10 kWp). Jeśli skorzysta się z własnej energii, którą udostępni w ciągu roku sprzedawca energii, traci się 20% energii wyprodukowanej we własnym zakresie. Zastosowanie pompy ciepła pozwala na znaczne zwiększenie udziału autokonsumpcji, do 20-30%, a w przypadku dodatkowego chłodzenia nawet 40%. Rzeczywisty współczynnik opustu wzrasta wtedy do 84-88%, a „koszt” magazynowania spada, gdyż dotyczy tylko części wyprodukowanej energii.

Magazynowanie energii w formie ciepła

Drugim sposobem magazynowania energii wyprodukowanej przez instalację PV jest podwyższenie zadanej temperatury c.w.u., podwyższenie tej temperatury w zasobniku buforowym lub korelacja pracy pompy ciepła z pracą instalacji PV. Ponadto, gdy zwiększy się lub obniży temperaturę w pomieszczeniach, również masa budynku będzie wykorzystywana jako bufor ciepła. Jednak ta forma zarządzania energią jest ograniczona przez wymagania komfortu użytkowników. Aktywny tryb chłodzenia może być również stosowany, jeśli rozprowadzanie i przenoszenie ciepła odbywa się przy wykorzystaniu odpowiednich odbiorników ciepła, np. instalacji płaszczyznowych lub klimakonwektorów.

Magazynowanie w akumulatorach chemicznych

Aby ekonomicznie przechowywać i wykorzystywać energię elektryczną z instalacji PV w długim okresie, konieczna jest jej zamiana na energię chemiczną

zawartą np. w wodorze. Prace nad tego typu systemami są prowadzone w wielu ośrodkach. W średnim terminie możliwe jest gromadzenie energii elektrycznej w akumulatorach chemicznych. Ważne kryteria przy ich wyborze to: pojemność, gęstość mocy, gęstość energii oraz liczba cykli ładowania i rozładowywania. Obecnie oferowane są głównie akumulatory litowo-jonowe i kwasowo-ołowiowe. Obie technologie występują w wielu odmianach.

Akumulatory litowo-jonowe. Technologia ta bardzo szybko zdobywa popularność, głównie z powodu szybkiego spadku ceny oraz wielu korzyści w stosunku do technologii kwasowo-ołowiowej. Sprawność gromadzenia energii w akumulatorach litowo-jonowych oscyluje wokół 80% i jest znacznie wyższa niż w kwasowo-ołowiowych. Ponadto akumulatory litowo-jonowe zapewniają znacznie wyższą gęstość przechowywanej energii, co przekłada się na ich niższą wagę, a co ważniejsze – mają wysoką gęstość mocy, dzięki czemu akumulator o małej pojemności może być ładowany i rozładowywany dużymi prądami. Jest to ważna cecha, szczególnie dla zastosowań domowych, gdy pojawiają się duże, lecz krótkie pobory mocy.

Technologia litowo-jonowa ma także swoje ograniczenia. Głównym jest wysoka cena, która w części rekompensowana jest dużą liczbą cykli ładowania i rozładowania. Akumulatory te muszą być precyzyjnie ładowane, a zaburzenia tego procesu lub uszkodzenie akumulatora grożą samozapłonem ogniwa. Konieczność zwiększenia bezpieczeństwa pracy także wpływa na cenę tego typu akumulatorów.

Zastosowanie akumulatorów w instalacji PV najczęściej odbywa się w oparciu o dwie koncepcje:

- zastosowanie osobnego falownika obsługującego tylko akumulatory
- integracja obsługi akumulatorów i modułów PV przez jeden falownik.

Dobór mocy instalacji PV w budynku w standardzie NF 40

Przy wymiarowaniu systemu fotowoltaicznego współpracującego z pompą ciepła w zakresie produkcji energii elektrycznej, jej zużycia i magazynowania w sieci elektrycznej istotnych jest kilka czynników, które poniżej krótko omawiamy. W celu ułatwienia obliczeń, przedstawiamy zależności między współczynnikiem samowystarczalności WSW a mocą instalacji PV, a także szacowane zużycie energii na różne cele.



Skanuj:
analiza NF 40 plik xls

Określenie wskaźnika zużycia własnego

Jeśli instalacja będzie współpracować z siecią energetyczną (on-grid), cały system powinien być zaprojektowany w taki sposób, aby zapewnić możliwie wysoki wskaźnik zużycia własnego. W tym zakresie można osiągnąć wartości między 20 a 40% zużycia własnego, a w przyszłości – gdy dodatkowo zastosuje się akumulatory elektryczne – nawet 65%

W celu oceny wskaźnika zużycia własnego należy ustalić wielkość produkcji energii z instalacji PV oraz wielkość zużycia/zapotrzebowania na energię w konkretnym gospodarstwie domowym.

Na wielkość produkcji energii z instalacji fotowoltaicznej mają wpływ takie czynniki jak:

- lokalizacja instalacji,
- opcje dopasowania i rozmiar systemu fotowoltaicznego (generator).

Z kolei o wielkości zużycia/zapotrzebowania na energię będzie decydować:

- roczne zużycie energii elektrycznej w gospodarstwie domowym,
- zapotrzebowanie grzewcze budynku (w tym przypadku dla standardu NF 40),
- zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową,
- styl życia mieszkańców (czas ogrzewania, obciążenia szczytowe, pobór c.w.u.),
- zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła (w tym przypadku dane p.c. typu powietrze-woda) z instalacją ogrzewania płaszczyznowego (podłogowego).



Skanuj:
analiza WT 2021 plik xls.



Fot. lovelyday12/Shutterstock.com

Rys. 1. Przy projektowaniu instalacji PV dla „Domu bez rachunków” ważne jest określenie wskaźnika samowystarczalności wyprodukowanej energii. Im będzie bliższy wartości 100%, tym inwestycja jest bardziej opłacalna

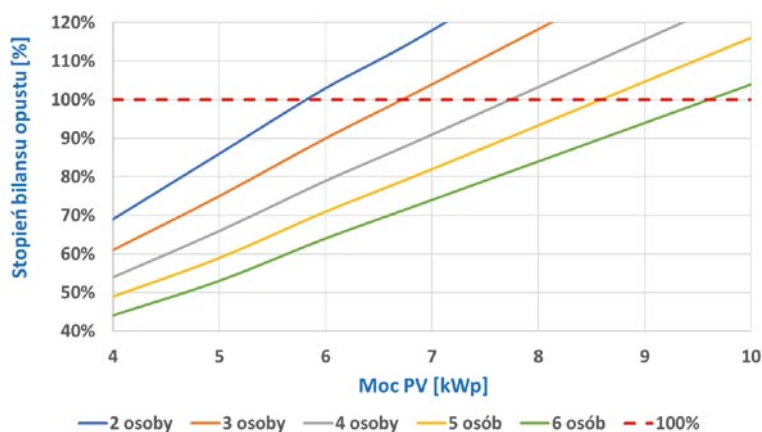
Tabela 1. Praktyczne zestawienie mocy grzewczej, mocy systemu PV i mocy pompy ciepła typu powietrze-woda w budynku jednorodzinnym w standardzie NF 40 (ciepło użytkowe ok. 40 kWh/(m² rok). Założono nachylenie połaci dachu 40°, kierunek południowy, lokalizację budynku: Kraków oraz pompę ciepła typu powietrze-woda o przeciętnej efektywności z instalacją ogrzewania płaszczynowego. Obliczenia zostały wykonane przy użyciu programu symulacyjnego WP-OPT.

Symbole w tabeli oznaczają:

WAK – wskaźnik autokonsumpcji (zużycia własnego; w%) = roczne zużycie własne energii z instalacji PV/roczna produkcja własna z PV;

WSW – wskaźnik samowystarczalności [%] = roczne zużycie energii elektrycznej samodzielnie wytworzonej po uwzględnieniu bilansu w ramach opustu/całkowite roczne zużycie energii elektrycznej w budynku

Liczba osób użytkujących budynek jednorodzinny	Zużycie energii elektrycznej budynku [kWh/rok]	Zapotrzebowanie ciepłej wody użytkowej [l/dobę]	Zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła [kWh/rok]	Łączne zużycie energii elektrycznej [kWh/rok]	Udział zużycia energii przez pompę ciepła do łącznej zużytej energii [%]	4 kWp		5 kWp		6 kWp		7 kWp		10 kWp	
						WAK	WSW	WAK	WSW	WAK	WSW	WAK	WSW	WAK	WSW
Budynek o powierzchni 100 m ² , spełniający standard NF 40, proj. obciążenie cieplne 3 kW (zapotrzebowanie ciepła ok. 4000 kWh/rok)															
2	3000	100	1700	4700	36%	33%	69%	29%	86%	25%	103%	23%	118%	19%	168%
3	3500	150	1900	5400	35%	38%	61%	33%	75%	29%	90%	27%	104%	21%	147%
4	4000	200	2200	6200	35%	40%	54%	35%	66%	32%	79%	29%	91%	23%	128%
5	4500	250	2300	6800	34%	42%	49%	36%	59%	33%	71%	31%	82%	25%	116%
6	5000	300	2600	7600	34%	42%	44%	37%	53%	34%	64%	31%	74%	26%	104%
Budynek o powierzchni 150 m ² , spełniający standard NF 40, proj. obciążenie cieplne 4,5 kW (zapotrzebowanie ciepła ok. 6000 kWh/rok)															
2	3000	100	2400	5400	44%	38%	61%	34%	75%	31%	89%	28%	103%	22%	146%
3	3500	150	2700	6200	44%	42%	53%	38%	66%	33%	78%	31%	91%	25%	128%
4	4000	200	2900	6900	42%	44%	48%	40%	59%	37%	70%	34%	82%	27%	115%
5	4500	250	3200	7700	42%	46%	43%	42%	53%	38%	63%	36%	74%	28%	104%
6	5000	300	3500	8500	41%	46%	39%	42%	48%	39%	57%	36%	67%	29%	94%
Budynek o powierzchni 200 m ² , spełniający standard NF 40, proj. obciążenie cieplne 6 kW (zapotrzebowanie ciepła ok. 8000 kWh/rok)															
2	3000	100	3000	6000	50%	37%	55%	30%	67%	28%	80%	25%	93%	20%	131%
3	3500	150	3200	6700	48%	41%	49%	36%	61%	32%	73%	29%	84%	22%	118%
4	4000	200	3500	7500	47%	44%	44%	38%	55%	34%	66%	32%	76%	24%	106%
5	4500	250	3700	8200	45%	45%	41%	40%	50%	36%	60%	33%	70%	26%	98%
6	5000	300	4000	9000	44%	45%	37%	40%	46%	37%	55%	34%	63%	26%	89%

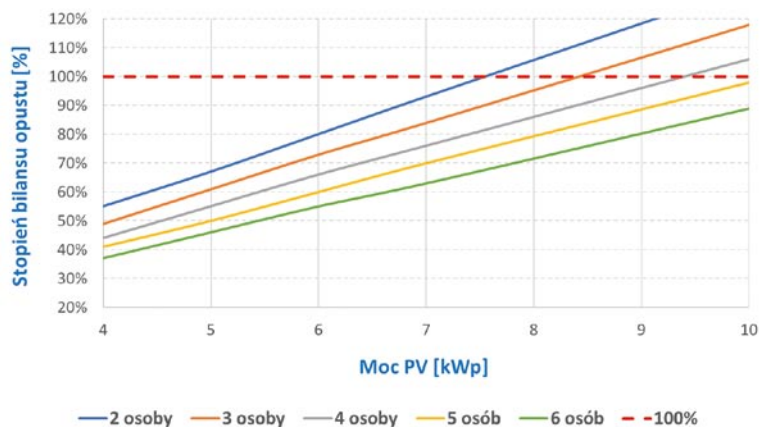
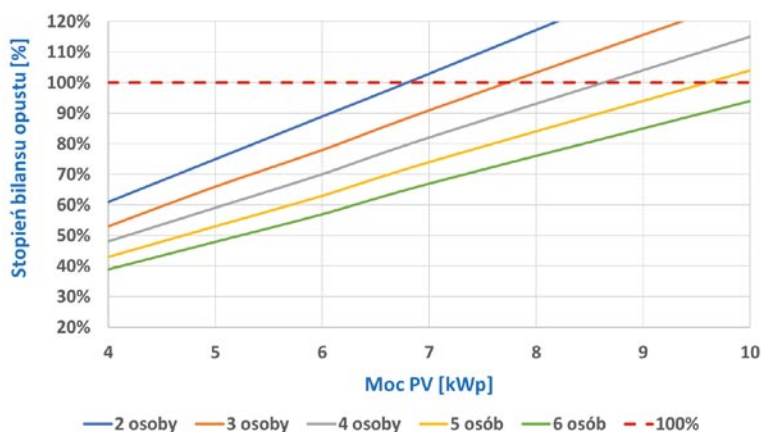


Rys. 2. Wskaźnik samowystarczalności WSW [%] w budynku o powierzchni 100 m² w standardzie NF 40 w zależności od mocy instalacji PV i liczby domowników



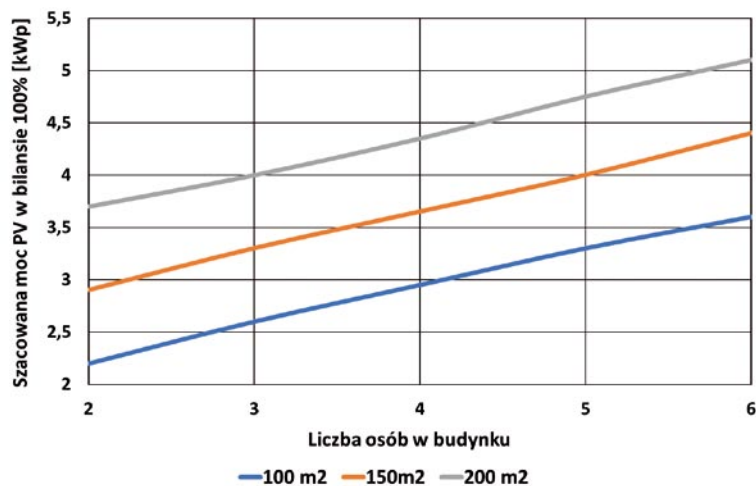
Skanuj:
szacowanie mocy PV
arkusz xls

Rys. 3. Wskaźnik samowystarczalności WSW [%] w budynku o powierzchni 150 m² w standardzie NF 40 w zależności od mocy instalacji PV i liczby domowników



Rys. 4. Wskaźnik samowystarczalności WSW [%] w budynku o powierzchni 200 m² w standardzie NF 40 w zależności od mocy instalacji PV i liczby domowników

Rys. 5. Przybliżony dobór mocy instalacji PV [kWp] w zależności od powierzchni ogrzewanej budynku w standardzie NF40 i liczby osób (bilansowanie tylko c.o. i c.w.u.)



Obliczenie mocy nominalnej instalacji PV

Wymaganą moc nominalną instalacji fotowoltaicznej, która będzie działać w systemie opustu, oblicza się według poniższego wzoru:

$$moc_{pv} = \frac{(E_k \cdot a) + \frac{(E_k \cdot b)}{upust}}{uzysk}$$

gdzie:

moc_{pv} – wymagana moc nominalna instalacji fotowoltaicznej [kWp],

$opust$ – udział energii wprowadzonej do sieci, którą może odebrać w ciągu roku prosument w ramach systemu opustu (w instalacjach do 10 kWp wynosi 80%) [%],

E_k – ilość zużywanej rocznie energii elektrycznej [kWh/rok],

a – udział bieżącej konsumpcji własnej [%],

b – udział ilości energii oddanej do sieci [%],

$a + b = 100\%$,

$uzysk$ – uzysk roczny z 1 kWp [kWh/rok].

Przykład obliczenia wymaganej mocy instalacji PV

Założenia do doboru mocy systemu fotowoltaicznego sieciowego:

- roczne zużycie energii: 4200 kWh/rok,
- kąt nachylenia dachu: 40°,
- odchylenie od południa: 0 stopni,
- udział bieżącej konsumpcji własnej: 30%,
- udział energii oddanej do sieci: 70%,
- opust: 80%,
- założony uzysk energii elektrycznej z 1 kWp: 960 kWh/rok.

Obliczenie:

$$moc_{pv} = \frac{(4200 \cdot 0,3) + \frac{(4200 \cdot 0,7)}{0,8}}{960} = 5,14 \text{ kWp}$$

Przybliżony dobór mocy instalacji PV

Można założyć, że dla instalacji fotowoltaicznej o mocy mniejszej niż 10 kWp, która będzie działać w systemie opustu, na każde zużyte rocznie w budynku 1000 kWh energii elektrycznej należy dobrać około 1,25 kWp mocy instalacji.

Tabela 2. Szacowanie zużycie energii elektrycznej na potrzeby bytowe w nowym budynku

Liczba osób	Zużycie energii elektrycznej w budynku [kWh/rok]
2	3000
3	3500
4	4000
5	4500
6	5000

Tabela 3. Szacowanie zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła na potrzeby c.w.u. (50 l/osobę/dobę; SPF = 3)

Liczba osób	Zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła na potrzeby c.w.u. [kWh/rok]
2	500-600
3	750-900
4	1000-1200
5	1250-1500
6	1500-1800

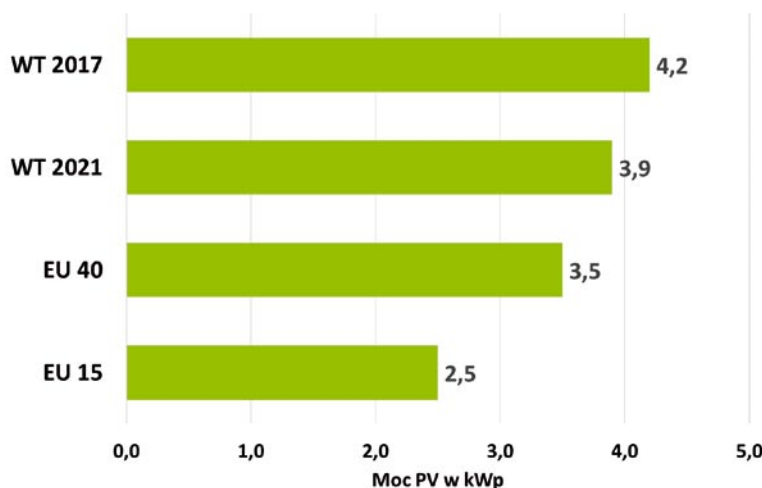
Tabela 4. Szacowanie rocznego, jednostkowego zużycia energii elektrycznej na potrzeby c.o. przy wykorzystaniu pompy ciepła z ogrzewaniem płaszczyznowym

Standard budynku i typ pompy ciepła	Zużycie energii przez pompę ciepła na potrzeby c.o. [kWh/(m² rok)]
WT 2014, pc typu p-w	18-22
WT 2014, pc typu s-w	15-20
WT 2021, pc typu p-w	13-17
WT 2021, pc typu s-w	11-14
NF 40, pc typu p-w	7-11
NF 40, pc typus-w	5-9
NF 15, pc typu p-w	<4
NF 15, pc typu s-w	<3

10



Skanuj:
bilans PV – 130 m²,
arkusz xls



Rys. 6. Wymagana moc instalacji fotowoltaicznej zależnie od standardu przykładowego budynku o pow. 150 m², użytkowanego przez cztery osoby. Instalacja PV działa w oparciu o system rocznego bilansowania (opustu) oraz współpracuje z pompą ciepła typu p-w (ogrzewanie płaszczyznowe i przygotowanie c.w.u.). Warto zauważyć, że nakład inwestycyjny na realizację budynku w standardzie NF 40 (EU 40) wraz z instalacją PV jest znacząco niższy niż na wykonanie budynku pasywnego (EU 15) z instalacją PV o mniejszej mocy

11

Dobór elementów systemu PV współpracującego z pompą ciepła

Jak dobrać elementy systemu fotowoltaicznego współpracującego z pompą ciepła, aby zapewnić jak najwyższy udział konsumpcji własnej w wytwarzanej energii? – Poniżej kilka praktycznych porad, które powinny pomóc w podjęciu optymalnych decyzji.



Skanuj:

akumulacja ciepła
w wylewce, arkusz
kalkulacyjny, plik xls

Produkcja energii a ukierunkowanie modułów

W prawidłowo wykonanym projekcie instalacji fotowoltaicznej muszą zostać uwzględnione:

- kierunek usytuowania instalacji,
- nachylenie dachu,
- dostępna powierzchnia dachu.

Zasadniczo najwyższy uzysk energii dla odbiorców zapewnia instalacja fotowoltaiczna o orientacji ściśle południowej i kącie nachylenia zbliżonym do 30°. Jednak odpowiedni styl życia domowników również odgrywa tu ważną rolę. W większości przypadków instalacja skierowana w kierunku południowym generuje najwięcej energii, kiedy pobór mocy w gospodarstwie domowym jest niski. To oczywiście zmniejsza wskaźnik zużycia własnego w systemie. Nawet użycie akumulatorów do tymczasowego magazynowania energii jest tylko ograniczonym środkiem zaradczym, zakładając odpowiednią ich pojemność.

Praktyczne doświadczenie wykazało, że domowa instalacja PV powinna wytwarzać nie więcej niż 1,2-1,3 wymaganego rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną.

Mimo niższego rocznego wskaźnika produkcji energii, dachy o orientacji wschodniej lub zachodniej mają tę zaletę, że energia słoneczna jest dostępna wcześniej rano lub później, wieczorem, kiedy zapotrzebowanie na energię może być wyższe. Ponadto, w przypadku dachów dwuspadowych o orientacji wschód-zachód, obie części dachu mogą być zabudowane instalacją.

Sprawność modułów fotowoltaicznych

Generator fotowoltaiczny wykonuje się obecnie najczęściej z modułów mono- lub polikrystalicznych. Główna różnica między nimi, oprócz kwestii wizualnych, polega na różnicy w ich sprawności. Przy typowym wymiarze modułu fotowoltaicznego, który wynosi około 1,65 x 0,99 m, moduły polikrystaliczne mają obecnie moc w zakresie 270-285 Wp, podczas gdy moduły monokrystaliczne mają zakres mocy 300-330 Wp. Dzięki wyższej sprawności modułów monokrystalicznych wystarczy mniejsza ich liczba niż modułów polikrystalicznych, aby uzyskać taką samą moc instalacji. Ma to szczególne znaczenie przy ograniczonej powierzchni montażowej, jaka często występuje na dachach o skomplikowanej budowie.

Ważną kwestią jest brak zacieniania modułów PV. Pojawianie się cienia może istotnie zmniejszyć produkcję energii. Dlatego ważne jest, aby lokować moduły fotowoltaiczne w odpowiednich odstępach od elementów zacieniających, takich jak: kominy, jaskółki, anteny itp. Jeśli nie jest możliwe uniknięcie okresowego zacieniania na części modułów PV,

Jak dobrać pojemność akumulatorów?

Analizy pokazują, że akumulatory o użytecznej pojemności równej 25% dziennego zapotrzebowania na energię w budynku pozwalają dwukrotnie zwiększyć bieżącą konsumpcję energii wytwarzanej przez instalację fotowoltaiczną, która w takim przypadku może sięgnąć około 50%.

Dalsze zwiększanie pojemności akumulatorów powoduje wzrost udziału konsumpcji własnej, jednak rośnie ona coraz wolniej wraz ze wzrostem pojemności. Z tego powodu w przypadku systemów sieciowych zasadny wydaje się dobór pojemności akumulatorów w zakresie 25-75% dziennego zapotrzebowania na energię w budynku. Dalsze zwiększanie pojemności akumulatorów nie przyczynia się do istotnego wzrostu udziału konsumpcji własnej.

Należy zaznaczyć, że poziom konsumpcji własnej nie zależy tylko od pojemności akumulatorów, lecz także od mocy falownika, który jest do nich podłączony.



Rys. 1. Moduł monokrystaliczny i moduł polikrystaliczny

konieczna jest dodatkowa optymalizacja instalacji poprzez zastosowanie falowników z tzw. funkcjami szukania globalnego punktu mocy maksymalnej lub zastosowanie lokalnych optymalizatorów mocy.

Falownik jedno-, czy trójfazowy?

Obecnie głównie stosowane są falowniki fotowoltaiczne beztransformatorowe. Przy ich wyborze należy zwrócić uwagę na liczbę zasilanych faz. Mimo że do instalacji 3-fazowej w budynku można zasto-

Wykorzystanie zasobnika ciepłej wody użytkowej

Energia elektryczna generowana przez instalację fotowoltaiczną może w bardzo dużym stopniu być wykorzystana do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Jednak w tym celu muszą być spełnione dwa warunki. Po pierwsze zasobnik ciepłej wody musi być tak zwymiarowany, aby dało się z niego pobierać ciepłą wodę przynajmniej jeden dzień bez konieczności zasilania go z instalacji fotowoltaicznej. Po drugie moc instalacji fotowoltaicznej musiałaby 5-6 razy przekraczać moc elektryczną potrzebną do napędu sprężarki pompy ciepła.

W domach jednorodzinnych często stosuje się pompę ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej ze względu na niewielki pobór mocy elektrycznej przez sprężarkę (500-800 W). Wtedy instalacja fotowoltaiczna o mocy szczytowej 3-4 kWp umożliwia już pokrycie w ponad 80% zasilania z pompy ciepła. Stopień pokrycia zapotrzebowania zależy od następujących czynników:

- uzysku mocy przez instalację fotowoltaiczną,
- poboru mocy elektrycznej przez pompę ciepła,
- zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową,
- wielkości zasobnika ciepłej wody użytkowej,
- strat ciepła przez zasobnik i przewód cyrkulacji c.w.u.

Tabela 1. Uzysk roczny energii z 1 kWp instalacji fotowoltaicznej przy różnej orientacji i nachyleniu dachu. Lokalizacja: Kraków, moduły monokrystaliczne

Orientacja	Uzysk roczny energii z 1 kWp instalacji PV przy różnym stopniu nachylenia dachu i zależności od jego ukierunkowania [kWh]						
	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
wschód, 90°	852	844	835	827	809	801	783
południowy wschód, 45°	905	912	920	924	925	929	921
południe, 0°	921	947	955	973	981	990	980
południowy zachód, 45°	905	912	920	924	925	929	921
zachód, 90°	852	844	835	827	809	801	783

sować falownik jednofazowy, z uwagi na kryteria przyłączenia powyżej mocy 3,68 kW należy stosować falowniki 3-fazowe. Z kolei poniżej 3,68 kW ze względów ekonomicznych lepszym wyborem będzie falownik jednofazowy.

Ważna jest także lokalizacja falownika. Najkorzystniej jest go przyłączyć bezpośrednio do rozdzielni głównej wydzielonym obwodem. Oznacza to konieczność poprowadzenia trasy kablowej od lokalizacji falownika do rozdzielni oraz od modułów fotowoltaicznych do falownika.

Z uwagi na możliwość monitoringu instalacji warto, aby falownik był w zasięgu sieci WiFi lub LAN. Mimo iż hałas pracującego falownika jest niski, lepiej jest lokalizować go w miejscu, gdzie nie będzie on uciążliwy dla domowników.

Układ regulacji pompy ciepła musi być w stanie utrzymać wymaganą temperaturę minimalną (np. 50°C), a podczas generowania prądu przez instalację fotowoltaiczną automatycznie podwyższać temperaturę zadaną ciepłej wody (np. o 5-10 K). Pompy ciepła przystosowane do celów przygotowywania c.w.u. z etykietą SG Ready oferują tę funkcję poprzez wejście analogowe. Wiele falowników jest w stanie bezpośrednio sterować pompami ciepła wody użytkowej z etykietą SG Ready.

Wykorzystanie zasobnika buforowego

W przypadku autonomicznej regulacji temperatury pomieszczenia, która jest niezależna od pompy cie-



Skanuj:
analiza LCOE
instalacji PV, arkusz
kalkulacyjny, plik xls



Skanuj:
arkusz do obliczeń
opłacalności PV,
plik xls

Rys. 2. Nowoczesne systemy sterowania budynku pozwalają na zarządzanie akumulacją ciepła



Fot. zhu difeng/ Shutterstock.com

pła, nigdy nie nastąpi przegrzanie budynku, nawet gdy instalacja fotowoltaiczna generuje prąd. Dopływ ciepła do pomieszczeń zostanie bowiem zatrzymany, gdy temperatura rzeczywista w pomieszczeniach przekroczy wartość zadaną. W takim przypadku do magazynowania ciepła może zostać zainstalowany dodatkowy zasobnik buforowy. Należy go przyłączyć hydraulicznie w taki sposób, aby w razie braku prądu z instalacji fotowoltaicznej nie przepływała przez niego woda i by jego temperatura była utrzymywana na możliwie najniższym poziomie. Zminimalizuje to straty ciepła w stanie gotowości. Pojemność zasobnika należy dobrać według następujących kryteriów:

- uzysk mocy przez instalację fotowoltaiczną,
- moc grzewcza pompy ciepła,
- maksymalny wzrost temperatury = maksymalna temperatura nagrzewania zasobnika pomniejszona o wymaganą projektową temperaturę wody grzewczej,
- wymagany wzrost pokrycia.

Już pojemność zasobnika buforowego wynosząca 25 l na 1 kW mocy grzewczej pompy ciepła może sprawić, że energia słoneczna pozyskana po południu może zostać wykorzystana w godzinach wieczor-

nych, co spowoduje wzrost pokrycia (autokonsumpcji) o około 10%. Dalsze zwiększanie pojemności zasobnika buforowego prowadzi do zwiększenia wskaźnika pokrycia (autokonsumpcji) o maksymalnie 20%. Zastosowanie zasobników buforowych o jeszcze większych pojemnościach, które mogą przechowywać energię w ciągu kilku dni (np. zasobniki sezonowe), znacząco podnosi wskaźnik pokrycia, ale zwiększają się wówczas straty ciepła przez zasobnik. Do poprawnego projektowania konieczna staje się tu symulacja komputerowa.

Już pojemność zasobnika buforowego wynosząca 25 l na 1 kW mocy grzewczej pompy ciepła może sprawić, że energia słoneczna pozyskana po południu może zostać wykorzystana w godzinach wieczornych, co spowoduje wzrost autokonsumpcji o około 10%.

Wykorzystanie budynku jako zasobnika ciepła

W inteligentnym regulatorze temperatury pomieszczenia następuje wymiana informacji między urządzeniem grzewczym (pompą ciepła) a regulatorem temperatury pomieszczenia. Na przykład w celu zablokowania pompy ciepła, gdy pomieszczenie nie zgłasza zapotrzebowania na ciepło. W połączeniu z systemami typu Smart Home (np. technika sterowania budynkiem), gdy wykorzystywana jest moc fotowoltaiczna, zadana temperatura w pomieszczeniu może zostać podwyższona w ramach zdefiniowanych limitów komfortu. Wówczas cały budynek pełni rolę zasobnika ciepła. System ogrzewania płaszczyznowego w budynku (np. o powierzchni 130 m²) jest w stanie efektywnie zastąpić zasobnik buforowy wody grzewczej o pojemności 500 l (przy wzroście temperatury wody o około 28 K). Jednocześnie niższy poziom wzrostu temperatury (w podanym poniżej przykładzie: 2,5 K) skutkuje obniżeniem strat ciepła przez zasobnik i niewielkim ubytkiem efektywności pompy ciepła.

Przykład obliczeniowy:

Założenia:

- powierzchnia ogrzewana: 130 m²,
- podgrzewana podłoga: 9 cm (jastrych/beton/płytki),
- ciepło właściwe jastrychu: 1000 J/kg K = 0,27778 Wh/(kg K),
- masa właściwa jastrychu: 2000 kg/m²,
- wzrost temperatury jastrychu i pomieszczenia o 2,5 K.

$$130 \text{ m}^2 \cdot 0,09 \text{ m} \cdot 2000 \text{ kg} \cdot 2,5 \text{ K} \cdot 0,00027778 \text{ kWh}/(\text{kg K}) = 16,3 \text{ kWh}$$

$$500 \text{ l} \cdot 0,00116 \text{ kWh}/(\text{kg K}) \cdot 28 \text{ K} = 16,3 \text{ kWh}$$

Rys. 3. System ogrzewania płaszczyznowego w budynku (np. o powierzchni 130 m²) jest w stanie efektywnie zastąpić zasobnik buforowy wody grzewczej o pojemności 500 l. Niższa temperatura w pomieszczeniach przy pełnym komforcie cieplnym to kolejne oszczędności



Fot. lucadp/ Shutterstock.com

Pompy ciepła z funkcją SG Ready

Etykietą SG Ready są oznaczane pompy ciepła, których technika regulacyjna umożliwia integrację pojedynczej pompy ciepła z inteligentną siecią energetyczną (ang. *Smart Grid* – SG). Stawia się im określone wymagania.

Warunkiem przydzielenia etykiety SG Ready (przyznawanej w Niemczech) jest zgodność czterech stanów roboczych pompy ciepła z określoną definicją.

Pompy ciepła do pracy grzewczej

Muszą być one wyposażone w regulator, który umożliwia zrealizowanie czterech stanów roboczych:

- stan roboczy 1 (1 stan załączenia, przy stanie zacisków 1:0). Ten stan roboczy jest kompatybilny z blokadą operatora sieci energetycznej (EVU), która często jest włączana o stałych porach i trwa maksymalnie 2 godz. „twardego czasu blokady”;
- stan roboczy 2 (1 stan załączenia, przy stanie zacisków 0:0). Pompa ciepła pracuje w trybie normalnym energooszczędnym z proporcjonalnym ładowaniem zasobnika, co ma wystarczyć na czas maksymalnej dwugodzinnej blokady EVU;
- stan roboczy 3 (1 stan załączenia, przy stanie zacisków 0:1). Pompa ciepła działa w ramach regulacji w trybie zwiększonej mocy, realizując ogrzewanie pomieszczeń i przygotowanie c.w.u. Nie chodzi tu o bezwzględny start, ale zalecenie załączenia zgodnie z żądaniem;
- stan roboczy 4 (1 stan załączenia, przy stanie zacisków 1:1). Jest to definitywne polecenie uruchomienia pompy ciepła, o ile jest to możliwe w zakresie ustawień regulatora. Dla tego stanu roboczego różne modele sterowania muszą być

możliwe do nastawienia na regulatorze dla różnych modeli taryfowych i użytkowych:

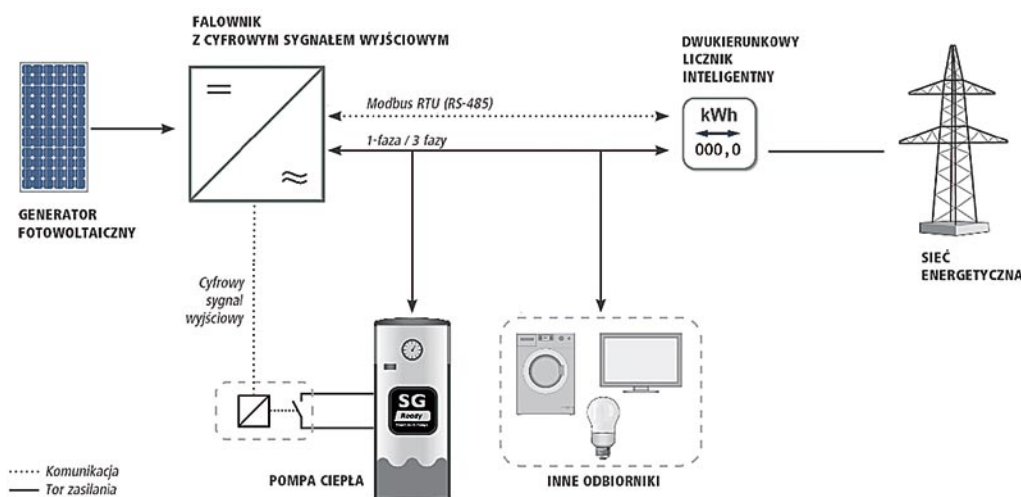
- wariant 1: pompa ciepła (sprężarka) jest aktywnie załączona,
- wariant 2: pompa ciepła (sprężarki i elektryczne grzałki pomocnicze) jest aktywnie włączona, opcjonalnie – wyższa temperatura w zasobnikach ciepła.

Pompy ciepła do przygotowania c.w.u.

Muszą być one wyposażone w regulator, który pozwala na podwyższenie zadanej temperatury wody w drodze automatycznej regulacji w celu zmagazynowania energii w formie ciepła.

Menadżer energii

Poprzez sterowanie pompą ciepła za pomocą interfejsu SG-Ready w połączeniu z systemem PV, z lub bez zespołu akumulatorów, tylko system grzewczy i przygotowania c.w.u. uważane są za odbiorniki energii. Jednakże celem jest uwzględnienie za pomocą menadżera energii wszystkich odbiorników energii elektrycznej w gospodarstwie domowym w celu uzyskania możliwie wysokiego wskaźnika zużycia własnego (autokonsumpcji) oraz – w zależności od mocy instalacji PV – możliwie wysokiego stopnia samowystarczalności.

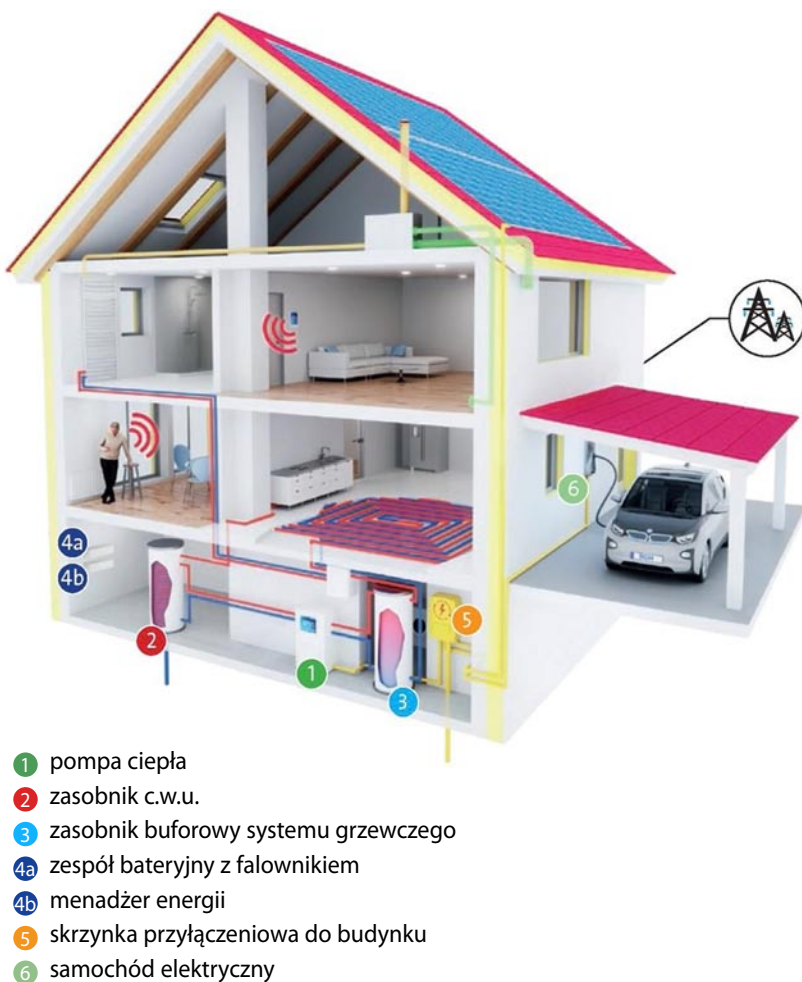


Rys. 1. Wzajemne oddziaływanie zespołów i podzespołów systemu oraz interfejsy systemu

13

Sterowanie domowym systemem zasilanym z fotowoltaiki

Magazynowaniem i zużyciem energii w domowym systemie zasilanym z instalacji PV i wyposażonym w pompę ciepła steruje menadżer energii. Sterowanie może być realizowane przez przełączany styk uwalniający na pompie ciepła (złącze SG-Ready), przełączalne gniazda lub przez regulację modulowaną w zależności od dostępnej energii – pompy ciepła z regulacją mocy i modulowane grzałki elektryczne.



Rys. 1. Wzajemne oddziaływanie zespołów i podzespołów systemu zasilanego z domowej instalacji PV (źródło grafiki BWP)

Uruchomienie systemu

W ramach uruchomienia systemu w menadżerze energii nastawia się dane specyficzne dla odbiorników, takie jak:

- próg przełączania, czyli od jakiej wartości w kW styk ma się przełączyć,
- okres uwolnienia,
- minimalny czas pracy.

Określa się również priorytety uwolnień (załączeń), tzn. w jakiej kolejności poszczególne odbiorniki powinny być załączane. Warunkiem jest, aby miały one takie możliwości – muszą być dopuszczone przez producenta do tego sposobu regulacji, np. przy wykorzystaniu przełączanego gniazda.

W starszych odbiornikach elektrycznych AGD, np. pralkach, suszarkach, należy wcześniej sprawdzić, czy po zaniku napięcia urządzenia te uruchomią się same, czy też należy uruchomić dany proces ręcznie.

Hierarchia poboru mocy

Musi być ona regulowana przez menadżera energii. Zaleca się, aby wygenerowana energia elektryczna była na bieżąco kierowana w pierwszej kolejności do gospodarstwa domowego (jako zużycie własne) lub systemu grzewczego. W dalszej kolejności energia powinna być kierowana do zespołu bateryjnego, a później do zasobników termicznych (zasobnik c.w.u., zasobnik buforowy, masa budynku). Osiąga się przez to najwyższy możliwy stopień samowystarczalności i minimalizuje zasilanie sieci elektroenergetycznej. Szczególnie w przypadku korzystania z inteligentnych systemów domowych, ważna jest dwukierunkowa wymiana informacji między odbiornikami energii elektrycznej a generatorami za pośrednictwem interfejsów cyfrowych. Ma to na celu optymalizację całego systemu. ■

Dlaczego „Dom bez rachunków” się opłaca?

Aby wykazać, że „Dom bez rachunków” jest zarówno dostępny finansowo dla większości inwestorów, jak i opłacalny, porównaliśmy koszty związane z wykonaniem instalacji grzewczej i jej eksploatacją w przykładowym budynku przy uwzględnieniu systemu opartego o fotowoltaikę i pompę ciepła oraz kotła na paliwo stałe.

Założenia

- Analizowany budynek jednorodzinny jest zrealizowany w standardzie NF 40 i ma powierzchnię ogrzewaną 100 m².
- Źródło ciepła to pompa ciepła typu powietrze-woda o mocy grzewczej 5 kW albo w wariantcie tradycyjnym – kocioł na groszek lub granulát drzewny.
- Przyjęliśmy, że w „Domu bez rachunków” zrealizowanym w standardzie NF 40 o powierzchni ogrzewanej

100 m², zamieszkałym przez cztery osoby, instalacja PV o mocy 3,5 kWp wystarczy do zbilansowania produkcji i zużycia energii na potrzeby ogrzewania, c.w.u. i chłodzenia w ciągu roku, natomiast instalacja PV o mocy 7,7 kWp wystarczy do zbilansowania produkcji i zużycia energii na potrzeby ogrzewania, c.w.u. oraz energii elektrycznej w ciągu roku. Zastosowanie chłodzenia zwiększy jej moc o około 0,5 kW. Przy analizie ekonomicznej warto wziąć pod uwagę całkowite koszty roczne według VDI 2067.



Skanuj:
analiza różnych
wariantów kosztów
ogrzewania wg
VDI 2067, plik xls

Rys. 1. Określenie mocy instalacji PV (na cele c.o., c.w.u. i energii elektrycznej) w budynku o powierzchni 100 m² w standardzie NF 20 w zależności od założonego stopnia bilansu opustu [%]

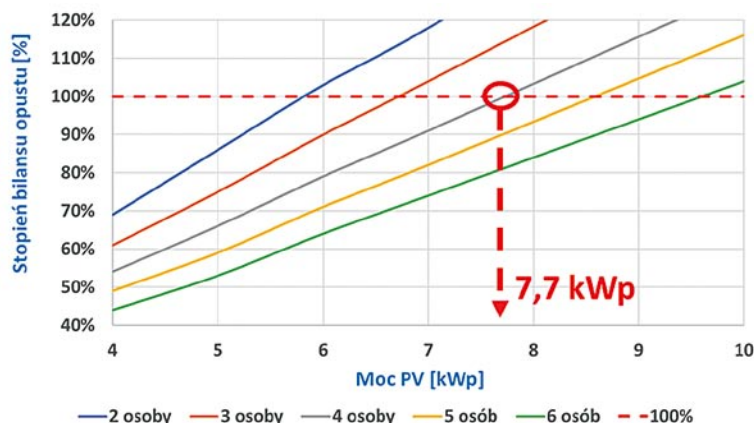


Tabela 1. Zestawienie kosztów i efektów inwestycji w kocioł na paliwo stałe

Koszty inwestycji	
Rodzaj wydatków	Kwota [zł]
kocioł na paliwo stałe	10 000
montaż i osprzęt	5000
komin (wszystkie koszty)	7000
pomieszczenie opału	5 m ² x 2000 zł/m ²
pomieszczenie kotłowni	8 m ² x 2000 zł/m ²
dwa klimatyzatory typu split	7000
Łączna kwota	55 000
Efekty inwestycji	
koszty paliwa: ok. 2000 zł/rok	
koszty energii elektrycznej: ok. 2700 zł/rok	
robocizna: 120-180 h/rok	
brak czystości w budynku (węgiel)	
brak komfortu i wygody użytkowania	
spadek finansowej wartości budynku	
negatywny wpływ na zdrowie mieszkańców i sąsiadów	

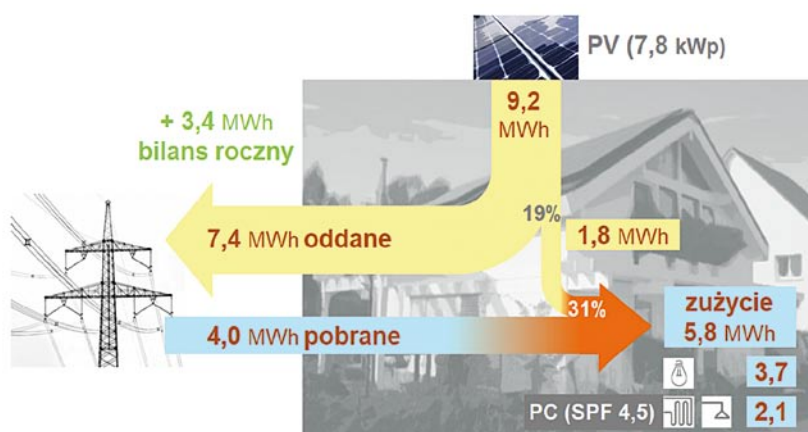
Tabela 2. Zestawienie kosztów i efektów inwestycji w instalację PV i pompę ciepła

Koszty inwestycji	
Rodzaj wydatków	Kwota [zł]
pompa ciepła powietrze-woda 5 kW	26 000
montaż i osprzęt	4000
instalacja PV o mocy 3,5 kWp, w tym 3 kWp na c.o. i c.w.u. oraz 0,5 kWp na chłodzenie za pomocą p.c.	15 000
Łączna kwota (c.o., c.w.u. i chłodzenie)	45 000
dodatkowa instalacja PV o mocy 4,7 kWp (energia elektr. dla odbiorców w budynku)	20 000
Łączna kwota (c.o., c.w.u., chłodzenie i energia elektr.)	65 000
Efekty inwestycji	
koszty c.o., c.w.u., chłodzenia i energii elektrycznej: ok. 200 zł/rok	
rozwiązanie bezobsługowe	
czystość w budynku	
komfort i wygoda użytkowania	
wzrost wartości finansowej budynku przy ewentualnej sprzedaży	
brak negatywnego wpływu na zdrowie mieszkańców i sąsiadów	

Dom plus energetyczny

Przykład domu jednorodzinnego zrealizowanego w Niemczech w 2015 r. obrazuje realną możliwość uzyskania dodatniego bilansu energetycznego, który uwzględnia zapotrzebowanie grzewcze budynku, całkowite zapotrzebowanie innych urządzeń elektrycznych, a także mobilność.

Prezentowany budynek został wyposażony w instalację PV oraz pompę ciepła. Instalacja PV składa się z 28 modułów monokrystalicznych o łącznej mocy 7,8 kWp, skierowanych na południowy-wschód.



Rys. 1. Roczny bilans energetyczny domu jednorodzinnego z pompą ciepła i instalacją PV o mocy 7,8 kWp. Budynek został zrealizowany w południowo-zachodnich Niemczech w 2015 r.

Powierzchnia grzewcza budynku to około 250 m², przy czym rzeczywiste zapotrzebowanie na ciepło wynosi około 30 kWh/m²/rok. Na tak niewielkie zapotrzebowanie ma wpływ zarówno bardzo dobra termoizolacja przegród budowlanych, jak i pasywne wykorzystanie energii słonecznej dzięki dużym powierzchniom przeszklonym. Ciepło potrzebne do ogrzewania pomieszczeń oraz c.w.u. zapewnia pompa ciepła typu powietrze-woda.

Bilans energetyczny

W 2018 r. instalacja PV budynku wyprodukowała ponad 9,2 MWh (9230 kWh) energii elektrycznej. 7,4 MWh oddane zostało do sieci energetycznej, a 1,8 MWh wykorzystane zostało na potrzeby własne, co stanowiło 19%. Całkowite zużycie energii elektrycznej wyniosło 5770 kWh i składało się z zapotrzebowania pompy ciepła (2,1 MWh) oraz pozostałego zapotrzebowania wszelkich urządzeń elektrycznych, łącznie 3,7 MWh. Ilość energii elek-

trycznej pobranej z sieci elektrycznej wyniosła 4 MWh, a więc stopień samowystarczalności budynku wyniósł 31%.

W bilansie rocznym instalacja fotowoltaiczna wyprodukowała 3,4 MWh więcej energii niż całkowite zapotrzebowanie budynku. Biorąc pod uwagę system opustu z 20% „kosztem” używania systemu energetycznego jako akumulatora, nadwyżka ta wyniosłaby 1,92 MWh. Bez zapewnienia odbioru tej energii oznaczałoby to straty dla inwestora. Podobny bilans energetyczny odnotowano również we wcześniejszych latach. Niewielkie różnice wynikały z warunków pogodowych lub wahań w zużyciu energii elektrycznej.

Planowane inwestycje

W 2019 r. planowana jest optymalizacja pracy pompy ciepła w celu zwiększenia wskaźnika zużycia własnego. W pierwszym kroku optymalizacja dotyczyć będzie c.w.u., co w połączeniu z istniejącym zbiornikiem c.w.u. (500 l) powinno przynieść pożądane efekty. Kolejnym krokiem będzie instalacja akumulatorów energii elektrycznej pozwalających w znacznym stopniu zwiększyć stopień niezależności energetycznej.



Rys. 2. Roczne zapotrzebowanie auta elektrycznego na energię

Biorąc pod uwagę znaczne nadwyżki energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalację PV, możliwe jest również uwzględnienie samochodu elektrycznego. Zakładając średnie zużycie („spalanie”) samochodu elektrycznego w wysokości 15 kWh/100 km, uzyskane nadwyżki w wysokości 3400 kWh pozwalają na ponad 20 tysięcy roczny przebieg.

„Dom bez rachunków”

– argumenty dla inwestorów

- 1. Preferencyjne rozliczenie.** System opustu, zgodny z aktualną ustawą OZE, pozwala na budowanie „Domów bez rachunków”, w których koszty ogrzewania, c.w.u. i chłodzenia oraz pozostałej energii elektrycznej bilansują się w rocznym systemie opustu z energią elektryczną pozyskaną z instalacji PV. Użytkownik musi ponosić tylko niewielkie koszty opłat stałych.
- 2. Znikome opłaty stałe.** Koszty ogrzewania, ciepłej wody, chłodzenia i pozostałej energii elektrycznej mogą wynosić zaledwie około 20 zł/miesiąc.
- 3. Oszczędności na budowie.** Brak dodatkowych kosztów inwestycyjnych związanych z budową komina, kotłowni i magazynu opału; znacznie niższe koszty budowy dachu.
- 4. Dofinansowanie.** Budynek spełnia wymogi przyszłych Warunków Technicznych 2021 i umożliwia skorzystanie z programu Czyste Powietrze.
- 5. Zyskowna inwestycja.** Wartość budynku rośnie – można go będzie w przyszłości łatwiej i drożej sprzedać.
- 6. Stabilność opłat.** Mniejsza wrażliwość rozwiązania na ceny energii elektrycznej w przyszłości.
- 7. Dom plus energetyczny.** W budynku produkuje się więcej energii ze źródeł odnawialnych niż się jej zużywa (w bilansie rocznym), czyli jest plus energetyczny.
- 8. Oszczędne, nowoczesne ogrzewanie.** Zastosowanie pompy ciepła ze złączem SG Ready pozwala istotnie zwiększyć wskaźnik zużycia własnego (autokonsumpcji).
- 9. Dalsze oszczędności.** Dzięki zintegrowaniu magazynowania baterijnego i termicznego z systemem pomp ciepła można zwiększyć wskaźnik zużycia własnego nawet do 65%.
- 10. Oszczędna, komfortowa wentylacja.** Wentylacja z odzyskiem ciepła zapewnia kontrolowaną i oszczędną wentylację.
- 11. Gotowość na rozwiązania Smart.** System jest przygotowany na rozwiązania Smart i na sterowanie w sieciach energetycznych przyszłości.
- 12. Zarządzanie systemem.** Dodatkowy menadżer energii ma szczególne znaczenie jako komunikator między poszczególnymi zespołami i podzespołami systemu.
- 13. Wskaźnik SRI.** Możliwość uzyskania najwyższego wskaźnika SRI zgodnie z nową dyrektywą EPBD.
- 14. Możliwość ładowania auta elektrycznego.** Rozwiązanie jest przygotowane na samochód elektryczny – odpowiednie miejsce na dachu na dodatkowe moduły PV.
- 15. Komfort użytkowy.** Optymalne połączenie ekonomii, komfortu i ekologii dla mieszkańców: rozwiązania są bezobsługowe, zapewniają komfort i wygodę użytkowania oraz zachowanie czystości w budynku.
- 16. Komfort zdrowotny.** Brak negatywnego wpływu na zdrowie mieszkańców i sąsiadów.
- 17. Ekoinwestor.** Indywidualny wkład w trwałą likwidację smogu i walkę z globalnym ociepleniem klimatu. ■



Skanuj:
prezentacja „Dom bez
rachunków” w pdf



Skanuj:
pompy ciepła
– argumenty, w pdf

Poradnik stanowi pierwszą pomoc projektową do wymiarowania instalacji fotowoltaicznej z pompą ciepła. Nową inwestycję budowlaną można optymalizować pod względem kosztów przez projektowanie z wyprzedzeniem niezbędnych części systemu. W przypadku już zrealizowanego budynku, istniejące elementy można połączyć w nowy system. W każdym przypadku dokładny dobór systemu przez projektanta lub innego specjalistę jest warunkiem skutecznego działania tego systemu.

Wydanie I poprawione i uzupełnione, Kraków, maj 2019

Koordinacja, redakcja, symulacje i narzędzia: mgr inż. Paweł Lachman (PORT PC)

Autorzy artykułów: prof. dr hab. inż. Anna Bogdan (PZITS) – rozdział 4;

dr inż. Piotr Jadwiszczak (PORT PC) – rozdział 6; mgr inż. Tomasz Trusewicz (SPW) – rozdział 7;

mgr inż. Bogdan Szymański (SBF) – rozdział 2 i 8; dr inż. Marek Miara (PORT PC) – rozdział 15

Opracowanie redakcyjne: Joanna Jania

Projekt graficzny i skład: mediaNOVA Jacek Gacukowicz

Druk: Drukarnia Poldruk s.c. Józef Grzywa, Marek Kawka, 58-309 Wałbrzych, ul. Wrocławska 39a

© Wszelkie prawa autorskie związane z kampanią „Dom bez rachunków” jak i treść poradnika należą do Polskiej Organizacji Rozwoju Technologii Pomp Ciepła.



DOM BEZ RACHUNKÓW

www.dombezrachunkow.com

Organizacje branżowe wspierające akcję „Dom bez rachunków”



Partnerzy merytoryczni akcji „Dom bez rachunków”



Partnerzy akcji „Dom bez rachunków”

