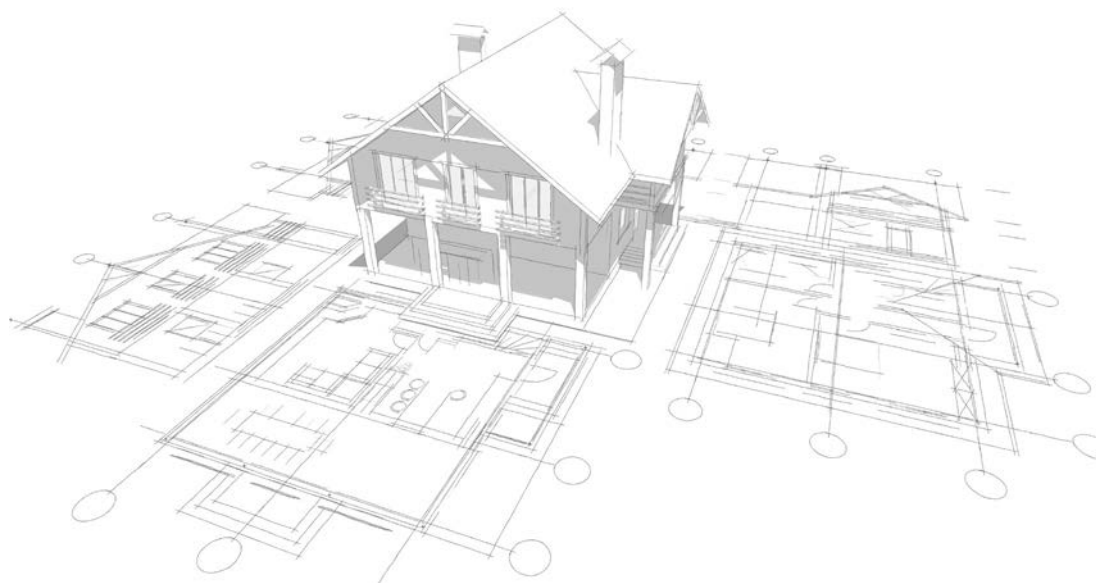




Jak spełnić wymagania, jakim powinny odpowiadać budynki od 2021 roku?

Ogrzewanie i wentylacja w warunkach technicznych



Poradnik dla architektów, projektantów i inwestorów

Organizacje wspierające



Energia – bilans i pojęcia podstawowe

Zgodnie z przepisami (i rachunkiem ekonomicznym) dążymy do jak największego ograniczenia zapotrzebowania budynku na energię. Żeby jednak działać skutecznie, warto wiedzieć, skąd pochodzi energia w budynku, do jakich celów jest użytkowana, jakimi drogami z domów ucieka i które techniczne sposoby ograniczania zapotrzebowania na energię są najbardziej skuteczne.

Wyzwania wymogów prawnych

Wymagania dotyczące zużycia energii, jakie muszą spełnić nowe i modernizowane budynki, związane są z wymogami prawnymi i trendami ogólnosiłowymi. Rządy dążą do coraz większego wykorzystania odnawialnych źródeł energii (OZE) i nieustannej poprawy efektywności energetycznej gospodarki, w tym budownictwa.

Konkretne wymagania nakładają na inwestorów ustawy o: OZE, charakterystyce energetycznej oraz efektywności energetycznej. Wymogi te zawarte są także w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, które od 2014 roku stopniowo stawia coraz wyższe wymagania izolacyjności cieplnej przegród i ogranicza ilość energii pierwotnej nieodnawialnej, jaką budynki mogą zużywać (tzw. WT 2014, WT 2017 i WT 2021).

Stoimy obecnie przed kolejnym wyzwaniem – dostosowania budownictwa do standardów niemal zeroenergetycznych. Wprowadzane od kilku lat zmiany w zakresie wymagań dla budynków można uznać za radykalne, szczególnie jeśli spojrzeć na kwestię zapotrzebowania na energię pierwotną.

Obowiązek wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej dla budynków będących przedmiotem sprzedaży lub wynajmu, wprowadzony w 2009 roku przez ustawę o charakterystyce energetycznej budynków, stanowi kolejny przyczynek do poprawy efektywności energetycznej obiektów. Ustawa ta wprowadziła także termin *budynek o niemal zerowym zużyciu energii*.

Budynek o niemal zerowym zużyciu energii – budynek o zdecydowanie ograniczonym zapotrzebowaniu na energię pierwotną, m.in. dzięki zastosowaniu wysokiej izolacyjności cieplnej oraz odnawialnych źródeł energii. Budynek taki staje się od 2021 roku obowiązującym standardem.

Sposoby dostarczania energii do budynku

Żeby zapewnić komfort w budynku, w okresie chłodnym należy doprowadzić do niego energię w formie ciepła z zewnątrz z wykorzystaniem urządzenia ogrzewczego, a w okresie ciepłym zapewnić odprowadzenie energii w formie ciepła z wykorzystaniem systemu wentylacji lub dostarczyć chłód. Energia w budynku pochodzi także z przenikania promieniowania słonecznego przez przegrody przeszkłone oraz z wewnętrznych zysków ciepła – od ludzi i emitujących je urządzeń. Całkowite zyski ciepła mają pokryć występujące straty wywołane przenikaniem ciepła na zewnątrz przez przegrody – ściany, dach, podłogę, drzwi i okna – oraz z powietrzem wentylacyjnym. Kiedyś budynek tracił najwięcej ciepła z powodu jego przenikania przez przegrody, ale dzięki poprawie izolacji cieplnej ograniczono te straty. Obecnie w bilansie cieplnym budynku zaczynają dominować straty ciepła przez wentylację. Sposobem na ich ograniczenie jest zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła z powietrza wywiewanego.

Chłodzenie budynków nie jest jeszcze powszechne. Jedną z metod ograniczania nadmiernej temperatury poza sezonem grzewczym jest zmniejszenie zysków z zewnątrz poprzez zapewnienie odpowiedniej izolacji cieplnej oraz wykorzystanie przesłon na przeszkleniach. Istotne jest również ograniczenie zysków wewnętrznych. Ciepło można odprowadzać, wykorzystując wentylację mechaniczną w połączeniu z powietrznym gruntowym wymiennikiem ciepła. Można też schładzać budynki, stosując chłodzenie płaszczyznowe w połączeniu z pompą ciepła. Częstym sposobem chłodzenia budynków jest jednak zastosowanie klimatyzatorów.

Energia użytkowa, końcowa i pierwotna

Aby określić roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną nieodnawialną (EP), należy obliczyć zapo-

trzebowanie na energię końcową (EK) oraz uwzględnić rodzaj zużywanego paliwa lub nośnika energii poprzez wykorzystanie współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej (w_i). Z kolei do obliczenia rocznego zapotrzebowania na energię końcową wykorzystuje się energię użytkową (EU) i sprawność systemu instalacyjnego (η). Zapotrzebowanie na energię użytkową uzależnione jest m.in.

ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej, ewentualnie chłodzenia (o ile jest ono w obiekcie realizowane) i oświetlenia (dla budynków niemieszkalnych).

Uzyskiwane przy różnych źródłach ciepła wyniki uzależnione są od relacji współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej i sprawności całkowitej całego systemu technicznego.



Rys. 1. Energia użytkowa, końcowa i pierwotna budynku

od lokalizacji budynku, żądanych temperatur oraz charakterystyki energetycznej obiektu.

W celu umożliwienia porównania ilości energii wprowadzono wskaźniki EU, EK i EP, odniesione do jednostkowej powierzchni budynku (wyrażone w kWh/m²a). Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie budynku na energię nieodnawialną dotyczy energii zużytej do

W obliczeniach uwzględnia się roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą końcową dostarczaną do poszczególnych systemów technicznych budynku, które może być bardzo istotne ze względu na wysoki współczynnik nakładu na nieodnawialną energię pierwotną – wynoszący aż 3,0 przy zasilaniu z sieci elektroenergetycznej.



Stoimy obecnie przed kolejnym wyzwaniem – dostosowaniem nowych obiektów do standardów budownictwa niemal zeroenergetycznego

Architektura, instalacje i użytkowanie budynku – zalecenia

Na zużycie energii w budynkach wpływa wiele aspektów architektonicznych, instalacyjnych i użytkowych. Wdrożenie poniższych zaleceń – zarówno na etapie projektu, jak i użytkowania budynku – pozwoli nie tylko zaplanować i wybudować dom efektywny energetycznie, ale i w pełni wykorzystać jego potencjał.

Zalecenia architektoniczne

- umieszczenie budynku na działce dłuższym bokiem od strony południowej i zachowanie otwartej przestrzeni od południa;
- wybór prostej i zwartej bryły budynku, o niskim współczynniku kształtu;
- zaprojektowanie ewentualnych dużych przeszkleń w taki sposób, aby dawały możliwość pozyskiwania energii słonecznej w okresie grzewczym, a poza nim nie powodowały przegrzewania pomieszczeń, co wymaga nie tylko zorientowania budynku na południe, ale też zastosowania np. wysuniętych połaci dachu i/lub zewnętrznych rolet;
- wykorzystanie elementów nośnych o dobrej izolacyjności oraz izolacji dobrych jakościowo (co pozwala ograniczyć grubość ścian), a także okien i drzwi o niskich współczynnikach przenikania ciepła;
- dbałość o wysoką szczelność powietrzną budynku, na co wpływa poprawne łączenie ze sobą elementów konstrukcyjnych wykonanych z różnych materiałów oraz wykorzystanie folii uszczelniających;
- usytuowanie pomieszczeń ciepłych i dziennych od południa, a pomocniczych (chłodnych) od północy;
- zastosowanie większej liczby przeszkleń od strony południowej, a mniejszej od północnej;
- wykorzystanie masywnych elementów o dużej pojemności cieplnej (posadzki, ściany) jako magazynów energii;
- wykorzystanie stref buforowych i osłaniających.

Zalecenia instalacyjne

- stosowanie systemów o wysokiej sprawności oraz korzystających z odnawialnych źródeł energii i zapewniających jednocześnie wysoki komfort użytkowania. Sprawność źródła ciepła jest najniższa dla paliw stałych, wyższa dla gazu, a najwyższa w przypadku pomp ciepła;
- zapewnienie efektywnego przesyłu ciepła od miejsca wytworzenia do odbiornika – za pomocą krótkich, dobrze izolowanych odcinków;

- uważny dobór wielkości zbiorników do magazynowania ciepła i jakości ich izolacji. Duże zbiorniki mogą mieć większe straty, ale są niekiedy niezbędne do zakumulowania energii tańszej lub okresowo dostępnej;
- sprawna regulacja temperatury w pomieszczeniach – nie tylko dla zapewnienia komfortu cieplnego, ale i z uwagi na kwestie energetyczne. Paradoksalnie ogrzewanie za pomocą grzejników naściennych ma wyższą efektywność od płaszczyznowego, gdyż dla tego drugiego w obliczeniach energetycznych prowadzonych zgodnie z aktualnymi zasadami nie uwzględnia się faktu, że zapewnia ono komfort przy niższych temperaturach w pomieszczeniach;
- stosowanie wentylacji mechanicznej – nie tylko dla zapewnienia komfortu temperaturowego i dostarczenia świeżego i przefiltrowanego powietrza w każdych warunkach atmosferycznych, ale też z uwagi na odzysk ciepła z powietrza wywiewanego;
- przeprowadzenie próby szczelności powietrznej budynku.

Zalecenia eksploatacyjne

- zwracanie uwagi na wpływ sposobu użytkowania obiektu na jego energooszczędność;
- uwzględnienie w sposobie funkcjonowania budynku jego akumulacji cieplnej. W budynkach o konstrukcji ciężkiej korzystniejsze pod względem energetycznym jest utrzymywanie stabilnych warunków cieplnych niż gwałtowne podwyższanie i obniżanie temperatury;
- wykorzystywanie w pełni możliwości wentylacji mechanicznej dla zapewnienia odpowiedniej ilości świeżego powietrza (unikanie uchylania i rozszczelniania okien, tzw. mikrowentylacji, gdy działa wentylacja mechaniczna). Każda niekontrolowana wymiana powietrza przynosi straty energii;
- zmiana przyzwyczajeń – zachowania związane z eksploatacją starych instalacji mogą znacznie ograniczać efektywność energetyczną współczesnych systemów.

Wymagania dotyczące budynków

Spełnienie wymagań WT 2021 pozwoli uzyskać w przyszłości budynki niemal zeroenergetyczne. Jednak wymogi te – szczególnie dotyczące EP – stanowią duże wyzwanie dla współczesnego budownictwa, gdyż konieczne jest działanie wieloaspektowe. Co więcej, dla spełnienia wymagań WT 2021 niezbędne jest wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Izolacje cieplne w budynku

O konieczności dobrej izolacji budynku nie trzeba obecnie nikogo przekonywać. „Dobra” izolacja kojarzona jest z odpowiednią grubością. Przy wymaganiach WT 2021 i standardowym współczynniku $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ przekracza ona 20 cm. Obserwujemy też jednak inny trend: większa różnorodność materiałów izolacyjnych oraz stosowanie technologii o niższym λ przy tym samym rodzaju materiału sprawiają, że grubość przestaje być wyznacznikiem efektywności. Kluczowe znaczenie mają też poprawność i szczelność ułożenia. Rozwiązaniem, które zmniejszy grubość izolacji, są materiały bardziej efektywne, np. styropian o współczynniku przewodzenia $0,031 \text{ W/mK}$.

Technologie instalacyjne

Rynek urządzeń grzewczych i wentylacyjnych jest kształtowany przez dyrektywę 2009/125/WE (tzw. ErP), ustanawiającą ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią. W myśl obowiązujących przepisów wykonawczych wycofywane są urządzenia o niskiej efektywności energetycznej – miało to już miejsce m.in. w przypadku gazowych kotłów niekondensacyjnych. Zaostrzanie wymagań w zakresie wskaźnika EP nadaje coraz większego znaczenia źródłom energii zarówno do ogrzewania (c.o.), jak i przygotowania ciepłej wody (c.w.u.) oraz metodom wentylacji. Żeby spełnić wysokie oczekiwania, konieczne jest łączenie różnych działań.

Jak spełnić wymagania WT 2021 dla energii pierwotnej (EP)?

Spełnienie wymagań WT 2021 jest jednoznaczne z uzyskaniem budynku o niemal zerowym zużyciu energii. Jednak o ile uwzględnienie wymogów dotyczących izolacji cieplnej jest stosunkowo łatwe i jednoznaczne, o tyle spełnienie wymagań odnoszących się do wskaźnika energii pierwotnej nieodnawialnej (EP) jest skomplikowane i wymaga rozsądnego łączenia rozwiązań instalacyjnych.

Obniżenie wskaźnika EP można osiągnąć poprzez:

- zwiększenie izolacyjności przegród oraz szczelności powietrznej – wpływ na EU;
- wykorzystanie technologii ogrzewczo-wentylacyjnej o wysokiej sprawności – wpływ na EK;
- zastosowanie OZE, a więc zapewnienie niskiego współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej – wpływ na EP.

Od 2021 roku wskaźnik energii pierwotnej nieodnawialnej (EP) dla budynków jednorodzinnych nowych i modernizowanych nie powinien przekraczać $70 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, a dla budynków wielorodzinnych $65 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Tabela 1. Parametry graniczne maksymalnych współczynników przenikania ciepła wg WT 2021

Lp.	Rodzaj przegrody	Współczynnik przenikania ciepła $[\text{W/m}^2\text{K}]$
1	Ściana zewnętrzna	0,2
2	Dach, stropodach	0,15
3	Podłoga na gruncie	0,3
4	Okna pionowe	0,9
5	Okna połaciowe	1,1
6	Drzwi zewnętrzne	1,3

W celu spełnienia wymagań WT 2021 konieczne jest połączenie wielu aspektów

- NIE wystarczy doskonała izolacja cieplna przegród zewnętrznych – nawet gdy jest ona zdecydowanie lepsza niż wymagana w WT 2021.
- NIE wystarczy zastosowanie najlepszych technologii konwencjonalnych, bazujących np. na spalaniu gazu i ogrzewaniu niskotemperaturowym.
- NIE wystarczy nawet połączenie bardzo dobrej izolacji i kotła kondensacyjnego!

Wymagania WT 2021 dotyczące EP zostały określone tak, że nie można ich spełnić bez wykorzystania energii odnawialnej. Zastosowanie OZE w budynku o dobrze wykonanej izolacji cieplnej pozwala na spełnienie wymagań WT 2021 i jednocześnie obniżenie kosztów eksploatacji oraz zwiększenie komfortu użytkowania.

Dane wejściowe do analizy energetycznej

Jakie rozwiązania połączyć w nowych i remontowanych budynkach, by wybudowany i wyposażony dom spełniał wymagania WT 2021? Zamiast rozważań teoretycznych, przeprowadzono analizę rzeczywistych (w zakresie bryły) projektów architektonicznych. W przypadku ocieplenia narzucono warunki graniczne zgodne z WT 2021. Analizie poddano dwa budynki jednorodzinne – mały (A) i średni (B) oraz mały budynek wielorodzinny (6 mieszkań – C).

Dziękujemy biurom projektowym HomeKONCEPT oraz PRO ARTE za udostępnienie projektów budynków do przeprowadzenia analiz energetycznych.

Cechy wspólne budynków

Dla wszystkich analizowanych budynków przyjęto następujące cechy wspólne:

- lokalizacja: III strefa klimatyczna – Warszawa. Dane klimatyczne przyjęto na podstawie typowych lat meteorologicznych 1971–2000;
- umiejscowienie: na częściowo osłoniętych działkach. Od strony południowej otwarta przestrzeń i eksponowany dłuższy bok;
- izolacja: osiągnięte minimalne parametry cieplne przegród zawarte w WT 2021;
- szczelność powietrzna: dla wentylacji grawitacyjnej $n_{50} = 2,0$ 1/h, dla wentylacji mechanicznej $n_{50} = 1,0$ 1/h;
- średnia temperatura wewnętrzna: $t_w = 20^\circ\text{C}$.

Z tabeli 2 wynika, że pod względem geometrycznym korzystne energetycznie są budynki B i C, dla których **współczynnik kształtu** (stosunek powierzchni obudowy do kubatury) **jest najmniejszy**. Budynek A – pomimo że jest najmniejszy – ze względu na duży udział przegród przeszklonych może mieć niekorzystny wskaźnik EU. Wybór do analizy budynku o tak wysokim współczynniku kształtu pozwala podkreślić znaczenie tego parametru w wypełnianiu wymagań WT 2021.

Istotny pod względem energetycznym jest również **udział powierzchni okien odniesiony do powierzchni przegrody**, w której się znajdują. Jego większa wartość wiąże się ze zdecydowanie gorszy-

mi współczynnikami przenikania ciepła. Najwięcej przeszkleń w ścianach ma budynek A (najmniejszy). Zastosowanie dużych przeszkleń wymaga spełnienia szeregu warunków dotyczących m.in. orientacji budynku na działce oraz rozwiązań architektonicznych czy rolet zapobiegających przegrzewaniu. W budynku B dochodzi jeszcze kwestia okien w dachu, które są mniej korzystne z punktu widzenia bilansu ciepłego niż pionowe.

Warianty instalacyjne – wersja bazowa

Do analiz przyjęto warianty najczęściej planowane i stosowane przez inwestorów podczas budowy domu. Ze względu na nośnik energii wyróżniono cztery grupy wariantów:

- **paliwo stałe**: wariant 1 (kocioł na granulacie węglowej – groszek), wariant 2 (kocioł na biomase – pelet);
- **paliwo gazowe** (gaz ziemny wysokometanowy): wariant 3, 4 i 5 (z instalacją grzejnikową i płaszczyznową oraz ze wspomaganie za pomocą kolektorów słonecznych lub powietrznej pompy ciepła dla c.w.u.);
- **pompa ciepła**: wariant 6, 7 i 8 (powietrzna, gruntowa oraz powietrzna ze wspomaganie fotowoltaiką);
- **ogrzewanie elektryczne** wspomagane fotowoltaiką: wariant 9.

Warianty instalacyjne wraz z przyjętym skrótowym oznaczeniem i opisem zestawiono w tabeli 3.

Tabela 2. Charakterystyka analizowanych budynków

Lp.	Cecha	Jednostka	Budynek		
			A	B	C
1	powierzchnia ogrzewana	m ²	115	252	526
2	kubatura ogrzewana	m ³	280	646	1475
3	współczynnik kształtu	–	0,80	0,41	0,33
4	udział okien	%	24	16,6 (+16,8 pow. dachu)	18

Budynek A. HomeKONCEPT 44 G2 o pow. 115 m²



Rys. Pracownia HomeKONCEPT

Budynek B. HomeKONCEPT 35 o pow. 252 m²



Rys. Pracownia HomeKONCEPT

Budynek C. SAN VITO o pow. 526 m²



Rys. PRO ARTE

Tabela 3. Warianty instalacyjne dla analizowanych budynków

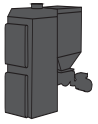
Wariant	Oznaczenie	Opis
Wariant 1	węgiel + grawit	kocioł automatyczny węglowy na ekogroszek + ogrzewanie grzejnikowe + wentylacja grawitacyjna
Wariant 2	biomasa + grawit	kocioł automatyczny na biomasę (pelet) + ogrzewanie grzejnikowe + wentylacja grawitacyjna
Wariant 3	gaz + grawit	kocioł gazowy kondensacyjny + ogrzewanie grzejnikowe + wentylacja grawitacyjna
Wariant 4	gaz + mech + podł	kocioł gazowy kondensacyjny + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła
Wariant 5a	gaz + solar + mech + podł	kocioł gazowy kondensacyjny + ogrzewanie płaszczyznowe + kolektory słoneczne do wspomaganie przygotowania c.w.u. + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła
Wariant 5b	gaz + PC + mech + podł	kocioł gazowy kondensacyjny + ogrzewanie płaszczyznowe + pompa ciepła do c.w.u. + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła
Wariant 6	PCpow + mech + podł	pompa ciepła powietrzna + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła
Wariant 6a	PC abs pow + mech + podł	pompa ciepła absorpcyjna gazowa powietrzna + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła
Wariant 7	PCgrunt + mech + podł	pompa ciepła gruntowa + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła
Wariant 8	PCpow + mech + podł + PV	pompa ciepła powietrzna + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła + fotowoltaika
Wariant 9	elektr + PV + mech	elektryczne podgrzewacze miejscowe pomieszczeń (grzejniki płytowe) + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła + fotowoltaika

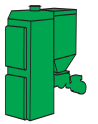


Skanuj lub kliknij:
Piotr Jadwiszczak –
Możliwość spełnienia
wymagań EP – w 2014,
2017 i 2021 roku –
przykłady obliczeń

Opis wariantów

We wszystkich wariantach przyjęto ocieplenie przegród odpowiadające minimalnym wymaganiom WT 2021 (por. tabela 1).

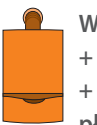
 **Wariant 1: automatyczny kocioł węglowy + ogrzewanie grzejnikowe i c.w.u. z kotła + wentylacja grawitacyjna.** Zapewnia stosunkowo niskie koszty inwestycyjne i niewysokie koszty eksploatacyjne, choć wiąże się z koniecznością przygotowania miejsca na składowanie paliwa. Wariant ten wiąże się również z dużą uciążliwością wywołaną spalaniem węgla, zanieczyszczeniem środowiska lokalnego, wysoką emisją CO₂ oraz wpływem na zdrowie użytkowników i sąsiadów – rozwiązanie nieakceptowalne z punktu widzenia konieczności ograniczenia niskiej emisji. Często wykorzystywane w przeszłości dla WT 2014 i WT 2017.

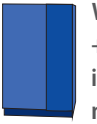
 **Wariant 2: automatyczny kocioł na biomasę + ogrzewanie grzejnikowe i c.w.u. z kotła + wentylacja grawitacyjna.** Zapewnia stosunkowo niskie koszty inwestycyjne i niezbyt wysokie koszty eksploatacyjne. Wymaga miejsca do składowania (ew. również przesuszania) biomasy. Jeden z najniższych współczynników nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej, $w_1 = 0,2$, pozwala na uzyskanie bardzo niskich wartości EP. Na

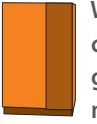
terenach miejskich wprowadzane są jednak lokalne ograniczenia stosowania kotłów na biomasę z uwagi na ich niską emisję. Wariant raczej dla terenów wiejskich lub podmiejskich, o niezbyt gęstej zabudowie.

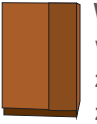
 **Wariant 3: gazowy kocioł kondensacyjny + ogrzewanie grzejnikowe i c.w.u. z kotła + wentylacja grawitacyjna.** Zapewnia stosunkowo niskie koszty inwestycyjne, niezbyt wysokie koszty eksploatacyjne. Uznawany jest za bardziej prośrodowiskowy niż warianty ze spalaniem paliw stałych. Ograniczeniem zastosowania jest brak powszechnego dostępu do sieci gazowej.

 **Wariant 4: gazowy kocioł kondensacyjny + ogrzewanie płaszczyznowe i c.w.u. z kotła + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła.** Generuje wyższe koszty inwestycyjne (w porównaniu do wariantu 3), ale jednocześnie niższe eksploatacyjne. Zdecydowanie zwiększa komfort użytkowania (ciepła podłoga, nawiew wstępnie podgrzanego powietrza wentylacyjnego). Wariant uznawany za bardziej prośrodowiskowy niż rozwiązania oparte na spalaniu paliw stałych, a jednocześnie nowoczesny. Tak jak w przypadku wariantu 3, ograniczeniem zastosowania jest brak powszechnego dostępu do sieci gazowej.

 **Wariant 5: gazowy kocioł kondensacyjny + ogrzewanie płaszczyznowe podłogowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła + OZE wspomagające przygotowanie c.w.u.** Wariant ten może mieć dwa rozwiązania: wykorzystanie kolektorów słonecznych (KS – 5a) lub pompy ciepła (PC – 5b). Generuje wyższe koszty inwestycyjne (zastosowanie oddzielnego urządzenia do przygotowania c.w.u.), ale niższe koszty eksploatacyjne (udział energii na podgrzanie c.w.u. jest istotny). Zdecydowanie zwiększa komfort użytkowania. Wariant uznawany za prośrodowiskowy, a zarazem nowoczesny. Rodzaj zastosowanego OZE uzależniony jest od warunków lokalnych i preferencji użytkowników. Tak jak w przypadku wariantów 3 i 4, ograniczeniem zastosowania jest brak powszechnej dostępności sieci gazowej.

 **Wariant 6: powietrzna pompa ciepła + ogrzewanie płaszczyznowe podłogowe i c.w.u. z pompy ciepła + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła.** Sporadycznie występujące niedobory energii pozyskiwanej przez PC z powietrza rekompensuje zamontowana grzałka (np. dla temperatury poniżej –20°C). Generuje wyższe koszty inwestycyjne, jednak wyraźnie niższe eksploatacyjne. Zapewnia wysoki komfort użytkowania i przebywania w pomieszczeniach. Rozwiązanie ekologiczne (brak zanieczyszczeń w miejscu użytkowania). Montaż powietrznej pompy ciepła nie wymaga przejścia procedury administracyjnej.

 **Wariant 6a: absorpcyjna, gazowa pompa ciepła + ogrzewanie płaszczyznowe podłogowe i c.w.u. z pompy ciepła + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła.** Urządzenie zasilane jest palnikiem gazowym, który wytwarzając ciepło dla układu absorpcyjnego pozwala pozyskać energię odnawialną. Nawet w najniższych temperaturach (sięgających –30°C) jest zapewniona moc na palniku urządzenia, a efektywność zbliżona jest wówczas do kondensacyjnego kotła gazowego. Rozwiązanie to generuje wyższe koszty inwestycyjne, jednak niższe eksploatacyjne. Zapewnia wysoki komfort użytkowania i przebywania w pomieszczeniach. Możliwość montażu na zewnątrz (nie zabiera powierzchni użytkowej, nie ma potrzeby wprowadzania gazu do budynku). Rozwiązanie ekologiczne – korzysta z ciepła zgromadzonego w środowisku. Rozwiązanie adekwatne do średniej wielkości systemów grzewczych (większe budynki jednorodzinne, budynki wielorodzinne).

 **Wariant 7: gruntowa pompa ciepła + ogrzewanie płaszczyznowe podłogowe i c.w.u. z pompy ciepła + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła.** Umożliwia całkowite pokrycie potrzeb grzewczych budynku. Wiąże się

z wysokimi kosztami inwestycyjnymi, ale niskimi eksploatacyjnymi. Zapewnia wysoki komfort użytkowania i przebywania w pomieszczeniu. Rozwiązanie ekologiczne (brak zanieczyszczeń w miejscu użytkowania). Pewną niedogodnością jest konieczność przejścia procedury administracyjnej związanej z wykonaniem odwiertów.

 **Wariant 8: powietrzna pompa ciepła + ogrzewanie płaszczyznowe podłogowe i c.w.u. z pompy ciepła + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła + instalacja fotowoltaiczna (pokrywająca 30% zapotrzebowania na energię do ogrzewania).** Rozwiązanie umożliwia częściowe pokrycie potrzeb grzewczych budynku energią elektryczną wyprodukowaną przez własną instalację PV przy wykorzystaniu zasady opustu. Wiąże się z wysokimi kosztami inwestycyjnymi, które można obniżyć, projektując budynek dokładnie pod ten wariant i tym samym unikając pewnych rozwiązań, które są niezbędne przy zastosowaniu kotłów (np. kominy, pomieszczenia kotłowni itp.). Wyróżniają go niskie koszty eksploatacyjne. Zapewnia wysoki komfort użytkowania i przebywania w pomieszczeniu. Rozwiązanie ekologiczne – brak zanieczyszczeń w miejscu użytkowania i ograniczona emisja CO₂, co wynika ze sprawności i struktury produkcji energii w systemie energetycznym.

 **Wariant 9: ogrzewanie z grzejnikami elektrycznymi i elektrycznymi przepływowymi podgrzewaczami c.w.u. + instalacja fotowoltaiczna (pokrywająca 30% zapotrzebowania na energię na ogrzewanie) + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła.** Wariant ekonomiczny pod względem kosztów inwestycyjnych urządzeń grzewczych. Wymaga jednak dużej powierzchni na instalację fotowoltaiczną, co zwiększa koszty inwestycyjne.



Nawet najlepsze urządzenie grzewcze bez dobrej regulacji instalacji nie zapewni nie tylko komfortu, ale i niskich kosztów ogrzewania



Skanuj lub kliknij:
Adrian Trząski –
Wymagania dla
budynków po 2020 roku
– przykłady obliczeniowe
dla różnych budynków

Analiza energetyczna w wersji podstawowej

Dla poszczególnych wariantów instalacyjnych obliczono wartość energii pierwotnej, końcowej i użytkowej – zgodnie z metodologią wyznaczania świadectw charakterystyki energetycznej i przy zastosowaniu programu Audytor OZC 7.0 Pro. Na podstawie tych obliczeń określono, które warianty pozwolą na zaprojektowanie i realizację budynków spełniających wymagania WT 2021.

Tabela 4. Zestawienie sprawności systemów technicznych oraz współczynników nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla budynków jednorodzinnych (wg rozporządzenia w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej – DzU 2015, poz. 376)

Wariant	Sprawność źródła ciepła		Sprawność całkowita – iloczyn sprawności źródła, przesyłu, akumulacji, regulacji i wykorzystania		Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej
	C.O.	C.W.U.	C.O.	C.W.U.	
1. Kocioł automatyczny węglowy na ekogroszek + ogrzewanie grzejnikowe + wentylacja grawitacyjna	0,82	0,83	0,73	0,56	1,1
2. Kocioł automatyczny na biomasę (pelet) + ogrzewanie grzejnikowe + wentylacja grawitacyjna	0,70	0,83	0,63	0,56	0,2
3. Kocioł gazowy kondensacyjny + ogrzewanie grzejnikowe + wentylacja grawitacyjna	0,94	0,85	0,84	0,58	1,1
4. Kocioł gazowy kondensacyjny + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła	0,94	0,85	0,80	0,58	1,1
5a. Kocioł gazowy kondensacyjny + ogrzewanie płaszczyznowe + kolektory słoneczne do wspomagania przygotowania c.w.u. + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła	0,94	0,74	0,80	0,50	1,1 i 0
5b. Kocioł gazowy kondensacyjny + ogrzewanie płaszczyznowe + pompa ciepła do c.w.u. + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła	0,94	2,34	0,80	1,59	1,1 i 3,0
6. Pompa ciepła powietrzna + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła	3,00	2,60	2,56	2,04	3,0
6a. Pompa ciepła absorpcyjna gazowa powietrzna + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła	1,4	1,2	1,2	0,82	1,1
7. Pompa ciepła gruntowa + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła	4,00	3,00	3,42	2,04	3,0
8. Pompa ciepła powietrzna + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła + fotowoltaika	3,00	2,60	2,56	2,04	2,1*
9. Elektryczne podgrzewacze miejscowe pomieszczeń (grzejniki płytowe) + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła + fotowoltaika	0,99	0,99	0,94	0,65	2,1*

* 30-proc. udział instalacji PV w zaopatrzeniu w energię elektryczną do celów ogrzewczych

Sprawność urządzeń i systemów

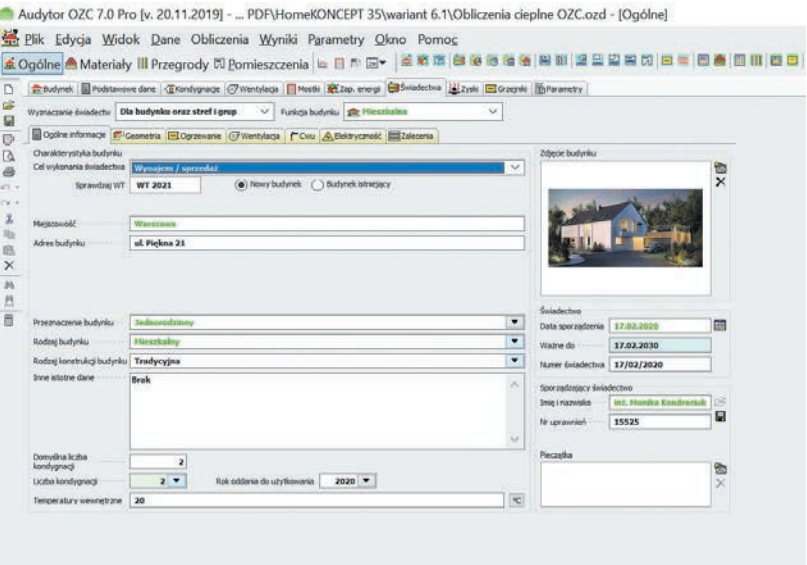
W tabeli 4 (po lewej) zestawiono sprawności poszczególnych urządzeń grzewczych (c.o. i c.w.u.) i całych systemów dla analizowanych wariantów oraz współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej. Analizując podane sprawności, można zauważyć zdecydowanie wyższą efektywność systemów c.o. niż c.w.u. Dla ciepłej wody użytkowej przy zastosowaniu kolektora słonecznego sprawność systemu sięga raptem 50%, choć znaczącym zyskiem jest w tym przypadku darmowa energia i brak emisji. Ma to istotny wpływ na duży udział energii na podgrzanie c.w.u. w energii końcowej (EK).

O sprawności instalacji decyduje głównie sprawność źródła. Widać to wyraźnie na przykładzie wariantu 2 (biomasa + grawit) – pokazującym, że kotły na biomasę mają mniejszą sprawność niż dobre kotły węglowe. Jeszcze lepiej obrazują tę prawidłowość warianty z pompami ciepła. Bardzo niskie współczynniki nakładu dla biomasy czy energii słonecznej determinują jednak niskie wartości EP. Jednocześnie bardzo wysokie współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej w przypadku wykorzystania energii elektrycznej sieciowej zdecydowanie zwiększają wartość EP dla rozwiązań z pompami ciepła. Wynika to z faktu, że polski system energetyczny jest oparty w znacznym stopniu na węglu i diametralnie odbiega od systemów innych krajów UE. Przewiduje się, że zarówno udział OZE w wytwarzaniu energii elektrycznej, jak i sprawność jej wytwarzania oraz przesyłu będą wzrastać, co

wpłynie na konieczność zmiany współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej.

Wskaźniki energii użytkowej, końcowej i pierwotnej

W tabeli 5 zestawiono uzyskane wskaźniki energii użytkowej, końcowej i pierwotnej dla analizowanych wariantów i budynków, wskazując warianty spełniające kryterium maksymalnej wartości wskaźnika EP.



Analizy wykonano przy zastosowaniu programu Audytor OZC 7.0 Pro

Tabela 5. Zestawienie wskaźników EU, EK, i EP [kWh/m²a] w analizowanych wariantach dla budynku jednorodzinnego A – 115 m², jednorodzinnego B – 252 m² i wielorodzinnego C – 526 m²

Wariant	1	2	3	4	5a	5b	6	6a	7	8	9
Wskaźnik	węgiel + grawit	biomasa + grawit	gaz + grawit	gaz + mech + podł	gaz + solar + mech + podł	gaz + PC + mech + podł	PCpow + mech + podł	PCabs pow + mech + podł	PCgrunt + mech + podł	PCpow + PV + mech + podł	elektr + PV + mech
Budynek A – 115 m² – maks. EP 70											
EU	76,6	76,6	76,6	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8	57,8
EK	114,2	131,4	109	92,7	96,3	65,6	33,7	64,5	29,1	33,7	63,3
EP	134,5	39,5	128,8	119,3	87,0	105,3	101	84,2	87,2	70,8	132,9
Budynek B – 252 m² – maks. EP 70											
EU	59,4	59,4	59,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4
EK	95,7	104	88,5	71,1	74,9	46,8	26,6	49,9	22	26,6	47,1
EP	114	34	106,3	95,5	62,3	90	79,7	67,1	66,1	55,9	98,9
Budynek C – 526 m² – maks. EP 65											
EU	59	59	59	40,1	40,1	40,1	40,1	40,1	40,1	40,1	40,1
EK	90,7	98,1	84,9	67,7	74,7	44,7	25,2	48,9	21,7	25,2	45,3
EP	103,2	24,6	96,7	86,2	55,6	89,6	75,6	62,9	65,1	53,6	95,1

Oznaczenia:

warunek maks. EP (WT 2021) spełniony

Zadaniem współczynnika energii pierwotnej (EP) – jako kryterium spełnienia wymagań WT 2021 – jest wymuszanie stosowania energii ze źródeł odnawialnych m.in. do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody w budynkach. Jednak jego niska wartość nie oznacza automatycznie niższych kosztów eksploatacyjnych.

Wyniki obliczeń pokazują, że spełnienie warunków WT 2021 w zakresie energii pierwotnej (EP) nie będzie ani łatwe, ani oczywiste. Dużą rolę odgrywa bryła budynku – prosta, o niskim współczynniku kształtu zapewnia zdecydowanie mniejsze zapotrzebowanie na energię. Analizowany budynek A jest bardziej rozbudowany geometrycznie, co przekłada się na wyższe potrzeby grzewcze zdefiniowane wskaźnikiem EU – ok. 77 kWh/m²a, podczas gdy dla budynków B i C – ok. 59 kWh/m²a.

Jedynie wariant z kotłem na biomasę spełnia wymagania dotyczące EP w każdym z trzech analizowanych budynków. Jest to rozwiązanie mniej sprawne (widać to po wyższym EK), jednak bardzo niski współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej (0,2) przyczynia się do osiągnięcia bardzo niskiej wartości EP.

Konwencjonalne źródła ciepła i OZE

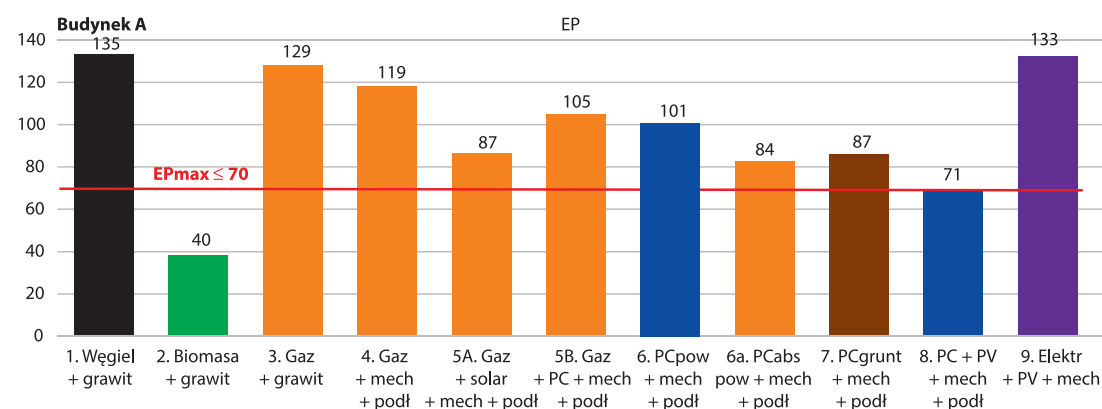
Warianty oparte jedynie na klasycznych źródłach ciepła, czyli kotłach spalających paliwa kopalne (węgiel i gaz), bez wykorzystania OZE, nie dają żadnemu budynkowi szans na spełnienie wymagań odnośnie do EP. Dotyczy to również wariantu 4, opartego nie tylko na kotle gazowym, ale również na instalacji ogrzewania płaszczyznowego oraz wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Sytuację poprawia wykorzystanie kolektora słonecznego do ogrzewania c.w.u. – w przypadku budynków B i C pozwala wręcz spełnić wymagania.

Przy spełnieniu wymagań minimalnych dotyczących izolacyjności termicznej, w przypadku budynku A osiągnięcie wymaganej wartości wskaźnika EP

gwarantuje jedynie wariant 2 – z kotłem na biomasę. Jednak również wariant 8 – z powietrzną pompą ciepła i instalacją fotowoltaiczną – przy niewielkich zmianach może spełnić wymagania dotyczące EP. Budynki B i C mają zbliżone wartości wskaźników EP, co wiąże się z podobnym współczynnikiem kształtu. W ich przypadku wymagania związane z EP spełnia nie tylko wariant 2 – z kotłem na biomasę, ale również m.in. wariant 5a – z kotłem gazowym i kolektorami słonecznymi oraz 6a – z gazową absorpcyjną pompą ciepła.

Spore problemy ze spełnieniem wymagań dotyczących wartości EP pojawią się w przypadku następujących wariantów:

- wariant 1 – z automatycznym kotłem węglowym: z uwagi na stosunkowo niską sprawność instalacji oraz wentylację grawitacyjną;
- wariant 3 – z kondensacyjnym kotłem gazowym i wentylacją grawitacyjną: EP jest tu niewiele mniejsze niż dla wariantu 1, na co wpływa wyższa sprawność. Niemniej gaz i węgiel to paliwa kopalne, dla których $w_i = 1,1$;
- wariant 4 – z kondensacyjnym kotłem gazowym i wentylacją mechaniczną z odzyskiem ciepła: widać poprawę wskaźnika EP w stosunku do wariantu 3, jednak za małą;
- wariant 5b – z kotłem gazowym i wentylacją mechaniczną z odzyskiem ciepła oraz ze wspomaganie pompą ciepła do ogrzewania c.w.u.;
- wariant 6 – z powietrzną pompą ciepła do celów c.o. i c.w.u.: niespełnienie wymagań dotyczących EP może być zaskakujące, gdyż pompy ciepła są urządzeniami wykorzystującymi OZE. Jednak zastosowanie w budynku pewnych ulepszeń (m.in.



Rys. 2.
Wskaźniki EP [kWh/m²a],
które osiąga budynek A
(jednorodzinny
o pow. 115 m²) dla każdego
wariantu instalacji

w zakresie ochrony cieplnej przegród) sprawi, że wariant ten będzie spełniał wymagania WT 2021.

Wariant 9 – z elektrycznymi podgrzewaczami miejscowymi, fotowoltaiką i wentylacją mechaniczną z odzyskiem ciepła – nawet przy realnym udziale PV w produkcji energii do ogrzewania na poziomie 30% nie pozwala spełnić wymagań warunków technicznych. Jest co prawda całkowicie pozbawiony wodnej instalacji ogrzewczej i centralnego przygotowania c.w.u. (wykorzystywane są elektryczne grzejniki i lokalne podgrzewacze wody o wysokiej sprawności), ale jego wyniki wciąż „nie mieszczą się” w wymaganym zakresie. Teoretycznie można w tym przypadku zastosować większą instalację fotowoltaiczną z magazynem energii, jednak jest to rozwiązanie mało realne ze względu na wysokie nakłady finansowe.

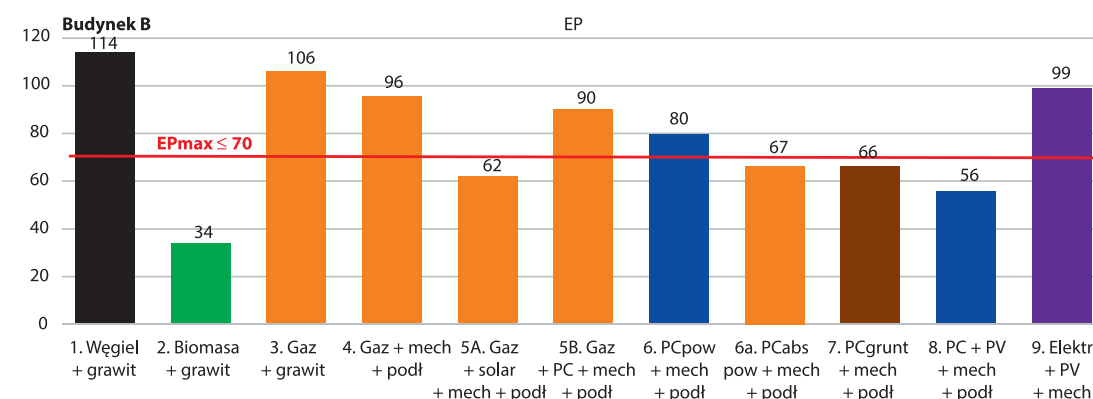
Pompy ciepła a współczynnik w_i

Wymaganej wartości EP nie uda się niestety osiągnąć przy wykorzystaniu powietrznej pompy ciepła (będącej OZE) jedynie na potrzeby c.w.u. W tym przypadku, pomimo dużo większej efektywności pracy i dłuższego czasu wykorzystania niż kolektorów słonecznych, współczynnik EP będzie zbyt wysoki. Związane jest to z korzystaniem z energii elektrycznej z sieci, obciążonej bardzo wysokim współczynnikiem nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej (3,0), spowodowanym dużym wykorzystaniem węgla w energetyce i niewielką sprawnością systemów wytwórczych.

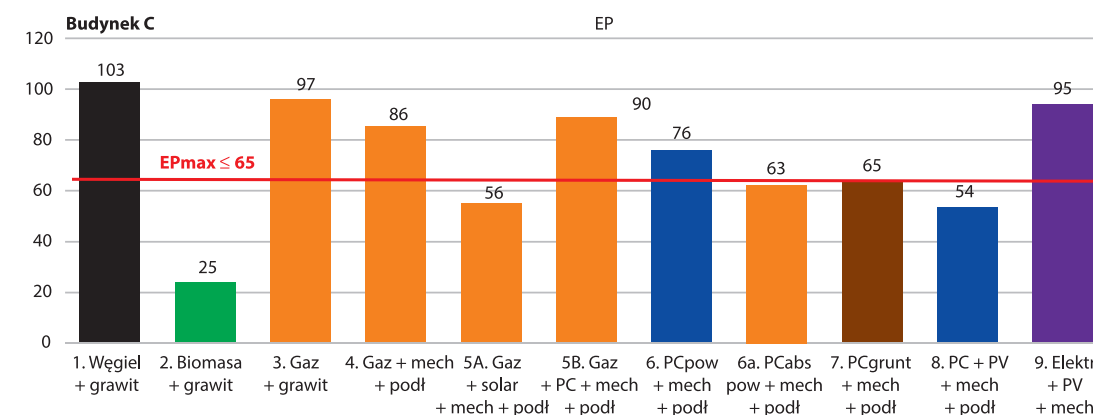
Ten sam problem pojawia się w przypadku wykorzystania pomp ciepła na cele c.o. i c.w.u. Wśród pomp ciepła zasilanych tylko energią z sieci energetycznej jedynie instalacja z gruntową pompą ciepła będzie w stanie spełnić warunki WT 2021, ale tylko dla budynków o prostej bryle. W przypadku bardziej rozbudowanych obiektów konieczne będą dodatkowe zabiegi w celu spełnienia wymagań (na co wskazuje przykład rozbudowanego domu A). Natomiast gazowe absorpcyjne pompy ciepła mają współczynnik $w_i = 1,1$ i można je zastosować w budynkach B i C.

Gdyby jednak wartość współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej obniżyć dla elektrycznych pomp ciepła do $w_i = 2,5$, poprawiłoby to efektywność wykorzystania pomp ciepła oraz ogrzewania elektrycznego w kontekście zużycia energii pierwotnej. Wartość $w_i = 2,5$ może zacząć obowiązywać w przyszłości, gdy nasza energetyka będzie miała wyższą sprawność i większy udział odnawialnych źródeł energii. Dlatego w dalszej części opracowania przedstawione zostaną analizy przeprowadzone także dla takiego scenariusza.

Wykorzystanie pompy ciepła z instalacją fotowoltaiczną (PV) pozwala na spełnienie wymagań nowych warunków technicznych, gdy budynek nie ma zbyt rozbudowanej bryły. Dobrze to ilustruje przykład budynku A, gdzie w wariantcie 8 nawet przy zastosowaniu instalacji fotowoltaicznej uzyskanie wymaganego EP wiąże się z koniecznością wprowadzenia małych zmian w budynku.



Rys. 3.
Wskaźniki EP [kWh/m²a],
które osiąga budynek B
(jednorodzinny
o pow. 252 m²) dla każdego
wariantu instalacji



Rys. 4.
Wskaźniki EP [kWh/m²a],
które osiąga budynek C
(wielorodzinny
o pow. 526 m²) dla każdego
wariantu instalacji

Kojarzona z energią, za którą płacimy – oznacza całkowite zapotrzebowanie na energię uwzględniające sprawność zastosowanych układów. Przykładowo nie ponosimy kosztów zakupu energii odnawialnej ze słońca i wiatru, ale wymaga ona nakładów koniecznych do jej pozyskania, tj. koszt energii pomocniczej dla pomp. W przypadku instalacji fotowoltaicznej z systemem opustów odzyskujemy 80% (instalacja do 10 kWp) lub 70% (instalacja od 11 do 50 kWp) energii oddanej do sieci energetycznej.

Na rys. 5 przedstawiono skumulowany wykres wskaźników EK dla wszystkich wariantów i budynków. Widać duże podobieństwa w przypadku obiektów B i C – ze względu na podobną bryłę przy tych samych instalacjach wentylacyjnych w obu budynkach uzyskiwane są podobne wartości. Budynek A ze względu na mniej korzystną geometrię ma większe zapotrzebowanie na energię końcową.

Wysoki stopień zaawansowania technicznego układów wiąże się z coraz mniejszym zapotrzebowaniem na energię – widać to doskonale we wskaźnikach EK. Wartości te są dla kolejnych wariantów coraz mniejsze, a różnice pomiędzy poszczególnymi wariantami – znaczące.

Systemy klasyczne – kocioł i wentylacja grawitacyjna

Nie powinna dziwić wysoka wartość EK dla pierwszych trzech wariantów (klasycznych): z automatycznym kotłem węglowym, automatycznym kotłem na biomasę i kondensacyjnym kotłem gazowym (węgiel + grawit, biomasę + grawit, gaz + grawit) – na poziomie ok. 90 kWh/m²a. W każdym z tych wariantów uwzględniono dostępny na rynku kocioł pracujący z tradycyjną instalacją ogrzewczą grzejnikową i wentylacją grawitacyjną. Oczywiście wariant o najwyższej sprawności, czyli z kondensacyjnym kotłem gazowym (gaz + grawit), ma najniższe zapotrzebowanie na energię, a wariant z kotłem na biomasę (biomasę + grawit)

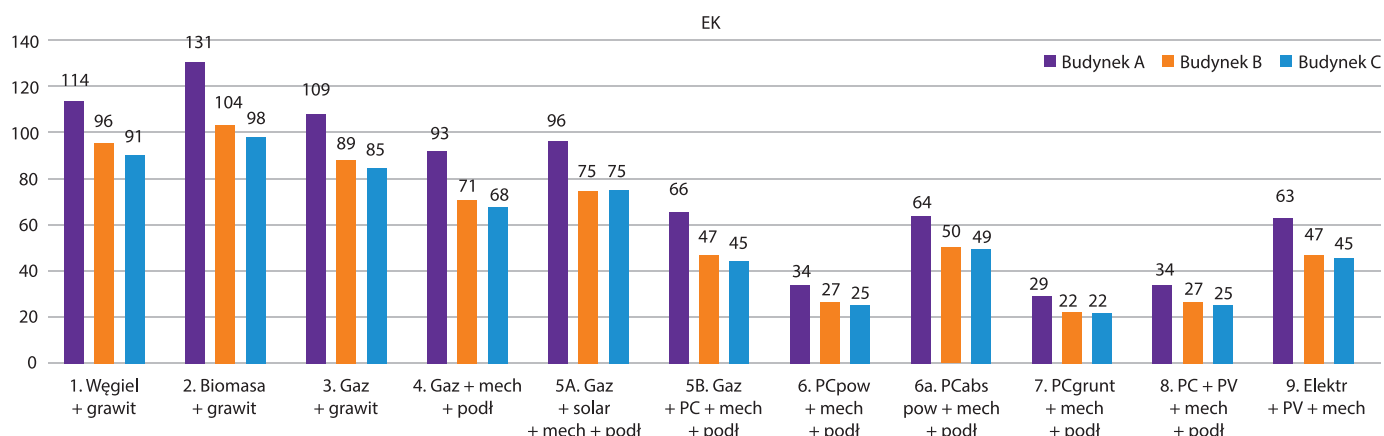
najwyższe. Różnice między tymi trzema wariantami nie są jednak bardzo duże.

Układy nowocześniejsze – technika kondensacyjna i wentylacja mechaniczna

Kolejna grupa wariantów to nowocześniejsze rozwiązania wykorzystujące kondensacyjny kocioł gazowy, ogrzewanie płaszczyznowe i wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła. Układ taki może być rozbudowany o urządzenie korzystające z OZE do przygotowania c.w.u. Najniższe zapotrzebowanie na energię ma wariant z kondensacyjnym kotłem gazowym z pompą ciepła do przygotowania c.w.u. (gaz + PC + mech + podł). Duży udział energii konieczny do przygotowania c.w.u. przekłada się na oszczędności wynikające z zastosowania pompy ciepła. Wariant z kondensacyjnym kotłem gazowym i kolektorami słonecznymi (gaz + solar + mech + podł) jest pod względem wskaźnika EK mniej korzystny.

Pompy ciepła

Ostatnia grupa wariantów to instalacje z pompami ciepła sprzężonymi z ogrzewaniem podłogowym. Najniższe zapotrzebowanie na energię końcową ma rozwiązanie oparte na gruntowej pompie ciepła. Jest ono wyraźnie mniejsze niż w przypadku powietrznych pomp ciepła.



Zapotrzebowanie na energię użytkową (EU) powiązane jest zarówno z architekturą budynku, jak i jego szczelnością oraz sposobem wentylacji (grawitacyjna, mechaniczna, mechaniczna z odzyskiem ciepła).

W przypadku budynku o bardziej złożonej bryle (A) zapotrzebowanie na energię użytkową (EU) jest wyraźnie większe niż dla budynków o bryle prostszej (B i C). Właśnie ze względu na prostotę bryły zapotrzebowanie na energię użytkową jest dla tych dwóch

przy zastosowaniu systemów wentylacji kontrolowanej (mechanicznej) i skutkuje ona mniejszym zapotrzebowaniem na energię użytkową.

W tabeli 6 przedstawiono udziały energii użytkowej na c.o. i c.w.u. dla budynku B.

Tabela 6. Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową EU [kWh/m²a] dla c.o. i c.w.u. na przykładzie budynku B

	Wentylacja grawitacyjna		Wentylacja mechaniczna	
	energia użytkowa [kWh/m ² a]	udział EU [%]	energia użytkowa [kWh/m ² a]	udział EU [%]
c.o. + wentylacja	35,3	59,5	16,3	40,4
c.w.u.	24,1	40,5	24,1	59,6
Suma	59,4	100	40,4	100

budynków jednakowe. W przypadku wentylacji grawitacyjnej wynosi ok. 59 kWh/m²a, natomiast zapewnienie odzysku energii z usuwanego powietrza dzięki instalacji wentylacji mechanicznej pozwala na obniżenie wskaźnika EU do ok. 40 kWh/m²a.

Zapotrzebowanie na EU powiązane jest również ze szczelnością budynku. Większą szczelność osiąga się

Różnica wartości między wskaźnikami zapotrzebowania na energię użytkową (dla wentylacji grawitacyjnej i mechanicznej) jest znaczna – w analizowanym budynku B wynosi ponad 30%. Wraz z obniżeniem zapotrzebowania na energię dla celów c.o. i wentylacji wzrasta udział energii na przygotowanie c.w.u. – z 40,5 do 59,6%.



Energia użytkowa „pokrywa” straty związane z ucieczką energii z budynku – czyli z przenikaniem ciepła i wentylacją



Skanuj lub kliknij:
Poradnik
inwestora – ulga
termomodernizacyjna

Optymalizacja rozwiązań dla budynku B

Czy przeanalizowane dotychczas warianty instalacyjne są ostateczne, czy może w ich ramach można jeszcze „coś” poprawić, żeby budynek w danym wariantcie jednak spełnił wymagania WT 2021? Sprawdźmy! Analizę możliwych usprawnień technicznych przeprowadzono dla budynku B, gdyż jest to obiekt o prostej bryle i średniej wielkości (252 m²).

Obliczenia dla bardziej korzystnych parametrów pomp ciepła

Dotychczasowe analizy pokazują, że spełnienie wymagań dotyczących EP nawet dla pomp ciepła nie jest oczywiste, a bywa wręcz problematyczne. Przyczyn można upatrywać w wysokim współczynniku

nakładu energii pierwotnej w_p , który dla energii elektrycznej z krajowej sieci elektroenergetycznej osiąga wartość 3,0.

W przyszłości możliwa jest zmiana tego współczynnika na $w_i = 2,5$. Jednocześnie należy zauważyć, że od paru lat dostępne są pompy ciepła o sezonowej efektywności energetycznej przekraczającej wartości proponowane przez rozporządzenie w sprawie

Tabela 7. Wyjściowe wartości EP przy założeniu $w_i = 3,0$ dla energii elektrycznej z sieci i współczynnikach SCOP równych 3,0 i 4,0

Budynek	Warianty	Wariant 6: PCpow + mech + podł	Wariant 7: PCgrunt + mech + podł	Wariant 8: PCpow + PV + mech + podł
		SCOP = 3	SCOP = 4	SCOP = 3
		EP		
A	3,0	102,5	87,2	81,5
B	3,0	82,2	66,1	61,3
C	3,0	77,6	65,1	59,6

Tabela 8. Wpływ na EP niższego współczynnika w_i dla energii elektrycznej z sieci (w_i równe 2,5 zamiast 3,0)

Budynek	Warianty	Wariant 6: PCpow + mech + podł	Wariant 7: PCgrunt + mech + podł	Wariant 8: PCpow + PV + mech + podł
		SCOP = 3	SCOP = 4	SCOP = 3
		EP		
A	2,5	84,2	71,0	63,4
B	2,5	66,4	57,8	52,0
C	2,5	60,0	52,4	46,9

Tabela 9. Jednoczesny wpływ na EP niższego współczynnika $w_i = 2,5$ dla energii elektrycznej z sieci i wyższych wartości SCOP z karty produktu typowych pomp ciepła

Budynek	Warianty	Wariant 6: PCpow + mech + podł	Wariant 7: PCgrunt + mech + podł	Wariant 8: PCpow + PV + mech + podł
		SCOP = 4	SCOP = 5	SCOP = 4
		EP		
A	2,5	64,1	54,3	47,7
B	2,5	50,4	43,5	39,5
C	2,5	44,7	33,3	38,1

metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku, np. pompy ciepła typu powietrze/woda o SCOP = 4,0 (zamiast 3,0) czy pompy ciepła typu solanka/woda o SCOP = 5,0 ($\eta_s = 200\%$). Te dwa uwarunkowania (w_i oraz SCOP) przyczynią się do obniżenia wskaźników EP.

Poniżej przedstawiono rozważania dotyczące wariantów wykorzystujących pompy ciepła do celów ogrzewczych przy zmodyfikowanych wartościach w_i i SCOP.

Z analizy wynika że zarówno w_i , jak i SCOP mają bardzo duży wpływ na wartość EP. Jednoczesne obniżenie w_i oraz zastosowanie SCOP z aktualnych kart produktów pozwala na obniżenie EP o od 30 do blisko 50%. Zmiany w sposobie wytwarzania energii elektrycznej i zwiększenie efektywności pomp ciepła przyczynią się do zdecydowanego obniżenia wartości EP i poprawy ekologicznego aspektu urządzeń.

Wpływ ogrzewania płaszczyznowego, wentylacji mechanicznej i szczelności budynku na zapotrzebowanie na energię

Najpierw przeprowadzono analizy cząstkowe (optymalizacyjne) dla:

■ wariantu 3 (gaz + grawit) – kondensacyjny kocioł gazowy z ogrzewaniem grzejnikowym i wentylacją grawitacyjną;

■ wariantu 4 (gaz + mech + podł) – kondensacyjny kocioł gazowy z ogrzewaniem płaszczyznowym i wentylacją mechaniczną z odzyskiem ciepła.

Warianty 3 i 4 – pomimo że oparte na tym samym paliwie i urządzeniu grzewczym – istotnie różnią się instalacjami grzewczymi, wentylacją i szczelnością budynku. Ma to wpływ na zapotrzebowanie na energię cieplną. Różnice te widać w zapotrzebowaniu analizowanych budynków zarówno na energię końcową, jak i pierwotną. Sięgają one kilkunastu kWh w przypadku energii końcowej i ok. 10 kWh dla energii pierwotnej.

W tabeli 10 porównano wpływ poszczególnych elementów na EP, EK i EU.

Tylko projekty przemysłane, z dobrą koncepcją realizowaną konsekwentnie od samego początku, gwarantują rzeczywiste osiągnięcie wymagań WT 2021, bez konieczności wprowadzania późniejszych modyfikacji bezzasadnie zwiększających koszty budowy domu.

Ogrzewanie płaszczyznowe ma mniejszą sprawność, co wynika ze specyfiki jego regulacji, z tym też się wiąże większe zapotrzebowanie na energię końcową, a w konsekwencji pierwotną. W obliczeniach energetycznych nie uwzględnia się bowiem rzeczywistych temperatur w pomieszczeniach, a te mogą być niższe dla ogrzewania płaszczyznowego przy zachowaniu takiego samego, a nawet większego komfortu temperaturowego (przeprowadzona analiza wykazała, że w przypadku obniżenia temperatury o 1 K uzyskujemy oszczędność wskaźnika energii pierwotnej na poziomie 5 kWh).

Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła oznacza niższe zapotrzebowanie na energię użytkową, co w konsekwencji przekłada się na mniejsze zużycie energii końcowej i pierwotnej. Taka wentylacja umożliwia obniżenie energii końcowej o blisko 20 kWh (czyli bardzo duże).

Wyższa szczelność budynku to również ograniczenie zapotrzebowania na energię użytkową, a w konsekwencji – końcową i pierwotną. Różnice te są jednak wyraźnie mniejsze (kilka kWh) niż w przypadku zastosowania wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Wszystkie te zmiany przyczyniają się do zmniejszenia zużycia energii, przy czym największe oszczędności można osiągnąć, wprowadzając odzysk ciepła z wentylacji. Oszczędności wynikające z zastosowania ogrzewania płaszczyznowego i większej szczelności budynku są mniejsze.

Tabela 10. Wpływ proponowanych ulepszeń cząstkowych na zapotrzebowanie na energię dla wariantów 3 i 4 [kWh/m²a]

	Wariant 3: gaz + grawit	Wariant 3 rozszerzony: gaz + grawit i ogrzewanie podłogowe	Wariant 3 rozszerzony: gaz + grawit i wentylacja mechaniczna	Wariant 3 rozszerzony: gaz + grawit i wyższa szczelność	Wariant 4: gaz + mech + podł
EU	59,4	59,4	41,3	56,1	40,4
EK	88,5	90,4	70,4	84,5	71,1
EP	106,3	108,4	93,0	101,9	95,5

Tabela 11. Zestawienie poszczególnych wariantów wraz z wartościami EP [kWh/m²a] przed i po modyfikacji

Współczynnik	Wariant 1: węgiel + grawit	Wariant 3: gaz + grawit	Wariant 4: gaz + mech + podł	Wariant 5b: gaz + mech + podł + PC	Wariant 6: PCpow + mech + podł	Wariant 9: elektr + PV + mech
EP przed modyfikacją	114,0	106,3	95,5	90,0	80,0	99,0
EP po modyfikacji	67,6	69,2	68,6	70,0	69,1	69,3



Skanuj lub kliknij:
Ewa Zaborowska
– Charakterystyka energetyczna budynków wielorodzinnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – przykłady obliczeń dla roku 2017 i 2021

Modyfikacje, czyli o kosztownym spełnieniu wymagań WT 2021

Propozycja kompleksowych rozwiązań dotyczy wariantów, które nie spełniły wymagań WT 2021. Najłatwiej spełnić te wymagania w przypadku wariantu o najniższym współczynniku zapotrzebowania na energię pierwotną nieodnawialną.

Wariant 6

powietrzna pompa ciepła + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła

- zwiększenie sprawności rekuperatora do 90%, a systemu wentylacji do 75% (przyjmowano 85 i 70%);
- podniesienie szczelności budynku do $n_{50} = 0,9$ (przyjmowano 1,0);
- okresowe zmniejszenie wymiany powietrza – osłabienie wentylacji nocą o 15%;
- zastosowanie białych żaluzji wewnętrznych dla poprawy współczynników przenikania ciepła.

Wariant 5b

kondensacyjny kocioł gazowy + ogrzewanie płaszczyznowe i c.w.u. z powietrznej pompy ciepła + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła

- zwiększenie sprawności rekuperatora do 90%, a systemu wentylacji do 75% (przyjmowano 85 i 70%);
- podniesienie szczelności budynku do $n_{50} = 0,9$ (przyjmowano 1,0);
- okresowe zmniejszenie wymiany powietrza – osłabienie wentylacji nocą o 15%;
- zastosowanie białych żaluzji wewnętrznych dla poprawy współczynników przenikania ciepła;
- poprawa izolacyjności budynku do wartości:
 - dach: $0,106 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm, $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$),
 - ściana zewnętrzna: $0,114 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$),
 - podłoga: $0,096 \text{ W/m}^2\text{K}$ (26 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$).

Wariant 4

kondensacyjny kocioł gazowy + ogrzewanie płaszczyznowe + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła

- zamontowanie instalacji z kolektorami słonecznymi i przejście do wariantu 5a: kocioł gazowy do c.o. + instalacja słoneczna do c.w.u.

Wariant 3

kondensacyjny kocioł gazowy + ogrzewanie grzejnikowe + wentylacja grawitacyjna

- poprawa izolacyjności budynku do wartości:
 - dach: $0,132 \text{ W/m}^2\text{K}$ (25 cm, $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$),
 - ściana zewnętrzna: $0,114 \text{ W/m}^2\text{K}$ (25 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$),

ANALIZA POGŁĘBIONA

- podłoga: $0,131 \text{ W/m}^2\text{K}$ (15 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$);
- montaż kolektorów słonecznych (50% udziału w zapotrzebowaniu na energię do przygotowania c.w.u.).

Wariant 9

elektryczne podgrzewacze miejscowe pomieszczeń (grzejniki płytowe) + wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła + fotowoltaika

Wskaźnik EP został tu przekroczony o blisko $30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ w stosunku do wymagań WT 2021 – można je spełnić, jedynie stosując wielokierunkowe i szerokie usprawnienia:

- osłabienie wentylacji mechanicznej nocą o 15%;
- podniesienie szczelności powietrznej do $n_{50} = 0,7$;
- poprawa izolacyjności budynku do wartości:
 - dach: $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm, $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$),
 - ściana zewnętrzna: $0,114 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$),
 - podłoga: $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ (30 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$);
- zwiększenie udziału PV do 40% (z 30%).

Wariant 1

automatyczny kocioł węglowy na ekogroszek + ogrzewanie grzejnikowe + wentylacja grawitacyjna

Wskaźnik EP został przekroczony o $44 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ w stosunku do wymagań WT 2021 – można je spełnić, jedynie stosując wielokierunkowe i szerokie usprawnienia:

- osłabienie wentylacji grawitacyjnej nocą (zmniejszenie pola przekroju kanału);
- podniesienie szczelności budynku do $n_{50} = 1,5$ (przyjmowano 2,0);
- zastosowanie białych żaluzji wewnętrznych – poprawa współczynników przenikania ciepła;
- montaż kolektorów słonecznych (50% udziału w zapotrzebowaniu na energię);
- poprawa izolacyjności budynku:
 - dach: $0,132 \text{ W/m}^2\text{K}$ (25 cm, $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$),
 - ściana zewnętrzna: $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ (25 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$),
 - podłoga: $0,131 \text{ W/m}^2\text{K}$ (15 cm, $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$).

Wprowadzie istnieje możliwość poprawy wskaźnika EP w taki sposób, by wymagania zostały spełnione nawet dla wariantów najmniej rokujących (1 i 9), jednak są to niejednokrotnie usprawnienia funkcjonujące jedynie „na papierze” – w rzeczywistości efekt taki jest bardzo trudny do osiągnięcia lub wysoce kosztowny.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wnioski z analizy i wskazówki

1 Rozbudowana powierzchnia przegród oraz niewyeksponowana na promieniowanie słoneczne w sezonie grzewczym duża powierzchnia przeszkleń przyczyniają się do wzrostu zapotrzebowania na energię. Budynek najmniejszy – A o pow. 115 m^2 – ma m.in. z tych powodów największe zapotrzebowanie na energię użytkową (EU).

2 Wartości wskaźników EU, EK i EP są dla budynków B i C porównywalne. Wynika to z podobnych współczynników kształtu, które wiążą się z aspektami geometrycznymi bryły budynku.

3 Wielkość rocznego zapotrzebowania na energię użytkową (EU) jest z założenia dla wszystkich układów w danym budynku jednakowa. EU związane jest z zapotrzebowaniem na energię na ogrzewanie i wentylację. Ze względu na zastosowanie odzysku energii z wentylacji w przypadku wariantów 4–9 wartość EU jest mniejsza niż dla wariantów 1–3 z wentylacją naturalną (grawitacyjną).

4 Wartość wskaźnika energii końcowej (EK) jest najniższa w przypadku systemów o najwyższej sprawności, czyli dla pomp ciepła, co wpływa na niskie koszty eksploatacyjne tych urządzeń.

5 O wskaźniku energii pierwotnej (EP) decydują: wyposażenie techniczne budynku (rodzaj urządzenia grzewczego i sposób wentylacji), sprawność urządzeń oraz wykorzystanie OZE (obniżające nakład energii pierwotnej nieodnawialnej).

6 Rodzaj zastosowanej wentylacji ma znaczny wpływ na wskaźnik EP. **Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła ułatwia spełnienie wymagań.** Ponadto im system odzysku ciepła jest sprawniejszy, tym redukcja zapotrzebowania na EP większa. Trzeba mieć jednak na uwadze, że im wyższa sprawność odzysku, tym bar-

dziej rośnie zapotrzebowanie na energię pomocniczą do napędu wentylatorów, co z kolei obniża oczekiwany efekt. Z tych powodów należy szukać rozwiązania optymalnego pomiędzy sprawnością a energią pomocniczą.

7 Sposób przygotowania c.w.u. ma bardzo duży wpływ na wskaźnik EP – zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną. Izolacyjność domów budowanych wg WT 2021 jest tak wysoka, że c.w.u. może stanowić nawet 50% i więcej zapotrzebowania na energię nieodnawialną.

8 Znaczący udział c.w.u. w zapotrzebowaniu na energię pierwotną budynku ogranicza wpływ na ten wskaźnik działań oszczędnościowych w zakresie wentylacji i izolacyjności cieplnej przegród.

9 Kolejnym problemem do rozwiązania jest fakt, że całkowita sprawność instalacji c.w.u. jest stosunkowo niska. Należy zatem zapewnić wysokie sprawności cząstkowe, co ma szczególne znaczenie w przypadku budynków wielorodzinnych, głównie w zakresie sprawności przesyłu.

10 Większa efektywność instalacji ogrzewania płaszczyznowego wynika z faktu, że umożliwia ona utrzymywanie niższej temperatury w pomieszczeniu przy zachowaniu komfortu użytkownika. Jednak w standardowych obliczeniach energetycznych nie jest to uwzględniane i przyjmuje się temperatury normowe, co paradoksalnie deprecjonuje efektywniejszy system ogrzewania.

11 W przypadku wariantów 5a i 5b występuje duża różnica w zapotrzebowaniu na energię końcową (EK). Pomimo że do przygotowania c.w.u. pompy ciepła zużywają energię elektrycz-



*Energia końcowa jest
nam najlepiej znana
– to ta, za którą płacimy*

ną, ich zastosowanie jest z energetycznego punktu widzenia korzystniejsze niż kolektorów słonecznych. Pompy ciepła mają bowiem wyższą efektywność i dłuższy czas pracy. Jednak sytuacja diametralnie się zmienia przy analizie wskaźnika energii pierwotnej (EP). Pompa ciepła w klasycznym rozwiązaniu korzysta z sieciowej energii elektrycznej, która bazuje na spalaniu węgla z niską efektywnością. Konsekwencją jest wysoki udział pierwotnej energii nieodnawialnej. Przewaga kolektorów słonecznych przy uwzględnianiu EP polega na tym, że korzystają one z energii słonecznej, czyli nie są obciążone emisją CO₂, co przekłada się na wyraźnie niższą wartość energii pierwotnej pomimo mniejszego udziału w przygotowaniu c.w.u.

12 Przepisy dotyczące efektywności energetycznej są skonstruowane w taki sposób, że spełnienie wymagań za pomocą rozwiązań konwencjonalnych jest często niemożliwe, nawet przy uwzględnieniu bardzo rygorystycznych standardów. Jedynie wykorzystanie OZE – oczywiście przy spełnieniu pozostałych warunków – może gwarantować spełnienie wymagań WT 2021.

13 Zastąpienie kotła na paliwo konwencjonalne (węgiel, gaz) kotłem na biomasę znacznie redukuje wskaźnik EP, gwarantując niemal w każdym wypadku osiągnięcie jego wymaganej wartości, nawet przy niższej sprawności kotła na biomasę. Eksploatacja kotła na biomasę może być jednak droższa niż innych rozważanych rozwiązań.

14 Zastosowanie sprężarkowych pomp ciepła nie zawsze gwarantuje osiągnięcie wymaganego poziomu EP. Jednak przy obecnych warunkowaniach jest to jeden z najtańszych w eksploatacji sposobów przygotowania c.w.u. w budynkach mieszkalnych. Wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej (PV) wspomagającej zaopatrzenie w energię elektryczną na potrzeby grzewcze wpływa na obni-

żenie EP. Przyjmuje się, że zapewnienie 30% energii z instalacji fotowoltaicznej dla pomp ciepła jest optymalne (analiz dokonano właśnie dla takiego udziału energii z PV).

15 Na uwagę zasługują również gazowe powietrzne pompy ciepła. Plasują się one „na pograniczu technologii konwencjonalnych” – korzystają z paliwa kopalnego, czyli gazu, ale również ciepła środowiskowego, w celu zapewnienia ciepła do ogrzewania budynku i wody użytkowej. Efektywność GAHP opisywana jest jako GUE (z ang. *Gas Utilization Efficiency*), wskaźnik ten informuje o ilości energii wyprodukowanej przez urządzenie odniesionej do wartości energii dostarczonej do palnika w paliwie. Urządzenie pozyskuje energię odnawialną przy wykorzystaniu gazu, co zapewnia niski współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej $w_1 = 1,1$, a nie 3,0, jak obecnie przy wykorzystaniu energii elektrycznej. Gwarantuje to uzyskanie stosunkowo niskich wartości wskaźników EP, na poziomie wykorzystania instalacji opartej na pompie gruntowej sprężarkowej. Jednocześnie uzyskiwany wskaźnik EK jest zdecydowanie niższy niż przy wykorzystaniu kotła gazowego, a zbliżony do wartości dot. kotła gazowego z PC do c.w.u. Pompa ciepła gazowa absorpcyjna może być także rozwiązaniem dla budynków modernizowanych, podłączonych do sieci gazowej, ze względu na wysokie parametry zasilania instalacji – do 65°C. Umożliwia to pracę z istniejącymi instalacjami grzejnikowymi i zdecydowanie zwiększa efektywność źródła ciepła – ograniczając zużycie gazu, a co najważniejsze: pozwala spełnić wymagania WT 2021. Jedynym „problemem” jest moc oferowanych urządzeń, które sprawdzą się w średnich i dużych domach jednorodzinnych, a przede wszystkim wielorodzinnych, ale do małych domów urządzenie będzie przewymiarowane. W odniesieniu do analizowanych w publikacji obiektów: pompa dobrze sprawdzi się w budynku wielorodzinnym, można też ją zastosować w budynku B. ■

WT 2021... i co dalej?

Budynki niemal zeroenergetyczne nie stanowią ostatecznego standardu budownictwa ogólnego. W dłuższej perspektywie standardy te będą ewoluować w kierunku budownictwa zeroenergetycznego (zerowe zapotrzebowanie na energię pierwotną nieodnawialną dzięki wykorzystaniu OZE) i plusenergetycznego (oddającego więcej energii, niż zużywa) oraz energetyki rozproszonej opartej na OZE. Dzięki zwiększaniu grubości izolacji i stosowaniu nowych materiałów izolacyjnych poprawione zostaną również współczynniki przenikania ciepła przegród. W dalszym ciągu można poprawiać

współczynniki przenikania dla okien i drzwi. Słabymi ogniwami są połączenia ram z pakietem szybowym, same ramy oraz osadzanie okien (powinny być montowane w strefie izolacji). W przypadku technik instalacyjnych będziemy obserwować zmiany podążające w kierunku zwiększania udziału w rynku urządzeń grzewczych niepowodujących emisji CO₂, co oznaczać będzie wzrost udziału urządzeń korzystających z energii elektrycznej, która w coraz większym stopniu pochodzić będzie z odnawialnych źródeł – głównie energii słonecznej i wiatrowej. ■

Literatura

- HomeKoncept, *Projekt architektoniczny – budynek jednorodzinny – HomeKONCEPT-35*, <https://www.homekoncept.com.pl/produkt/projekt-domu-homekoncept-35/>.
- HomeKoncept, *Projekt architektoniczny – budynek jednorodzinny – HomeKONCEPT-44 G2*, <https://www.homekoncept.com.pl/produkt/projekt-domu-homekoncept-45-g2/>.
- Pro Arte, *Projekt architektoniczny – budynek wielorodzinny – SAN VITO*, <https://www.pro-arte.pl/projekty-domow/1009/san-vito-budynek-wielorodzinny>.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (Dz.Urz. UE nr L 153 z 18.06.2010).
- Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków (Dz.U 2014, poz. 1200, z późn. zm.).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U 2015, poz. 376).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity Dz.U 2019, poz. 1065).
- Jadwiszczak P., Trząski A., *Wentylacja i ogrzewanie w nowych przepisach. Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki – stan na 2017 i 2021 r.*, Grupa Medium, Warszawa 2016.
- Zaborowska E., *Charakterystyka energetyczna budynków mieszkalnych wielorodzinnych w perspektywie wymagań 2017–2021*, „Rynek Instalacyjny” nr 1–2/2017.
- *Dom bez rachunków. Poradnik*, praca zbiorowa, red. Lachman P., PORT PC, 2019.
- *Dokumentacja techniczna K18 Simplygas*, Robur, Wydanie B.



SKANUJ LUB KLIKNIJ
Poradnik
inwestora – ulga
termomodernizacyjna



SKANUJ LUB KLIKNIJ
Poradnik „Dom
bez rachunków”
– budynek
plusenergetyczny



O poradniku

Wydanie I, Kraków, luty 2020

ISBN: 978-83-956856-0-6

Autorzy:

dr inż. Krystian Kurowski

Wydział Biologii i Nauk o Środowisku, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie. Ekspert z zakresu energooszczędności, HVAC, OZE i mikroklimatu, szkoleniowiec: <https://oszczedzeniergie.pl/>

inż. Monika Kondraciuk

Wydział Biologii i Nauk o Środowisku, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie. Inżynier HVAC, właściciel NOVI-TERM Projektowanie instalacji sanitarnych: <https://noviterm.pl/>

Koordinacja:

mgr inż. Paweł Lachman

Porozumienie Branżowe Na Rzecz Efektywności Energetycznej POBE

Opracowanie redakcyjne:

Waldemar Joniec

Joanna Ryńska, Agnieszka Orysiak

Rynek Instalacyjny

Projekt graficzny: mediaNOVA Jacek Gacukowicz

Skład: Grupa MEDIUM

© Copyright by Krystian Kurowski

© Copyright by Monika Kondraciuk

© Copyright by Porozumienie Branżowe Na Rzecz Efektywności Energetycznej POBE

Publikacja powstała przy wsparciu European Climate Foundation





Porozumienie Branżowe Na Rzecz Efektywności Energetycznej POBE

Organizacje wspierające

