

## Spis treści

Część 1. Na dobry początek - coś o energochłonności. ....	2
Dlaczego energooszczędne budownictwo? .....	5
Jaka jest definicja budynku energooszczędnego? .....	5
Co to jest budynek energooszczędny i jak są dziś stosowane miary energooszczędności? .....	6
Jak rozpoznać, czy budynek jest energooszczędny? .....	7
Jakie są miary energochłonności? .....	8

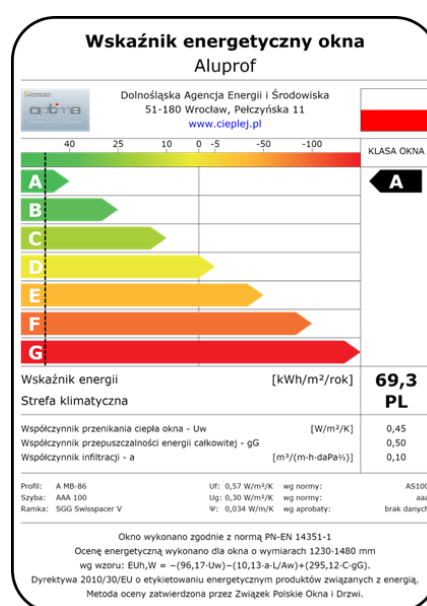
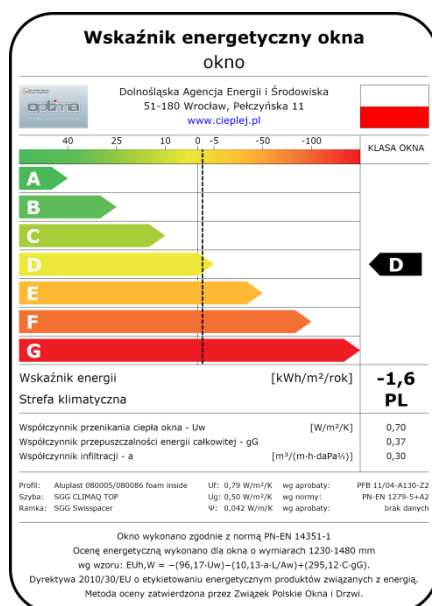
## Część 1. Na dobry początek - coś o energochłonności.

Poszanowanie energii stało się priorytetem w każdej dziedzinie życia. Urządzenia AGD, oświetlenie, urządzenia klimatyzacyjne, nawet budynki są etykietowane energetycznie. Uchwalane są unijne i krajowe coraz to nowe akty prawne zaostrzające wymagania mające na celu poprawę efektywności energetycznej budynków i urządzeń z nim związanych. Wprowadzane są etykiety energetyczne na urządzenia AGD, urządzenia grzewcze i wentylacyjne, okna, a także etykiety energetyczne dla mieszkań i całych budynków.

**Etykieta 1. Przykładowa etykieta energetyczna dla pralki, klasa A wskazuje na niskie zużycie energii podczas prania i na odwirowywanie klasa C wskazuje na stosunkowo większe zużycie energii podczas odwirowywania**



**Etykieta 2. Przykładowa etykieta energetyczna dla okna klasy D i klasy A**




**Etykieta 3. Etykieta energetyczna budynku.**

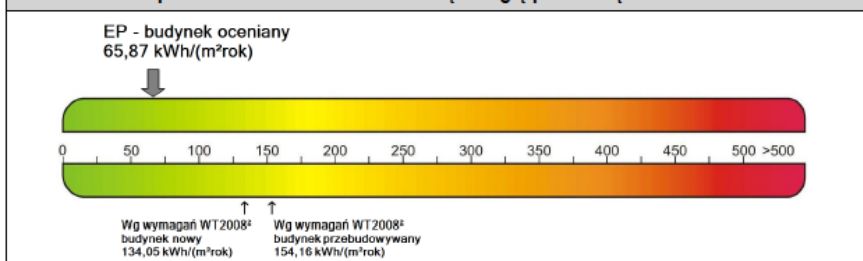
**ŚWIADECTWO CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ**  
dla budynku mieszkalnego, dom jednorodzinny, Belgijska 1000, 50-404  
Wrocław

**Ważne do: 2019-02-16**

**Budynek oceniany**

Rodzaj budynku:	wolnostojący	
Adres budynku:	Belgijska 1000 50-404 Wrocław	
Całość / część budynku:	całość	
Rok zakończenia budowy / rok oddania do użytkowania:	2009 / 2009	
Rok budowy instalacji / rok modernizacji instalacji:	2009 / 2009	
Liczba lokali mieszkalnych:	1	
Powierzchnia użytkowa (Af):	120,82 m <sup>2</sup>	
Cel wykonania świadectwa:	budynek nowy	

**Obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną<sup>1</sup>**



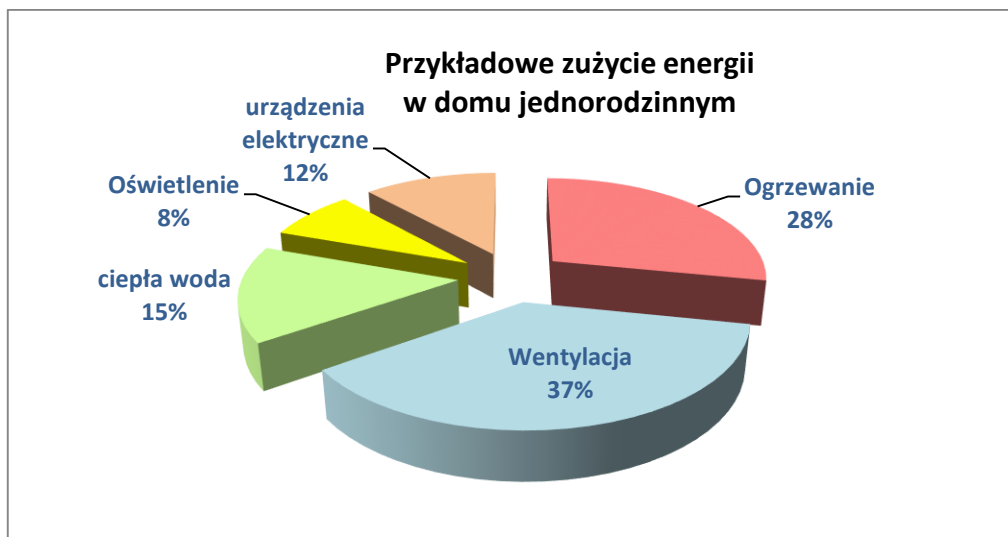
**Stwierdzenie dotrzymania wymagań wg WT2008<sup>2</sup>**

<u>Zapotrzebowanie na energię pierwotną (EP)</u>		<u>Zapotrzebowanie na energię końcową (EK)</u>	
Budynek oceniany	65,87 kWh/(m <sup>2</sup> rok)	Budynek oceniany	67,63 kWh/(m <sup>2</sup> rok)
Budynek wg WT2008	134,05 kWh/(m <sup>2</sup> rok)		

Celem jest osiągnięcie poziomu niemal zero energetycznego budynku. Dlaczego tak się dzieje? Budownictwo jest największym „konsumentem” energii, zużywa około 41% energii, więcej niż transport oraz przemysł.

Analiza zużycia energii 50-cio letniego cyklu życia budynku wskazała, że 84% energii zużywana jest w okresie eksploatacji (tabela 1). Szacunkową strukturę zużycia energii czteroosobowym domku jednorodzinnym przedstawia wykres 1

**Wykres 1. Szacunkowa struktura zużycia energii w domu jednorodzinnym czteroosobowym wykonany zgodnie z obowiązującymi wymaganiami prawnymi.**



Wykres 2. Zużycie energii wg danych z EU w podziale na budownictwo, przemysł, transport.

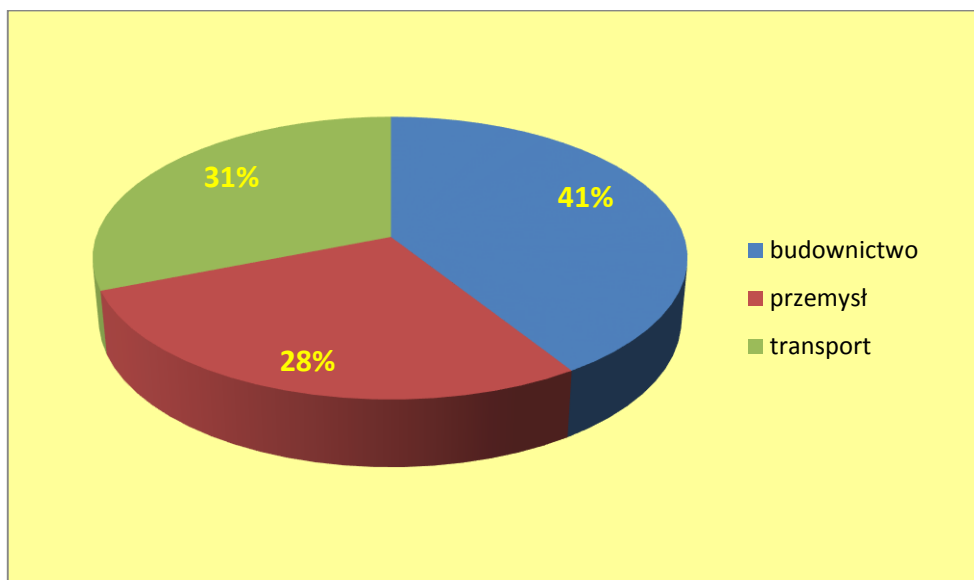


Tabela 1. Struktura zużycia energii w okresie 50 lat przez dom jednorodzinny czteroosobowy.

Energia końcowa zużywana w cyklu 50-cio letni życia domku wybudowanego wg aktualnych wymagań prawnych	jednostka	Ilość energii	udział procentowy
Energia zużyta na wyprodukowanie i wbudowanie materiałów	kWh	107851	10,7%
Energia zużyta na eksploatację budynku przez okres 50 lat.	kWh	841642	83,5%
Energia zużyta na remonty w okresie 50-cioletniej eksploatacji budynku.	kWh	42334	4,2%
Energia zużyta na rozbiórkę budniku	kWh	16127	1,6%
Razem			100,0%



Najwięcej energii zużywane jest na ogrzewanie budynku, wentylację oraz ciepłą wodą i wynosi ok. 60% do 80% całkowitego zużycia energii. Efektywne energetycznie budownictwo to nie jest luksus ale konieczność, to ważna kwestia gospodarcza i polityczna każdego państwa. Pojawia się pytanie, czy i gdzie są granice energooszczędności? Jak ocenia energochłonność budynku?

## Dlaczego energooszczędne budownictwo?

### **Zużycie energii na świecie i w Polsce**

Według danych Światowej Rady Energetyki przez ostatnie 30 lat zużycie energii pierwotnej wzrosło ponad 2,5-krotnie. Zasoby surowców na pewno będą się szybko wyczerpywać. Z tego powodu należy liczyć się, że pomimo chwilowej obniżki cen nośników energii, spowodowanej kryzysem światowym, w dłuższym przedziale czasowym ceny nośników energii będą rosły znacznie szybciej niż inflacja. W okresie 2000 -2010 ceny energii w Polsce rosły ok. 6,6 % przy średniej inflacji wynoszącej ok. 4,5%. Ceny energii rosły o około 2,1 % szybciej. W czasie energetycznego kryzysu ceny energii będą na pewno rosły szybciej.

W globalnych relacjach międzypaństwowych rozwinęła się też polityka energetycznej presji realizowana przez potentatów energetycznych. W związku z tym w skali makroenergetyki zagadnienie bezpieczeństwa energetycznego stały się w ostatnich latach zagadnieniem niezwykle ważnym.

Zastawiające są też zagadnienia związane z ekologią i spalaniem paliw kopalnych. Obserwowane są przez wszystkich zmiany klimatu. Przekraczane są kolejne granice maksymalnych temperatur. Robi się cieplej. Trudno jest jednoznacznie wskazać przyczyny tych zmian, jednak ochrona klimatu powoli staje się jednym z priorytetów działań państw wchodzących w skład Unii Europejskiej. Z powodów ekonomicznych, ekologicznych, gospodarczych i politycznych poprawa efektywności energetycznej wszystkich dziedzin , również w budownictwie jest działaniem niezbędnym.

Tak więc z wielu powodów zainteresowanie inwestorów budownictwem energooszczędnym od jakiegoś czasu stale rośnie. Główną tego przyczyną są szybko rosnące ceny nośników energii, brak poczucia bezpieczeństwa oraz moda na energooszczędność.

**Tabela 2. Koszty ciepła z różnych nośników energii z uwzględnieniem sprawności wytwarzania energii.**

Paliwo	jednostka odniesienia	cena paliwa	cena ciepła z uwzględnieniem kosztów stałych oraz sprawności wytwarzania	Koszty ogrzewania na c.o. i c.w.u. domu jednorodzinnego 100 m o EK = 110 kWh/m2rok
		zł/j.o.	zł/kWh	zł/rok
Olej, propan	l	3,8	0,45	5281,7
Gaz ziemny-kocioł kondensacyjny	m3	1,95	0,23	2662,7
Gaz ziemny-kocioł standardowy	m3	1,95	0,25	2869,8
Pompa ciepła	kWh	0,6	0,17	2093,3
Węgiel	t	900	0,19	2259,8
Biomasa zrębki	t	400	0,18	2169,5
Biomasa - palet	t	900	0,25	3013,1

## Jaka jest definicja budynku energooszczędnego?

Kiedy wpisujemy w wyszukiwarce hasło dom energooszczędny, w pierwszej kolejności pojawiają się linki do komercyjnych storn najróżniejszych biur projektowych, oferujących projekty domów

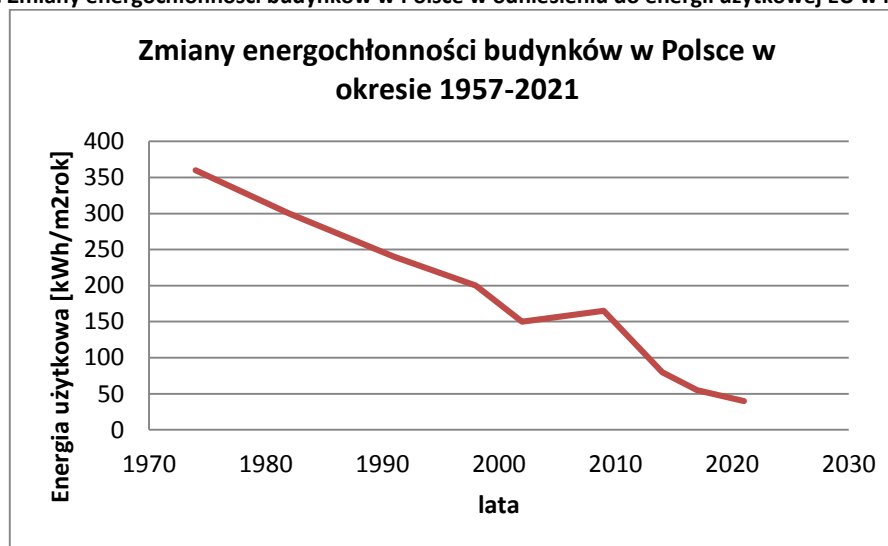
energooszczędnych. W internecie można odnaleźć znaczenie „słownikowe” dla dom energooszczędny. Hasło to oznacza budynek, który cechuje niższe niż w przypadku tradycyjnego budownictwa zapotrzebowanie na ciepło. Nie wiadomo jednak co oznacza budynek tradycyjny i jaka jest jego energochłonność, którą w tym przypadku można uznać za referencyjną?

W okresie powojennym zużycie energii w budynkach uległo zmniejszeniu ok. cztery razy, głównie dzięki zmianom wymagań prawnych. Do dziś budowane są budynki w technologii tradycyjnej, zatem definicja ta nie jest precyzyjna. Definiowanie budynku energooszczędnego zmieniało się z czasem i było różnie rozumiane.

**Tabela 3. Zmiany wymagań prawnych w zakresie izolacji termicznej przegród (U [W/m<sup>2</sup>K]) oraz zapotrzebowania na energię użytkową wynikająca ze spełniania minimalnych wymagań prawnych w zakresie izolacji termicznej lub innych wymagań.**

Rok budowy		Do 1974	Do 1982	Do 1991	Do 1998	Od 1998		Od 2009	Planowane zmiany prawne		
									Od 2014	Od 2017	Od 2021
Wartości	Ściany	1,47	1,16	0,75	0,55	0,5	0,3	0,3	0,25	0,23	0,2
	Dach	0,87	0,7	0,45	0,3	0,3	0,3	0,25	0,2	0,18	0,15
	Stolarka	Bark wymagań	Bark wymagań	2,6	2,6	2,60–2,00		1,8 - 1,5	1,3	1,1	0,9
Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło EU [kWh/m <sup>2</sup> ·rok]		400–280	340–260	260–180	200–150	200–150	150–120	130-175	60-100	45-75	20-50

**Wykres 3. Zmiany energochłonności budynków w Polsce w odniesieniu do energii użytkowej EU w kWh/m<sup>2</sup>rok**



Co zatem oznacza hasło: budynek energooszczędny? Czy są jeszcze inne klasyfikacje i jak należy rozumieć co oznaczają?

### Co to jest budynek energooszczędny i jak są dziś stosowane miary energooszczędności?

Często mylnie przyjmowane jest, że budynki nowe można uznać za energooszczędne. Najczęściej spełniają minimalne wymagania prawne, co nie oznacza, że są energooszczędne.

Energochłonność istniejących budynków w dużej mierze zależy od roku ich budowy czyli od obowiązujących w tym czasie wymagań prawnych. Budynki budowane w różnych okresach charakteryzują się różną energochłonnością (tabela 3). Choć niektóre zużywają stosunkowo niewiele energii, trudno je zaliczyć do budynków energooszczędnych. Zazwyczaj niskie zużycie energii w istniejących budynkach związane jest z niezgodnym z prawem sposobem eksploatacji np. niewystarczającą wymianą powietrza.

Wprowadzane ograniczenia prawne nie gwarantują odpowiedniej jakości energetycznej budynków. Przyczyną są często występujące błędy projektowe oraz odstępstwa od projektu, zaniedbania i błędy wykonawcze wynikające z niewiedzy kadry inżynierskiej oraz pracowników bezpośrednio wykonujących prace budowlano-montażowe. Brak wiedzy i umiejętności w zakresie fizyki budowli i efektywności energetycznej jest przyczyną zwiększonej energochłonności budynków.

**Tabela 4. Energochłonność polskich zasobów mieszkaniowych w odniesieniu do energii użytkowej i końcowej.**

Rok budowy	ilość budynków	EU energia użytkowa na c.o.	EU energia użytkowa na c.o.		Sprawność c.o. w przedziale		EK energia końcowa w przedziale	
		Wartości obliczeniowe	Wartości rzeczywiste					
	[%]	[kWh/m2a]	[kWh/m2a]		[%]		[kWh/m2a]	
do 1918	8,4	300-350	220	380	35	50	517,6	894,1
1918-1944	16,6	300-350	220	380	35	65	440	760
1945-1970	27,9	220-280	180	400	40	75	313	695,7
1971-1988	30,3	160-220	160	360	55	80	237	533,3
1989-2002	14,2	90-150	110	150	65	85	146,7	200
2002-2008	2,56	90-150	110	150	75	88	135	184
po 2009	0,04	100-160	125	180	80	90	147,1	211,8
Razem [%]	100	średnio	223 kWh/m2a		65,60%		386,8 kWh/m2a	

Polskie budownictwo można uznać raczej za energochłonne a w wielu wypadkach nawet za bardzo energochłonne. Istniejące budynki pomimo prowadzonej termomodernizacji są bardzo energochłonne, nowe zaś zaliczyć można do energochłonnych. Zapotrzebowanie na energię końcową wynosi średnio 180 kWh/m<sup>2</sup>rok i jest zdecydowanie za duże (tabela 4).

Jak zatem rozpoznać czy budynek jest energooszczędny?

Pomocą powinny być świadectwa charakterystyki energetycznej. Jest to dokument aktualnie niedoceniany przez inwestorów, traktowany kolejny niepotrzebny „podatek”. Jednak przy zakupie jest niezbędny. Pozwala ocenić jakiej jakości energetycznej jest mieszkanie czy budynek? Jakie będą koszty ogrzewania?

#### Jak rozpoznać, czy budynek jest energooszczędny?

Pomocną przy ocenie budynku pod względem ich energochłonności powinny być charakterystyka energetyczna projektowanych budynków lub świadectwa energetyczne budynków wybudowanych. Czym zatem różni się charakterystyka energetyczna od świadectwa charakterystyki energetycznej budynku?

Charakterystyka energetyczna budynku jest to ocena energetyczna projektowanego budynku wykonywana jest na etapie projektu. Świadectwo charakterystyki energetycznej budynku oceną energetyczną wykonanego budynku i jest wykonywane po zakończeniu budowy. Uwzględnia wszystkie zmiany prowadzone podczas budowy i jest końcową oceną energetyczną wybudowanego budynku, lokalu. Na rynku budowlanym są wykorzystywane różne metody oceny jakości energetycznej budynków.

**Wykres 4. Pierwszy polski podział na klasy energetyczne budynków opracowany w 2001 roku.**



W zakresie energochłonności budynków można wyróżnić następujące podziały na klasy:

- energochłonny
- średnio energochłonny
- średnio energooszczędny
- energooszczędny
- niskoenergetyczny
- pasywny
- zeroenergetyczny

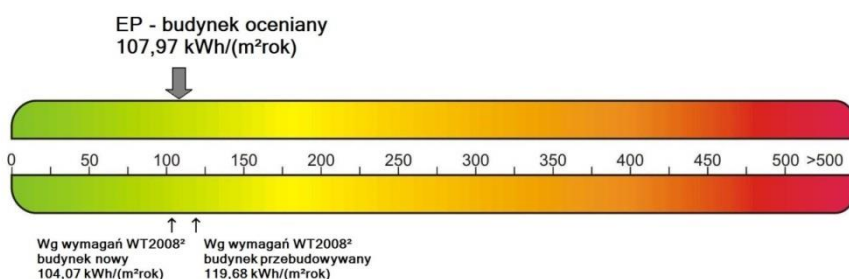
Oprócz samych nazw należy sprecyzować co dana klasa oznacza dla klasyfikacji energochłonności budynków czyli np. jakie zużycie energii jest przypisane danej klasie energetycznej?

### Jakie są miary energochłonności?

Zgodnie z aktualnie obowiązującym prawem nie zdefiniowano klas energetycznych budynku. Jakość energetyczna opisywana jest przez dwa wskaźniki: energię końcową EK i energię nieodnawialną pierwotną EP. Wartość odpowiadająca energochłonności budynku oznaczana jest na „suwaku”, i jest trudna do prawidłowej interpretacji przez niespecjalistów. Aktualnie opracowana została nowa metoda oceny energetycznej budynków, w której przygotowano podział na klasy energetyczne.

Energochłonność budynków można określać się za pomocą różnych wskaźników. Najczęściej opisywana jest przez wskaźnik energii użytkowej – EU, jednak stosuje się jeszcze inne wskaźniki: wskaźnik energii końcowej – EK, na świadectwach energetycznych ocenia się budynki w odniesieniu do nieodnawialnej energii pierwotnej EP, podając dodatkowo wartość wskaźnika energii końcowej. Planowane zmiany prawne w tym zakresie rozszerzą zakres o wskaźnik energii użytkowej.

**Wykres 5. Przykładowy wykres oceny budynku w oparciu o energię nieodnawialną pierwotną EP zamieszczany aktualnie na polskich świadectwach energetycznych.**



Aby móc w pełni korzystać z podawanych w różny sposób informacji o energochłonności budynków należy najpierw zapoznać się z ich definicjami.

**Energia użytkowa** należy przez to rozumieć energię przenoszoną z budynku do jego otoczenia przez przenikanie, z powietrzem wentylacyjnym, pomniejszoną o użytecznie wykorzystywane zyski ciepła (w przypadku ogrzewania budynku) lub straty ciepła (w przypadku chłodzenia budynku) lub przenoszoną z budynku do otoczenia ze ściekami. Wskaźnik energii użytkowej EU wyraża się w ilości energii w kWh na jednostkę powierzchni pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza w budynku, wyrażone w kWh/(m<sup>2</sup>·rok).

Za budynki energooszczędne można uznać te, które zużywają mniej energii od budynków spełniających minimalne wymagania prawne. A wymagania prawne zmieniają się średnio co 5-8 lat. Z tego powodu trudno jednoznacznie określić wartości przypisane klasyfikacji.

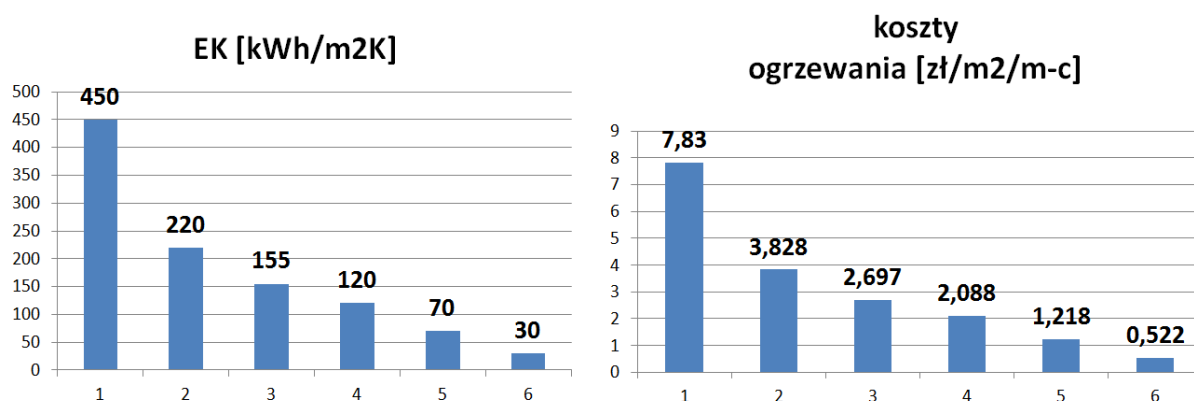
W tabeli poniżej przedstawiono klasyfikację w oparciu o projekt rozporządzenia dotyczącego oceny jakości energetycznej budynków oraz dyrektywę 2010/31/UE w odniesieniu do energii użytkowej EU.

**Tabela 5. Klasy energetyczne budynku w zależności od rodzaju budynku oraz wartości wskaźnika rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną EU opracowana w 2013 roku.**

Klasyfikacja energetyczna budynków wg Stowarzyszenia Na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju	Klasy energetyczne	Mieszkalne wartości graniczne EU [kWh/m <sup>2</sup> rok]			
		jednorodzinny		wielorodzinny	
		od	do	od	do
Budynki zero energetyczne (cel W UE od 2022 roku)		produkują tyle energii z OZE ile zużywają			
Pasywne (NF15 wg NFOŚiGW)	A+		15		15
Niskoenergetyczne (NF40 wg NFOŚiGW)	A	15	25,0	15	20,0
Energooszczędne (częściowo NF40 wg NFOŚiGW)	B	25,0	65,0	20,0	55,0
Średnio energooszczędne	C	65,0	80,0	55,0	70,0
Standardowe	D	80,0	90,0	70,0	90,0
Średnio energochłonne	E	90,0	125,0	90,0	120,0
Energochłonne	F	125,0	155,0	120,0	145,0
Bardzo energochłonne	G	155,0		145,0	

Za budynki energooszczędne ze względu na EU można uznać budynki klasy B, A i A+ odpowiadające wartościom podanym w tabeli 4.

**Energia końcowa (EK)** oznacza energię dostarczaną do budynku w celu jego ogrzewania, wentylacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej, chłodzenia ( dla budynków użyteczności publicznej i oświetlenia). W niektórych opracowaniach ujęto również energię pomocniczą niezbędną do działania systemu grzewczego i chłodniczego. Zatem jest to energia uwzględniająca energię użytkową powiększoną o sprawność systemu grzewczego na c.o., c.w.u. wentylację i pozwala określić jakie będą znormalizowane koszty ogrzewania budynku, czyli obliczone dla znormalizowanych wartości temperatur zewnętrznych i wewnętrznych. Znormalizowane temperatury zewnętrzne to wartości z okresu 30 lat poddane znormalizowanym analizom statystycznym.



**Nieodnawialna energia pierwotna (EP)** jest to energia zawarta w kopalnych surowcach energetycznych, tj. w węglu, ropie naftowej, gazie ziemnym oraz paliwach rozszczepialnych, która nie została poddana żadnemu procesowi konwersji lub transformacji; zasoby tych surowców energetycznych ulegają wyczerpaniu w miarę ich wykorzystywania. Energia pierwotna określa ilość niezbędnej do funkcjonowania budynku energii na ogrzewanie, ciepłą wodę, chłodzenie, oraz energię pomocniczą tj energię potrzebną do działania urządzeń związanych ogrzewaniem lub chłodzeniem. Dla budynku wyznacza się ilość energii pierwotnej jaką będzie zużywał budynek w ciągu roku przez pomnożenie energii końcowej przez współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej.

$$EP = EK_{c.o.} \cdot w_{c.o.} + EK_{c.w.u.} \cdot w_{c.w.u.} + EK_{pom} \cdot w_{pom}$$

gdzie:

$EK_{c.o.}$ ,  $w_{c.o.}$  energia końcowa na c.o. oraz wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej na c.o.

$EK_{c.w.u.}$ ,  $w_{c.w.u.}$  energia końcowa na c.w.u. oraz wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej na c.w.u

$EK_{pom} \cdot w_{pom}$  energia końcowa na urządzenia pomocnicze oraz wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej na urządzenia pomocnicze: pompy, siłowniki, automatyka sterująca... zazwyczaj wynosi 3 (energia elektryczna)

**Tabela 6. Współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej -  $w_i$ .**

L.p.	Sposób zasilania budynku w energię	Nośnik energii końcowej	Współczynnik nakładu $w_i$
1	Miejscowe wytwarzanie energii w budynku	Olej opałowy	1,1
2		Gaz ziemny	1,1
3		Gaz płynny	1,1
4		Węgiel kamienny	1,1
5		Węgiel brunatny	1,1
6		Biomasa	0,2
7		Energia słoneczna	0,0
8	Ciepło zdalaczynne z kogeneracji <sup>*)</sup>	Węgiel kamienny lub gaz <sup>**)</sup>	0,8
9		Odnawialne źródła energii (biomasa, biogaz <sup>**)</sup>	0,15
10	Ciepło zdalaczynne z ciepłowni lokalnej	Węgiel kamienny	1,3
11		Gaz lub olej opałowy	1,2
12		Biomasa	0,2
13	Energia elektryczna	Sieć elektroenergetyczna systemowa	3,0
14		Systemy fotowoltaiczne	0,7

<sup>\*)</sup> Skojarzona produkcja energii elektrycznej i ciepła.

<sup>\*\*)</sup> W przypadku braku potwierdzenia producenta ciepła o wytwarzaniu go w kogeneracji przyjmuje się  $w_{H(W)} = 1,2$ .

**Tabela 7. Klasy energetyczne budynku w zależności od rodzaju budynku oraz wartości wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP. Klasy opracowane w 2013 roku w oparciu o projekt zmian prawnych w zakresie certyfikacji energetycznej budynków.**

Klasyfikacja energetyczna budynków wg Stowarzyszenia Na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju	Klasy energetyczne	Mieszkalne wartości graniczne EP [kWh/m2rok]			
		jednorodzinny		wielorodzinny	
		od	do	od	do
Budynki zero energetyczne (cel W UE od 2022 roku)		produkują tyle energii z OZE ile zużywają			
Pasywny			23		20
Niskoenergetyczny	A	23	30	20	24
Energooszczędny	B	30	90	24	60
Średnio energooszczędny	C	90	100	60	83
Standardowe	D	100	110	83	105
Średnio energochłonne	E	110	145	105	143
Energochłonne	F	145	180	143	180
Bardzo energochłonne	G	180		180	

Za budynki energooszczędne ze względu na EP można uznać budynki klasy B, A i A+ odpowiadające wartościom podanym w tabeli 6.

W lipcu 2013 roku kolejny raz zmienione zostały wymagania prawne w zakresie energochłonności budynków. W okresie 60 lat zmieniające się często wymagania prawne obniżyły ich energochłonność niemal 20 krotnie z niespełna 400 kWh/m2rok energii użytkowej do 20 kWh/m2rok (a nawet do 15 kWh/m2rok dla budynków pasywnych).

## Spis treści

Część 2. Od czego zależy energochłonność budynku? .....	2
Od czego zależy że budynek jest energooszczędny? .....	2
Energochłonność budynku a rozwiązania ARCHITEKTONICZNE .....	3
Lokalizacja budynku. ....	4
Usytuowanie budynku względem stron świata .....	5
Rozmieszczenie pomieszczeń .....	6
Geometria budynku .....	7
4.3 Izolacyjność termiczna ŚCIAN .....	7
EKONOMICZNIE UZASADNIONA grubość izolacji cieplnej .....	12
KRYTERIA oceny energetycznej ścian.....	13



## Część 2. Elementy budynku energooszczędnego?

O tym, czy budynek jest energochłonny, decyduje bardzo wiele czynników. Duża grupa użytkowników uważa, że energochłonność zależy głównie od systemu grzewczego. Dlatego koncentrują się na poszukiwaniu supernowoczesnego i taniego w eksploatacji systemu produkującego ciepło na potrzeby c.o. i c.w.u.. Za taki uważane są np. pompy ciepła i kolektory słoneczne.

Z tego powodu, choć nie tylko, coraz częściej pojawiają się na budynkach kolektory słoneczne. Zdaniem części użytkowników panele słoneczne przynoszą ogromne oszczędności kosztów ogrzewania ciepłej wody. Inni uważają, że najważniejsza jest bardzo dobra izolacja termiczna wszystkich przegród budowlanych, dlatego ocieplają budynki znaczną grubością materiału termoizolacyjnego, stosują energooszczędne okna. Zdaniem innych największy wpływ na zużycie energii ma energooszczędna wentylacja np. wentylację z rekuperacją. Nie wiadomo, które podejście jest najwłaściwsze przy często bardzo ograniczonych środkach inwestycyjnych?

Spróbujmy odpowiedzieć, co należy zrobić aby budynek był energooszczędny? czyli omówmy czynniki mające wpływ na energooszczędność budynków.

### Od czego zależy, że budynek jest energooszczędny?

O tym, czy budynek można zaliczyć do energooszczędnych, decydują następujące czynniki:

- architektura budynku:
  - lokalizacja budynku,
  - usytuowanie budynku względem stron świata,
  - wielkość przegród przezroczystych (okien),
  - rozmieszczenie pomieszczeń,
  - geometria budynku,
- rozwiązania konstrukcyjne przegród budowlanych;
- izolacyjność przegród budowlanych:
  - ścian,
  - dachów,
  - okien,
  - ścian i podłogi na gruncie,
- szczelność budynku,
- wentylacja: czy jest naturalna, czy mechaniczna z możliwością odzysku energii, czy jest wyposażona w wymiennik gruntowy,
- efektywny energetycznie system grzewczy na potrzeby c.o. i c.w.u.,
- system zarządzania budynkiem, który pozwala również sterować produkcją energii.

Przykładowe analizy energetyczne wykonywane będą dla budynku o następujących danych:



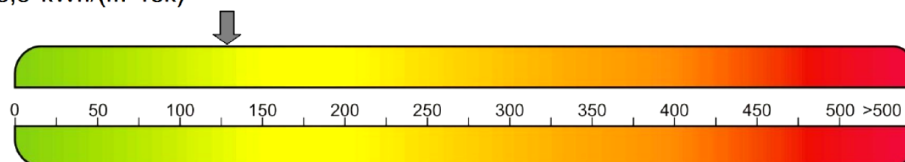
Rysunek 1. Widok przyjętego do przykładowych analiz energetycznych budynku.

Budynek o wymiarach 8 x 12 m<sup>2</sup>,  
 Dwukondygnacyjny z poddaszem użytkowym  
 Powierzchnia użytkowa 139,5 m<sup>2</sup>  
 Użytkowany przez cztery osoby  
 Ogrzewany za pomocą kotła gazowego kondensacyjnego z kolektorami słonecznymi pracującymi na ciepłą wodę.  
 Zlokalizowany w Legnicy  
 Usytuowanie względem stron świata optymalne tzn:  
 Okna o  $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  i powierzchni:

- na południe 8,8 m<sup>2</sup> ,
- na wschód i zachód 6,3 m<sup>2</sup> oraz
- na północ 3,8 m<sup>2</sup>

Przegrody spełniają aktualne wymagania prawne wg WT2009:  
 ściany o  $U=0,292 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  
 dach o  $U=0,247 \text{ W/m}^2\text{K}$  oraz  
 podłoga na gruncie o  $U=0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$

EP - TWÓJ BUDYNEK - STAN PROJEKTOWY  
 128,3 kWh/(m<sup>2</sup>·rok)



WG WYMAGAŃ WT2008 - BUDYNEK NOWY  
 146,1 kWh/(m<sup>2</sup>·rok)

#### Wskaźniki zapotrzebowania na energię

	EUco [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	EK [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	EP [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]
Twój budynek	93,7	132,0	128,3
Budynek nowy wg WT2008	brak wymagań	brak wymagań	146,1

#### Koszty eksploatacji budynku

Roczny koszt ogrzewania	3115,20 zł
Miesięczny koszt ogrzewania	1,86 zł/m <sup>2</sup>
Roczny koszt podgrzania wody użytkowej	588,47 zł
Roczny łączny koszt energii	3703,68 zł

Budynek spełnia wymagania prawne ale w ocenie efektywność energetyczna ze względu na energię użytkową - EU i nieodnawialna energię pierwotną - EP, należy do klasy E i można go nazwać średnio energochłonny. Ocena jest niezadowolająca.

#### Energochłonność budynku a rozwiązania ARCHITEKTONICZNE

Mało kto zwraca uwagę na zależność pomiędzy zagadnieniami architektoniczno-urbanistycznymi a energochłonnością budynku. Inwestorzy nie biorą pod uwagę lokalizacji, nie zdając sobie sprawy, że klimat ma istotny wpływ na zużycie energii w budynku. Istotne jest również otoczenie budynku czyli ewentualne jego zacienienie. Zmniejszenie ilości nasłonecznienia może mieć również wpływ na zużycie energii. Podobnie jest z geometrią budynku. Domy o niekorzystnej charakterystyce geometrycznej - rozrzeźbione, o większej powierzchni przegród zewnętrznych, będą obfitować również w różnego rodzaju mostki geometryczne i konstrukcyjne, co będzie miało również wpływ na zwiększone zużycie energii.

Ze względu na niekorzystną geometrię energochłonność budynku może być większa nawet do 8% w stosunku do budynku zwartego. Miarą pozwalającą ocenić energooszczędność kształtu budynku jest wskaźnik  $A/V_e$ .

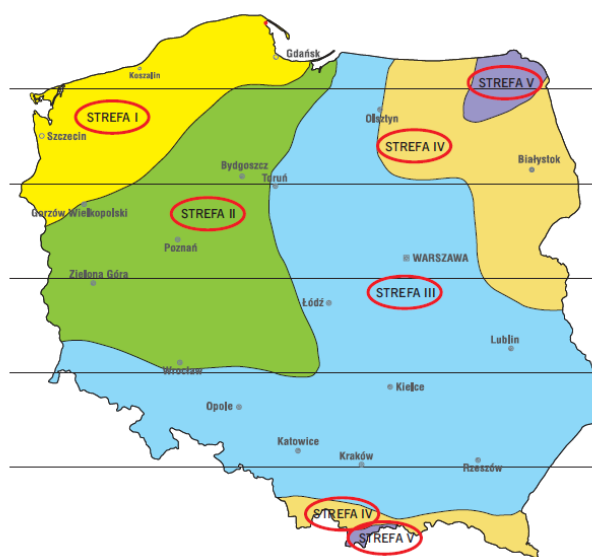
Budynki zwarte, o energooszczędnej charakterystyce geometrycznej, charakteryzują się wartością  $A/V_e$   $A/V_e \leq 0,4$ .

Budynki neutralne geometrycznie legitymują się  $0,4 < A/V_e \leq 0,8$

Budynki o energochłonnej charakterystyce energetycznej mają wskaźnik  $A/V_e > 0,8$

## Lokalizacja budynku.

Dziś inwestorzy bardzo rzadko zastanawiają się nad tym, jaki wpływ na zużycie energii ma lokalizacji. Nie zdajemy sobie sprawy, że lokalizacja budynku może mieć nie mały wpływ na zużycie energii. W Polsce wyróżnia się pięć stref klimatycznych, w których rozmieszczone są 62 stacje meteorologiczne. W strefach tych mogą występować również lokalne mikroklimaty mogące odbiegać od średnich temperatur występujących w regionie. Może być niekorzystna: wietrzność, nasłonecznienie, temperatury zewnętrzne... co będzie miało ostatecznie wpływ na zużycie energii. Wato więc przed podjęciem decyzji zwrócić uwagę jaki klimat panuje na terenie planowanej lokalizacji domu i podjąć decyzje, korygujące rozwiązania architektoniczno-budowlane. Wyższa strefa klimatyczna nie zawsze musi oznaczać bardziej niekorzystny klimat.



**Tabela 1. Jakość klimatu wyrażona w średnich stopniodniach grzewczych obliczonych dla pięciu stref oraz wzrost zużycia energii identycznego budynku położonego w różnych strefach klimatycznych.**

Lp.	Strefa klimatyczna	I	II	III	IV	V
1	Stopniodni – Sd	3238	3681	3879	4076	5032
2	Średnie stopniodni dla Polski Sd średnie dla Polski	3816				
3	Wzrost stopniodni względem Sd I strefy (wsp. kor. $K_k$ )	100%	114%	120%	126%	155%
4	Stosunek Sd względem wartości Sd średnich (wsp. kor. $K_k$ )	85%	96%	102%	107%	132%

Dla uproszczenia analiz w tabeli 1 podano wartość Sd- stopniodni dla różnych stref, charakteryzującą jakość klimatu w różnych strefach termicznych. Podano też wartość średnią Sd dla Polski i odniesiono wszystkie wartości Sd do Sd strefy I (wiersz 3) oraz do Sd średniej dla Polski (wiersz 4). Pozwoli to w sposób uproszczony ale bardzo szybko bez konieczności szczegółowych analiz zorientować się jaka

może być energochłonność budynku w odniesieniu do lokalizacji budynku w różnych strefach termicznych. Przykład przeliczenia energochłonności budynku zlokalizowanego w Legnicy i oszacowanej energochłonności dla budynku zlokalizowanego w Rzeszowie - strefa III i Białymstoku – strefa IV. Szczegóły obliczeń zamieszczono w tabeli poniżej.

**Tabela 2. Korygowanie wartości EU, EK i EP za pomocą**

Dane:	EU	EK	EP
	kWh/m2rok	kWh/m2rok	kWh/m2rok
Legnica	101,3	119,4	133,9
Wsp. korekcyjny $K_K$ ze względu na klimat w strefie III	1,2	1,2	1,2
Rzeszów wartości skorygowane o $EU = EU_{Leg} * K_K$	121,6	143,3	160,7
Rzeszów wartości obliczone	118,4	135,9	146,1
Wsp. korekcyjny $K_K$ ze względu na klimat w strefie IV	1,26	1,26	1,26
Białystok wartości skorygowane o $EU = EU_{Leg} * K_K$	127,6	150,4	168,7
Białystok wartości EU obliczone na podstawie danych meteorologicznych odpowiednich dla lokalizacji	127,7	144,9	162,9

Lokalizacja ma istotny wpływ na to czy przyjęte rozwiązania architektoniczno – budowlane pozwolą zaliczyć budynek do grupy energooszczędnych, czy nie. Dla lepszego zobrazowania zagadnienia w tabeli 3 zaprezentowano wpływ lokalizacji na jakość energetyczną budynku.

**Tabela 3. Wpływ położenia przykładowego budynku o tych samych parametrach energetycznych na zużycie energii.**

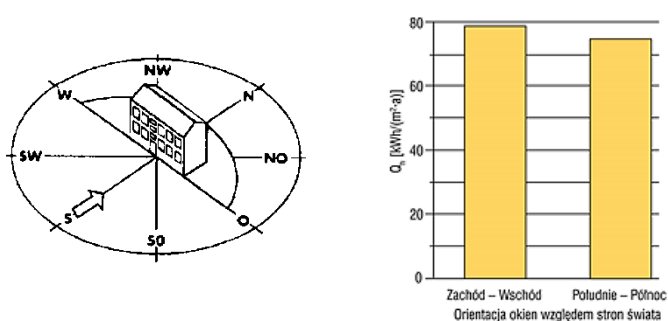
i - ta strefa klimatyczna	Lokalizacja	EU	EK	Zwiększone zużycie energii ze względu na lokalizację
		kWh/m2rok	kWh/m2rok	[%]
1	Gdańsk	96,01	134,5	100%
2	Legnica	93,7	132	98%
3	Warszawa	103,3	144,7	108%
4	Białystok	118,4	165,9	123%
5	Suwałki	127,5	178,6	133%

Zachowanie identycznego zużycia energii dla lokalizacji w różnych strefach klimatycznych wymaga wprowadzenia zmian w zakresie: izolacji termicznej, efektywniejszego systemu grzewczego, wentylacji, co oznacza, że dla uzyskania tej samej jakości energetycznej trzeba będzie ponieść zwiększone nakłady inwestycyjne. W związku z tym może pojawić się pytanie: czy w tej sytuacji budowanie budynków energooszczędnych będzie uzasadnione ekonomicznie. Tak więc kolejną grupą budynków energooszczędnych to budynki o optymalnej. W opinii wielu ekspertów charakterystyka energetyczna budynków powinna być wyznaczana w oparciu o analizy opłacalności ekonomicznej uwzględniając wzrost cen nośników energii oraz utratę wartości pieniądza, koszty środowiskowe w cyklu życia budynku lub elementów budynku.

### Usytuowanie budynku względem stron świata

W każdym budynku oprócz strat ciepła występują również różnego rodzaju zyski ciepłe zewnętrzne i wewnętrzne. Zdarza się, choć bardzo rzadko, że straty ciepła w budynku są mniejsze niż

zyski. Budynki takie nie potrzebują ogrzewania. Sytuacja taka teoretycznie występuje w budynkach pasywnych. Co jest źródłem zysków ciepła? W budynkach mieszkalnych źródłem wewnętrznych zysków ciepła są głównie: urządzenia elektryczne, oświetlenie, ciepło powstające w procesie gotowania, prania, a także zyski od mieszkańców. Znaczący udział w zyskach ciepła stanowi również promieniowanie słoneczne, które dociera do pomieszczeń przez przegrody przeszklone, czyli zyski słoneczne. Ważną rolę w bilansie cieplnym budynku, zwłaszcza w budynkach energooszczędnych i pasywnych, odgrywa usytuowanie budynku względem stron świata (**rys. 1**) oraz poprawne wyeksponowanie przegród przeszklonych na działanie słońca (**rys. 2**). Uwzględnienie wpływu promieniowania słonecznego pozwala na zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło nawet o 7%. Jest to pasywny sposób wykorzystania energii słonecznej do celów grzewczych. Zastosowanie dodatkowych rozwiązań, takich jak: okiennice, rolety lub refleksy, mogące działać okresowo (np. w nocy), dodatkowo może korzystnie wpłynąć na bilans zysków i strat ciepła w budynku w całym okresie eksploatacji.



**Rysunek 2.** Wpływ usytuowania budynku względem stron świata na energochłonność budynku.



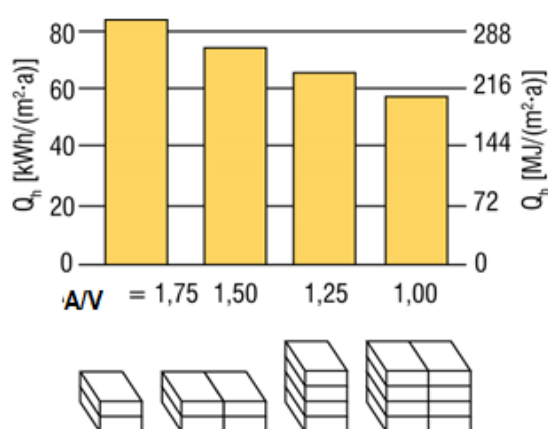
**Rysunek 3.** Budynek wyeksponowany na południe w celu maksymalnego wykorzystania energii słonecznej do celów grzewczych i do produkcji energii elektrycznej

## Rozmieszczenie pomieszczeń

Wykorzystanie energii słonecznej narzuca konieczność odpowiedniej lokalizacji pomieszczeń, tak aby w sposób optymalny pozyskać energię słoneczną do celów grzewczych. Od strony południowej należy lokalizować pomieszczenia pobytu dziennego, od strony północnej zaś te, które są eksploatowane w godzinach nocnych, np. sypialnie lub inne pomieszczenia wymagające niższych temperatur wewnętrznych.

## Geometria budynku

Przez wiele lat wznoszono budynki, nie specjalnie analizując wpływ geometrii budynku na jego energochłonność. O wyborze rozwiązań architektonicznych decydował głównie wygląd budynku, funkcje pomieszczeń oraz możliwości urbanistyczne. Bardzo często zdarzało się, że budynki były bardzo „rozrzeźbione”, tzn. miały dużą powierzchnię zewnętrznych przegród budowlanych ( $A$ ), przez które dochodzi do strat ciepła, w stosunku do kubatury budynku ( $V$ ). Stosunkowo duża wartość  $A/V$  skutkuje zwiększonym zużyciem energii. Najkorzystniejszym rozwiązaniem ze względu na zużycie energii jest budynek geometrycznie zwarty, co jest trochę w sprzeczności do oczekiwań estetycznych użytkowników i architektów. Projektant powinien poszukiwać kompromisu pomiędzy minimalną wartością  $A/V_e$  a estetyką budynku. Budynki zwarte mogą charakteryzować się obniżoną nawet o 8 do 12 % energochłonnością. Warto zatem poszukać kompromisu pomiędzy walorami estetycznymi budynku a jego energochłonnością.



Wykres 1. Wpływ kształtu budynku wyrażona jako stosunek  $A$  do  $V$  na jego energochłonność

## 4.3 Izolacyjność termiczna ŚCIAN

Wymagania izolacyjności termicznej ścian zmieniały się wielokrotnie. Do końca lat 70 nie stosowano izolacji termicznej ścian. Wykonywane były głównie z cegły pełnej, dziurawki, pustaków szczelinowych lub w technologii wielkopłytywowej lub wieloblokowej, gdzie stosowano w ścianach osłonowych izolację termiczną ze styropianu. W latach 80. uważano, że przegroda jest bardzo dobrze izolowana, gdy jest ocieplona wełną mineralną lub styropianem o grubości od 2 do 4 cm. W tym czasie budowano mury wielowarstwowe oraz jednowarstwowe z pustaków MAX lub z cegły pełnej i dziurawki z pustką powietrzną. W latach 90-tych wymagania w zakresie izolacyjności termicznej uległy dalszemu zaostrzeniu. Za optymalne uznawano wtedy ocieplenie materiałem termoizolacyjnym o grubości 5 - 10 cm. Następnie pod koniec lat 90-tych wraz z wymaganiami stawianymi w Ustawie termomodernizacyjnej izolacyjność ścian została ponownie zaostrzona. Grubość izolacji wzrosła do grubości 12 cm izolacji termicznej. Według zawartych w niej wytycznych minimalna wartość współczynnika przenikania ciepła ścian powinna wynosić  $U = 0,25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Dodatkowo wprowadzono konieczność optymalizacji izolacji termicznej, w wyniku czego nierzadko jej grubość znacznie przekraczała 10 cm. Najczęściej wynosiła ona 14 cm, ale zdarzało się również, że stosowano 18-centymetrowe grubości styropianu lub wełny mineralnej. Współczynnik przenikania ciepła ściany wynosił wówczas nawet  $U = 0,2 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Dziś standardem są ściany izolowane materiałem termoizolacyjnym gr. 15 cm do 20 cm.

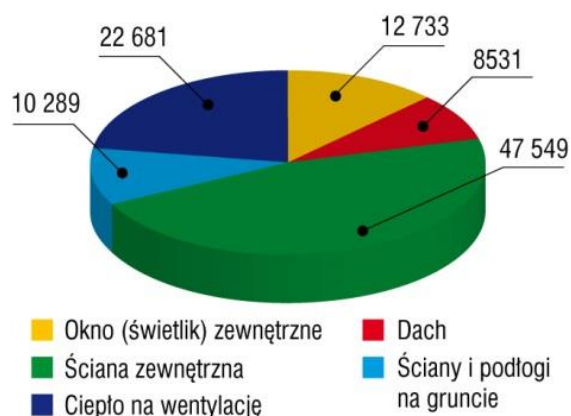
Tabela 4. Zmiany izolacyjności termicznej  $U$  ścian po II wojnie światowej



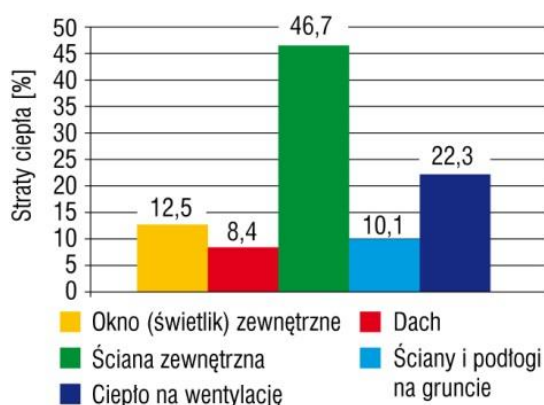
Typ przegrody	Do 1974	Do 1982	Do 1991	Do 1998	Od 1998		Od 2009	Planowane zmiany prawne		
								Od 2014	Od 2017	Od 2021
U ściany [W/m <sup>2</sup> K]	1,47	1,16	0,75	0,55	0,5	0,3	0,3	0,25	0,23	0,2

Rewolucją w myśleniu inżynierskim było wprowadzenie analiz opłacalności ekonomicznej, które wyzwoliły myśl projektową od zasady spełniania minimalnych wymagań prawnych. Opracowano bardziej złożone modele analiz ekonomiczno-technicznych, które umożliwiły uwzględnianie takich czynników, jak: inflacja, wzrost cen nośników energii, okres korzystania z efektów podwyższonej izolacji. W wyniku wprowadzenia tych nowoczesnych metod analizy optymalna grubość izolacji znacznie wzrosła.

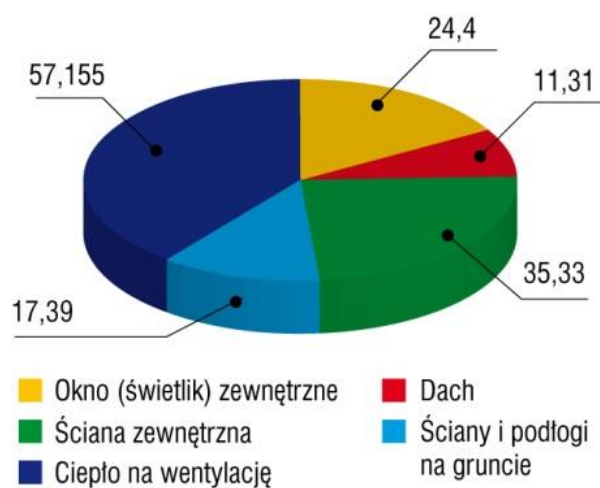
Na **wykresie 2 i 3** przedstawiono straty ciepła przez przegrody w typowych budynkach z lat 70., natomiast na **wykresie 4 i 5** – straty w budynkach spełniających obecne wymagania w zakresie izolacyjności termicznej. Miejsca, przez które następują straty ciepła w budynkach źle izolowanych, pokazano na **termogramie 1,2**. Dla porównania na **termogramie 3** przedstawiono rozkład temperatur w budynku pasywnym.



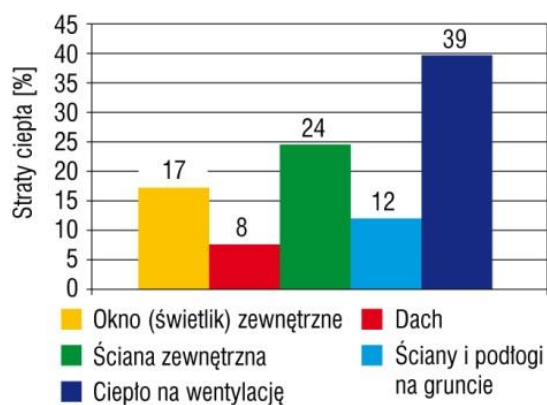
**Wykres 2. Straty ciepła przez przegrody [kWh] w typowym domu jednorodzinnym z lat 70.: ściany – 1 i ½ cegły o współczynniku  $U = 1,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , dach –  $U = 0,85 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , okna drewniane dwuszybowe –  $U = 3,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  [2]**



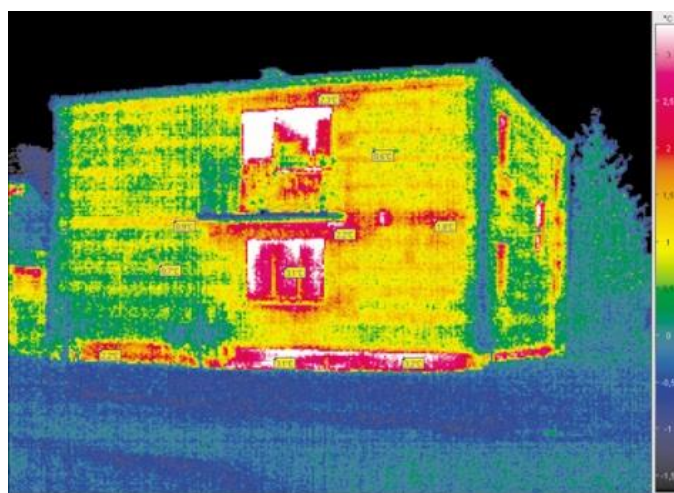
**Wykres 3. Procentowe straty ciepła w typowym domu jednorodzinnym z lat 70. (parametry izolacyjne jak na rys. 1) [2]**



**Wykres 4.** Straty ciepła [GJ] w typowym domu jednorodzinnym spełniającym aktualne wymagania prawne: ściany, dach –  $U = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , okna –  $U = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , wentylacja za pomocą nawiewników ręcznie sterowanych

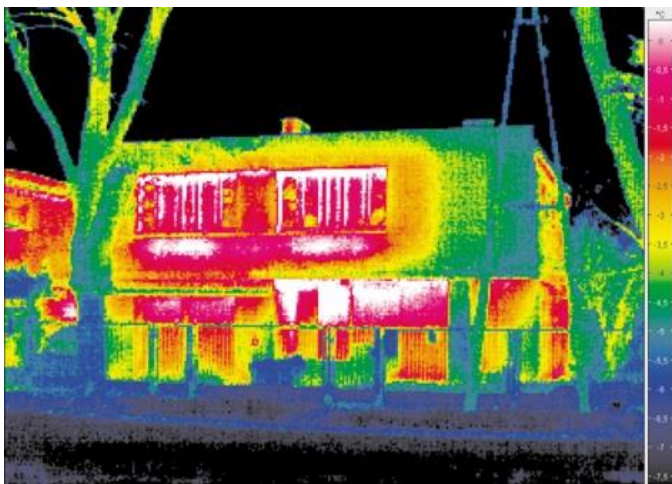


**Wykres 5.** Procentowe straty ciepła w typowym domu jednorodzinnym spełniającym aktualne wymagania prawne.

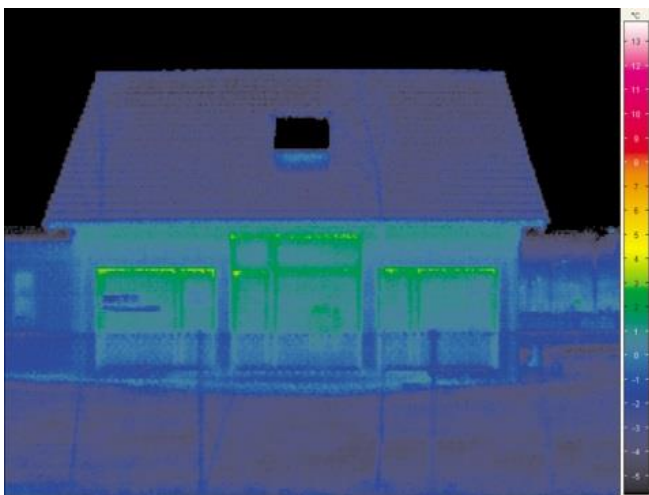


**Termogram 1.** Zdjęcia termowizyjne domu jednorodzinnego z lat 70. Zarejestrowano mostki termiczne na ścianie fundamentowej, wieńcach i nadprożach.





**Termogram 2.** Zdjęcia termowizyjne domu jednorodzinnego z lat 70. Widoczne są nadmierne straty przez ściany, wnętrza podokienne, nadproża okienne, podokienniki oraz stolarkę okienną.

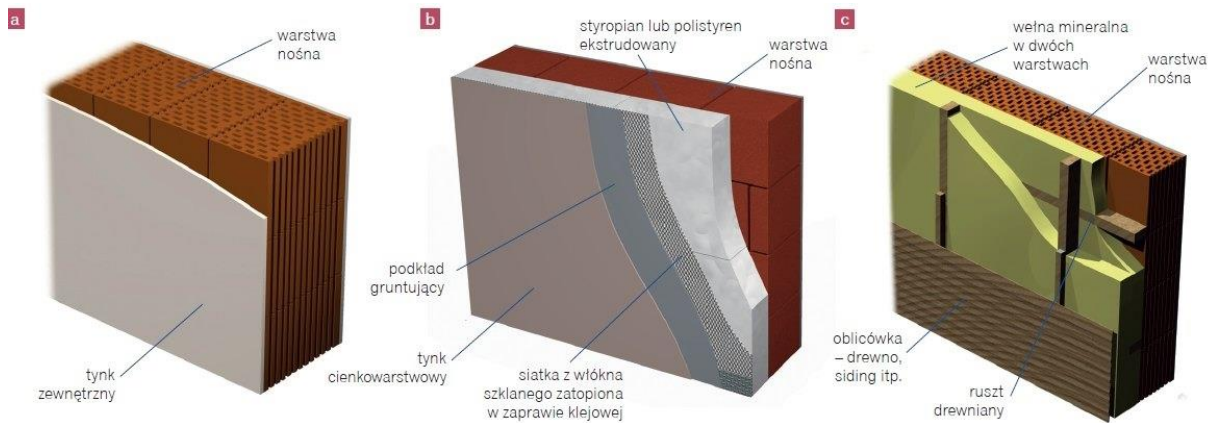


**Termogram 3.** Zdjęcie termowizyjne budynku pasywnego. Brak widocznych mostków termicznych.

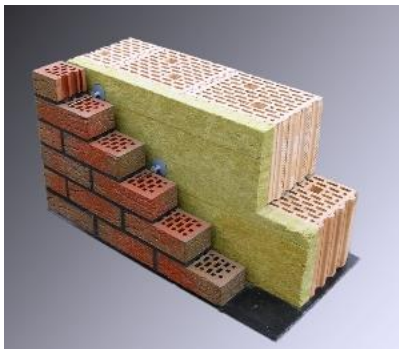
## Sposoby ocieplania ścian

Ściany zewnętrzne można wykonać w konstrukcji:

- jednowarstwowej np. z gazobetonu lub pustaków poryzowanych (a),
- ściany dwuwarstwowe (b),
- ściana szkieletowa (c),
- ściany wielowarstwowe (d) ,

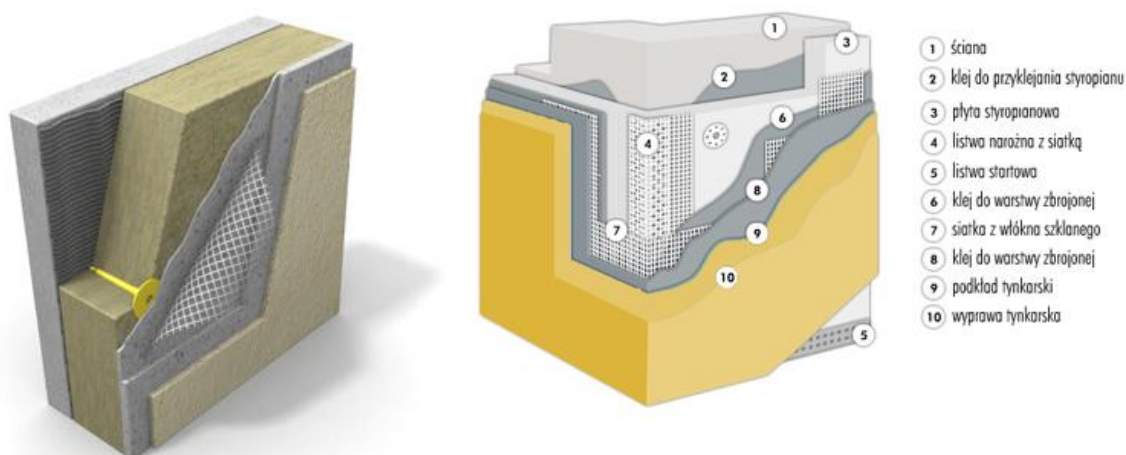


Aktualnie najpopularniejszą konstrukcją ścian jest układ dwuwarstwowy. Ocieplenie wykonywane jest styropianem lub wełną mineralną.



d) ściana wielowarstwowa

Rysunek 4. Ocieplenie za pomocą styropianu lub wełny metodą ETICS.



### EKONOMICZNIE UZASADNIONA grubość izolacji cieplnej

W praktyce projektowej przyjmuje się taką grubość izolacji cieplnej, która spełnia minimalne wymagania obowiązujących przepisów.

Podstawowe wymagania narzucają jednak konieczność racjonalizacji zużycia energii, co w konsekwencji wymaga dokonania optymalizacji. Obecnie stosowane są dwie metody optymalizacji: na podstawie wskaźnika SPBT lub NPV. Prosty czas zwrotu SPBT (Simple Pay Back Time) oblicza się za pomocą wzoru:

$$SPBT = \frac{N}{\Delta O} \quad [\text{lata}]$$

gdzie:

N – nakłady inwestycyjne,

O – oszczędności.

Metoda ta nie uwzględnia wzrostu cen nośników energii ani utraty wartości pieniądza w czasie.

Wskaźnik NPV (Net Present Value) określający wartość bieżącą netto pozwala określić korzyści z realizacji inwestycji w badanym okresie. Ogólny wzór na obliczenie wartości NPV jest następujący [4]:

$$NPV = -I_0 + \sum_{i=1}^n \Delta E_0 \frac{(1+s)^i}{(1+r)^i}$$

w którym:

$I_0$  – nakład inwestycyjny,

n – zakładana liczba lat korzystania z efektów inwestycji,

$E_0$  – korzyść z realizacji inwestycji w cenach roku realizacji,

r – stopa dyskontowa,

s – stopa wzrostu kosztu ogrzewania ponad stopę spadku wartości pieniądza w czasie.

Stopa dyskontowa uwzględnia spadek wartości pieniądza w czasie i sprowadza oszczędności w przyszłych latach do wartości pieniądza w roku bazowym.

**Tabela 5. W oparciu o wartość NPV wyznaczono optymalne współczynniki przenikania ciepła przy założeniach: inflacja 3%, wzrost cen nośników energii 5%, trwałość rozwiązań 20 lat.**

Źródło energii	U optymalne dla ściany	Klasa energetyczna ścian
	[W/m <sup>2</sup> K]	
Węgiel	0,12	A
Eko-groszek	0,12	A
Biomasa szczapy drewna	0,13	A
Biomasa zrębki	0,135	A
Biomasa pellet	0,12	A
Gaz ziemny	0,12	A
Energia elektryczna	0,09	A+
Energia elektryczna - pompa ciepła	0,15	A
Olej, propan	0,1	A+

Na podstawie przeprowadzonych analiz można wywnioskować, że optymalna izolacja termiczna jest zależna od ceny ciepła. Im ciepło jest tańsze tym izolacyjność cieplna ścian może być mniejsza. Nie jest ekonomicznie uzasadnione wprowadzanie przegród o lepszej izolacyjności termicznej.

### KRYTERIA oceny energetycznej ścian

Jeżeli można podjąć się opisanie klas energetycznych dla przegród budowlanych to należy odnieść się do wymagań prawnych. Podstawą stworzenia kryterium oceny energetycznej ścian w budownictwie mieszkaniowym są wymagania zawarte w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z 2013 roku.

Klasa energetyczna	Współczynnik przenikania ciepła dla ściany U
	W/m <sup>2</sup> K
A+	$U \leq 0,1$
A	$0,1 < U \leq 0,15$
B	$0,15 < U \leq 0,18$
C	$0,18 < U \leq 0,2$
D	$0,20 < U \leq 0,22$
E	$0,22 < U \leq 0,25$
F	$0,25 < U \leq 0,5$
G	$0,5 < U$

Dla sympatyków budownictwa pasywnego warto powołać **klasę A+**, która będzie obejmować przegrody o izolacyjności zalecanej przez autorów wymagań domów pasywnych, a mianowicie  $U < 0,1$  W/(m<sup>2</sup>·K).

## Spis treści

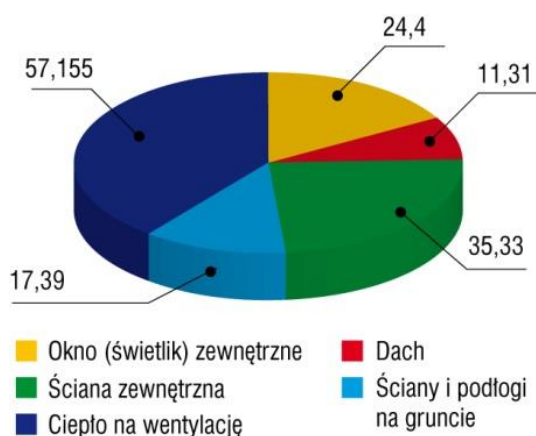
Jak ocieplić dachy? .....	2
Czy straty ciepła przez dach są duże?? .....	2
Jakie są wymagania izolacyjność termicznej dla dachów? .....	2
Jak ocieplać różne rodzaje dachów? .....	3
Jaka jest optymalna grubość izolacji termicznej dachu? .....	7

## Jak ocieplić dachy?

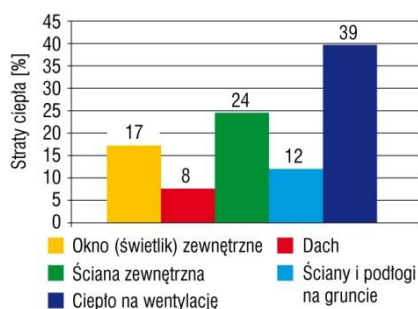
Dachy odgrywają w budynkach bardzo ważną rolę: chronią budynek przed deszczem, izolują akustycznie i termicznie, spełniają też ważne funkcje przeciwpożarowe. Należy je więc tak projektować, by spełniały wszystkie wymagania, w tym miały odpowiednią izolacyjność termiczną. Dobrze zaizolowany dach oznacza bowiem mniejsze straty ciepła w budynku zimą, lepszy klimat w pomieszczeniach ostatniej kondygnacji latem.

## Czy straty ciepła przez dach są duże?

Udział strat ciepła przez dachy w bilansie ogólnych strat ciepła w budynku może wynosić od 8% do 15%. Straty te zależą od rodzaju dachu, powierzchni, konstrukcji oraz zastosowanej izolacji termicznej.



**Wykres 1. Straty ciepła [GJ] w typowym domu jednorodzinnym spełniającym aktualne wymagania prawne: ściany, dach –  $U = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , okna –  $U = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ , wentylacja za pomocą nawiewników ręcznie sterowanych**



**Wykres 2. Procentowe straty ciepła w typowym domu jednorodzinnym spełniającym aktualne wymagania prawne.**

## Jakie są wymagania izolacyjności termicznej dla dachów?

Wymagania dotyczące izolacyjności termicznej dachów określone zostały w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1] – w rozdziale X. Zgodnie z nimi budynek powinien być tak zaprojektowany i wykonany, by ilość energii cieplnej potrzebnej do jego użytkowania zgodnie z przeznaczeniem można było utrzymać na

racjonalnie niskim poziomie.

**Tabela 1. Zmiany wymogów prawnych w zakresie izolacyjności cieplnej dachów w okresie po II wojnie światowej**

Rok budowy		Do 1974 r.	Do 1982 r.	Do 1991 r.	Do 1998 r.	Po 2009 r.	od 2014	od 2017	od 2021
współczynnika przenikania ciepła dla przegród budowlanych [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Dach	0,87	0,7	0,45	0,3	0,25	0,2	0,18	0,15

Aktualnie dachy powinny charakteryzować się współczynnikiem przenikania ciepła  $U \leq 0,25$  W/m<sup>2</sup>K. Jednak wprowadzone w lipcu zmiany prawne narzucają zwiększenie izolacyjności termicznej dachu. Od stycznia 2014 wartość U dla dachu nie powinna być większa niż 0,2 W/m<sup>2</sup>K, co narzucać będzie zmianę konstrukcji dachu i zwiększenie izolacji.

### Jak ocieplać dach?

Sposób ocieplania dachu zależy od jego konstrukcji. Poniżej omówione zostały najczęściej stosowane konstrukcje i sposoby izolowania termicznego.

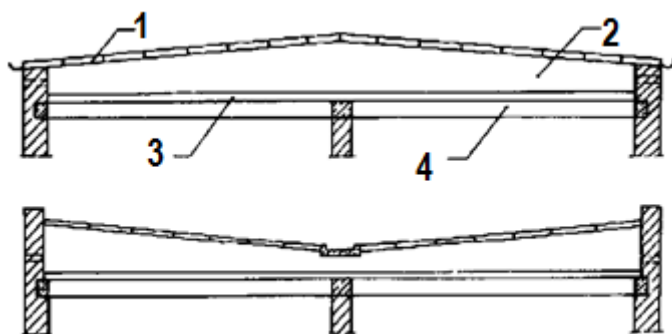
#### Stropodachy wentylowane

W tej konstrukcji izolacja cieplna oddzielona jest od warstwy zewnętrznej wentylowaną szczeliną powietrzną. Pod względem odprowadzenia wilgoci jest to najlepsze rozwiązanie, ponieważ całkowicie eliminuje problemy związane z dyfuzją pary wodnej przez przegrodę, pod warunkiem prawidłowej wentylacji przestrzeni wentylowanej. Aby wentylacja była sprawna, otwory muszą być umieszczone po przeciwnych stronach dachu. Łączna powierzchnia otworów wentylacyjnych nawiewnych powinna wynosić co najmniej 0,0015 – 0,002 powierzchni dachu.

Izolację stropodachów wentylowanych najczęściej wykonuje się za pomocą:

- wełny mineralnej z roli lub płyt izolacyjnych
- wełny szklanej z roli lub płyt izolacyjnych
- granulatu z wełny skalnej, szklanej lub celulozowej układanej za pomocą wdmuchiwan.

Metoda wdmuchiwan jest stosowana najczęściej do istniejących stropodachów. Stosowanie sypkich materiałów wdmuchiwan wymaga, ze względu na jego stopniowe zagęszczanie, zwiększenia grubości izolacji termicznej o co najmniej 25, a nawet 35%, np. przy projektowanej grubości termoizolacji 20 cm należy wprowadzić co najmniej 25--centymetrową warstwę materiału termoizolacyjnego.

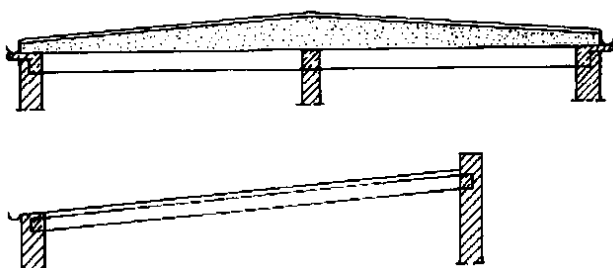


**Rysunek 1. Stropodach wentylowany: 1 – konstrukcja dachu nad wentylowaną częścią stropodachu, 2 – przestrzeń wentylowana, 3 – warstwa izolacji, 4 – strop nad ostatnią kondygnacją (Rysunek: A. Dziegielewski )**

### Stropodachy niewentylowane

W takim dachu wszystkie warstwy ściśle przylegają do siebie. Ze względu na strukturę warstw, w których na zewnątrz jest materiał o bardzo dużym oporze dyfuzyjnym, np. papa termozgrzewalna, istnieje zagrożenie kondensacją pary wodnej w przegrodzie. Kumulacja pary wodnej powoduje zawilgocenie ocieplenia, a w związku z tym spadek właściwości izolacyjnych. Każdy dach niewentylowany musi być zatem odpowietrzany za pomocą zainstalowanych kominków wentylacyjnych. Stosowanie dachowych kominków wentylacyjnych nie jest rozwiązaniem dobrym, choć często stosowanym. Takie rozwiązanie można przyjąć w ostateczności, gdy nie można zastosować stropodachu wentylowanego a wykonanie stropodachu wentylowanego jest albo nie możliwe z przyczyn technicznych albo ekonomicznych.

Izolację dachów najczęściej wykonuje się z użyciem wełny mineralnej o odpowiedniej gęstości. Jako izolację termiczną można też stosować płyty styropianowe lub z pianki poliuretanowej. Aby uniknąć mostków cieplnych powstających w miejscach nieszczelności izolacji termicznej, najlepiej płyty układać warstwowo „na mijankę”, tak by połączenia nie występowały w jednej linii.

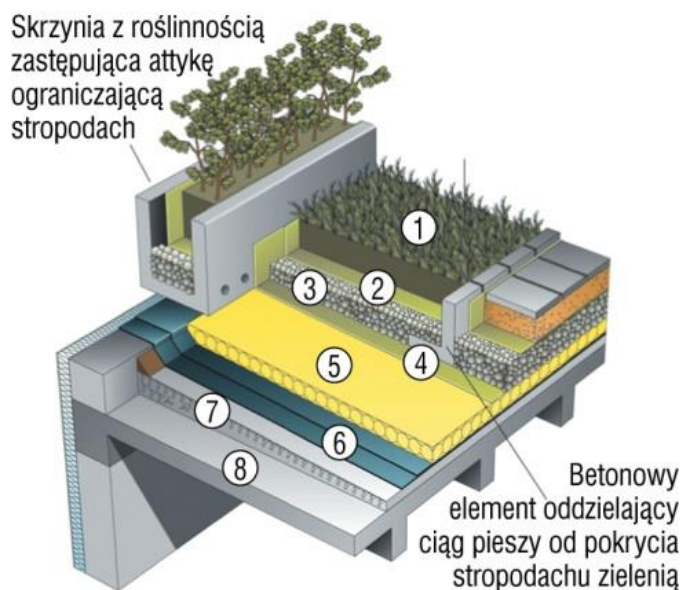


Rysunek 2. Stropodach niewentylowany Rysunek: A. Dziegielewski [6]

### Stropodachy o odwróconym układzie warstw (dachy odwrócone)

Jest to rodzaj stropodachu niewentylowanego, w którym układ warstw został odwrócony: na stropie układu się izolację przeciwwilgociową, a dopiero na niej izolację termiczną, głównie z polistyrenu ekstrudowanego. Całość przykrywa się żwirem. Taka konstrukcja pozwala też na wykonanie coraz bardziej poszukiwanego przez inwestorów dachu z warstwą wierzchnią przeznaczoną do uprawy roślin – tzw. dachu zielonego.





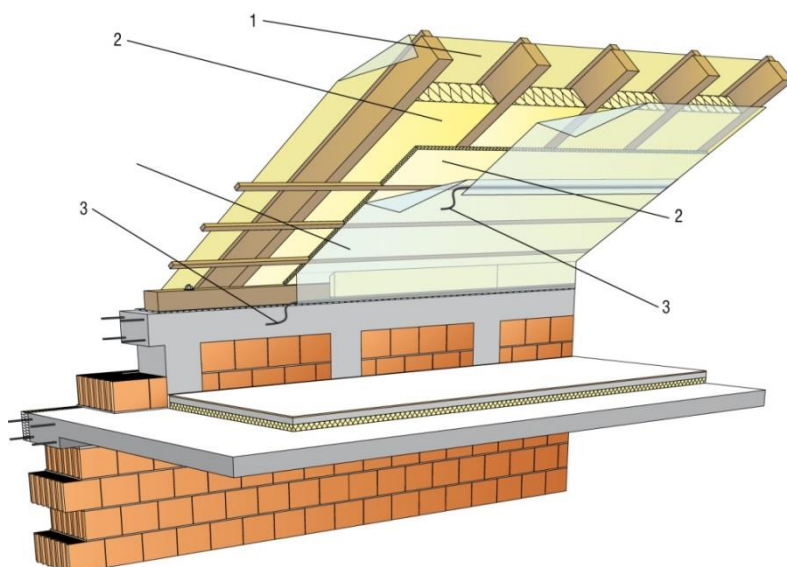
Rysunek 3. Przykładowa konstrukcja stropodachu odwróconego: 1 – warstwa humusu, 2 – włóknina filtrująca, 3 – warstwa filtracyjna z płukanego, okrągłego żwiru, 4 – włóknina filtrująca, 5 – termoizolacja z polistyrenu ekstrudowanego, 6 – hydroizolacja z dwóch warstw bitumicznej papy termozgrzewalnej, 7 – warstwa spadkowa z lekkiego betonu, 8 – strop betonowy (Rysunek: URSA)

### „Dachy skośne” – więźby dachowe z izolacją termiczną.

Ocieplenie dachów nad poddaszem ogrzewanym wykonuje się przez ułożenie warstwy izolacyjnej pomiędzy krokiewkami. Szczególnym problemem jest zabezpieczenie przegród przed zawilgoceniem skraplającą się parą wodną oraz infiltracją powietrza zewnętrznego przez nieszczelności pokrycia dachowego i ocieplenia. Konieczne jest więc stosowanie paroizolacji i warstwy wiatroszczelnej.

Ocieplenie wykonuje się najczęściej z wełny mineralnej, którą mocuje się w przestrzeni między krokiewkami. Pod tą warstwą (od zewnętrznej strony przegrody) układa się warstwę wiatroszczelną z folii perforowanej, która przepuszcza parę wodną, natomiast chroni przed przepływem powietrza (wiatrem). Od strony wewnętrznej (od strony pomieszczenia) warstwy izolacyjne okrywa się paroizolacją z folii PVC lub folią polietylenową. Od wewnątrz mocuje się warstwę wykończeniową z desek lub z płyt gipsowo-kartonowych.

Stosowanie styropianu jako izolacji termicznej jest niewskazane ze względu na jego niższą odporność ogniową, niszczenie przez gryzonie oraz duże problemy w prawidłowym – dokładnym dopasowaniu izolacji do rozstawu krokwi.



Rysunek 4. Widok poprawnie wykonanego ocieplenia więźby dachowej z zastosowaniem wełny mineralnej układanej warstwowo, zmniejszającego wpływ mostków cieplnych: 1 – membrana dachowa o wysokiej paroprzepuszczalności, 2 – mineralna wełna szklana, 3 – taśma uszczelniająca, 4 – folia paroszczelna (Rysunek: URSA)

Ostatnio popularne staje się ocieplenie dachu pianką poliuretanową, którą natryskuje się przestrzenie międzykrokwowe. Pianka poliuretanowa charakteryzuje się lepszymi parametrami izolacyjnymi termicznymi ale nieznacznie gorszymi parametrami izolacji akustycznej.



Zdjęcie 1. Wykonanie izolacji natryskowej więźby dachowej (materiały ze strony [www.izolacja-natryskowa.pl](http://www.izolacja-natryskowa.pl))

Klasyfikacja izolacyjności termicznej dachów.

Podobnie jak dla ścian opracowane klasyfikację izolacyjności termicznej dachów. Szczegóły zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Klasy energetycznej izolacyjności termicznej dla dachu

Klasa energetyczna	Wartość współczynnika przenikania ciepła U dla dachu
	W/m <sup>2</sup> K
A+	$U \leq 0,1$
A	$0,1 < U \leq 0,15$

B	$0,15 < U \leq 0,18$
C	$0,18 < U \leq 0,2$
D	$0,20 < U \leq 0,22$
E	$0,22 < U \leq 0,25$
F	$0,25 < U \leq 0,5$
G	$0,5 < U$

### Jaka jest optymalna grubość izolacji termicznej dachu?

Czy warto zastosować większą grubość izolacji termicznej? Udzielenie odpowiedzi na to pytanie wymaga dokonania optymalizacji grubości ocieplenia dachu.

Na potrzeby opracowania wykonano analizy w odniesieniu do różnych nośników energii, dla których określono optymalną wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  dachu skośnego. Wartości optymalne są znacznie niższe od wartości minimalnej wymaganej Prawie budowlanym. Analizy przeprowadzono z wykorzystaniem wskaźnika NPV przy założeniu, że inflacja w okresie 20 lat będzie stała i wyniesie 3% rocznie, wzrost kosztów energii wyniesie średnio 5% rocznie.

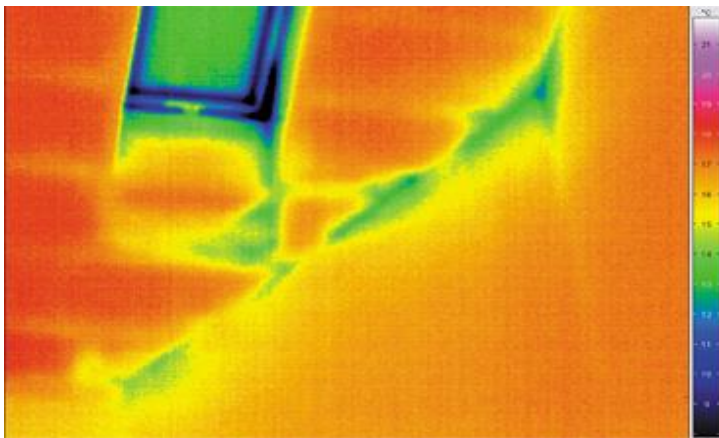
**Tabela 3. Optymalne pod względem ekonomicznym parametry izolacji termicznej dachu w zależności od nośnika energii**

Źródło energii	Wartość $U$ optymalna dla dachów	Wartość $U$ zalecana dla dachu	Klasa energetyczna przegrody optymalnej
	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	
Węgiel	0,13	0,15	A
Eko-groszek	0,13	0,15	A
Biomasa - szczapy drewna	0,14	0,15	A
Biomasa - zrębki	0,145	0,15	A
Biomasa - pelet	0,13	0,15	A
Gaz ziemny	0,14	0,15	A
Energia elektryczna	0,1	0,1	A+
Energia elektryczna - pompa ciepła	0,17	0,15	B
Olej, propan	0,1	0,1	A

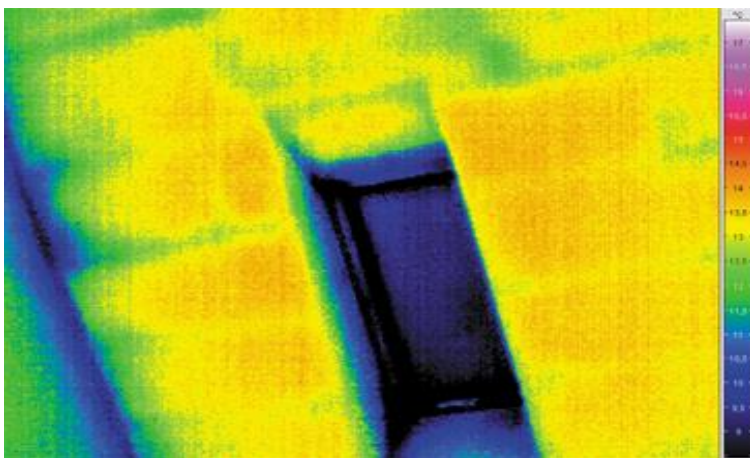
### PODSUMOWANIE

Optymalne oraz ekonomicznie uzasadnione grubości izolacji termicznej dachów są znacznie większe od obecnie stosowanych. Warto zatem zainwestować w lepszą izolacyjność dachu, poprawiając w ten sposób efektywność energetyczną budynku. Działanie takie przyniesie korzyści ekonomiczne (obniżenie kosztów ogrzewania zimą oraz chłodzenia pomieszczeń ostatniej kondygnacji latem), a także ekologiczne (lepsza izolacyjność oznacza obniżenie zużycia energii, a więc zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych), jednak czas zwrotu poniesionych nakładów na zwiększoną izolacyjność będzie stosunkowo długi (od 12-19 lat).

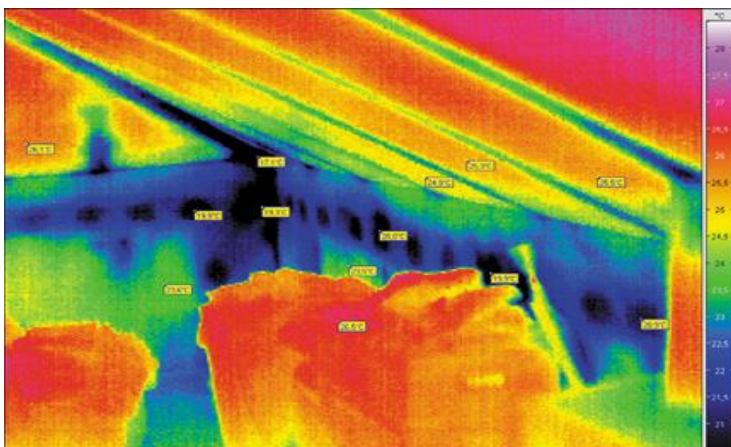
Przy zwiększaniu grubości ocieplenia warto skonsultować planowane zmiany z audytorem energetycznym lub fizykiem budowli. Pozwoli to uniknąć błędów decyzyjnych i w konsekwencji kondensacji pary wodnej w przegrodzie. Niezbędne jest też wyeliminowanie niekorzystny wpływ mostków cieplnych na izolacyjność dachu.



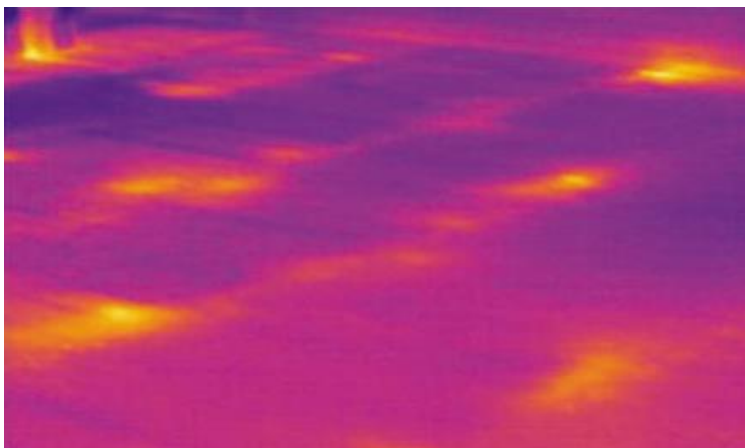
Termogram 1. Mostki ciepne na krokwi koszowej wynikające z wadliwie wykonanej termoizolacji



Termogram 2. Widoczne mostki ciepne wynikające z wadliwie wykonanej konstrukcji płyt gipsowo-kartonowych oraz na połączeniu okna połaciowego z dachem



Termogram 3. Widoczne mostki ciepne na konstrukcji dachu oraz na połączeniu dachu ze ścianą



**Termogram 4. Strop na nieogrzewanym strychu, mostki cieplne na połączeniu materiału termoizolacyjnego z belkami stropowymi wynikające z błędów projektowych oraz wykonawczych**

## Spis treści

---

Czy likwidacja mostków cieplnych jest tak istotna? .....	2
Jak uniknąć mostków cieplnych? .....	2
Jak poznać, że budynek jest dobrze zaprojektowany pod względem mostków cieplnych?.....	4



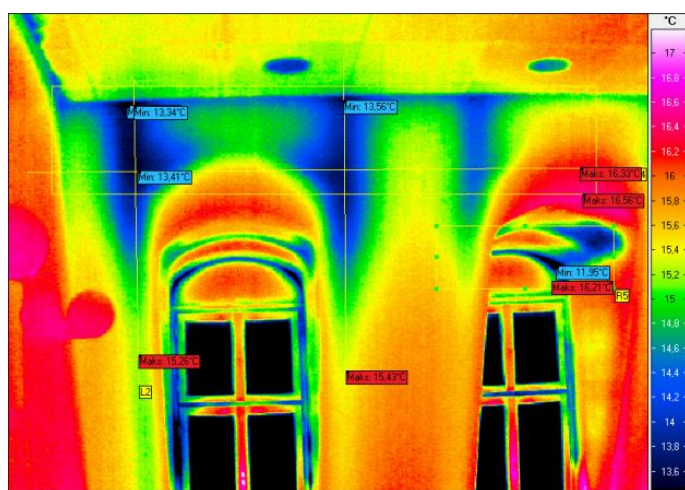
## Czy likwidacja mostków cieplnych jest tak istotna?

Zagadnienie dodatkowych strat ciepła wynikające z zmienności izolacji cieplnej przegrody jest zauważalne zazwyczaj wtedy gdy pojawiają się problemy z wilgocią lub pleśnią. Wtedy jest często za późno na dokonanie modyfikacji i usunięcie wad. Naprawy bywają bardzo kosztowne. Miejscowe zwiększone straty ciepła zwane są mostkami termicznymi. Wpływ powinien być szczegółowo analizowany na etapie projektowym. Podczas wykonawstwa należy zwrócić szczególną uwagę na zastosowanie takich materiałów jakie zostały przyjęte na etapie projektowym.

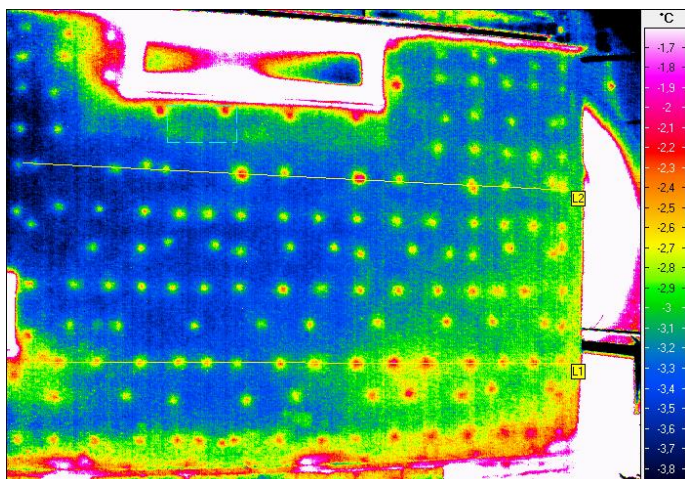
Analizowanie wpływu mostków jest zagadnienie skomplikowanym i wielokryterialnym. Wymaga szczególnej uwagi i doświadczenia projektowego, które niestety często zdobywane jest przez doświadczenie inżynierskie.

## Jak uniknąć mostków cieplnych?

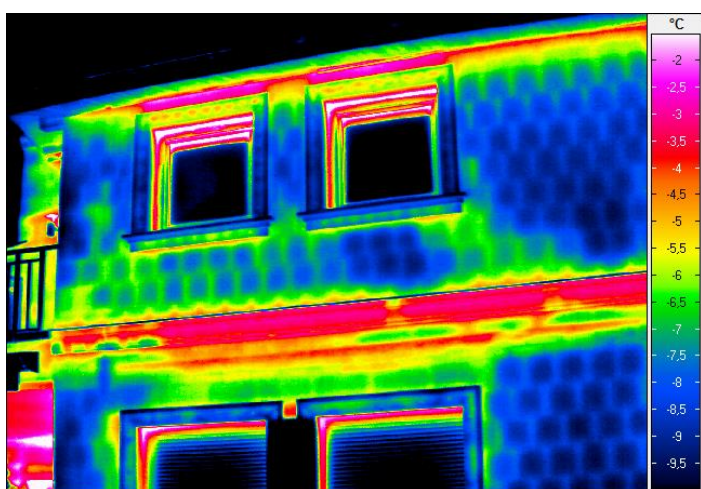
Projektowanie i wykonywanie budynków energooszczędnych wiąże się z koniecznością prawidłowego rozwiązania detali architektonicznych, tak aby między innymi wyeliminować lub ograniczyć wpływ mostków cieplnych. Zaniedbanie tego zagadnienia będzie skutkować nie tylko zwiększonymi stratami ciepła przez ścian ale również problemami z pleśnią w budynku lub kondensacją wilgoci wewnątrz przegrody. Chodzi o to aby tak zaprojektować przegrody, żeby udział mostków cieplnych, ich na straty ciepła w budynku był minimalny. Nie jest to zadanie proste, czego dowodem są zamieszczone poniżej termogramy:



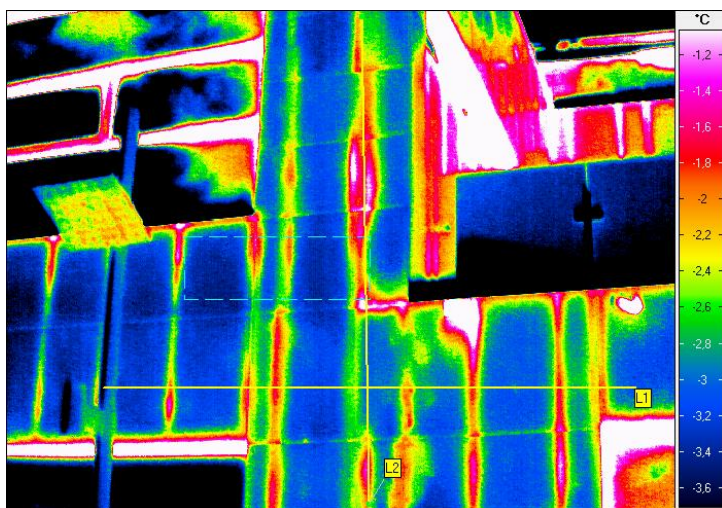
Termogram 1. Mostki cieplne na poddaszu



Termogram 2. Mostki termiczne punktowe na ocieplonej ścianie.



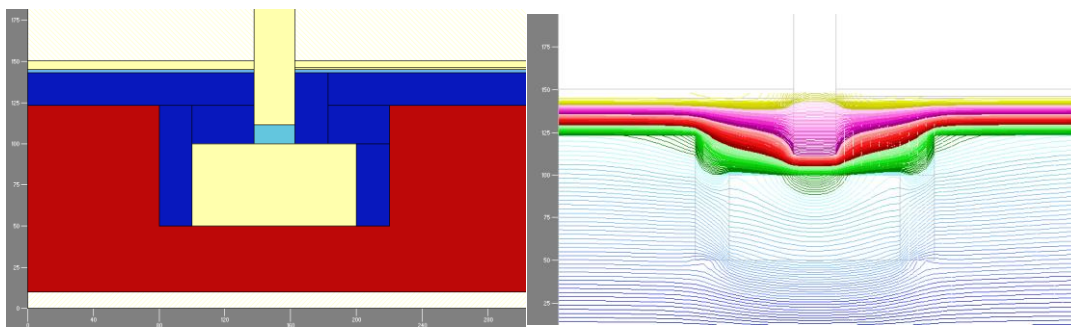
Termogram 3. Mostki cieplne na nadprożach, wieńcach oraz na połączeniach pustaków poryzowanych .



Termogram 4. Mostki liniowe w ścianie wielowarstwowej izolowanej wełną mineralną.

Przykładowa analiza mostka cieplnego ławy fundamentowej wewnętrznej z obliczeniem rozkładu temperatur i analizą zagadnień ciepłno - wilgotnościowych. Dla tak zaprojektowanej przegrody mostek na ścianie fundamentowej wyniósł  $\psi = 0,02 \text{ W/mK}$ . Jest to wartość niewielka, jednak dość duża ilość i długość ścian fundamentowych powoduje, że udział mostka cieplnego nie może być pominięty zwłaszcza w budynkach energooszczędnych.





**Tabela 1. Obliczeniowa wartość mostka cieplnego ławy fundamentowej wewnętrznej.**

Drzwi wejściowe	$\Phi$ [W]	L [m]	$\Delta T$ [K]	Htr [W/mK]
Ściana bez mostka	6,4909	4	25	0,06
Ściana z mostkiem	8,2996	4	25	0,08
Mostek liniowy				0,02

### Jak poznać, że budynek jest dobrze zaprojektowany pod względem mostków cieplnych?

Zdarza się, że w projektowanej charakterystyce projektant nie uwzględnia wpływu mostków cieplnych. Oznacza to, że nie potraktował zagadnienia poważnie lub nie ma pojęcia o ich wpływie na jakość energetyczną budynku. Mostki cieplne występują zawsze, jednak wpływ ich może być różny. Pomijanie zagadnienia świadczy raczej o braku należytej wiedzy. Jak uwzględnić wpływ mostków cieplnych?

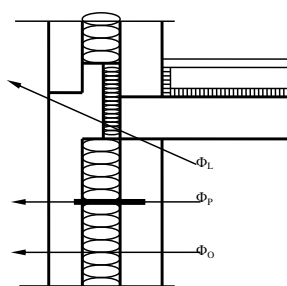
#### **SCHEMAT CAŁKOWITEGO STRUMIENIA CIEPLNEGO PRZENIKAJĄCEGO PRZEZ PRZEGRODĘ .**

$\Phi$  - całkowity strumień cieplny przenikający przez przegrodę, [W]

$\Phi_0$  - strumień ciepła przenikający przez przegrodę bez uwzględnienia wpływu mostków cieplnych [W]

$\Phi_L$  - dodatkowy strumień ciepła związany z występowaniem liniowych mostków cieplnych, [W]

$\Phi_p$  - dodatkowy strumień ciepła związany z występowaniem punktowych mostków cieplnych [W]



$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_L + \Phi_p$$

Udział mostków cieplnych w ogólnych stratach ciepła nie powinien być większy niż 10% całkowitych strat ciepła przez przegrody. Jeżeli strumień ciepła przez mostki przekracza 10% całkowitych strat ciepła oznacza to, że przegrody są zaprojektowane niepoprawnie. W budynkach niskoenergetycznych straty ciepła przez mostki cieplne nie powinny być większe niż 5% całkowitych strat ciepła przez przegrody. W przykładzie zamieszczonym w tabeli 14 poniżej współczynnik strat ciepła przez przegrody nieprzeźroczyste wynosi 208,95 W/K, przez mostki cieplne 6,17 W/K co stanowi około 2,9 %. Przegrody i ich węzły zostały zaprojektowane poprawnie.

**Tabela 2.** Przykład obliczenia strat ciepła przez przegrody przeźroczyste oraz przez mostki cieplne w poprawnie zaprojektowanym budynku pasywnym

L.p.	U [W/m²K]	gc	A [m²]	Htr otworu [W/K]	Htr mostków liniowych [W/K]	Htr łączne [W/K]
1	0,780	0,62	254,04	198,15	6,56	204,71
2	0,900	0,00	2,64	2,38	0,09	2,47
RAZEM	0,781*	0,61*	256,68	200,53	6,65	207,18

**Tabela 3.** Przykład obliczenia strat ciepła przez przegrody i przez mostki cieplne w poprawnie zaprojektowanym budynku pasywnym

Rodzaj przegrody	U [W/m²K]	A [m²]	Htr przegrody [W/K]	Htr mostków liniowych [W/K]	Htr łączne [W/K]
dach	0,112	162,36	18,18	1,73	19,91
podłoga na gruncie	0,096*	413,29	39,56	0,00	39,56
strop przy przepływie ciepła z dołu do góry	0,088	413,04	32,71	0,00	32,71
strop przy przepływie ciepła z dołu do góry	0,136	28,50	3,88	-0,85	3,02
strop przy przepływie ciepła z dołu do góry	0,164	59,64	3,56	0,00	3,56
strop przy przepływie ciepła z góry do dołu	0,696	144,30	0,00	0,00	0,00
ściana w gruncie	0,107*	334,80	35,94	3,12	39,06
ściana wewnętrzna	0,147	14,92	0,80	-0,07	0,74
ściana wewnętrzna	0,162	55,98	3,32	-0,06	3,27
ściana zewnętrzna	0,105	617,40	64,83	2,30	67,12
RAZEM	0,143*	2244,23	202,78	6,17	208,95

Podobnie ma się sprawa z mostkami cieplnymi związanymi ze stolarką okienną. Współczynnik strat ciepła przez stolarkę wynosi 207,18, przez mostki liniowe 6,65 co stanowi około 2,9% całkowitych strat ciepła przez przegrody. Połączenie pomiędzy stolarką budowlaną a ścianami zostało zaprojektowane

## PODSUMOWANIE

Projektowanie i wykonywanie przegród budowlanych powinno być poddane weryfikacji pod względem występowania mostków cieplnych. Pomocą może być tabela zamieszczona poniżej która pozwala oszacować poprawność zaprojektowania detali architektonicznych pod względem mostków termicznych.

**Tabela 4.** Wartości graniczne mostków cieplnych różnych miejsc budynku.

dodatek na mostek			
typy mostków cieplnych	dobrze zaprojektowane	przeciętnie	źle zaprojektowane
	[W/mK]	[W/mK]	[W/mK]
otworowe	do 0,05	0,05-0,1	powyżej 0,1
balkonowe	do 0,15	0,15-0,3	powyżej 0,3
stropowe	do 0,05	0,05-0,1	powyżej 0,1

## Spis treści

Okna na świat. ....	2
Jak rozpoznać energooszczędne okno?.....	2
Jakim wymaganiom muszą sprostać okna?.....	2
Jak określić izolacyjność termiczną okien?.....	4
Jakie są aktualne wymagania prawne stawiane przegrodom przezroczystym? .....	7
Etykietowanie energetyczne okien .....	9
Przy wyborze okna optymalnego nie może decydować tylko cena i wygląd? .....	9
ETYKIETA I KLASY ENERGETYCZNE okna .....	12
Jak wybrać do domu okna opłacalne ekonomicznie? .....	12

## Okna na świat.

### Jak rozpoznać energooszczędne okno?

Przegrody przeźroczyste to chyba najtrudniejsze elementy w budynku. W budownictwie mieszkaniowym termin ten obejmuje głównie okna i drzwi balkonowe. Przegrody te zazwyczaj stanowią znacznie mniejszą powierzchnię w stosunku do dachów i ścian zewnętrznych, jednak ze względu na kilka razy niższą izolacyjność termiczną odpowiadają za straty ciepła na podobnym poziomie jak ściany czy dach (wykres 1). Ze względu na pełnienie przez okna i drzwi bardzo wielu różnych funkcji, poprawne zaprojektowanie i wykonanie przegród przeźroczystych nie jest proste.

Tabela 1. Porównanie zmieniających się wymagań izolacyjności termicznej dla ścian, dachów i okien pionowych.

Rok budowy		Do 1974 r.	Do 1982 r.	Do 1991 r.	Do 1998 r.	Po 1998 r.	Po 2009 r.
Wartość współczynnika przenikania ciepła dla przegród budowlanych $[W/(m^2 \cdot K)]$	Ściany	1,47	1,16	0,75	0,55	0,5	0,3
	Dach	0,87	0,7	0,45	0,3	0,3	0,25
	Okna	Brak wymagań	Brak wymagań	2,6	2,6	2,6 – 2,0	1,8 - 1,5

### Jakim wymaganiom muszą sprostać okna?

Okna pełnią wiele różnych funkcji, często sprzecznych ze sobą. Z tego powodu powstają różnego rodzaju „konflikty”, z którymi powinien się uporać o zarówno producent okien jak i projektant. Cechy jakimi powinny odpowiadać nowoczesne okna zależne są od stawianych im zadań. Czasami główną cechą jest izolacja akustyczna, która częściowo ogranicza możliwości izolacji cieplnej przegrody. czasami decyduje odporność przeciwpożarowa, a czasami przepuszczalność promieniowania słonecznego. Jakie są podstawowe wymagania stawiane przegrodom przeźroczystym. Do najważniejszych należą:

- zapewnienie odpowiedniego oświetlenia światłem dziennym,
- ochrona przed nadmiernymi stratami ciepła,
- ochrona przed nadmiernymi zyskami ciepła,
- ochrona przed niekorzystnym wpływem czynników atmosferycznych (działania wiatru, deszczu, ognia-przegrody o właściwościach p.poż,
- ochrona przed hałasem,
- czasami, choć już rzadko zapewnienie dopływu powietrza – wentylacja naturalna,
- dobre własności mechaniczne, umożliwiające bezproblemowe otwieranie okien,
- walory architektoniczne oraz funkcje estetyczne dla budynku.

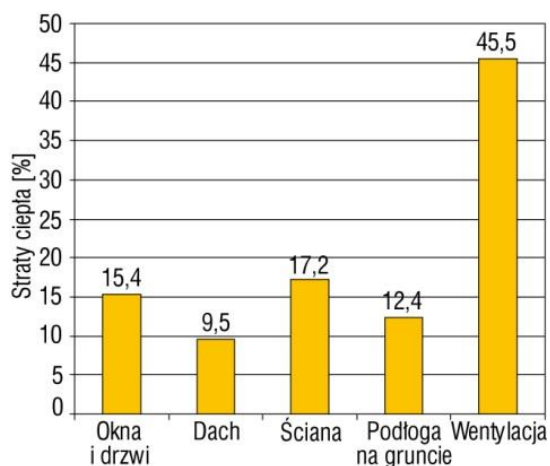


Wykres 1. Przykład wpływu stolarki budowlanej na walory estetyczne w nowoczesnym budynku



Zdjęcie 1. Przykład rozwiązań estetycznych okien w budynku zabytkowym.

Dla inwestora często jedynym kryterium wyboru jest wygląd produktu i jego cena. Nie ma jednak świadomości, na jak wiele czynników mają wpływ okna, które będzie użytkował przez okres 25 lat i jakie będą konsekwencje wadliwego wyboru. Często z powodu niezadowolenia użytkownika są one wymieniane przedwcześnie (po 8-12 latach).



Wykres 2. Straty ciepła w domu jednorodzinnym wykonanym według obowiązujących wymagań prawnych [%]

Trzeba pamiętać, że okno kupujemy na stosunkowo długi okres eksploatacji (20-30 lat). Warto więc zastanowić się, czy przez tak długi czas przegroda przeźroczysta będzie pod każdym względem, również energetycznym korzystna? czy będzie generować nadmierne straty ciepła a co za tym idzie i wysokie koszty za ogrzewanie, chłodzenie. Czy będzie przyczyną nadmiernego zużycia energii elektrycznej służącej do pracy urządzeń pomocniczych niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania budynku? Na co zatem mają wpływ przegrody przeźroczyste?.

Przegrody przeźroczyste, głównie okna, mają istotny wpływ na zużycie energii w budynku i dotyczą:

- ilości światła dziennego w pomieszczeniach, co ma wpływ bezpośredni na zużycie energii na oświetlenie pomieszczeń,
- straty ciepła w budynku - przez okna,

- straty ciepła spowodowane występowaniem mostków cieplnych na połączeniu stolarki z elementami konstrukcyjnymi budynku,
- straty ciepła spowodowane nieuszczelnnością przegród przezroczystych, głównie okien z funkcją rozwierno-uchyłną,
- gromadzenie zysków ciepła od promieniowania słonecznego zimą,
- długość sezonu grzewczego, a więc pracę urządzeń pomocniczych (sterowanie, pompy, siłowniki),
- długość sezonu chłodniczego, a więc i na pracę urządzeń pomocniczych służących chłodzeniu,
- dopuszczanie do przegrzewania pomieszczeń latem czyli istotny wpływ na ilość produkowanej energii na chłodzenie pomieszczeń,

### Jak określić izolacyjność termiczną okien?

Parametry izolacyjne okna zazwyczaj opisywane są przez współczynnik przenikania ciepła  $U_w$  wyrażony w  $W/m^2K$ . Ogólnie jest przyjęte, że im wartość  $U_w$  jest mniejsza tym okno jest lepsze. Nie jest to do końca prawdziwe stwierdzenie jednak na tym etapie wyjaśnijmy co oznacza wartość  $U$  i od czego zależy. Współczynnik przenikania ciepła  $U$  oblicza się zgodnie z normą PN-EN ISO 10077-1 „Właściwości cieplne okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część I. Metoda uproszczona” [13] według wzoru:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_r U_r + l_g \psi_g}{A_g + A_r}$$

gdzie:

$A_g, U_g$  – powierzchnia i współczynnik przenikania ciepła szyby, co pozwala opisać straty ciepła przez szyby,

$A_r, U_r$  – powierzchnia i współczynnik przenikania ciepła ramy, co pozwala opisać straty ciepła przez ramy,

$\psi_g, l_g$  – wartość mostka liniowego oraz jego całkowita długość, co pozwala opisać straty ciepła przez ramkę dystansową

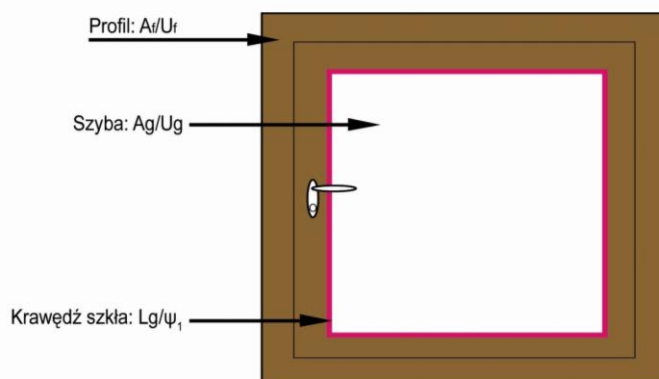
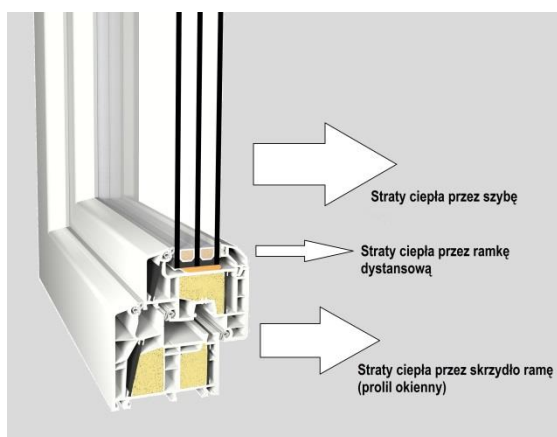
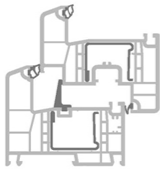
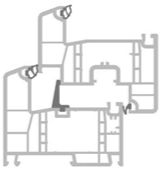
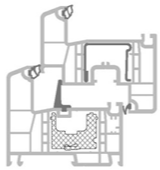
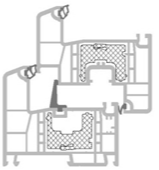
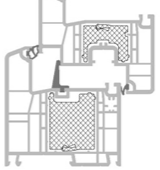
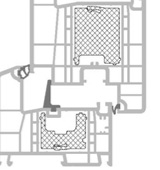
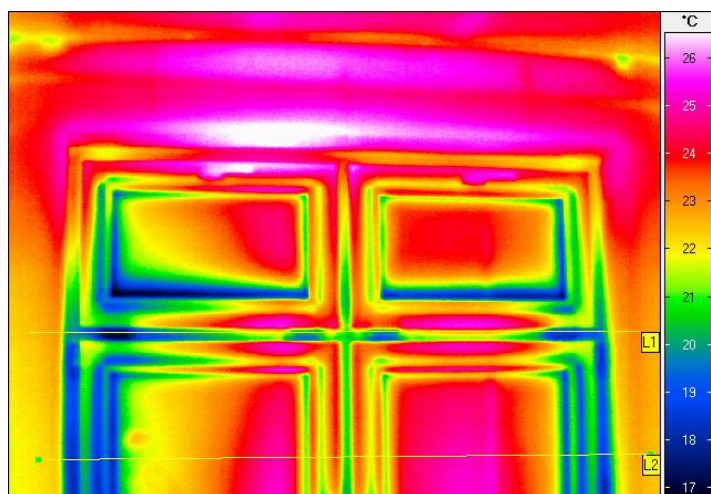


Tabela 2. Zależność  $U$  okna od izolacyjności szyby i ramy okiennej



## Zależność $U_w$ okna do $U_g$ – szyby oraz $U_f$ - ramy

						
$U_g$	1,1 W/m <sup>2</sup> K	1,0 W/m <sup>2</sup> K	1,0 W/m <sup>2</sup> K	0,91 W/m <sup>2</sup> K	0,89 W/m <sup>2</sup> K	0,85 W/m <sup>2</sup> K
1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0
0,9	1,1	1,0	1,0	1,0	0,99	0,98
0,8	0,99	0,96	0,96	0,93	0,93	0,91
0,7	0,92	0,89	0,89	0,86	0,86	0,85
0,6	0,86	0,82	0,82	0,80	0,80	0,79
0,5	0,79	0,76	0,76	0,73	0,73	0,73



Termogram 1. Widok wpływ ramki dystansowej oraz szczelność okna na straty ciepła przez przegrodę



Fot. A.

Fot. B

Zdjęcie 2. Wpływ ramki dystansowej na wykraplanie się pary wodnej po wewnętrznej stronie szyby, na fotografii A zastosowano ramkę dystansową stalową o dużym współczynniku liniowy przewodzenia ciepła, na fotografii B zastosowano ciepłą ramkę dystansową.

W przypadku gdy w oknie występują elementy o różnych parametrach izolacyjnych wzór przyjmuje postać bardziej skomplikowaną:

$$U_w = \frac{\sum U_f \cdot A_f + \sum U_g \cdot A_g + \sum \psi_g \cdot L_g}{\sum (A_f + A_g)}$$

Z wzoru wynika, że okna wykonane z tych samych materiałów, ale o innych wymiarach i podziale, mogą mieć inne parametry izolacyjności termicznej.

Zwykle stolarka stanowi ok. 20% - 25% powierzchni ściany. W nowoczesnych budynkach przegrody przeźroczyste stanowią coraz większe powierzchnie sięgając nawet 100% powierzchni ścian.



Zdjęcie 3. Dom handlowy o niemal 100% powierzchni ścian ze szkła (z zasobów własnych autora)



Zdjęcie 4. Przykład domu jednorodzinnego o przeważającej powierzchni przegród przeźroczystych na ścianach. (ze strony internetowej [www.ooknach.pl](http://www.ooknach.pl))

W zależności od powierzchni stolarki oraz od zastosowanych rozwiązań technicznych w okresie grzewczym mogą przeważać straty lub zyski ciepła. Zależy to od powierzchni okien i drzwi, izolacji termicznej oraz od przepuszczalności energii promieniowania słonecznego przez oszklenie. W oknach wykonanych w standardzie pasywnym o współczynniku  $U_{okna} \leq 0,8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  w okresie zimowym więcej ciepła się zyskuje, niż traci. Latem, w pomieszczeniach od strony południowej i południowo-zachodniej, w wyniku działania słońca pojawia się nadmiar energii, co w wielu wypadkach wymaga



zastosowania dodatkowych rozwiązań chłodzących lub ograniczających okresowo zyski ciepła. Jak pogodzić tak odmienne zadania stawiane stolarkę okiennej i drzwiowej aby zapewnić optymalne warunki mikroklimatu w pomieszczeniach mieszkalnych i biurowych?

### Jakie są aktualne wymagania prawne stawiane przegrodom przezroczystym?

W budynku, który spełnia aktualne wymagania prawne dotyczące izolacyjności termicznej, przez stolarkę budowlaną ucieka ok. 15% energii, czyli niemalże tyle samo, co przez ściany, a także dach. Redukcja strat ciepła przez stolarkę jest więc zadaniem równie ważnym co ograniczanie strat ciepła przez ściany i dach. Wprowadzenie do budynku otworów okiennych i drzwiowych jest przyczyną utraty ciągłości izolacyjnej przegród, np. ścian czy dachu, a także źródłem mostków cieplnych na połączeniu przegrody ze stolarką budowlaną.

#### Aktualne wymagania stawiane stolarkę budowlanej

Wymagania ogólne dotyczące stolarki budowlanej zostały określone w art. 5.1. ustawy Prawo budowlane [2]: „Obiekt budowlany wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając:

- 1) spełnienie wymagań podstawowych dotyczących:
  - a) bezpieczeństwa konstrukcji,
  - b) bezpieczeństwa pożarowego,
  - c) bezpieczeństwa użytkowania,
  - d) odpowiednich warunków higienicznych i zdrowotnych oraz ochrony środowiska,
  - e) ochrony przed hałasem i drganiami,
  - f) oszczędności energii i racjonalizacji zużycia energii.”

Podstawowe wymagania stawiane przegrodom przezroczystym zawarte są w § 57.1. rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie: „Pomieszczenie przeznaczone na pobyt ludzi powinno mieć zapewnione oświetlenie dzienne, dostosowane do jego przeznaczenia, kształtu i wielkości, z uwzględnieniem warunków określonych w § 13 oraz w ogólnych przepisach bezpieczeństwa i higieny pracy.

W pomieszczeniu przeznaczonym na pobyt ludzi stosunek powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnic, do powierzchni podłogi powinien wynosić co najmniej 1:8, natomiast w innym pomieszczeniu, w którym oświetlenie dzienne jest wymagane ze względu na przeznaczenie – co najmniej 1:12”.

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie okna powinny także spełniać warunek minimalnej izolacyjności termicznej oraz właściwej powierzchni przezroczystej, które określone są w załączniku do rozporządzenia w postaci granicznych wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_w$ .

**Tabela 3. Wymagania  $U_{w(max)}$  dotyczące okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych w budynku mieszkalnym i zamieszkania zbiorowego rozporządzenia w sprawie warunków technicznych**

Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne		$U_{k(max)}$ z uwzględnieniem dodatku na mostki cieplne $[W/(m^2 \cdot K)]$
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne w pomieszczeniach o $t_i > 16^\circ C$	w I, II i III strefie klimatycznej	1,9
	w IV i V strefie klimatycznej	1,7

Okna połaciowe (bez względu na strefę klimatyczną) w pomieszczeniach o $t_i > 16^\circ\text{C}$	1,8
Okna w ścianach oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	4,0
Okna pomieszczeń piwnicznych i poddaszy nieogrzewanych oraz nad klatkami schodowymi nieogrzewanym	Bez wymagań
Drzwi zewnętrzne wejściowe	2,6

**Tabela 4. Nowe zaostroszone wymagania prawne w zakresie  $U_w$  stawiane przegrodom przeźroczystym, które będą obowiązywać od stycznia 2014 roku.**

Lp.	Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> · K)]		
		od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r. *)
1	2	3		
1	Okna (z wyjątkiem okien połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przeźroczyste nieotwieralne:			
	a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	1,3	1,1	0,9
	b) przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,8	1,6	1,4
2	Okna połaciowe:			
	a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	1,5	1,3	1,1
	b) przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,8	1,6	1,4
3	Okna w ścianach wewnętrznych:			
	a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$	1,5	1,3	1,1
	b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	bez wymagań	bez wymagań	bez wymagań
	c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	1,5	1,3	1,1
4	Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi	1,7	1,5	1,3
5	Okna i drzwi zewnętrzne w przegrodach zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych	bez wymagań	bez wymagań	bez wymagań
<p>Pomieszczenie ogrzewane – pomieszczenie, w którym na skutek działania systemu ogrzewania lub w wyniku bilansu strat i zysków ciepła utrzymywana jest temperatura, której wartość została określona w § 134 ust. 2 rozporządzenia.</p> <p><math>t_i</math> – Temperatura pomieszczenia ogrzewanego zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia.</p> <p>*) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.</p>				

Izolacyjność okien połaciowych zależy od nachylenia okna do pionu. Większość producentów podaje wartość  $U_w$  dla okien usytuowanych w pionie. Okna wbudowane pod innym kątem, choć zbudowane z tych samych materiałów, będą charakteryzować się innymi parametrami izolacyjnymi. Szczegóły zamieszczono w tabelach poniżej.

**Tabela 5. Zmiana współczynnik przenikania ciepła  $U_w$  dla okładu dwuszybowego w zależności od kąta nachylenia do poziomu.**

Nachylenie do poziomu $\alpha$ [°]	90	60	45	30	0
Wartość $U_g=1,1$ z argonem [W/m <sup>2</sup> K]	1,1	1,43	1,56	1,67	1,8
$U_w$ - Okno połaciowe o wym. 0,6 x 0,9 [W/m <sup>2</sup> K]	<b>1,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>1,9</b>

Tabela 6. . Zmiana współczynnik przenikania ciepła  $U_w$  dla okładu dwuszybowego w zależności od kąta nachylenia do poziomu.

Nachylenie do poziomu $\alpha$ [°]	90	60	40	45	0
Wartość $U_g$ dla układu trzyszybowego z kryptonem [W/m <sup>2</sup> K]	0,45	0,59	0,65	0,64	0,75
$U_w$ okno połaciowe z szybą z kryptonem 0,6x0,9 [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,66</b>	<b>0,76</b>	<b>0,81</b>	<b>0,8</b>	<b>0,89</b>
Wartość $U_g$ dla układu trzyszybowego z argonem [W/m <sup>2</sup> K]	0,6	0,78	0,87	0,85	1
$U_w$ okno połaciowe z szybą z argonem 0,6x0,9 [W/m <sup>2</sup> K]	<b>0,77</b>	<b>0,92</b>	<b>0,99</b>	<b>0,97</b>	<b>1,09</b>

Zmiany prawne obowiązujące do 2014 roku w zakresie okien połaciowych spowodują, że nie będzie możliwe stosowanie układów dwuszybowych.

### Etykietowanie energetyczne okien

Straty przez okna stanowią istotną część strat ciepła w budynku, są też powodem słonecznych zysków ciepła. Wielkość zysków od słońca może mieć istotny wpływ na bilans ciepła. Jeżeli straty ciepła będą mniejsze od zysków ciepła wówczas przegrody takie będą wpływały na zmniejszenie zużycia energii w sezonie grzewczym. Wskazanie optymalnego okna zależy od wielu czynników tj od:

- izolacyjności termicznej okna,
- lokalizacji okna względem stron świata,
- występowania zacięń okna
- współczynnika przepuszczalności promieniowania słonecznego
- szczelności okna
- sposobu eksploatacji pomieszczenia, tj. czy pomieszczenie jest ogrzewane czy może ogrzewane i chłodzone,
- od wielkości wewnętrznych zysków ciepła.

Jak widać zagadnienie jest stosunkowo trudne. Jak zatem rozpoznać czy okno jest optymalne?

### Przy wyborze okna optymalnego nie może decydować tylko cena i wygląd?

Trzeba pamiętać, że okno kupujemy na stosunkowo długi okres eksploatacji, warto więc zastanowić się czy pod względem energetycznym okno jest korzystne czy też będzie generować nadmierne straty ciepła i wysokie koszty za ogrzewanie, chłodzenie, energię elektryczną służącą do pracy urządzeń pomocniczych.

Dlatego potrzebna jest zarówno projektantom jak i inwestorom bardziej kompletna metoda oceny stolarki, pozwalająca uwzględnić wiele czynników mających wpływ na zużycie energii oraz porównać aspekt cenowy. Pomocą jest ocena efektywności energetycznej stolarki budowlanej, która zawiera bilans energetyczny wyboru w okresie rocznej eksploatacji okna.

Wykonanie oceny energetycznej stolarki budowlanej (okna, drzwi...) wymaga podania wskaźnika efektywności energetycznej  $E_{h,w}$ , który jest wynikiem bilansu strat i zysków w okresie grzewczym lub grzewczo-chłodniczym. Przyjmując taką formę oceny przegrody, w jednej wartości  $E_{h,w}$  będziemy opisywać zależność pomiędzy takimi parametrami jak współczynnik przenikania ciepła  $U_w$ , szczelność okna oraz przepuszczalność promieniowania słonecznego  $g_g$ .

Istotny, zwłaszcza dla przegród przeźroczystych jest klimat dla którego wykonywane są obliczenia wskaźnika energetycznego  $E_{h,w}$ . W Polsce mamy pięć stref klimatycznych, w których jest rozmieszczonych 61 stacji meteorologicznych. Aby prawidłowo określić wskaźnik efektywności energetycznej przegrody należałoby dla każdej lokalizacji i usytuowania względem stron świata wyznaczać wartość  $E_{h,w}$ . Dlatego niezbędna jest dla projektantów metoda szczegółowa pozwalająca wskazać optymalne okno dla danej lokalizacji.



Strefy klimatyczne i średnie miesięczne temperatury zewnętrzne w okresie grzewczym

miesiąc	strefa I	strefa II	strefa III	strefa IV	strefa V	Średnia temp.
	11 miejsc.	14 miejsc.	26 miejsc.	7 miejsc.	3 miejsc.	61 miejsc.
styczeń	0,2	-0,3	-1,7	-3,2	-4,3	-1,3
luty	0,2	-1,1	-1,6	-2,2	-5,0	-1,4
marzec	3,5	2,9	3,2	2,5	-0,6	2,9
kwiecień	6,4	7,5	7,6	7,2	3,0	7,1
maj	11,2	13,0	12,9	13,1	8,4	12,4
wrzesień	13,5	13,2	13,0	12,3	9,1	12,8
październik	9,2	8,5	7,9	7,9	3,4	8,1
listopad	4,5	3,6	2,5	2,3	-1,0	2,9
grudzień	1,8	0,2	-0,7	-1,0	-3,9	-0,2

Dla relacji pomiędzy użytkownikiem a producentem niezbędne jest uproszczenie procedury obliczeniowej i wyznaczenie wartości średniej nasłonecznienia oraz średnich miesięcznych temperatur zewnętrznych dla całej Polski.

Miesiąc	I – średnie natężenie promieniowania słonecznego dla Polski	
	Wh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
1	21759	21,76
2	28923	28,92
3	56942	56,94
4	82453	82,45
5	113230	113,23
6	117071	117,07
7	120255	120,25
8	102890	102,89
9	66674	66,67
10	40276	40,27
11	21722	21,72
12	18288	18,29

Do określenia wskaźnika  $E_{h,w}$  stolarki [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)] potrzeba jest obliczyć:

- straty ciepła przez przenikanie przez przegrody ( $U_w$ ),
- straty ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego (współczynnik infiltracji – a lub szczelność okna)
- zyski ciepła od nasłonecznienia, wpływ współczynnika przepuszczalności energii słonecznej  $g_g$ .

Oblicza się go ze wzoru:

$$E_{h,w} = -E_{s,h} - E_{inf,h} + \eta_{z,h} \cdot E_{sol,h} \quad (1),$$

gdzie:

$E_h$  - energia użytkowa na ogrzewanie (straty ciepła przez przenikanie) [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)],

$E_{s,h}$  - energia użytkowa strat ciepła przez przegrodę przezroczystą [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)],

$E_{inf,h}$  - energia użytkowa strat ciepła przez infiltrację [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)],

$E_{sol,h}$  - energia z zysków ciepła przez przegrody przezroczyste [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)],

$\eta_{z,h}$  - sprawność wykorzystania zysków ciepła w okresie grzewczym, zależy od pojemności cieplnej budynku lub pomieszczenia.

Bilans energetyczny okna będzie wskazywać, czy okna będą w okresie grzewczym generować straty lub zyski ciepła. Wartość ujemna będzie oznaczać, że w czasie eksploatacji bilans ciepła przez stolarkę okienną będzie niekorzystny. Jeżeli bilans będzie dodatni, oceniana stolarka okienna będzie generować w sezonie grzewczym zyski ciepła.

#### OKREŚLENIE CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ OKNA

Na podstawie złożonych analiz opracowano ostatecznie wzór do określania bilansu energii dla stolarki budowlanej dla średnich wartości klimatu i nasłonecznienia oraz dla uśrednionego położenia okna względem stron świata. Wzór do określania bilansu energii przedstawia się następująco:

$$E_{h,w} = - (96,2 \cdot U_w) - (26,49 \cdot a) + (205,6 \cdot g_g) \text{ [kWh/rok]}.$$

Na podstawie opracowanego wzoru można określić wartość wskaźnika oceny energetycznej okna  $E_{h,w}$ . Najlepsze pod względem energetycznym okno charakteryzuje się  $U_w = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $g = 0,62$  i  $a = 0,1$ , wartość  $E_{h,w} = 66,2 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$ , co oznacza że okno o powierzchni  $2 \text{ m}^2$  przyniesie zysk energetyczny  $66,4 \text{ kWh}$  rocznie.

**Tabela 7. Obliczenie wskaźnika energetycznego dla okien o tej samej geometrii ale o różnie zbudowanych.**

Współczynnik przenikania ciepła ramy $U_f$	Współczynnik przenikania ciepła szyby $U_g$	Mostek liniowy na ramce dystansowej $\psi$	$U$ okna	Współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego - $g$	współczynnik infiltracji $a$	Wskaźnik energetyczny okna $E$
[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]	[W/m <sup>2</sup> K]			[kWh/m <sup>2</sup> rok]
1,36	1,1	0,045	1,27	0,42	0,3	-31,7
1,2	1,1	0,045	1,24	0,42	0,3	-28,7
1,65	1,1	0,045	1,32	0,62	0,3	16
1,2	1,1	0,032	1,21	0,62	0,1	27
1	0,3	0,032	0,55	0,33	0,1	18,4
1	0,6	0,032	0,78	0,62	0,1	61,4
0,79	0,6	0,32	0,73	0,62	0,1	66,2

Zależność wskaźnika energetycznego  $E$  okna ze względu na strony świata zamieszczono w tabeli poniżej:

Wartość średnia $E_{h,w}$	Położenie okna względem stron świata	Współczynnik korekcyjny	Wartość $E_{h,w}$ z uwzględnieniem stron świata
kWh/m <sup>2</sup> rok			kWh/m <sup>2</sup> rok
66,2	S	1,15	76,1
66,2	E	1,02	67,5
66,2	W	0,98	64,9
66,2	N	0,84	55,6

66,2	S-E	1,13	74,8
66,2	S-W	1,09	72,2
66,2	N-E	0,9	59,6
66,2	N-W	0,89	58,9

## ETYKIETA I KLASY ENERGETYCZNE okna

Bilans energetyczny przy którym wartość  $E_{h,w}$  jest równy zero, to znaczy, że straty ciepła przez przenikanie i infiltrację równoważą się z zyskami energii słonecznej. Za wartość referencyjną przyjęto klasę D, dla której bilans energii będzie zbliżony do zera. Podział na klasy zamieszczono poniżej.

**Tabela 8. Podział na klasy energetyczne stolarki budowlanej**

Klasa	Klasy energetyczne	
	[kWh/m2rok]	[kWh/m2rok]
G		-100
F	-100	-50
E	-50	-5
D	-5	10
C	10	25
B	25	40
A	40	55
A+	55	70

Podział na klasy energetyczne okien jest inny gdy jedynym czynnikiem oceny jest wartość  $U_w$ , a inny gdy jest to wskaźnik energetyczny  $E_{h,w}$ . Szczegóły w tabeli poniżej.

U okna	Współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego – $g_g$	współczynnik infiltracji $a$	Wskaźnik energetyczny okna E	Klasa energetyczna okna
[W/m2K]			[kWh/m2rok]	
1,27	0,42	0,3	-31,7	E
1,24	0,42	0,3	-28,7	E
1,32	0,62	0,3	16	C
1,21	0,62	0,1	27	B
0,55	0,33	0,1	18,4	C
0,78	0,62	0,1	61,4	A
0,73	0,62	0,1	66,2	A

## Jak wybrać do domu okna opłacalne ekonomicznie?

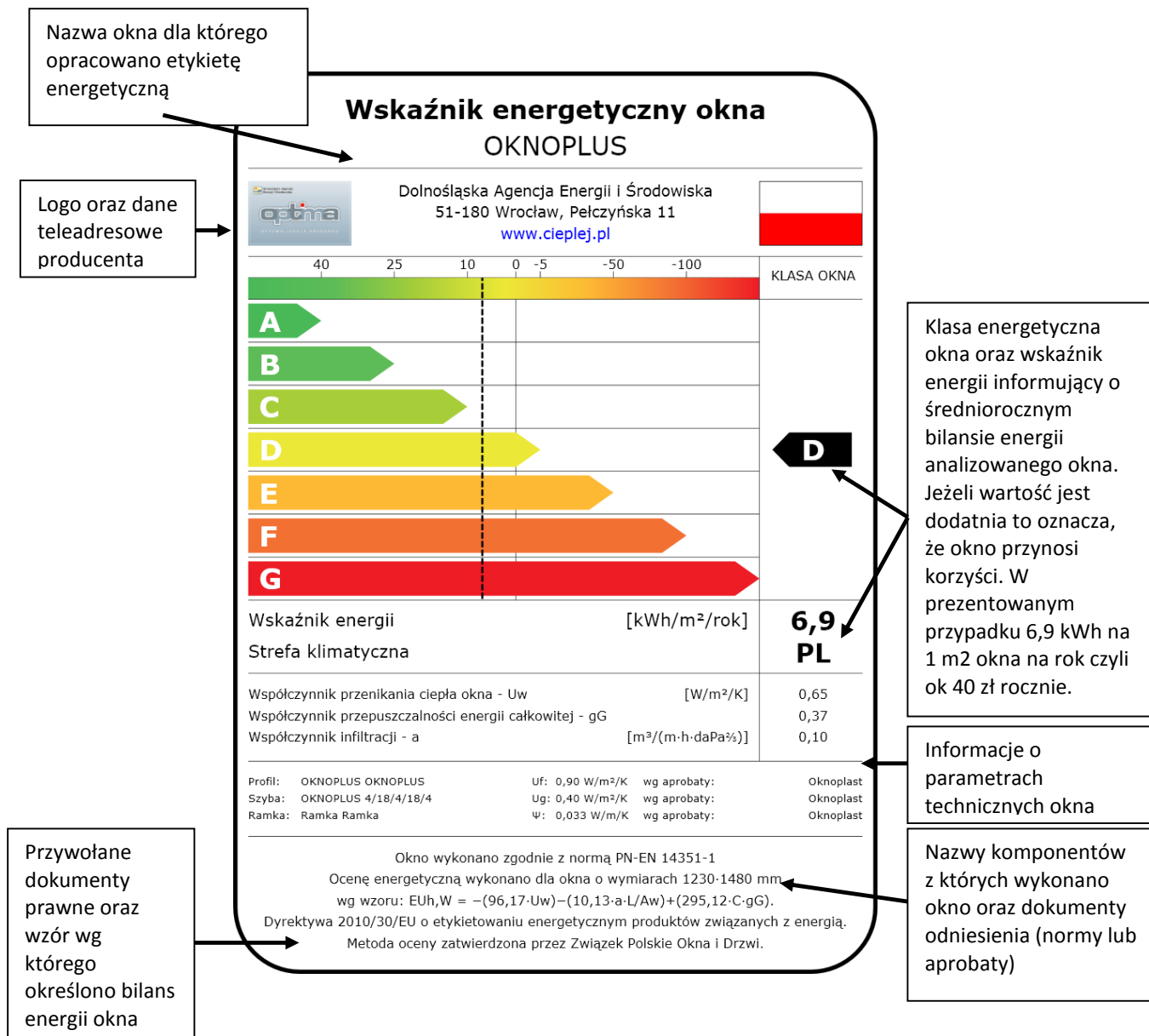
Na podstawie wskaźnika energetyczne okna określającego efektywność energetyczną produktu, można wyznaczyć korzyści ekonomiczne jakie przyniesie zastosowanie różnego rodzaju okien porównując ceny stolarki do efektów energetycznych. W tabeli poniżej przedstawiono dwie metody analizy opłacalności w odniesieniu do wartości  $K_R = f(U_W)$ , oraz  $E_R = f(E_{h,W})$

Współczynnik przenikania ciepła ramy $U_f$	$U$ okna	Współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego - $g$	Wskaźnik energetyczny okna $E_{h,W}$	Bilans kosztów B -przy cenie energii 0,22 zł/kWh	Koszy okna - $K_{okna}$	$K_R = K_{okna} * U$	$E_R = K_{okna}/E$
[W/m <sup>2</sup> ·K]	[W/m <sup>2</sup> ·K]		[kWh/m <sup>2</sup> ·rok]	zł/m <sup>2</sup> ·rok	zł/m <sup>2</sup>	złW/m <sup>2</sup> ·K	zł/kWh·rok
1,36	1,27	0,42	-31,7	-6,34	400	508	-12,618
1,2	1,24	0,42	-28,7	-5,74	410	508,4	-14,286
1,65	1,32	0,62	16	3,20	350	462	21,875
1,2	1,21	0,62	27	5,4	420	508,2	15,556
1	0,55	0,33	18,4	3,68	700	385	38,043
1	0,78	0,62	61,4	12,28	520	405,6	8,469
0,79	0,73	0,62	66,2	13,24	600	438	9,063

Najkorzystniejsze pod względem energetycznym i ekonomiczny jest okno o  $U_W = 0,78$  W/m<sup>2</sup>K,  $g_G = 0,62$  i o współczynniku infiltracji  $a=0,1$ . Wskaźnik  $E_{h,W} = 61,4$ , dla których wyznaczono najmniejszą wartość  $E_R = 8,469$  zł/kWh·rok.



Rysunek 1. Etykieta energetyczna okna z opisem oznaczeń.



## Spis treści

---

WENTYLACJA a jakość energetyczna budynków.....	2
Zadania stawiane wentylacji.....	2
Aktualne wymagania prawne dotyczące jakości powietrza. ....	2
Straty ciepła przez wentylację .....	3
Rodzaje <b>ENERGOOSZCZĘDNEJ</b> wentylacji .....	3

## WENTYLACJA a jakość energetyczna budynków

---

Ze względu na występujące w budynkach zanieczyszczenie powietrza musi istnieć wymiana powietrza między budynkiem a jego otoczeniem. Zadanie to spełnia system wentylacji – zapewnia dopływ powietrza niezbędnego do oddychania oraz do odprowadzenia lub rozcieńczenia zanieczyszczeń, w tym również pary wodnej. Z tego powodu w niektórych budynkach, gdzie wymagana jest duża wymiana powietrza, straty ciepła stanowią nawet 90% wszystkich strat ciepła. W budownictwie mieszkaniowym straty ciepła przez wentylację stanowią około 50% wszystkich strat ciepła. Stosowanie rozwiązań energooszczędnych w tym zakresie jest więc bardzo pożądane.

### Zadania stawiane wentylacji

---

Wymagania dotyczące jakości powietrza w pomieszczeniach można podzielić na dwie grupy, za względu na:

- ochronę zdrowia,
- komfort użytkowania pomieszczeń.

**Kryterium ochrony zdrowia** stosowane jest do określania jakości powietrza głównie w środowisku pracy. Według tego kryterium ustala się najwyższe dopuszczalne stężenie związków chemicznych w powietrzu wewnętrznym w miejscu pracy, przy czym zakłada się, że oddziaływanie na pracownika stężeń określonego zanieczyszczenia nie powinno powodować w ciągu całego czasu jego pracy oraz przez okres aktywności zawodowej ujemnych zmian w jego zdrowiu oraz w stanie zdrowia jego przyszłych potomków. W Polsce dopuszczalne maksymalne stężenie substancji chemicznych w zależności od czasu narażenia na nie określone zostały w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z 29 lipca 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy.

W budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej stosowanie kryterium zdrowia przy ustalaniu strumienia powietrza wentylacyjnego jest praktycznie niemożliwe, korzysta się więc z **kryterium komfortu** i związanych z nim procedur ustalania intensywności wentylacji. Jakość powietrza wentylacyjnego określa się na podstawie:

- minimalnego strumienia powietrza wentylacyjnego przypadającego na osobę,
- minimalnego strumienia powietrza przypadającego na  $m^2$  powierzchni podłogi pomieszczenia,
- liczby wymiany powietrza w pomieszczeniu,
- strumienia powietrza wentylacyjnego będącego sumą ilości powietrza usuwanego z określonych pomieszczeń.

Zapewnienie świeżego powietrza niezbędnego dla zdrowia człowieka wynosi  $10m^3/h$  ale jest to wymiana zbyt mała, ze względu na konieczność odprowadzenia zapachów oraz wilgoci. Przyjęto zatem że minimalna wymiana powietrza będzie wynosić  $20 m^3/h$ .

### Aktualne wymagania prawne dotyczące jakości powietrza.

---

Obowiązujące przepisy opierają się na kryterium komfortu. Zgodnie z nimi pomieszczenia przeznaczone do stałego pobytu ludzi powinny mieć dopływ powietrza zewnętrznego wynoszący co najmniej:

- $20 m^3/h$  dla każdej osoby,
- $30 m^3/h$  dla każdej osoby w pomieszczeniu, w którym można palić,
- $15 m^3/h$  dla dziecka,
- $30 m^3/h$  dla każdej osoby w pomieszczeniu klimatyzowanym oraz wentylowanym o nieotwieralnych oknach,
- $50 m^3/h$  dla każdej osoby w pomieszczeniu klimatyzowanym oraz wentylowanym o

nieotwieralnych oknach w przypadku palenia.

Przyjmuje się, że w pomieszczeniach mieszkalnych wymagania spełnione są przy 1 wym./h. Dopuszczalne są okresowe zmniejszenia intensywności wentylacji realizowaną np. przez zastosowanie nawiewników sterowanych ręcznie lub mechanicznie.

W budynkach mieszkalnych, niezależnie od zastosowanego rodzaju wentylacji, strumień powietrza wentylacyjnego określany jest na podstawie sumy strumienia powietrza usuwanego [6], który powinien wynosić:

- 70 m<sup>3</sup>/h w kuchni wyposażonej w kuchenkę gazową,
- 50 m<sup>3</sup>/h w kuchni wyposażonej w kuchenkę elektryczną,
- 50 m<sup>3</sup>/h w łazience,
- 30 m<sup>3</sup>/h w WC,
- 15 m<sup>3</sup>/h w pomieszczeniach pomocniczych,
- 30 m<sup>3</sup>/h w pomieszczeniach na wyższej kondygnacji w domu lub mieszkaniu wielopoziomowym.

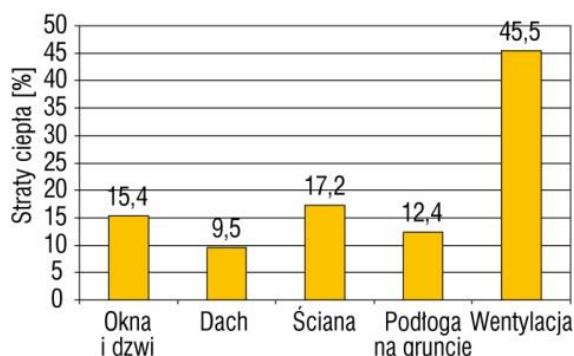
### Straty ciepła przez wentylację

Największe straty ciepła w budownictwie związane są koniecznością zapewnienia odpowiedniej jakości powietrza w pomieszczeniach, czyli z wentylacją. Straty ciepła przez wentylację w budynkach wymagających termomodernizacji wynoszą ok. 35% do 45% , natomiast w nowych właściwie eksploatowanych stanowią od 50 a nawet 70% ogólnych strat ciepła (**wykres 1**). Wiele użytkowników stara się je ograniczyć straty ciepła w budynku, zmniejszając intensywność wentylacji. Działania te są jednak często bardzo szkodliwe głównie dla zdrowia i życia osób użytkujących takie pomieszczenia. Ma to też niekorzystny wpływ na trwałość elementów konstrukcyjnych budynku.

Zapewnienie odpowiedniej jakości powietrza w pomieszczeniach wymaga właściwej ilości jego wymiany. Nadmierne straty ciepła przez wentylację można natomiast ograniczyć dzięki zastosowaniu różnego rodzaju rozwiązań technicznych takich jak:

- nawiewniki sterowane ręcznie
- nawiewniki sterowane automatycznie
- wentylacja mechaniczna okresowa
- wentylacja mechaniczna urządzeniami odzysku energii zwanymi rekuperatorami
- w z gruntowym wymiennikiem ciepłą GWC.

umożliwiających okresowe ograniczanie lub odzysk energii



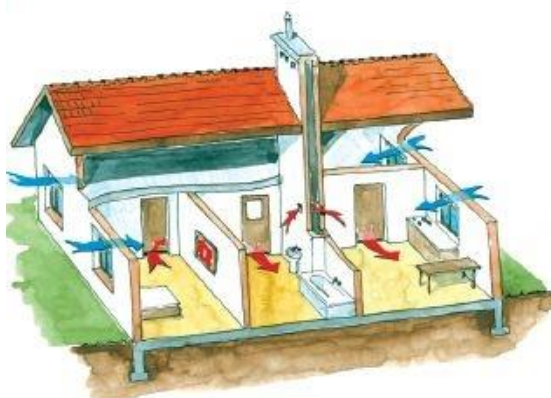
Wykres 1. Procentowe straty ciepła w domu jednorodzinnym wykonanym według aktualnych wymagań prawnych

### Rodzaje ENERGOOSZCZĘDNEJ wentylacji

## Wentylacja naturalna

Najprostszym rozwiązaniem i najczęściej stosowanym ze względu na koszty inwestycyjne jest wentylacja naturalna. Jej działanie polega na zapewnieniu wymiany powietrza przez: nieszczelności okienne, nawiewniki okienne sterowane ręcznie, ciśnieniowo lub higrosterowalnie, bądź automatycznie za pomocą urządzeń elektrycznych sterowanych np. czasowo. **Wentylacja naturalna (grawitacyjna)** wykorzystuje zjawisko naturalnego ruchu powietrza wynikającego z różnicy jego gęstości. Zimne, gęstsze powietrze zewnętrzne napływa do pomieszczeń przez nawiewniki (nawietrzaki) i inne nieszczelności budynku i wypiera rzadsze, ciepłe powietrze zużyte. Zużyte powietrze wypływa ponad dach pionowymi kanałami wentylacyjnymi. Wymiana powietrza jest tym intensywniejsza, im większa jest różnica temperatury w. Zaletą **wentylacji grawitacyjnej** jest to, że do działania nie wymaga energii elektrycznej, a jej pracy nie towarzyszy hałas. Ponadto dobrze sprawdza się w pomieszczeniach, w których pracują kotły z otwartą komorą spalania oraz kominki. Strumienie powietrza usuwanego i nawiewanego równoważą się same - po prostu intensywny ciąg kominowy powoduje zassanie większej ilości powietrza przez nawiewniki. Problemy powoduje nierównomierne działanie tego rodzaju wentylacji - zimą może być nawet zbyt intensywne, a praktycznie ustaje, gdy różnica temperatur w domu i na zewnątrz spada poniżej 10 st. C. Wówczas wymianę powietrza trzeba zapewnić po prostu przez otwarcie okien.

Zastosowanie nawiewników sterowanych ciśnieniowo (**fot. 1 i fot. 2**) umożliwia automatyczne ograniczenie maksymalnej wymiany powietrza zimą. Dodatkowo pozwala okresowo obniżyć intensywność wymiany przez możliwość ręcznej regulacji. Możliwe do osiągnięcia oszczędności energii dzięki obniżeniu intensywności wymiany powietrza poprzez sterowanie ręczne wynoszą 5–20%.

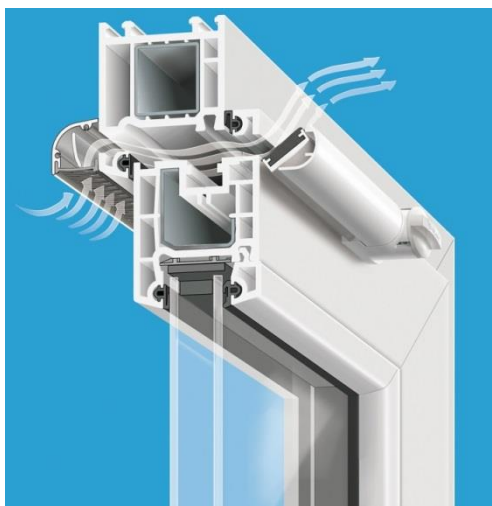


Rysunek 1. Schemat działania wentylacji naturalnej.

Jaki jest czas zwrotu (SPBT) nakładów inwestycyjnych poniesionych na wentylację naturalną z zastosowaniem nawiewników ciśnieniowych lub higrosterowalnych sterowanych dodatkowo ręcznie wynosi 2,5 – 3,5 roku. Tego typu wentylacja jest jednak zależna od warunków atmosferycznych i nie gwarantuje w pełni właściwej jakości powietrza.



Rysunek 2. Nawiewnik sterowany ciśnieniowo w oknie drewnianym Zdjęcie: Brevis



Rysunek 3. Nawiewnik sterowany ciśnieniowo w oknie z PVC Zdjęcie: Brevis

**Wentylacja mechaniczna wyciągowa.** Ruch powietrza wywołany jest przez wentylator wyciągowy, dopływ powietrza świeżego zapewniają zaś nawiewniki - tak samo jak w przypadku wentylacji grawitacyjnej. Mechaniczny wyciąg działa niezależnie od warunków zewnętrznych (temperatury) co daje przewagę nad wentylacją grawitacyjną, nie są potrzebne kanały nawiewne, zaś intensywność wymiany powietrza można zmieniać w szerokim zakresie, zmieniając prędkość obrotową wentylatora. Wadą jest także konieczność zasilania energią elektryczną. Awaria zasilania powoduje zatrzymanie wymiany powietrza.

**Hybrydowa.** To połączenie wentylacji grawitacyjnej i mechanicznej wyciągowej. Wentylator wyciągowy jest zwykle częścią specjalnej nasady kominowej, skonstruowanej tak, by gdy wentylator nie pracuje, nie tamował grawitacyjnego ruchu powietrza. Jeśli naturalny ciąg jest wystarczający, to wentylacja pracuje jako grawitacyjna, jeśli zaś staje się zbyt słaby - uruchamia się wentylator.

### **Wentylacja mechaniczna**

Wentylacja mechaniczna jest niezależna od zewnętrznych warunków atmosferycznych oraz zapewnia zdecydowanie lepszą jakość powietrza w budynku zarówno zimą jak i latem. Latem wentylacja mechaniczna umożliwia skuteczniejsze nocne wychładzanie i w ten sposób może poprawiać mikroklimat pomieszczeń latem. Możliwe do uzyskania oszczędności energii dzięki okresowemu obniżeniu intensywności wymiany powietrza mogą wynieść 20–40%.

Czas zwrotu nakładów poniesionych na wentylację mechaniczną wynosi 6–8 lat.

Jednym z rodzajów wentylacji mechanicznej jest wentylacja z wymiennikiem gruntowym. Pozwala on zimą podgrzać doprowadzane powietrze, a latem je schłodzić. Minimalna temperatura wylotowa przy wymienniku o długości 50 m wynosi ok. 2,2°C, a oszczędności energii – 5–7 GJ/rok, przy wymienniku

o długości 100 m minimalna temperatura wylotowa wynosi ok. 4,4°C, a oszczędności energii – 7–10 GJ/rok, co stanowi 15–30% kosztów. Wentylacja tego typu wymaga zastosowania kanałów wentylacyjnych oraz zapewnienia okresowego ich czyszczenia.

Czas zwrotu (SPBT) nakładów poniesionych na wentylację z wymiennikiem gruntowym wynosi 9–15 lat w zależności od ceny nośnika energii, a w przypadku stosowania klimatyzacji 6,5–9 lat.

**Mechaniczna nawiewno-wywiewna.** W tym systemie ruch powietrza także jest wymuszony przez wentylatory. Jednak instalacja składa się nie tylko z sieci kanałów wywiewnych, ale i nawiewnych, którymi świeże powietrze jest dostarczane do pomieszczeń. Nawiewniki w przegrodach zewnętrznych (oraz inne nieszczelności) są nie tylko niepotrzebne, ale nawet szkodliwe, bo utrudniają zrównoważenie strumieni powietrza usuwanego i dostarczanego. Kanały wywiewne i nawiewne zwykle zbiegają się w centrali wentylacyjnej, w której znajdują się wentylatory (nawiewny i wyciągowy), filtry oraz najczęściej także wymiennik ciepła (rekuperator) pozwalający odebrać ciepło z powietrza usuwanego i za jego pomocą podgrzać powietrze nawiewane.

Zalety wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej:

- możliwości czerpania powietrza z dowolnego miejsca;
- powietrze nawiewane może być wstępnie ogrzane przez rekuperator albo podgrzewane lub chłodzone za pomocą gruntowego wymiennika ciepła;
- powietrze dostarczane do budynku może być filtrowane, np. z pyłków roślin.

Wady :

- sieć kanałów jest dłuższa i bardziej złożona,
- zużycie prądu przez wentylatory jest większe, sieć kanałów, filtry i rekuperator powodują większe opory przepływu;
- zwiększa się ryzyko powstania uciążliwego hałasu;
- konieczność czyszczenia kanałów.
- w przypadku zainstalowania wysokosprawnego wymiennika konieczność stosowania systemu rozmrażania.

### **Wentylacja z odzyskiem ciepła (rekuperacją)**

Rozwiązaniem najkorzystniejszym wydaje się zastosowanie wentylacji z rekuperacją i wymiennikiem gruntowym. Rekuperacja umożliwia odzyskanie 55 do 70% energii z odprowadzanego zużytego powietrza, a zastosowanie jej łącznie z wymiennikiem gruntowym pozwala zwiększyć oszczędności do 75–80% w okresie grzewczym, a także obniżyć koszty związane z koniecznością rozmrażania rekuperatora w zimie oraz zmniejszenia ilości energii latem niezbędnej na chłodzenie. Układ taki wymaga jednak zastosowania kanałów nawiewnych i odpowiedniej powierzchni wymiennika gruntowego, a co za tym idzie – powierzchni terenu pod taką instalację. Pamiętać też należy, że kanały wentylacyjne w osłonie muszą być właściwie izolowane.

Rekuperator jest to wymiennik ciepła, który przejmuje ciepło z wydmuchiwanego z pomieszczeń powietrza i przekazuje do powietrza nadmuchiwanego. Znane są rekuperatory:

- krzyżowe w których powietrze przepływa przez ustawione do siebie prostopadle kanały. W jednym przepływa ciepłe powietrze wywiewane z zew. ogrzewając rząd kanałów z powietrzem z zewnątrz. Sprawność tego typu rekuperatora waha się od 50-70% odzysku ciepła, stosując jednak dwa wymienniki-szeregowo osiągnąć można sprawność do 90%. Średnioroczna sprawność wymienników krzyżowych sięga maksimum 75%. Wysoka sprawność rekuperacji wiąże się z koniecznością ich okresowego rozmrażania.



- przeciwprądowe - Kanały powietrza ustawione są równolegle przez co strumień powietrza zimnego skierowany jest w przeciwnym kierunku do ciepłego. Sprawność tego typu rekuperatorów sięga nawet do 95% odzysku ciepła (przy stosowaniu wymienników przeciwprądowych o spiralnym kształcie kanałów). Średnioroczna sprawność tego typu rozwiązań sięga 85%.

Czas zwrotu (SPBT) poniesionych nakładów zależy od zastosowanych rozwiązań i urządzeń oraz od skuteczności rekuperacji. Orientacyjnie koszt instalacji takiej wentylacji w domu jednorodzinnym wynosi 18–24 tys. zł instalacja wentylacji z rekuperacją oraz koszt wymiennika gruntowego który waha się od 15 do 20 tys zł, a czas zwrotu SPBT = 9 – 16 lat w zależności od cen nośników energii.

#### **Przykład 1:**

Przykładowa analiza opłacalności zastosowania wentylacji naturalnej z nawiewnikami ciśnieniowymi oraz wentylacji z rekuperacją o sprawności 85% działającej okresowo .

#### **Efektywność energetyczna**

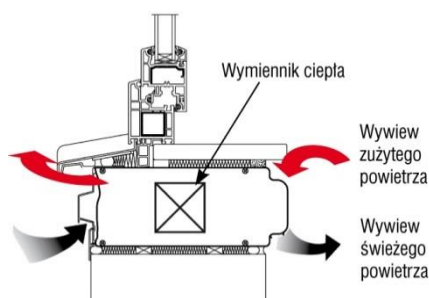
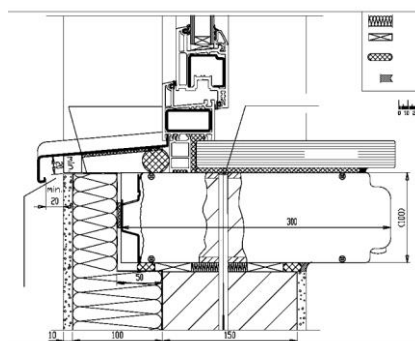
	Stan projektowy	Stan docelowy	Oszczędność	Oszczędność
Wymiana powietrza	432,00 m³/h	403,20 m³/h	28,80 m³/h	7 %
Roczne straty ciepła	10579 kWh	1018 kWh	9561 kWh	90 %
Roczne koszty energii	2988,01 zł	418,49 zł	2569,52 zł	86 %

#### **Efektywność ekonomiczna**

Prosty czas zwrotu (SPBT)	9,3 lat(a)
Dynamiczny czas zwrotu (DPBT)	8,1 lat(a)
Wartość bieżąca netto (NPV) dla 20 lat	46506,67 zł

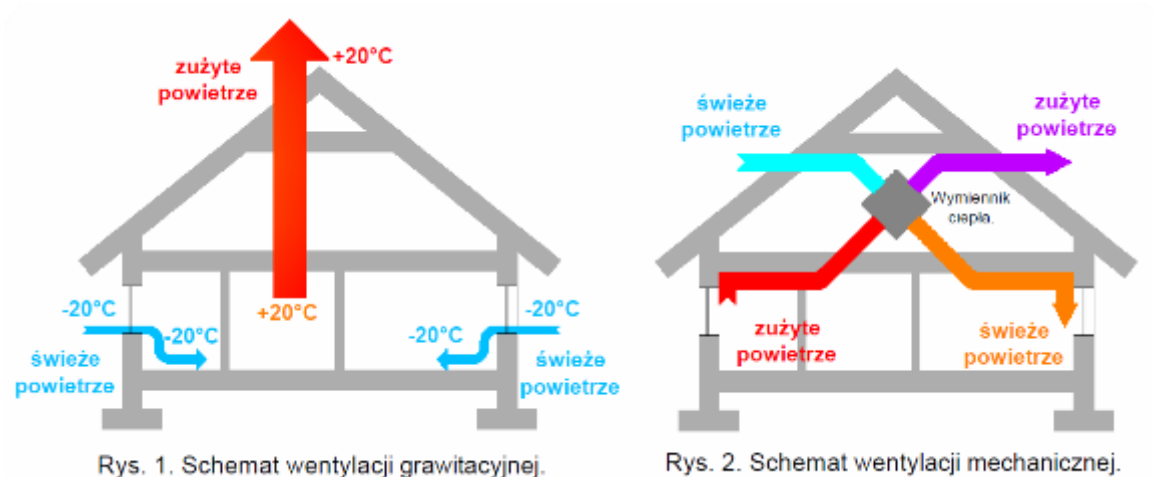
Zastosowanie wentylacji typu "mechaniczna z rekuperatorem o  $\eta=85\%$ , działająca okresowo" przyniesie zmniejszenie strat ciepła na wentylację budynku o 9561 kWh rocznie, tj. o 2569,52 zł (86 %), co przy zakładanej trwałości rozwiązania na poziomie 20 lat przyniesie 51390,40 zł oszczędności. Dodatnia wartość NPV (46506,67 zł) - przy przyjętych parametrach technicznych i ekonomicznych - świadczy o ekonomicznej opłacalności przedsięwzięcia.

Ciekawym rozwiązaniem jest zastosowanie lokalnej wentylacji mechanicznej z rekuperacją. Sprawność rekuperatorów wynosi od 50% do 65%. Rozwiązanie to najlepiej się sprawdza w pomieszczeniach eksploatowanych okresowo o dużym różnicowaniu czasowym lub w budynkach podlegających termomodernizacji, w których nie można wybudować kanałów. Świetnie sprawdzają się w budynkach szkolnych i oświatowych, przedszkolach, budynkach użyteczności publicznej, budynkach zabytkowych z niesprawną wentylacją grawitacyjną lub bez niej.

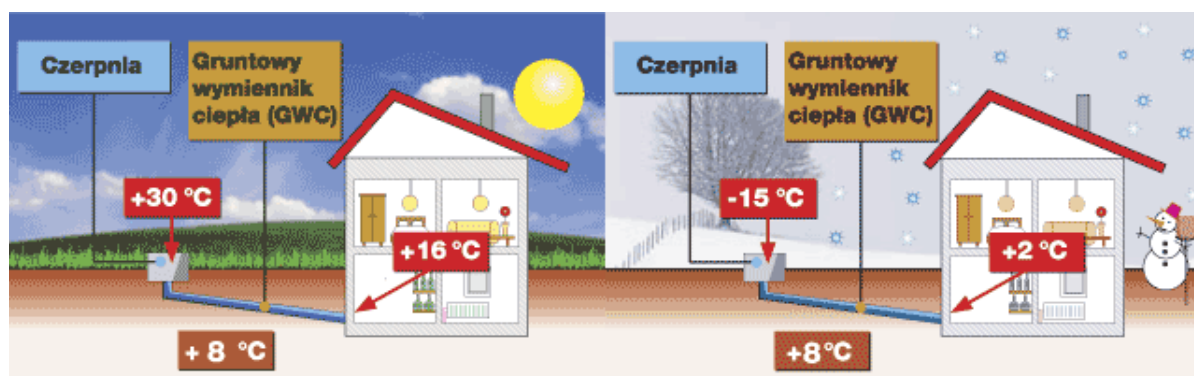


**Rysunek 4. Zasada działania lokalnej wentylacji z rekuperacją, odzysk ciepła 55%-60% (Rysunek: archiwum autora)**

**Rysunek 5. Schemat montażu urządzenia podokiennego lokalnej wentylacji z rekuperacją.**



Rysunek 6. Schemat wentylacji naturalnej (gravitacyjnej – rys 1. ) oraz schemat wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła przez wymiennik ciepła – rys 2. (rysunek z zasobów strony internetowej be-green.pl – ABC Energooszczędności).



Zasada działania gruntowego wymiennika ciepła (GWC) w lecie i w zimie.



Rysunek 7. Schemat działania gruntowego wymiennika ciepła (materiał ze strony [www.agdex.com](http://www.agdex.com) ).

Zastosowanie gruntowych wymienników ciepła GWC wspomaga pracę rekuperatora minimalizując konieczność rozmrażania rekuperatora lub eliminując konieczność pracy grzałki. Zastosowanie GWC zmniejsza zużycie energii na ogrzewanie od 10% do 20%. W lecie przy poprawnie zaprojektowanym budynku, GWC pozwala zachować odpowiedni mikroklimat bez konieczności chłodzenia.

### Przykład 2.

Przykładowa analiza opłacalności zastosowania wentylacji naturalnej z nawiewnikami ciśnieniowymi oraz wentylacji z rekuperacją o sprawności 85% działającej okresowo z wymiennikiem GWC.

#### Wentylacja

Stan projektowy	 naturalna	z nawiewnikami ciśnieniowymi i sterowanymi ręcznie
Stan docelowy		mechaniczna z rekuperatorem o $\eta=85\%$ i wymiennikiem gruntowym, działająca okresowo

#### Efektywność energetyczna

	Stan projektowy	Stan docelowy	Oszczędność	Oszczędność
Wymiana powietrza	432,00 m <sup>3</sup> /h	403,20 m <sup>3</sup> /h	28,80 m <sup>3</sup> /h	7 %
Roczne straty ciepła	10579 kWh	679 kWh	9901 kWh	94 %
Roczne koszty energii	2988,01 zł	336,03 zł	2651,98 zł	89 %

**Efektywność ekonomiczna**

Prosty czas zwrotu (SPBT)	17,2 lat(a)
Dynamiczny czas zwrotu (DPBT)	13,9 lat(a)
Wartość bieżąca netto (NPV) dla 20 lat	26832,43 zł

Zastosowanie wentylacji typu "mechaniczna z rekuperatorem o  $\eta=85\%$  i wymiennikiem gruntowym, działająca okresowo" przyniesie zmniejszenie strat ciepła na wentylację budynku o 9901 kWh rocznie, tj. o 2651,98 zł (89 %), co przy zakładanej trwałości rozwiązania na poziomie 20 lat przyniesie 53039,60 zł oszczędności.

Dodatnia wartość NPV (26832,43 zł) - przy przyjętych parametrach technicznych i ekonomicznych - świadczy o ekonomicznej opłacalności przedsięwzięcia.

## Spis treści

Energooszczędna INSTALACJA c.o. – tak ale jak? .....	2
Co to jest wskaźnik energii końcowej EK ? .....	2
Jak obliczyć koszty ogrzewania? .....	2
Jak ocenić efektywność energetyczną systemu grzewczego? .....	4
Jaka jest efektywność energetyczna kotłów na paliwa kopalne? .....	4
Jak działają pompy ciepła? .....	7
Jak wybrać poprawnie dolne źródło energii dla pompy ciepła? .....	9

## Energooszczędna INSTALACJA c.o. – tak ale jak?

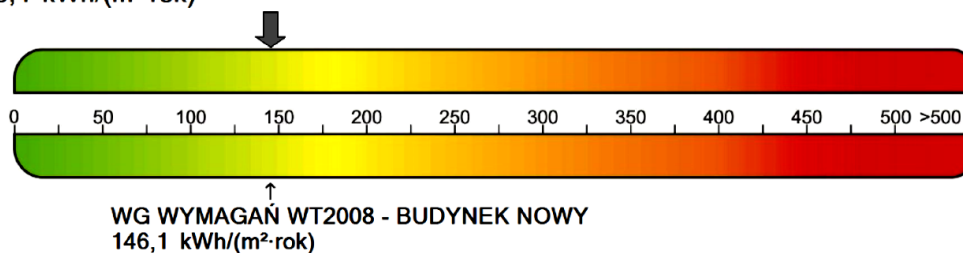
Budowę energooszczędnego budynku należy rozpocząć od wyboru właściwego projektu uwzględniającego wpływ rozwiązań architektonicznych na zużycie energii. Następnie należy zapewnić optymalną grubość izolacji termicznej przegród budowlanych. Dopiero dla tak zaprojektowanego, optymalnie izolowanego budynku należy wybrać odpowiedni system grzewczy.

Jest już pewne, że aby poprawić efektywność energetyczną budynku należy ograniczać zużycie energii. Cel ten można osiągnąć również przez ograniczenie strat ciepła przez zastosowanie nowoczesnych wysokosprawnych i niskoemisyjnych systemów produkujących energię.

## Co to jest wskaźnik energii końcowej EK ?

W projektowanej charakterystyce należy określić wskaźnik zużycia energii końcowej EK który zawiera scalone informacje o planowanym zużyciu energii z uwzględnieniem sprawności instalacji c.o., c.w.u., wentylacji i ewentualnie chłodzenia. Wartość EK podawana jest również na świadectwie charakterystyki energetycznej budynku i zawieraj informacje, na podstawie, której można określić przewidywane koszty ogrzewania budynku.

EP - TWÓJ BUDYNEK - STAN PROJEKTOWY  
145,4 kWh/(m<sup>2</sup>·rok)



### Wskaźniki zapotrzebowania na energię

	EU <sub>co</sub> [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	EK [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	EP [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]
Twój budynek	111,9	129,7	145,4
Budynek nowy wg WT2008	brak wymagań	brak wymagań	146,1

## Jak obliczyć koszty ogrzewania?

Energia końcowa pozwala określić obliczeniowe zużycie energii w budynku, co pozwala porównywać efektywność energetyczną różnych budynków. W tabeli 1 zamieszczono zestawienie wartości EK oraz kosztów ogrzewania na m<sup>2</sup> powierzchni ogrzewanej budynku oraz całkowite roczne koszty ogrzewania budynku na c.o. i c.w.u. Minimalna wartość EK dotyczy budynku o nazwie „Amelka” i wynosi 89,86 kWh/m<sup>2</sup>rok. Przy tym samym źródle ciepła (kotłownia gazowa kondensacyjna) koszty ogrzewania na c.o. i c.w.u. na 1 m<sup>2</sup> są również najniższe dla domu „Amelka” i wynoszą 1,35 zł/m<sup>2</sup> na m-c. Ze względu na koszty eksploatacyjne w tym przypadku najlepszym projektem jest dom Amelka i ze względu na koszty ogrzewania taki warto wybrać.

$$EK = \frac{EU_{c.o.}}{\eta_{c.o.}} + \frac{EU_{c.w.u.}}{\eta_{c.w.u.}} + \frac{EU_c}{\eta_c}$$

Tabela 1. Przykładowe wartości EK dla domów z katalogu biura projektowego

typ projektu	energia końcowa	typ ogrzewania	koszt jednostkowy ciepła C <sub>e</sub>	projektowane koszty ogrzewania na c.o. i c.w.u.
	EK			na 1 m2 na miesiąc
	[kWh/m2rok]			[zł/m2 m-c]
Amelka	89,86	kotł. gaz	0,21	1,57
Angela A	121,2			2,12
Azalia A	110,77			1,94
Frodo A	128,59			2,25
Gienia A	111,69			1,95
Jagódka A	102,23			1,79
Sielanka A 2	110,05			1,93

Wskaźnik EK podawany jest na świadectwie charakterystyki energetycznej w kWh/m2rok co umożliwia porównywanie między sobą budynków pod względem energochłonności i przewidywanych kosztów ogrzewania. Najczęściej jednak porównywany jest miesięczny koszt ogrzewania budynku, który można obliczyć na podstawie EK ze wzoru:

$$K_{EK,m} = EK \cdot C_e / 12$$

gdzie:

K<sub>EK,m</sub> – miesięczny koszt ogrzewania 1 m2 powierzchni budynku [zł/m2·m-c],

EK – wskaźnik energii końcowej [kWh/m2rok]

C<sub>e</sub> – cena energii [zł/kWh]

Porównanie kosztów ogrzewania jest trudnym zadaniem gdy budynki wyposażone są w różne nośniki energii. Szczegółowe wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli poniżej.

**Tabela 2. Porównanie kosztów ciepła uzyskiwanych z różnych nośników energii bez i z uwzględnieniem sprawności wytwarzania i kosztami remontów, obsługi i niezbędnego serwisu.**

nośnik energii	Cena nośnika energii	Ce - cena energii bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego	Średnioroczna sprawność wytwarzania nowego kotła	Cena ciepła za źródłem z uwzględnieniem sprawności wytwarzania
	zł/j.o.	zł/kWh		zł/kWh
Węgiel	750	0,113	0,75	0,180
Eko-groszek	850	0,122	0,75	0,188
Miał węglowy	450	0,085	0,7	0,158
Słoma - baloty, kostki	180	0,054	0,7	0,104
Słoma - brykiet	220	0,057	0,75	0,094
Słoma - pellet	600	0,135	0,8	0,177
Drewno - szczapy	190	0,079	0,8	0,128
Drewno - zrębki	150	0,083	0,75	0,144
Drewno - pellet	800	0,153	0,85	0,189
Gaz ziemny kocioł kondens.	1,95	0,206	0,98	0,217
Olej opałowy	4	0,400	0,95	0,434
Energia elektryczna		0,550	0,99	0,556

Energia elektr. - pompa ciepła	0,55	3,8	0,145
--------------------------------	------	-----	-------

Inwestorzy przede wszystkim poszukują rozwiązań dających najniższe koszty inwestycyjne. Przy wyborze decyduje również niska cena ciepła. Oba czynniki wyboru prawie zawsze wskazują rozwiązania nieefektywne energetycznie. Niska cena paliwa i niewielkie koszty inwestycyjne są zazwyczaj równoznaczne z dużą szkodliwością systemu grzewczego dla naturalnego środowiska. W wyniku spalania nieekologicznych paliw w nieefektywnych energetycznie urządzeniach grzewczych wytwarzane są bowiem w większej ilości gazy cieplarniane oraz związki toksyczne i kancerogenne, które są przyczyną wielu poważnych chorób. Zaoszczędzone na ogrzewaniu środki są w późniejszym okresie przeznaczane najczęściej na leczenie oraz na ratowanie środowiska naturalnego.

### Jak ocenić efektywność energetyczną systemu grzewczego?

Sprawność instalacji c.o. może mieć istotny wpływ na końcowe zużycie energii. Niska sprawność całej instalacji na cele c.o. oraz c.w.u. może nawet dwukrotnie zwiększyć zużycie energii. Sprawność systemu ogrzewania  $\eta_{c.o.}$  związana oblicza się ze wzoru:

$$\eta_{c.o.} = \eta_w \cdot \eta_p \cdot \eta_r \cdot \eta_e,$$

gdzie:

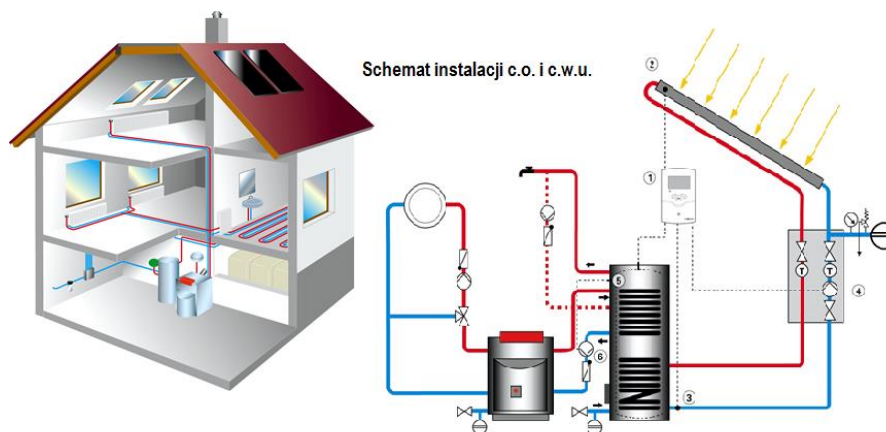
$\eta_w$  – sprawność wytwarzania ciepła,

$\eta_p$  – sprawność transportu ciepła,

$\eta_m$  – sprawność magazynowania ciepła,

$\eta_r$  – sprawność regulacji i wykorzystania

**Rysunek 1. Schemat instalacji gazowej c.o. i c.w.u. wyposażonej w kolektory słoneczne.**



### Jaka jest efektywność energetyczna kotłów na paliwa kopalne?

Efektywność energetyczna w odniesieniu do energii końcowej  $E_{EK}$  urządzeń jest funkcją sprawności wytwarzania i oznacza ilość niezbędnej energii potrzebna do wyprodukowania jednostki energii użytkowej wyrażona w 1 kWh i wyznacza się ze wzoru:

$$E_{EK} = 1/\eta \text{ [kWh]}$$

$\eta$  – sprawność należy przyjmować w zależności od prowadzonej oceny, może to być sprawność wytwarzania  $\eta_w$  źródła ciepła wówczas wyznaczona będzie efektywność energetyczna źródła ciepła  $E_{EW}$ . Jeżeli do obliczeń przyjęta zostanie  $\eta$  instalacji c.o. wówczas wynikiem będzie efektywność energetyczna instalacji. Jeżeli wartość  $E_E$  jest niska oznacza to, że potrzeba niewielkiej ilości energii do uzyskania 1 kWh energii użytkowej, zatem im jest niższa wartość  $E_E$  tym wyższa jest efektywność



energetyczna urządzenia lub instalacji. Do wyznaczenia efektywności niezbędna jest znajomość sprawności urządzenia.

Efektywność energetyczna w odniesieniu do energii końcowej nie do końca obrazuje poprawnie efektywność energetyczną. W ujęciu globalnym niezbędne jest wyznaczenie efektywności energetycznej w odniesieniu do energii nieodnawialnej pierwotnej, która obejmować będzie całkowitą efektywność energetyczną w odniesieniu do energii pierwotnej związanej z danym nośnikiem energii. Ze względów makroenergetycznych i ekologicznych jest to pełniejsze i bardziej wyczerpujące ujęcie efektywności energetycznej.

Efektywność energetyczna w odniesieniu do energii nieodnawialnej pierwotnej  $E_{EP}$  urządzeń, lub całego systemu grzewczego jest funkcją sprawności wytwarzania oraz współczynnika nieodnawialnej energii pierwotnej i oznacza ilość nieodnawialnej energii pierwotnej niezbędnej do wyprodukowania jednostki energii użytkowej wyrażona w 1 kWh i wyznacza się ze wzoru:

$$E_{EK} = \frac{w_i}{\eta} [\text{kWh}]$$

gdzie:

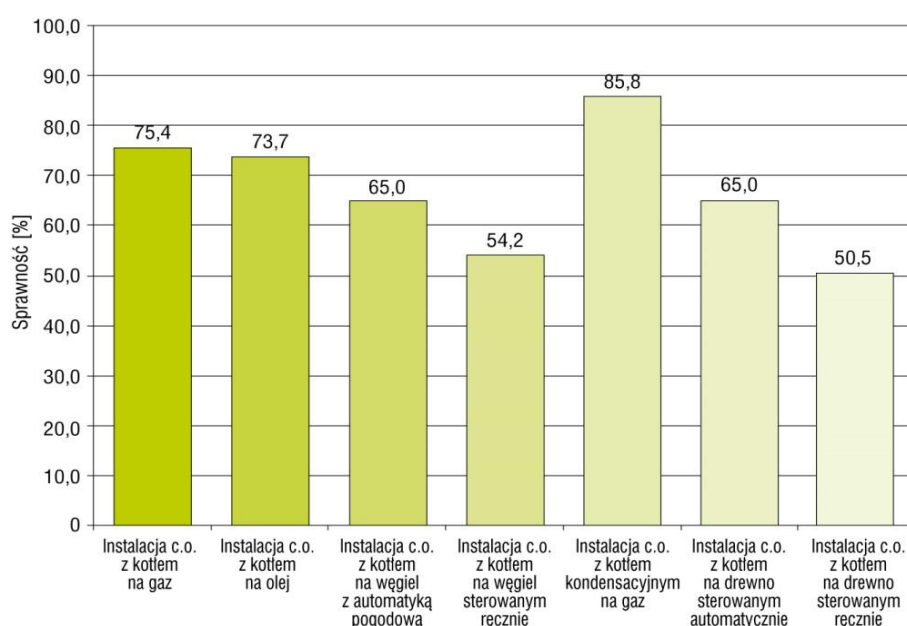
$w_i$  – współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej

#### **Sprawność wytwarzania a efektywność urządzeń grzewczych.**

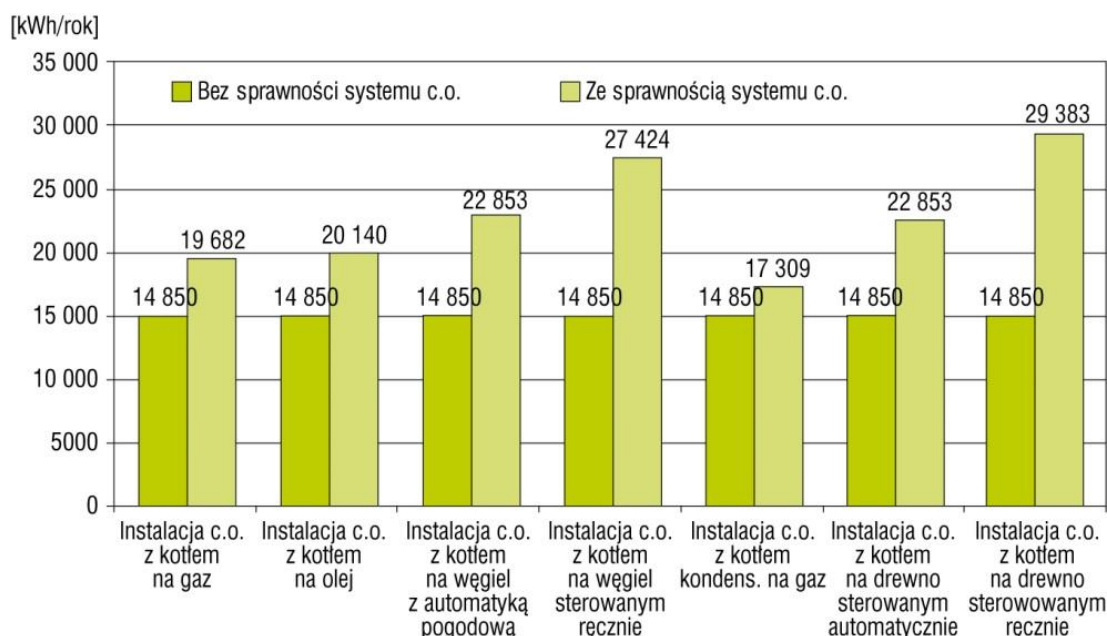
Sprawność wytwarzania ciepła w nowoczesnych kotłach na węgiel, drewno lub słomę wynosi od 70% do 75%.

Kotły olejowe i gazowe standardowe mają sprawność średnioroczną od 80% do 88%, kotły gazowe kondensacyjne zaliczają się do najsprawniejszych urządzeń grzewczych o 95% do 98% sprawności wytwarzania.

Sprawności systemu grzewczego ma wpływ na końcowe zużycie energii-EK. Niska sprawność jest przyczyną znacznie zwiększonego zużycia energii – może spowodować, że zużycie będzie nawet dwukrotnie większe niż zapotrzebowanie na energię użytkową EU. Przykłady wpływu sprawności systemu grzewczego na zużycie energii przedstawiono na wykresach poniżej.



**Wykres 1. Sprawność nowej instalacji c.o. wykorzystującej różne sposoby produkcji ciepła, obejmująca: sprawność wytwarzania, regulacji, przesyłu i wykorzystania.**



**Wykres 2. Zapotrzebowanie na ciepło dla tego samego budynku ogrzewanego z różnych nośników energii, bez uwzględniania sprawności systemu c.o. oraz z uwzględnieniem sprawności systemu c.o.**

Znając sprawność urządzeń grzewczych, instalacji grzewczej oraz całego systemu grzewczego można wyznaczyć efektywność energetyczną w odniesieniu do energii końcowej EK i nieodnawialnej pierwotnej EP. Odniesienie do energii końcowej wskazuje, że pompa ciepła jak i cały system grzewczy oparty o pompy ciepła charakteryzuje się najwyższą efektywnością energetyczną. Jeżeli jednak odniesiemy się do energii nieodnawialnej pierwotnej najefektywniejszy energetycznie jest kotłownia na biomasę, szczególnie na pellety. Szczegóły zamieszczono w tabelach poniżej.

**Tabela 3. Efektywność energetyczna źródła, instalacji c.o. oraz całego systemu grzewczego w odniesieniu do energii końcowej.**

nośnik energii	Efektywność energetyczna źródła $E_{EK} = 1/\eta_W$	Efektywność energetyczna instalacji c.o. $E_{EKc.o.} = 1/\eta_{c.o.}$	Efektywność energetyczna systemu grzewczego $E_{EKc.o.,W} = 1/\eta_{c.o.} \cdot \eta_W$
Węgiel	1,33	1,142	1,523
Eko-groszek	1,33	1,142	1,523
Miał węglowy	1,43	1,142	1,632
Słoma - baloty, kostki	1,43	1,142	1,632
Słoma - brykiet	1,33	1,142	1,523
Słoma - pellet	1,25	1,063	1,329
Drewno - szczapy	1,25	1,142	1,428
Drewno - zrębki	1,33	1,142	1,523
Drewno - pellet	1,18	1,063	1,250
Gaz ziemny - kocioł kondensacyjny	1,02	1,063	1,085

Olej opałowy	1,05	1,063	1,119
Energia elektryczna	1,01	1,063	1,074
Energia elektryczna - pompa ciepła	0,26	1,096	0,288
Ciepło z ciepłowni	1,02	1,085	1,107
Ciepło z elektrociepłowni	1,02	1,085	1,107

**Tabela 4. Efektywność energetyczna źródła oraz całego systemu grzewczego w odniesieniu do energii końcowej.**

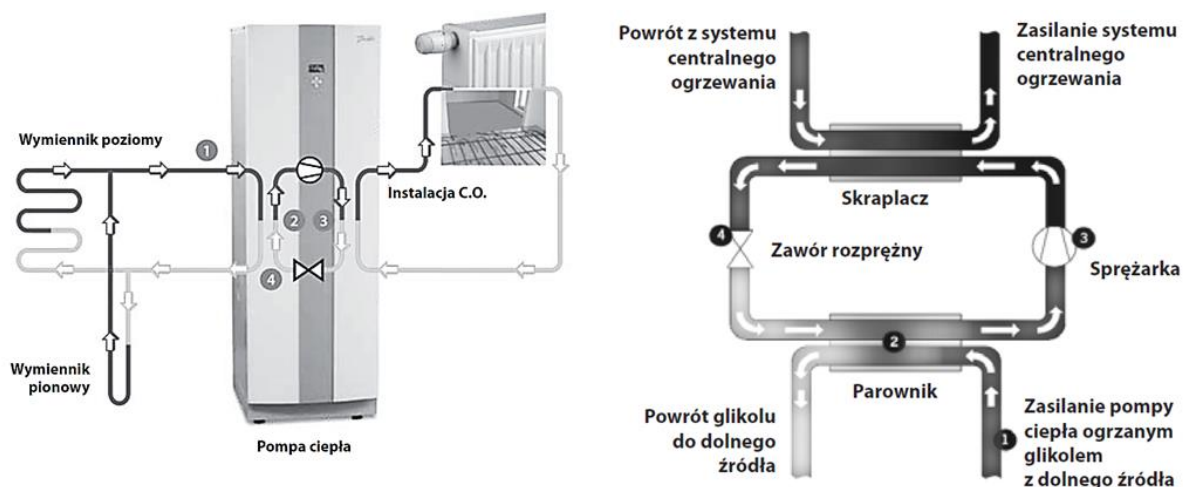
nośnik energii	Efektywność energetyczna źródła $E_{EP} = w/\eta_w$	Efektywność energetyczna systemu grzewczego $E_{EPc.o.,W} = 1/\eta_{c.o.} \cdot \eta_w$
Węgiel	1,47	1,675
Eko-groszek	1,47	1,675
Miał węglowy	1,57	1,795
Słoma - baloty, kostki	0,29	0,326
Słoma - brykiet	0,27	0,305
Słoma - pellet	0,25	0,266
Drewno - szczapy	0,25	0,286
Drewno - zrębki	0,27	0,305
Drewno - pellet	0,24	0,250
Gaz ziemny - kocioł kondensacyjny	1,12	1,193
Olej opałowy	1,16	1,231
Energia elektryczna	3,03	3,221
Energia elektryczna - pompa ciepła	0,79	0,865
Ciepło z ciepłowni	1,33	1,440
Ciepło z elektrociepłowni	0,61	0,664

## Jak działają pompy ciepła?

**Pompa ciepła** jest maszyną cieplną wymuszającą przepływ ciepła z obszaru o niższej temperaturze do obszaru o temperaturze wyższej. Proces ten przebiega wbrew naturalnemu kierunkowi przepływu ciepła i zachodzi dzięki dostarczonej z zewnątrz energii mechanicznej (w pompach ciepła sprężarkowych) lub energii cieplnej (w pompach absorpcyjnych). Zatem pompy ciepła są to urządzenia, które jak wskazuje nazwa, pompują (przenoszą) ciepło z jednego ośrodka do drugiego. Odbywać się to musi kosztem pracy mechanicznej (pompy sprężarkowe), ciepła (pompy absorpcyjne) lub energii elektrycznej (pompy termoelektryczne). Urządzenia te mogą pełnić jednocześnie dwie funkcje – grzać i chłodzić. Jeżeli głównym celem jest chłodzenie, wtedy mówi się o chłodziarkach, lodówkach czy klimatyzatorach. Jeżeli zadaniem maszyny jest ogrzewanie, wtedy nazywa się ją pompą ciepła.

Pompy ciepła sprężarkowe to najbardziej rozpowszechniona grupa urządzeń. Wykorzystują sprężarkę mechaniczną jako urządzenie dostarczające pracę do układu. Do zalet tego typu rozwiązań zaliczyć należy względną prostotę konstrukcji, wysoką efektywność energetyczną oraz mobilność. Wadą jest uzależnienie od dostaw energii elektrycznej oraz zużywanie się elementów mechanicznych w sprężarce. Sprężarkowe pompy ciepła mogą być zasadniczo napędzane także gazem ziemnym, olejem napędowym lub biomasą (olej rzepakowy, biogaz). Do napędu sprężarki stosowany jest wtedy silnik

spalinowy. Oprócz dodatkowych nakładów, potrzebnych na izolację akustyczną silnika i odprowadzenie spalin konieczna jest w tym wypadku także instalacja zasilania paliwem.



Rysunek 2. Schemat ideowy pompy ciepła.

Podstawowymi elementami pompy ciepła są:

- skraplacz
- parownik
- sprężarka
- zawór rozprężny



Rysunek 3. Podstawowe elementy pompy ciepła.

Pompy ciepła można sklasyfikować według różnych kryteriów. Najważniejsze jest jednak to z jakiego otoczenia pompa pobiera ciepło i w jaki sposób przekazuje je do pomieszczeń. Najczęściej używanymi pompami są:

- gruntowe (solanka/woda, bezpośrednie odparowanie/woda, bezpośrednie odparowanie/bezpośrednie skraplanie),
- wodne (woda/woda, woda/powietrze),
- powietrzne (powietrze/woda, powietrze/powietrze).

W zależności od zewnętrznego źródła zasilania można je również podzielić na:

- elektryczne,
- olejowe,
- gazowe (GHP – Gas Heating Pumps).

Dobór źródła zasilania ma nie tylko wpływ na ostateczną ekonomiczność i efektywność energetyczną rozwiązania ale również na naturalne środowisko.

Pompa ciepła uzyskuje największe skuteczności energetyczne w połączeniu z ogrzewaniem niskotemperaturowym (ogrzewanie podłogowe).

Przy projektowaniu systemów grzewczych z pompą ciepła mamy do wyboru kilka rozwiązań:

- system monowalentny – pompa jest jedynym urządzeniem grzewczym;
- system biwalentny alternatywny – w systemie pracują dwa urządzenia; po osiągnięciu określonej temperatury zewnętrznej pompa wyłącza się i włącza się drugie urządzenie np. kocioł gazowy lub olejowy;
- system biwalentny równoległy – w systemie pracują dwa urządzenia; po osiągnięciu określonej temperatury zewnętrznej włącza się drugie urządzenie i od tej pory obydwa urządzenia pracują równocześnie.

## Jak wybrać poprawnie dolne źródło energii dla pompy ciepła?

Dolnym źródłem ciepła może być każdy ośrodek posiadający odpowiednią temperaturę i pojemność cieplną gwarantującą odparowanie czynnika chłodniczego oraz ciągłą pracę urządzenia. Takim ośrodkiem dla chłodziarki jest np. wnętrze lodówki lub klimatyzowanego samochodu. Dla Pomp ciepła rozwiązać na dolne źródło ciepła jest bardzo dużo, oto kilka najczęściej stosowanych:

**Powietrze:** posiada wręcz nieograniczoną pojemność cieplną, jednak przy mocno ujemnych temperaturach efektywność urządzeń drastycznie spada. Niewątpliwą zaletą wykorzystywania powietrza zewnętrznego jako źródła ciepła jest jednak jego dostępność i najniższe koszty instalacji.

**Grunt:** najpopularniejsze źródło energii dla pomp ciepła. Największą pojemność cieplną posiadają grunty wilgotne np. gliniaste a najmniejszą grunty suche np. piaszczyste.

Energia zmagazynowana przy powierzchni ziemi pochodzi głównie od promieniowania słonecznego, natomiast wraz z głębokością rośnie udział energii pochodzącej z wnętrza ziemi (geotermalnej). Powszechnie stosuje się dwa sposoby wykorzystania energii gruntu: poprzez tzw. kolektory poziome lub pionowe. Pierwsza z nich to nic innego jak ułożona poziomo (poniżej granicy przemarzania gruntu) rura PCV z niezamarzającym płynem, tzw. chłodziwem (może to być np. roztwór wodny glikolu), którego zadaniem jest odbiór ciepła i przekazanie go czynnikowi chłodniczemu w parowniku.

Niekiedy stosuje się systemy bezpośrednie w których to czynnik chłodniczy odbiera energię z dolnego źródła bez medium pośredniczącego. Jednak w przypadku uszkodzenia takiego układu występuje ryzyko wycieku czynnika, dlatego konieczne jest zastosowanie odpowiedniej i kosztownej armatury.

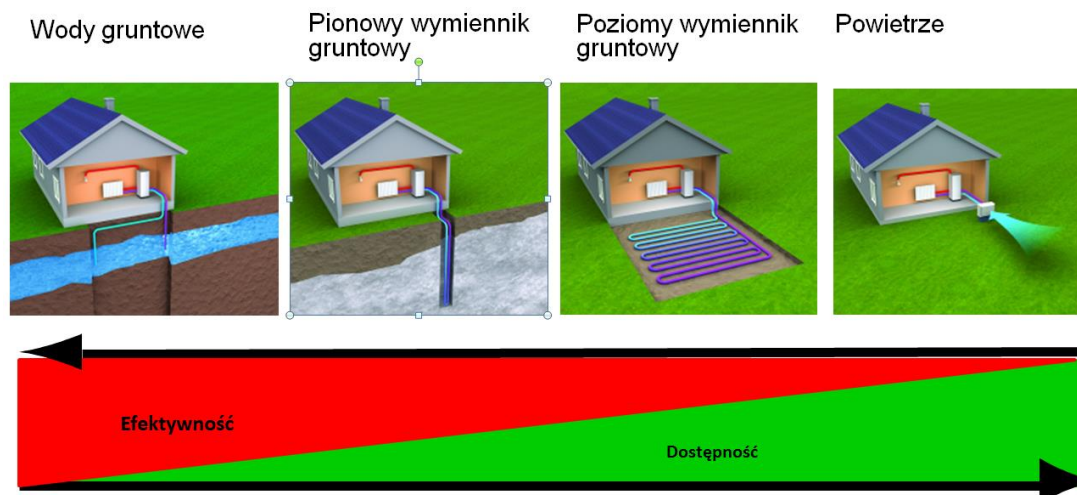
Drugi sposób wykorzystania energii zawartej w gruncie to kolektor pionowy, czyli przewód z chłodziwem wprowadzany pionowo w głąb ziemi. Zaletami takiego rozwiązania jest niewielka wymagana do instalacji powierzchnia, oraz gwarancja dużej wydajności pompy ciepła (ze względu na stałą wysoką temperaturę panującą na większych głębokościach). Wadą rozwiązania jest konieczność wykonywania kosztownych wierceń głębokościowych, a także skomplikowana procedura uzyskiwania pozwoleń na takowe. Zbiorniki wodne: na dnie jeziora lub stawu panuje zwykle stała temperatura ok. 8 ° C. Jest to zatem atrakcyjny ośrodek dla dolnego źródła ciepła, często wykorzystywany jeżeli tylko warunki naturalne na to pozwalają.

W tym celu na dnie zbiornika układa się wymiennik ciepła z chłodziwem. Projektant powinien jednak pamiętać, że żyjące w takim akwenie stworzenia potrzebują odpowiednio wysokiej temperatury, a umiejscowienie w nim wymiennika może ten zbiornik nadmiernie wychłodzić.

**Pod budynkiem:** kolejnym sposobem wykorzystania ciepła jest posadowienie przewodów z chłodziwem pod podłogą w piwnicy budynku lub wokół fundamentów. Pozwala to wykorzystać część energii jaka jest tracona przez budynek podczas przenikania ciepła do gruntu. Kanalizacja: również często stosowanym patentem jest wykorzystanie kanałów kanalizacji znajdujących się w pobliżu. Charakteryzują się one względnie wysoką temperaturą przez cały rok. Rury z chłodziwem można np.

opieść wokół takiego kanału , aby zapewnić wysoką wydajność pracy pompy ciepła.

Rysunek 4. Efektywność energetyczna a dostępność dolnego źródła .



Rodzaj gruntu	Jednostkowy pobór mocy
<b>Ogólne wartości orientacyjne</b>	
Grunt niekorzystny (suchy grunt osadowy) [ $\lambda < 1,5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ]	20 W/m
Normalny grunt mineralny i nasycone wodą osady [ $\lambda < 1,5 - 3,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ]	50 W/m
Skały o wysokiej przewodności cieplnej [ $\lambda > 3,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ]	70 W/m
<b>Poszczególne rodzaje skał</b>	
Żwir, piasek, suchy	< 20 W/m
Żwir, piasek, wodonośny	55 – 65 W/m
Gлина, il, wilgotne	30 – 40 W/m
Wapień (masywny)	45 – 60 W/m
Piaskowiec	55 – 65 W/m
Magmatyty kwaśne (np. granit)	55 – 70 W/m
Magmatyty zasadowe (np. bazalt)	35 – 55 W/m
Gnejs	60 – 70 W/m

Tabela 5. Wydajność energetyczna pionowego wymiennika gruntowego w zależności od rodzaju gruntu.

Tabela 6. Wydajność dolnego poziomego wymiennika gruntowego w zależności od rodzaju gruntu.

Gleba	Wydajność
	[W/m <sup>2</sup> ]
piaszczysta, sucha	10
piaszczysta, wilgotna	15-20
gliniasta, sucha	20-25
gliniasta, wilgotna	25-30
gliniasta, nasycona wodą	35-40

Tabela 7. Powierzchnia dolnego poziomego źródła ciepła dla domu o powierzchni 126 m<sup>2</sup> w zależności od rodzaju gruntu

Dom jednorodzinny		
Powierzchnia	126	m <sup>2</sup>
Zapotrzebowanie na moc grzewczą na c.o.	10,2	kW
Zapotrzebowanie na moc grzewczą na c.w.u.	8,2	kW
Moc grzewcza pompy	10,2	kW
Powierzchnia dolnego źródła ciepła przy:		
Gлина nasycona wodą	291,4	m <sup>2</sup>



Glina wilgotna	340	m2
Glina sucha	408	m2
Piasek wilgotny	510	m2
Piasek suchy	1020	m2

Do określenia wydajności pomp ciepła nie używa się typowego pojęcia sprawności, lecz tzw. współczynnika COP (który jest równy stosunkowi uzyskanej energii w górnym źródle ciepła do włożonej pracy). Według tego wskaźnika wszystkie tradycyjne systemy grzewcze mają sprawność poniżej 1,0, natomiast pompy ciepła charakteryzują się „sprawnością” od 3,5–4,8. Do analiz energetycznych powinno posługiwać się wartościami sprawności średniorocznej SFP, która zawsze jest niższa od 0,8 do 1,5 mniejsza do wartości nominalnej sprawności pompy COP.

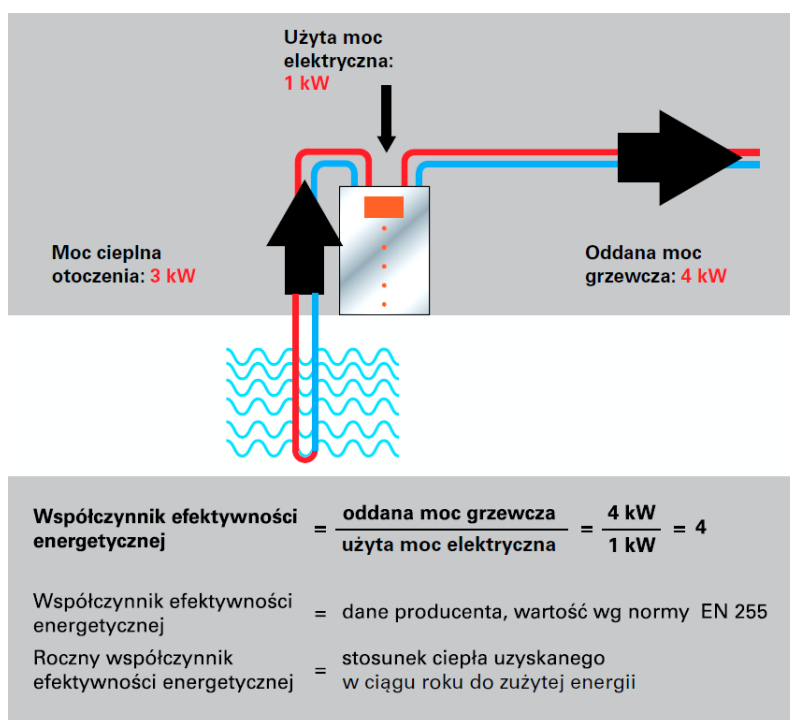


Tabela 8. Sprawności nominalne – COP i średnioroczne – SFP różnych urządzeń grzewczych

Rodzaj źródła ciepła	COP lub sprawność nominalna	SFP lub sprawność średnioroczna	cena jednostkowa ciepła zł/kWh
Powietrzna pompa ciepła	3,5	2,5 do 2,8	0,260
Pompa ciepła z poziomym gruntowym wymiennikiem	4,2	3,2 do 3,5	0,203
Pompa ciepła z pionowym gruntowym wymiennikiem	4,8	3,8 do 4,0	0,171
Kocioł na węgiel	0,85	0,8	0,147
Kocioł na biomasę - pelets	0,9	0,85	0,212
Kocioł gazowy	1,08	0,98	0,20
Kocioł olejowy	0,94	0,9	0,444
Energia elektryczne	1,0	0,99	0,6566

Pompy ciepła ze względu na nowoczesny sposób przygotowania ciepła i wysoką efektywność energetyczną, a co za tym idzie uzyskiwaną niską cenę energii (od 0,1 do 0,14 zł/kWh) cieszą się coraz większym zainteresowaniem, choć nie w każdym wypadku jest to uzasadnione ekonomicznie.

#### Opłacalność stosowania pomp ciepła.



Zastosowanie pompy ciepła aktualnie jest opłacalne w budynkach, których ogrzewanie realizowane jest za pomocą oleju, propanu lub energii elektrycznej.

Najczęściej stosuje się pompy ciepła gruntowe lub wodne (grunt – woda lub woda – woda). Rozwija się też technologia pomp powietrze – powietrze i powietrze – woda), które mają zastosowanie tam, gdzie nie ma możliwości zamieszczenia dolnego źródła ciepła w gruncie lub w wodzie.

## Spis treści

---

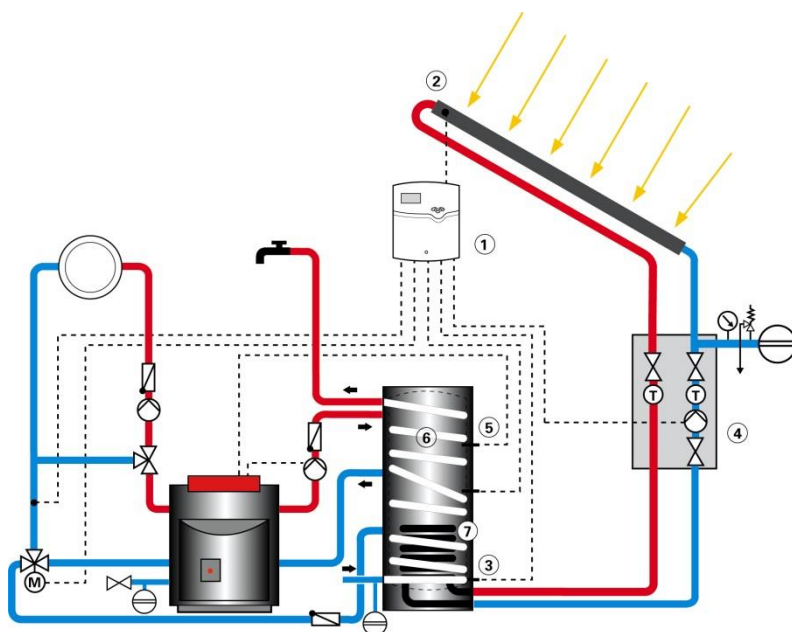
Część 8. Energooszczędność budynku a zużycie energii na przygotowanie c.w.u. ....	2
Jakie są aktualnie stosowane rozwiązania instalacji c.w.u.? .....	2
<b>OBLICZENIA</b> zapotrzebowania na energię oraz sprawności systemu .....	3
Jak oszacować efektywność energetyczną instalacji c.w.u.?.....	3
<b>SPOSOBY</b> racjonalnego ograniczania zużycia energii na potrzeby c.w.u. ....	5

## Część 8. Energooszczędność budynku a zużycie energii na przygotowanie c.w.u.

System grzewczy na c.o. oraz ciepłą wodę użytkową ma decydujący wpływ na wielkość końcowego zużyciu energii w budynku. Stara, mało sprawna instalacja powoduje, że zużycie energii na c.o. oraz c.w.u. w budynku może być nawet dwa razy większe w stosunku do tych samych budynków wyposażonych w nowoczesne instalacje. Zużycie energii na ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody zależy również od przeznaczenia budynku. W budynkach wielorodzinnych udział ciepłej wody w bilansie cieplnym budynku stanowi około 50% zużywanego ciepła przez budynek, w domku jednorodzinnym około 35%. W hotelach około 60% całkowitego zużycia energii, a w szpitalach z blokami operacyjnymi i rozbudowaną rehabilitacją nawet 75% całkowitego zużycia energii. Efektywność energetyczna instalacji ciepłej wody użytkowej może mieć istotny wpływ na jakość energetyczną budynku. Warto więc przeanalizować wpływ instalacji c.w.u. na zużycie energii oraz wskazać rozwiązania optymalne.

### Jakie są aktualnie stosowane rozwiązania instalacji c.w.u.?

Podstawowymi elementami instalacji c.w.u. są urządzenia wytwarzające i dostarczające ciepło potrzebne do podgrzania wody. Urządzenia wytwarzające to źródła ciepła, np. kotły węglowe, gazowe, olejowe oraz pompy ciepła. Bardzo często do przygotowania ciepłej wody wykorzystuje się wymiennik ciepła (zasobnik – rysunek 1.). Doprowadzenie ciepłej wody odbywa się za pomocą przewodów rozprowadzających i cyrkulacyjnych wyposażonych w pompy cyrkulacyjne, zawory, regulatory oraz punkty odbioru c.w.u.



**Rysunek 1. Schemat ciepłej wody oparty o kotłó, zasobnik c.w.u. z podwójną wężownicą (6,7) oraz baterię kolektorów słonecznych wyposażonych w pompy obiegowe oraz zawory (4) ze sterowaniem (1).**

Rozróżnia się dwa podstawowe systemy przygotowania c.w.u.: indywidualne i centralne.

Ciepła woda w indywidualnych systemach c.w.u. może być przygotowywana w podgrzewaczach z wykorzystaniem energii elektrycznej, gazu lub paliw stałych. Zdarza się, że podgrzewacze c.w.u. są zasilane kilkoma rodzajami energii, np. paliwem stałym i elektrycznym – są to układy biwalentne. W takim układzie analizę sprawności instalacji c.w.u. należy wykonać dla każdego źródła osobno.

Indywidualne systemy przygotowania c.w.u. stosowane są w niewielkich instalacjach tj. w małych

domach jednorodzinnych lub mieszkaniach, czyli gdzie zużycie ciepłej wody jest niewielkie, a utrzymanie cyrkulacji będzie przyczyną znaczących strat ciepła podczas przesyłu. Stosuje się też tam, gdzie nie ma możliwości ich podłączenia do systemów centralnych.

W centralnych systemach przygotowania ciepłej wody nośnikami energii pierwotnej są paliwa stałe, gazowe lub ciekłe. Coraz częściej stosowane są też pompy ciepła. Ciepło może być też dostarczane z sieci ciepłowniczej lub kotłowni osiedlowej za pomocą wymiennika ciepła. Przemiana parametrów termodynamicznych czynnika grzejącego następuje zazwyczaj w węzłach ciepłowniczych. Rozróżnia się: węzły jedno- i dwustopniowe, równoległe, szeregowo-równoległe, szeregowe jednostopniowe, szeregowe dwustopniowe. Ze względu na rodzaj zastosowanych urządzeń rozróżnia się:

- układy bezzasobnikowe, wyposażone wyłącznie w wymienniki przepływowe (w takim wypadku nie uwzględnia się sprawności magazynowania),
- układy zasobnikowe, wyposażone w wymienniki przepływowe i zasobniki ciepła lub wymienniki pojemnościowe.

Centralne systemy c.w.u. zasilane z kotłowni wbudowanych dzielą się na:

bezzasobnikowe,

- z wydzielonym wymiennikiem przepływowym,
- z wymiennikiem wbudowanym w kocioł,
- zasobnikowe z akumulacją ciepła po stronie czynnika grzewczego lub po stronie c.w.u.:
  - z pojemnościowym wymiennikiem ciepła,
  - z przepływowym wymiennikiem ciepła i zasobnikiem,
  - z pojemnościowo-przepływowym wymiennikiem ciepła.

## **OBLICZENIA zapotrzebowania na energię oraz sprawności systemu**

---

W różnych systemach c.w.u. zużycie energii na przygotowanie ciepłej wody będzie różne. Sposób wykonania obliczeń zapotrzebowania na energię można wykonać zgodnie ze:

$$Q = \frac{V \cdot q \cdot c_w \cdot \Delta t}{\eta} \cdot 10^6 \text{ [MJ/a]}$$

gdzie:

$V$  – roczne zużycie wody [ $\text{m}^3/\text{a}$ ],

$q$  – gęstość wody [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],

$c_w$  – ciepło właściwe wody [ $\text{kJ}/\text{kg K}$ ],

$\Delta t$  – różnica między temperaturą c.w.u. i temperaturą wody zimnej [ $\text{K}$ ],

$\eta_{\text{c.w.u.}}$  – sprawność systemu przygotowania wody.

Sprawność systemu przygotowania c.w.u. opisana jest wzorem:

$$\eta_{\text{c.w.u.}} = \eta_w \cdot \eta_p \cdot \eta_m \quad (2),$$

gdzie:

$\eta_w$  – sprawność wytwarzania,

$\eta_p$  – sprawność przesyłu ciepła, określa straty ciepła w systemie rurociągów rozdzielczych, obejmuje straty na cyrkulacji,

$\eta_m$  – sprawność magazynowania.

## **Jak oszacować efektywność energetyczną instalacji c.w.u.?**

---

Efektywność energetyczna układu ciepłej wody zależy od wielu czynników współzależnych od siebie. Zazwyczaj uwagę skupiają elementy mające wpływ na sprawność instalacji c.w.u. tj. sprawność wytwarzania, transportu, magazynowania, jednak nie można pominąć innych zagadnień związanych

z: charakterystyką energetyczną budynku, sposobem użytkowania ciepłej wody, systemem sterowania, które będą miały wpływ na efektywność energetyczną instalacji.

Efektywność energetyczna instalacji c.w.u. zależy od:

- sprawności wytwarzania - im jest wyższa tym instalacja c.w.u. będzie bardziej efektywna energetycznie
- sprawności magazynowania - zależy nie tylko od izolacji ale również od sposobu eksploatacji c.w.u. oraz od zastosowanego systemu sterowania produkcją i magazynowaniem c.w.u.
- sprawności transportu - zależy również od sposobu eksploatacji c.w.u. oraz od zastosowanego systemu sterowania produkcją i magazynowaniem c.w.u.

Dla przykładu obliczeniowe zapotrzebowania na ciepło dla domu jednorodzinnego oraz wielorodzinnego zamieszczano w tabelach 1 i 2. Udział c.w.u. wynosi 12 kWh/m<sup>2</sup>rok do 48 kWh/m<sup>2</sup>rok co stawia w budynku wg aktualnych wymagań pranych ok. 30% całkowitego zapotrzebowania na energię końcową, w budynku energooszczędnym NF40 około 50% a w budynku NF15 nawet 70% zapotrzebowania na energię końcową. W budynkach energooszczędnych zagadnienie poprawy efektywności energetycznej staje się działaniem istotnym.

**Tabela 1. Obliczenie zapotrzebowania na ciepło i energię końcową dla domu jednorodzinnego o powierzchni 120 m<sup>2</sup> użytkowanego przez 4 osoby, przygotowanie c.w.u. z różnych nośników energii w układzie z przygotowaniem ciepłej wody centralnym i lokalnym.**

System przygotowania ciepłej wody		Sprawność				Zapotrzebowanie na ciepło na c.w.u. bez uwzględnienia sprawności systemu [kWh/rok]	Zapotrzebowanie na ciepło na c.w.u. z uwzględnieniem sprawności systemu [kWh/rok]	Zapotrzebowanie na ciepło na c.w.u. z uwzględnieniem sprawności systemu [kWhm <sup>2</sup> /rok]
		$\eta_w$	$\eta_p$	$\eta_m$	$\eta_{c.w.u.}$			
Indywidualne przygotowanie c.w.u. dom jednorodzinny dla 4 osób o powierzchni 120 m <sup>2</sup>	Elektryczny podgrzewacz przepływowy w miejscu poboru	99%	100%	100%	99%	2412,4	2436,8	20,3
	Elektryczny podgrzewacz zasobnikowy w miejscu poboru	98%	97%	80%	76%	2412,4	3172,2	26,4
	Gazowy podgrzewacz przepływowy bez cyrkulacji	75%	60%	100%	45%	2412,4	5360,9	44,7
	Gazowy podgrzewacz zasobnikowy	86%	60%	80%	41%	2412,4	5844,0	48,7
	Kocioł gazowy kondensacyjny	91%	60%	80%	44%	2412,4	5522,9	46,0
	Pompa ciepła	350%	60%	80%	168%	2412,4	1435,9	12,0

**Tabela 2. Obliczenie zapotrzebowania na ciepło i energię końcową dla domu wielorodzinnego o powierzchni 675 m<sup>2</sup> użytkowanego przez 48 osoby, przygotowanie c.w.u. z różnych nośników energii w układzie z przygotowaniem ciepłej wody centralnym i lokalnym.**

System przygotowania ciepłej wody		Sprawność				Zapotrzebowanie na ciepło na c.w.u. bez uwzględnienia sprawności systemu [kWh/rok]	Zapotrzebowanie na ciepło na c.w.u. z uwzględnieniem sprawności systemu [kWh/rok]	Zapotrzebowanie na ciepło na c.w.u. z uwzględnieniem sprawności systemu [kWhm2/rok]
		$\eta_w$	$\eta_p$	$\eta_m$	$\eta_{c.w.u.}$			
Budynek wielorodzinny, 20 mieszkań i 48 mieszkańców o łącznej powierzchni 675,34 m <sup>2</sup>	Elektryczny podgrzewacz przepływowy w miejscu poboru	99%	100%	100%	99%	31099,2	31413,3	46,5
	Elektryczny podgrzewacz zasobnikowy w miejscu poboru	98%	98%	75%	72%	31099,2	43175,3	63,9
	Kocioł gazowy dwufunkcyjny mieszkaniowy	86%	90%	100%	77%	31099,2	40179,8	59,5
	Kocioł gazowy kondensacyjny centralny z zasobnikiem	91%	70%	80%	51%	31099,2	61026,7	90,4
	Węzeł ciepła	95%	70%	100%	67%	31099,2	46765,7	69,2
	Pompa ciepła	350%	70%	85%	208%	31099,2	14933,6	22,1

### SPOSOBY racjonalnego ograniczania zużycia energii na potrzeby c.w.u.

Aby ograniczyć zużycie energii koniecznej do produkcji ciepłej wody o wymaganych parametrach, należy wprowadzić rozwiązania mające na celu:

- zmniejszenie zużycia wody,
- zwiększenie sprawności systemu przygotowania c.w.u.,
- wykorzystanie energii odnawialnej (słonecznej).

#### Zmniejszenie zużycia wody

Podstawowym działaniem mającym na celu zmniejszenie zużycia energii jest sprawdzenie, czy instalacji c.w.u. jest szczelna, czy nie ma niekontrolowanych wycieków na c.w.u. Dalsze ograniczenie zużycia wody wiąże się z zastosowaniem perlatorów, czyli na napowietrzaczy, które zmniejszają strumień wypływającej ciepłej wody. Ograniczenie zużycia wody może sięgać od 15% do 35% a w skrajnych przypadkach nawet do 50%. Istotne jest też wprowadzenie energooszczędnego i ekologicznego korzystania z ciepłej wody, np. używając prysznice wyposażone w efektywne perlatory.

Drugim działaniem jest wprowadzenie odpowiedniej izolacji termicznej instalacji c.w.u. oraz systemu regulacji cyrkulacji. Aby zmniejszyć zużycie wody, należy zadbać o poprawną cyrkulację w instalacji c.w.u. Wymaga to zastosowania pompy cyrkulacyjnej najlepiej energetycznej klasy A lub A+ z regulowaną prędkością obrotową i wyłącznikiem czasowym oraz termostatycznych ograniczników cyrkulacji montowanych na przewodach cyrkulacyjnych pod pionami. Zapewniają one dynamiczne równoważenie przepływów w instalacji cyrkulacyjnej c.w.u., a tym samym utrzymanie stałej temperatury w pionie cyrkulacyjnym oraz stabilizację strumienia. Dzięki temu uzyskuje się oszczędności ciepła, a dostawa ciepłej wody jest natychmiastowa.

Ograniczenie zużycia ciepłej wody użytkowej uzyskuje się również dzięki: zainstalowaniu wodomierzy lub ciepłomierzy oraz zastosowaniu regulatorów ciśnienia na przyłączach wodociągowych w celu dostosowania ciśnienia wody do wymaganego (zmniejszenia poboru wody oraz strat spowodowanych przeciekami) oraz zastosowaniu armatury wodoszczędnej w punktach poboru c.w.u. (baterie termostacyjne, perlatory itp.).

### Zwiększenie sprawności systemu przygotowania c.w.u.

Poprawę sprawności systemu przygotowania c.w.u. można uzyskać dzięki usprawnieniu systemu podgrzewania i rozdziału c.w.u. Dobre efekty przynosi:

- zwiększenie sprawności źródła ciepła,
- zastosowanie układu automatycznej regulacji temperatury wody oraz pomp obiegowych i cyrkulacyjnych,
- regulacja hydrauliczna systemu rozdziału i cyrkulacji wody,
- zastosowanie pomp cyrkulacyjnych klasy A lub wyższej z regulowaną prędkością obrotową wirnika i wyłącznikiem czasowym,
- skrócenie czasu pracy pomp,
- zmniejszenie strat ciepła w systemie przesyłania c.w.u. (dzięki właściwej izolacji cieplnej przewodów, armatury i wymienników ciepła).

Takie rozwiązania powinny być stosowane we wszystkich nowo projektowanych budynkach.

Zdarza się, że zwiększenie sprawności systemu przygotowania c.w.u. wymaga zmiany systemu z centralnego na indywidualny. Podjęcie takiej decyzji powinno jednak zależeć od wyników analizy opłacalności ekonomicznej proponowanych rozwiązań.

Efektywność energetyczna instalacji c.w.u. określa ilość nieodnawialnej energii pierwotnej potrzebnej do wyprodukowania 1 kWh energii użytkowej wyrażonej przez wskaźnik  $E_{E, c.w.u.}$ ,

$$E_{E, c.w.u.} = \frac{W}{\eta_{c.w.u.}}$$

gdzie

$w$  – współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej wg tabeli poniżej

$\eta_{c.w.u.}$  – sprawność instalacji c.w.u.

**Tabela 3. Współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej.**

L.p.	Sposób zasilania budynku w energię	Nośnik energii końcowej	Współczynnik nakładu $w_i$
1	Miejskowe wytwarzanie energii w budynku	Olej opałowy	1,1
2		Gaz ziemny	1,1
3		Gaz płynny	1,1
4		Węgiel kamienny	1,1
5		Węgiel brunatny	1,1
6		Biomasa	0,2
7		Energia słoneczna	0,0
8	Ciepło zdalaczynne kogeneracji <sup>*)</sup>	Węgiel kamienny lub gaz <sup>**)</sup>	0,8
9		Odnawialne źródła energii (biomasa, biogaz <sup>**)</sup>	0,15
10	Ciepło zdalaczynne ciepłowni lokalnej	Węgiel kamienny	1,3
11		Gaz lub olej opałowy	1,2
12		Biomasa	0,2
13	Energia elektryczna	Sieć elektroenergetyczna systemowa	3,0
14		Systemy fotowoltaiczne	0,7

<sup>\*)</sup> Skojarzona produkcja energii elektrycznej i ciepła.

<sup>\*\*) W przypadku braku potwierdzenia producenta ciepła o wytwarzaniu go w kogeneracji przyjmuje się  $w_{H(W)} = 1,2$ .</sup>



**Tabela 4. Porównanie efektywności energetycznej różnych instalacji c.w.u stosowanych w domach jednorodzinnych**

System przygotowania ciepłej wody		Sprawność	$1/\eta_{c.w.u.}$	w	$E_{E,c.w.u.} = w/\eta_{c.w.u.}$
		$\eta_{c.w.u.}$			
Indywidualne przygotowanie c.w.u., domy jednorodzinne dla 4 osób o powierzchni 120 m <sup>2</sup>	Elektryczny podgrzewacz przepływowy w miejscu poboru	99%	1,01	3,00	3,03
	Elektryczny podgrzewacz zasobnikowy w miejscu poboru	76%	1,31	3,00	3,94
	Gazowy podgrzewacz przepływowy bez cyrkulacji	45%	2,22	1,10	2,44
	Gazowy podgrzewacz zasobnikowy	41%	2,42	1,10	2,66
	Kocioł gazowy kondensacyjny	44%	2,29	1,10	2,52
	Pompa ciepła	168%	0,60	3,00	1,79

**Tabela 5. Porównanie efektywności energetycznej różnych instalacji c.w.u stosowanych w domach wielorodzinnych.**

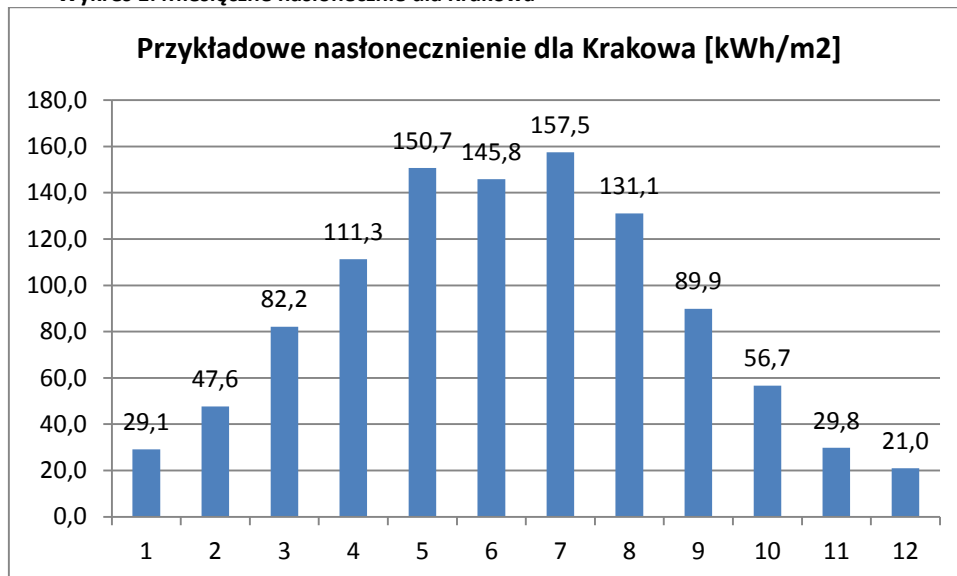
System przygotowania ciepłej wody		Sprawność	$1/\eta_{c.w.u.}$	w	$E_{E,c.w.u.} = w/\eta_{c.w.u.}$
		$\eta_{c.w.u.}$			
Budynek wielorodzinny, 20 mieszkań i 48 mieszkańców o łącznej powierzchni 675,34 m <sup>2</sup>	Elektryczny podgrzewacz przepływowy w miejscu poboru	99%	1,01	3,00	3,03
	Elektryczny podgrzewacz zasobnikowy w miejscu poboru	72%	1,39	3,00	4,16
	Kocioł gazowy dwufunkcyjny mieszkaniowy	77%	1,29	1,10	1,42
	Kocioł gazowy kondensacyjny centralny z zasobnikiem	51%	1,96	1,10	2,16
	Węzeł ciepła	67%	1,50	1,30	1,95
	Pompa ciepła	208%	0,48	3,00	1,44

#### **Zastosowanie kolektorów słonecznych**

Zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło z tradycyjnych źródeł energii jest możliwe dzięki zastosowaniu kolektorów słonecznych cieplnych PC lub fotowoltaicznych – PV. Stosowanie kolektorów PC i PV wpływa tym samym na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska przez wykorzystanie energii promieniowania słonecznego i teoretycznie nie powoduje żadnych szkodliwych emisji do otoczenia. Kolektory słoneczne PC mogą dostarczać energii potrzebnej do przygotowania

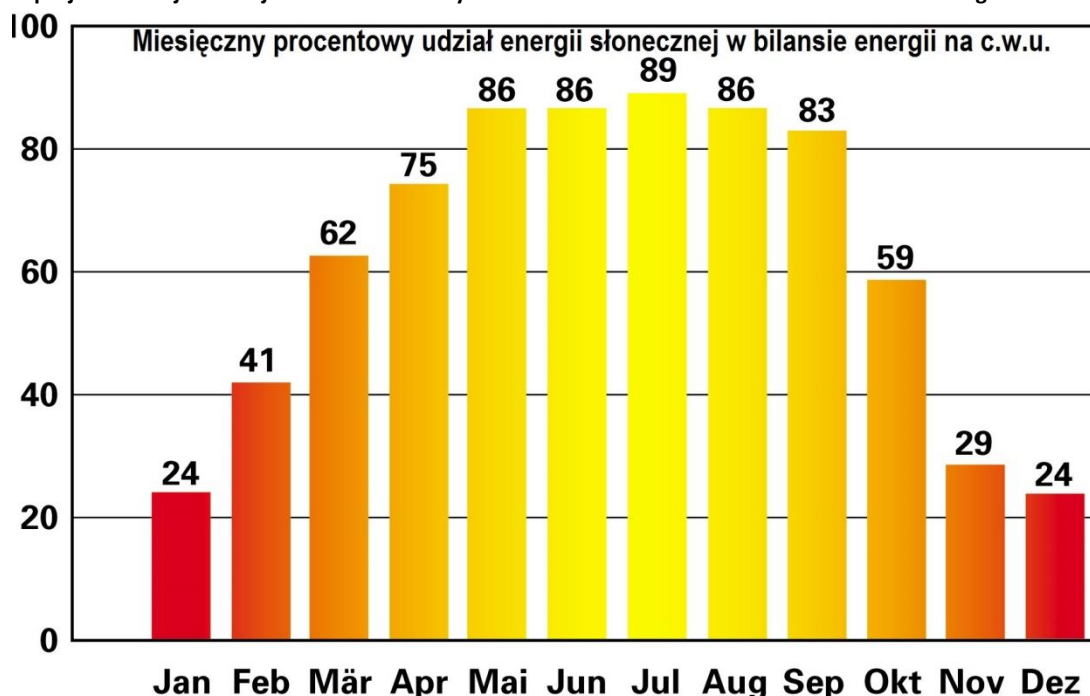
cieplej wody użytkowej, a także podgrzewania wody w basenach oraz służyć do wspomagania centralnego ogrzewania. Ostatnia możliwość wykorzystania PC do produkcji c.o. istnieje raczej w teorii. W zimie kiedy potrzebujemy c.o. ilość energii słonecznej jest niewystarczająca nawet na potrzeby c.w.u..

Wykres 1. Miesięczne nasłonecznienie dla Krakowa



Dla prawidłowo zaprojektowanej instalacji PC na c.w.u. pokrycie zapotrzebowania na ciepło przedstawia się jak poniżej.

Wykres 2. Miesięczny procentowy udział produkcji energii słonecznej w bilansie c.w.u. dla poprawnie zaprojektowanej instalacji w znormalizowanym nasłonecznieniu dla budownictwa mieszkaniowego.



Z tego wynika że możliwości produkcji ciepłej wody ze słońca są duże, należy jednak zauważyć, że przy gromadzeniu ciepła ze słońca należy uwzględnić dodatkowo następujące czynniki pogarszające efektywność układów solarnych:

- ograniczone możliwości wykorzystania ciepła ze słońca ze względu na urlopy i wyjazdy

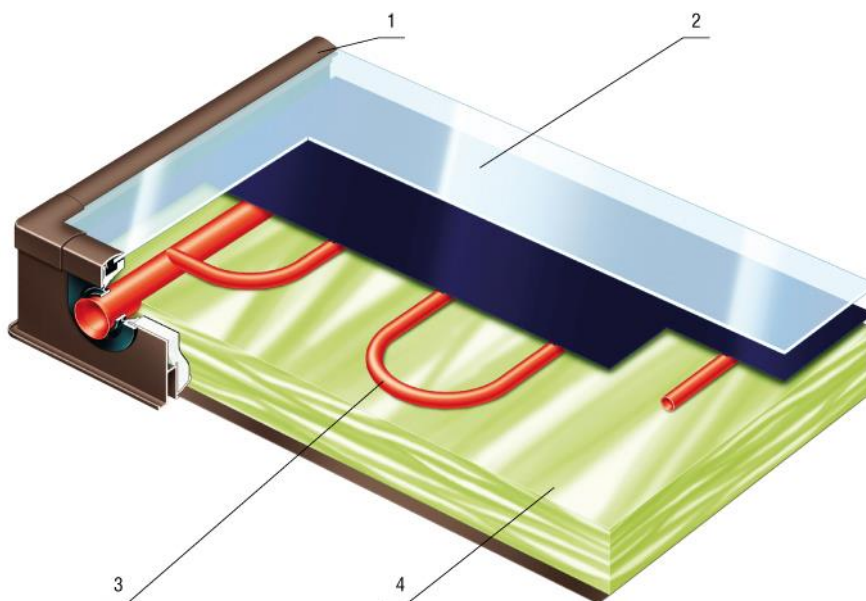
weekendowe, współczynnik wykorzystanie waha się od 0,65 do 0,85 w zależności od prowadzonego stylu życia, i eksploatacji domu czy mieszkania,

- zwiększone straty magazynowania oraz transportu ciepła,
- Dodatkowo dochodzą zwiększone zużycie energii na pompy i sterownię instalacji c.w.u.

Do podstawowych typów kolektorów słonecznych należą **płaskie kolektory cieczowe (rys. 2)**. Zalecane są do stosowania w niskotemperaturowych systemach działających sezonowo, tj. przy niewielkich obciążeniach grzewczych występujących w porze letniej. Sprawność takich kolektorów jest niewielka. Podstawową ich zaletą jest niski koszt.

Dostępne są również kolektory z selektywnymi pokryciami absorberów, które umożliwiają lepsze pochłanianie energii promieniowania słonecznego przy znacznym ograniczeniu strat na drodze emisji.

**Zdjęcie 1. Przykład kolektorów płaski na zainstalowanych na dachu od strony południowej.**



**Rysunek 2. Budowa kolektora płaskiego: 1 – rama gięta z profilu aluminiowego, 2 – pokrycie ze szkła specjalnego, 3 – meandrowy absorber miedziany, 4 – izolacja cieplna**

**Kolektory próżniowe (rys. 3)**, o aktualnie najwyższej sprawności, stosowane są, gdy konieczne jest zapewnienie wyższej temperatury czynnika grzewczego. Pracują względnie wydajnie nawet w gorszych warunkach nasłonecznienia.

Kolektory słoneczne można montować na elementach zewnętrznych budynku – na dachach i ścianach zewnętrznych. Wymogiem jest zapewnienie odpowiedniej wytrzymałości elementów nośnych przegród, do których będą mocowane. Problem ten występuje właściwie tylko przy kolektorach płaskich. Kolektory próżniowe charakteryzują się tak niewielkim ciężarem, że praktycznie nie wymagają wzmacniania konstrukcji.

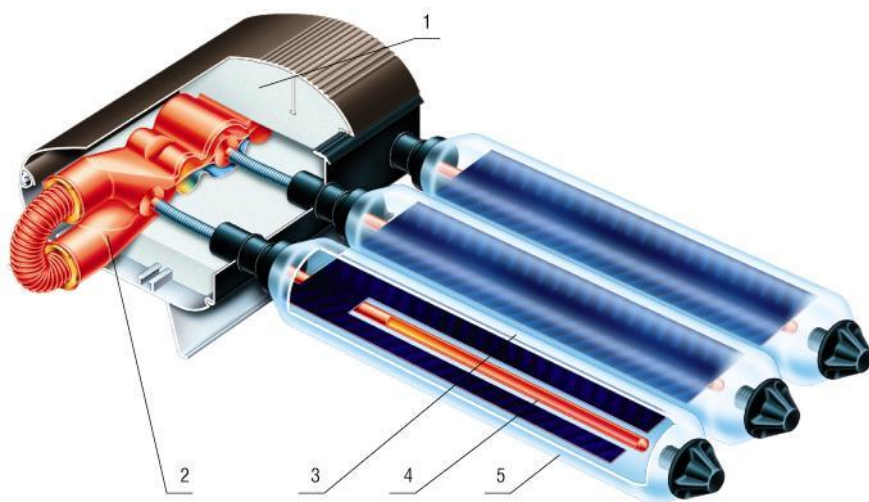
Zastosowanie kolektorów słonecznych umożliwia zmniejszenie produkcji energii na potrzeby c.w.u., a czasami również na c.o. Ich użycie pozwala pokryć nawet 100% zapotrzebowania na ciepło w budynku. Koszty takiej inwestycji są jednak tak ogromne, że trudno jest komukolwiek je polecać. Rozwiązania uzasadnione ekonomicznie pozwalają obniżyć zapotrzebowanie na ciepło do podgrzewania wody użytkowej do poziomu 50–65% w skali roku, a latem nawet do 100%. Jest to możliwe przy zastosowaniu kolektorów próżniowych.

Koszt kompleksowej instalacji grzewczej z płaskimi kolektorami cieczowymi dla domu jednorodzinnego (rodzina 4–5-osobowa), pakiet, w skład którego oprócz kolektorów o pow. 6 m<sup>2</sup> wchodzi zbiornik magazynujący o objętości 300 l, oprzyrządowanie z automatyką (w zależności od typu kolektora i producenta), waha się w granicach od 10 000 zł do 14 000 zł netto; w odniesieniu do 1 m<sup>2</sup> kolektora płaskiego wynosi od 1700 zł do 2200 zł netto.

Koszt kompleksowej instalacji grzewczej (kolektory, zbiorniki, oprzyrządowanie, automatyka) dla dużego obiektu, np. budynku wielorodzinnego, obiektu użyteczności publicznej w odniesieniu do 1 m<sup>2</sup> kolektora płaskiego wynosi od 1500 do 2000 zł/m<sup>2</sup> powierzchni kolektora netto. Przy kolektorze próżniowym koszt instalacji można określić na podstawie ceny 1 m<sup>2</sup> powierzchni kolektora próżniowego, którą należy przyjmować w przedziale od 2000 do 2500 zł/m<sup>2</sup> netto.

**Zdjęcie 2. Kolektor próżniowy na dachu.**





**Rysunek 3. Budowa kolektora próżniowego: 1 – izolacja cieplna, 2 – dwururowy wymiennik ciepła ze zintegrowanym zabezpieczeniem przed przegrzaniem, 3 – absorber, 4 – rura cieplna, 5 – szkło niskożelazowe**

**Kolektory PV (fotowoltaiczne)** .Kolektory PV stosowane są w polskim budownictwie rzadko, ze względu na małą opłacalność oraz stosunkowo wysokie koszty inwestycji. Ze względu na zmienność produkcji rozwiązaniem lepszym jest sprzedaż do sieci elektroenergetycznej prądu wyprodukowanego przez baterie PV. Należy jednak zauważyć, że wymaga to przeprowadzenia szeregu uzgodnień pomiędzy producentem a odbiorą energii. Aktualne ceny skupu energii nie zachęcają do rozwoju tej formy produkcji ciepła z odnawialnych źródeł energii.

Sprawność wytwarzania energii z najlepszych paneli PV jest na dziś niewielka i wynosi początkowo 16% do 18% energii słonecznej, co oznacza, że jeżeli rocznie na 1 m<sup>2</sup> powierzchni kolektora dociera 1000 kWh to z PV możemy uzyskać około 180 kWh rocznie energii co stanowi 90 zł rocznie jeżeli przyjmiemy, że prąd sprzedany będzie w cenie zakupu czyli po 50 gr/kWh. Jest to jednak duże przybliżenie i to na korzyść PV. W rzeczywistości sprawność PV maleje z czasem średnio 0,5% rocznie zatem średnia sprawność PV w czasie jej eksploatacji (żywności) wynosi około 13%-14%, dodatkowo należy uwzględnić sprawność przetwarzania prądu ze stałego na zmienny 95% oraz sprawność kolektorów latem, która jest dodatkowo mniejsza ze względu na ich przegrzewanie. Po podsumowaniu wszystkich sprawności otrzymujemy ostatecznie niezadowalający wyniki:

$$\eta_{PV} = 0,14 * 0,95 * 0,85 = 0,11$$

Zatem 1000 kWh \* 0,11 = 110 zł/m<sup>2</sup> przy sprzedaży prądu w cenie 50 gr/kWh. Jednak sprzedaż prądu w takiej cenie na razie nie występuje dla małych producentów energii.

Dodatkowo występuje na często lokalne zacienienie od drzew i sąsiednich budynków, ilość energii z PV będzie więc jeszcze mniejsza.



Na dachu domu można zainstalować ograniczoną ilość paneli PV. Analizy możliwości wykorzystania dachu przedstawiono dla domu jednorodzinnego o wymiarach 8x12 z więźbą dachową. Szczegóły poniżej.

### System PV



VIESSMANN

polikrystaliczny

Cel produkcji energii: ☒ sprzedaż do sieci ☐ potrzeby własne

### Panele PV

#### Lokalizacja

☒ dach ☐ ściana ☐ grunt

☐ rozważ nachylenia alternatywne

☐ nachylenie 0°

Kąt nachylenia: 45 °

Orientacja: S

Nasłonecznienie: 1130 kWh/m²rok

Powierzchnia dachu: 68 m²



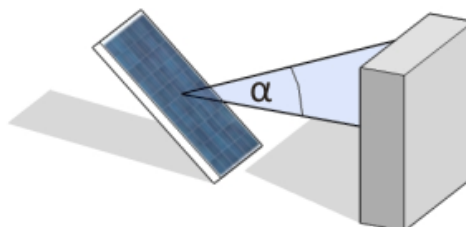
#### Pole powierzchni absorbera (netto)

☒ automatycznie

☐ samodzielnie

20 m²

#### Zacienienie - kąt wzniesienia



0°

10°

20°

30°

40°

Nasłonecznienie efektywne: 1130 kWh/m²rok

### Efektywność energetyczna

Moc: 2,2 kW

Energia: 2260,5 kWh/rok

### Dochody [zł/rok]

Sprzedaż energii elektrycznej do sieci po cenie 0,19 zł/kWh:

Dochód z certyfikatów przy cenie 0,29 zł/kWh:

Razem:

#### BRUTTO

429,49

655,54

1085,03

#### NETTO

352,18

537,54

889,72

*Ceny skupu prądu (0,19 zł/kWh) i certyfikatów (0,29 zł/kWh) oraz stawkę podatku dochodowego (18%) koryguje się w oknie Parametry ekonomiczne.*

Przychód brutto z 20 m² PV dla paneli polikrystalicznych średnio w okresie 20 letnim przy cenie sprzedaży 19 gr/kWh oraz cenie zielonych certyfikatów 29 gr/kWh wynosi 1085 zł na rok. Po opodatkowaniu przychód netto wynosi 889,7 zł/rok. Moc paneli 2,2 kW, ilość energii elektrycznej wyprodukowanej z PV rocznie wynosi 2260 kWh i jest niewielka.



## Spis treści

---

Domy energooszczędne NF15 i NF40 z dopłatą z NFOŚiGW .....	2
Dopłaty do kredytów na budowę domów energooszczędnych .....	2
Przewidywane korzyści i koszty .....	2
Dokumentacja projektowa. ....	3
Przewidywane ilości domów objętych dotacją.....	4
Podsumowanie. ....	5

## Domy energooszczędne NF15 i NF40 z dopłatą z NFOŚiGW

---

Od czerwca br. roku rozpoczęły się weryfikacje projektów domów ubiegających się o dotację z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). Czy proponowane wsparcie finansowe jest wystarczającą zachętą dla inwestorów aby realizować inwestycje zgodnie z wymogami NFOŚiGW? Jakie są wymagania stawiane inwestorom przy uzyskaniu dotacji? Jak należy przygotować dokumentację projektową? Czy racje mają Ci, którzy uważają, że wsparcie pokryje tylko zwiększone koszty i podatki? Czy oferta z NFOŚiGW jest dobrym wsparciem finansowym?

## Dopłaty do kredytów na budowę domów energooszczędnych

---

W ramach programu NFOŚiGW wysokość dopłat wynosi 30 tys. zł dla budynków charakteryzujących się zapotrzebowaniem na energię użytkową EU do 40 kWh/m<sup>2</sup>rok (NF40) oraz 50 tys. zł dla budynku o EU mniejszej niż 15 kWh/m<sup>2</sup>rok (NF15). Istnieją również dopłaty do mieszkań wynoszącą odpowiednio 11 tys. zł dla mieszkania znajdującego się w budynku NF40 i 16 tys. zł dla mieszkania w budynku NF15. Beneficjentem programu są przyszli właściciele domów, którzy budują lub będą budować własny dom lub dom albo mieszkanie kupione od developera, które spełnia wymagania programu. Autorzy programu określili szczegółowe wymagania, które musi spełnić beneficjent aby uzyskać wsparcie finansowe. Uzyskanie dotacji związane jest z uzyskaniem pozytywnej weryfikacji dokumentacji projektowej oraz pozytywnej weryfikacji procesu budowy, którą wykonuje się po zakończeniu budowy. Przed otrzymaniem „promesy” dotacji, weryfikacji poddane są: projekt budowlany z pozwoleniem na budowę, projekty wykonawcze oraz charakterystykę energetyczną opracowaną zgodnie z zasadami określonymi w załączniku nr 3 do Programu Priorytetowego. Załącznik 3 programu dopłat obejmuje wytyczne określające podstawowe wymogi niezbędne do osiągnięcia oczekiwanych standardów energetycznych dla budynków mieszkalnych. Weryfikację projektu wykonuje weryfikator „akredytowany” przez Związek Banków Polskich. Inny akredytowany weryfikator dokonuje sprawdzenia inwestycji po jej zakończeniu. Lista weryfikatorów dostępna jest na stronie Związku Banków Polskich. Weryfikacją dokumentów zajmuje się jedno z siedmiu banków: BOŚ, Bank Polskiej Spółdzielczości, Deutsche Bank, Getin Noble Bank, SGB-Bank, WBK Bank Zachodni, Nordea Bank.

## Przewidywane korzyści i koszty

---

Spełnienie wymagań NFOŚiGW dla budynków NF15 i NF40 będzie wiązać się z dodatkowymi kosztami. Należy liczyć się z koniecznością uregulowania zazwyczaj 19% podatku od darowizny. Dodatkowe koszty, których w tradycyjnie realizowanych budowlach inwestor nie chce ponosić to: koszty próby ciśnieniowej oraz koszty związane z wykonaniem projektów wykonawczych. Projekty wykonawcze są niezbędne zwłaszcza przy budowie budynków energooszczędnych. Trudno zatem zrozumieć działania inwestorów, którzy wolą ponieść tak ogromne ryzyko. Zaufanie jedynie wykonawcom jest dużym błędem. Znajomość wykonawcza zagadnień związanych z wznoszeniem budynków jest zazwyczaj niewystarczająca. Zagadnienie wymagają analizy wielokryterialnej, czego nie potrafią wykonawcy (często najtańsi czyli zazwyczaj słabi). Projektowanie budynków energooszczędnych z zastosowaniem drogiej zaawansowanych technologii wymagają dokładniejszego przeanalizowania następujących zagadnień: urbanistycznych, architektonicznych, związanych z fizyką budowli, instalacjami grzewczymi, wentylacją a nawet konstrukcją budynku.

Próba ciśnieniowa, której nie chcą wykonywać inwestorzy, pozwala zweryfikować poprawność wykonania dużej części prac budowlanych i może mieć wpływ na kilkunastoprocentowe zmniejszenie zużycia energii. Oczywiście wykonawcy nie chcą poddawać swojej pracy testom zwłaszcza próbom ciśnieniowym, a nieświadomi inwestorzy traktują próbę ciśnieniową jako dodatkowy, nieuzasadniony koszt. Koszt próby ciśnieniowej wynosi ok 1000 zł i zwraca się w czasie 2-5 lat, dodatkowo gwarantuje

prawidłowość wykonania wielu robót: uszczelnień, ciągłości paro i wiatroizolacji, właściwej jakości stolarki budowlanej oraz jej montażu. To niewielki koszt w stosunku do korzyści.

Na koniec koszty weryfikacji dokumentacji oraz budowy. To są dodatkowe koszty wynikające z wymagań programu Dom z dopłatą. Koszty te wynoszą od 4000 do 5000 zł. Realna dotacja w przypadku wykorzystania projektów domów gotowych wynosi 33 500 zł w przypadku domów NF15 i 17300 zł w przypadku domów NF40. Szczegóły realnej dotacji oraz udziału własnego zamieszczono w tabelach 1,2,3.

**Tabela 1. Zestawienie dotacji oraz wszystkich kosztów i podatków w przypadku wykorzystania projektu domów gotowych.**

Rodzaj budynku	Typ budynku	dopłata	podatek od darowizny	koszty weryfikacji	próba ciśnieniowa	dodatkowe koszty projektu typowego	realna dotacja	realna dotacja	Dodatkowy udział własny
		[zł]	[zł]	[zł]	[zł]	[zł]	[zł]	[zł/m2]	[zł/m2]
Dom 100 m2 jednorodzinny	NF15	50 000	9 500	4 500	1 000	1 500	33 500	335	365
	NF40	30 000	5 700	4 500	1 000	1 500	17 300	173	137

**Tabela 2. Zestawienie dotacji oraz wszystkich kosztów i podatków w przypadku projektu domów nietypowych**

Rodzaj budynku	Typ budynku	dopłata	podatek od darowizny	koszty weryfikacji	próba ciśnieniowa	dodatkowe koszty projektu	realna dotacja	realna dotacja	Dodatkowy udział własny
		[zł]	[zł]	[zł]	[zł]	[zł]	[zł]	[zł/m2]	[zł/m2]
Dom 100 m2 jednorodzinny	NF15	50 000	9 500	4 500	1 000	5 000	30 000	300	400
	NF40	30 000	5 700	4 500	1 000	5 000	13 800	138	172

**Tabela 3. Zestawienie dotacji oraz wszystkich kosztów i podatków w przypadku domów wielorodzinnych.**

Rodzaj budynku	Typ budynku	dopłata	podatek od darowizny	koszty weryfikacji	próba ciśnieniowa	realna dotacja	realna dotacja	Dodatkowy udział własny
		[zł]	[zł]	[zł]	[zł]	[zł]	[zł/m2]	[zł/m2]
Dom wielorodzinny - 30 mieszkań	NF15	16 000	3 040	7 000	3 000	12 627	281	319
	NF40	11 000	2 090	7 000	3 000	8 577	191	84

## Dokumentacja projektowa.

Potwierdzenie spełnienia przez budynek wymagań w zakresie standardu energetycznego z określonej grupy (NF15 lub NF40) należy udokumentować poprzez przedstawienie do weryfikacji:

- projektu budowlanego, na podstawie którego uzyskano pozwolenia na budowę, wykonanego na bazie przepisów ustawy Prawo budowlane,
- branżowych projektów wykonawczych umożliwiających praktyczną realizację zaprojektowanego budynku, wykonanych zgodnie ze stosownymi przepisami ustawy Prawo budowlane,

- obliczeń potwierdzających osiągnięcie przez budynek określonego standardu energetycznego,
- oświadczenie projektanta, że projekt jest wykonany zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2012 nr 0 poz. 462) oraz, że spełnia wymagania programu „Domy z dopłatą”

Projekt budowlany i branżowe projekty wykonawcze muszą być wykonane z uwzględnieniem minimalnych wymagań technicznych określonych przez NFOŚiGW. Projekty podlegają weryfikacji w trakcie procedury przyznania dofinansowania i muszą zawierać:

- opis zastosowanej metody obliczeniowej z odwołaniem do obowiązujących aktów prawnych i norm
- opis i uzasadnienie przyjętych do obliczeń założeń i danych wyjściowych, co wiąże się z obliczeniem:
  - obliczeniem współczynników przenikania ciepła zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008 przy zastosowaniu wartości obliczeniowych  $\lambda_{obl}$  wyznaczone zgodnie z PN-EN ISO 10456:2004 i uwzględnieniu poprawek na łączniki mechaniczne, na nieszczelności oraz poprawki dla dachu odwróconego
  - wartości liniowych mostków zgodnie z PN-EN ISO 10211:2008 z załączonym raportem obliczeń, jako załącznik do charakterystyki energetycznej budynku,
  - obliczenie strat ciepła do gruntu zgodnie z PN-EN ISO 13370:2008
  - obliczenie współczynników przenikania ciepła okien i drzwi, rolet zgodnie z PN-EN-ISO 10077-1:2007 z załączonym raportem obliczeń jako załącznik do charakterystyki energetycznej budynku.
- przejrzystą prezentację toku obliczeń w sposób umożliwiający weryfikację wyników pośrednich i wyniku końcowego obliczeń, na każdym kolejnym etapie ich wykonywania.

Do wykonania obliczeń może być wykorzystane dowolne, dostępne na rynku oprogramowanie komputerowe, pod warunkiem, że obliczenia wykonywane przy jego użyciu są zgodnie z metodyką wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków, zgodnie z obowiązującymi normami oraz z uwzględnieniem wymagań NFOŚiGW. Należy podać informację dotyczące nazwy i wersji programu oraz dołączyć do dokumentacji pliki wsadowe z danymi do obliczeń w oryginalnej wersji elektronicznej i formacie PDF. To samo dotyczy wydruków wyników obliczeń. Niezbędnym wsparciem jest program komputerowy pozwalający kontrolować wymagania stawiane przez NFOŚiGW.

Wymagania szczegółowe stawiane budynkom NF15 mogą stworzyć projektantom liczne problemy, zwłaszcza w zakresie wyznaczenia liniowych mostków ciepła oraz obliczenie strat ciepła do gruntu. Niestety nie udało się autorom wymagań programu Dom z dopłatą uniknąć błędów. Przywołane zostały normy ze specyfikacją roku, które już nie obowiązują. Z punktu formalnego jest to problem, gdyż weryfikatorzy powinni żądać opracowania projektów zgodnie z tymi normami a nie zgodnie z normami obowiązującymi. W zestawieniu norm zamieszczonych w artykule podano już obowiązujące aktualnie numery i roczniki. Ostatecznie po dyskusji ustalono, że powierzchnie użytkowe obliczane będą zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2012 nr 0 poz. 462).

### Przewidywane ilości domów objętych dotacją

Po ogłoszeniu programu, zainteresowanie budową domów z dotacjami było początkowo ogromne. Okazało się jednak, że był to chyba słomiany zapał. Wymagania prawdopodobnie przerosły zapał inwestorów oraz umiejętności projektantów. Aktualnie większość biur projektowych albo zniechęca inwestorów do uczestnictwa w programie albo przedstawia zaporowe warunki cenowe. Pomimo

wszechobecnej reklamy, oferty biur projektowych nie są dostosowana do wymagań programu „Dom z dopłatą”. Projekty muszą być poprawiane głównie ze względu na mostki cieplne, izolacyjność termiczną stolarki, wymagania szczelności....

Korekty wymagają charakterystyki energetyczne. Możliwości programu są stosunkowo niewielkie. Wykonane symulacje pozwoliły oszacować, że w powinno powstać około 4500 domów jednorodzinnych NF15 i NF40 i około 12000 mieszkań. Wymagania może określić trochę zbyt sztywno, jednak jednoznacznie, z odniesieniem do norm, obnażyły jakość usług projektowych. Projekty typowe nie spełniają wymagań programu. Z tych powodów aktualnie prawdopodobnie prawie żaden z projektów typowych nie spełnia wymagań programu NFOŚiGW. Niezbędne są uzupełnienia a nawet przeprojektowanie.

## Podsumowanie.

---

Program „Domy z dopłatą” jest interesującym narzędziem wspierającym rozwój budownictwa energooszczędnego. Choć krytykowany przez uczestników procesu (z wiadomych powodów głównie przez projektantów i wykonawców), po drobnych korektach może stać się narzędziem wpływającym w pozytywny sposób na cały proces budowlany. Niezbędne są zmiany projektów domów typowych, co może mieć wpływ na podwyższenie świadomości i umiejętności projektowych. Weryfikacja wyeliminuje i uchroni inwestorów przed nieuczciwymi handlowcami i niedouczonejmi projektantami. Weryfikacja na etapie zakończenia budowy, wymagane próby ciśnieniowe i kontrole termowizyjne mogą zachęcić lub zmusić wykonawców do podwyższenia jakości usług, co będzie bardzo dobrym dodatkowym efektem programu. Pomimo nienajlepszych opinii moim zdaniem warto skorzystać z tego programu. Weryfikacja projektów i wykonanych budynków daje gwarancję uzyskania domów energooszczędnych, co może być głównym efektem programu i nagrodą dla inwestora. Dopłaty są tylko zachętą do podjęcia się trudu budowania prawdziwie energooszczędnych budynków.

## Spis treści

Część 10. Co to jest charakterystyka energetyczna budynku? .....	2
Do czego jest potrzebna charakterystyka energetyczna? .....	3
Co to jest świadectwo charakterystyki i do czego jest potrzebne? .....	4
Co to jest budynek niskoenergetyczny NF40 i NF15? .....	5
Procedury postępowania przy projektach NF15 i NF40 współfinansowanych z NFOŚiGW .....	8

## Część 10. Co to jest charakterystyka energetyczna budynku?

Charakterystyka energetyczna jest to wartość, która opisuje projektowane zapotrzebowanie na energię nieodnawialną pierwotną EP, energię końcową EK oraz energię użytkową. Na podstawie informacji zawartych w projektowanej charakterystyce energetycznej można ocenić:

- czy budynek jest energochłonny, czy przegrody są zaprojektowane efektywnie energetycznie. Najlepiej gdyby były wyznaczone w oparciu o zasady opłacalności ekonomicznej a nie spełniające wymagania minimalne określone w prawie

Rodzaj przegrody	U [W/m²K]	A [m²]	Htr przegrody [W/K]	Htr mostków liniowych [W/K]	Htr łączne [W/K]	fRsi**
dach	0,145	43,73	6,34	1,35	7,69	0,99*
dach	0,327	22,67	7,41	0,00	7,41	0,97*
podłoga na gruncie	0,130*	100,74	13,11	0,00	13,11	0,98*
ściana wewnętrzna	0,116	18,90	1,32	0,00	1,32	0,98*
ściana zewnętrzna	0,132	132,38	17,47	1,23	18,70	0,98*
ściana zewnętrzna	0,283	38,43	10,88	0,00	10,88	0,96*
RAZEM	0,161*	356,85	56,53	2,58	59,11	0,98*

\* Wartość średnioważona po powierzchni

\*\* Ryzyko zagrzybienia nie występuje dla fRsi > 0,72

L.p.	U [W/m²K]	gc	A [m²]	Htr otworu [W/K]	Htr mostków liniowych [W/K]	Htr łączne [W/K]
1	1,000	0,62	5,14	5,14	0,00	5,14
2	1,000	0,63	21,96	21,96	0,00	21,96
3	1,200	0,00	5,18	6,22	0,00	6,22
RAZEM	1,032*	0,53*	32,28	33,32	0,00	33,32

- jaki jest projektowany sezon grzewczy?

### 4.1. Liczba dni grzewczych w poszczególnych miesiącach

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
31,0	28,0	31,0	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4	30,0	31,0

- jakie jest obciążenie cieplne na centralne ogrzewanie i ciepłą wodę użytkową, jest to ważne i przydatne przy określeniu wielkości niezbędnej zakupu urządzeń do produkcji ciepła

Projektowe obciążenie cieplne	4,12 kW
-------------------------------	---------

Średnie zapotrzebowanie na moc do przygotowania c.w.u.	7,33 kW
--	---------

- uzyskanie odpowiedzi jak budynek został zaprojektowany, tj. czy energia użytkowa spełnia oczekiwania inwestora, czy efektywność energetyczna jest na zadowalającym poziomie, czy budynek spełnia wymagania NFOŚiGW na budynek NF15 albo NF40. Prezentowana charakterystyka energetyczna wskazuje, że budynek spełnia wymagania NF40.



### 8.1. Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię użytkową

	Ogrzewanie i wentylacja	Chłodzenie	Ciepła woda	Urządzenia pomocnicze	Oświetlenie wbudowane	Suma
Wartość [kWh/(m²rok)]	32,72	-	17,39	-	-	50,10
Udział [%]	65,30	-	34,70	-	-	100,00

- zużycie energii końcowej będzie na zadowalającym poziomie. Na podstawie energii końcowej można oszacować jakie będą koszty eksploatacyjne budynku.

	Ogrzewanie i wentylacja	Chłodzenie	Ciepła woda	Urządzenia pomocnicze	Oświetlenie wbudowane	Suma
Wartość [kWh/(m²rok)]	35,48	-	32,15	2,33	-	69,96
Udział [%]	50,72	-	45,96	3,33	-	100,00

Koszt ogrzewania na c.o można obliczyć np. dla kotłowni gazowej, przy cenie ciepła z gazu 0,25 zł/kWh w następujący sposób: koszt 1 ogrzewania 1 m2 powierzchni użytkowej na c.o. i wentylację wynoszą  $K_{EK} = K_{EK,c.o.} + K_{EK,c.w.u.} + K_{EK,energii\ pom.}$

$$K_{EK,c.o.} = 0,25 \text{ zł/kWh} \cdot 35,48 \text{ kWh/m2 rok} / 12 = 0,74 \text{ zł/m2 na miesiąc}$$

$$K_{EK,c.w.u.} = 0,25 \text{ zł/kWh} \cdot 32,15 \text{ kWh/m2rok} / 12 = 0,67 \text{ zł/m2 na miesiąc}$$

$$K_{EK,energii\ pom.} = 0,55 \text{ zł/kWh} \cdot 2,33 \text{ kWh/m2rok} / 12 = 0,02 \text{ zł/m2 na miesiąc}$$

$$\text{Razem} - K_{EK} = 0,74 + 0,67 + 0,02 = 1,43 \text{ zł/m2 na miesiąc.}$$

- energia nieodnawialna pierwotna będzie spełniała wymagania prawne. Wartość EP [kWh/m2rok] określa ilość nieodnawialnej energii pierwotnej niezbędną do funkcjonowania budynku, a więc zużycie energii niemożliwej do odtworzenia (nieodnawialnej).

### 8.3. Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię pierwotną

	Ogrzewanie i wentylacja	Chłodzenie	Ciepła woda	Urządzenia pomocnicze	Oświetlenie wbudowane	Suma
Wartość [kWh/(m²rok)]	39,03	-	19,86	6,98	-	65,87
Udział [%]	59,26	-	30,15	10,60	-	100,00

## Do czego jest potrzebna charakterystyka energetyczna?

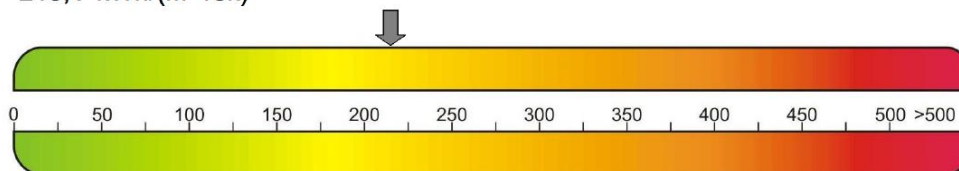
Koszty budowy i przyszłe zużycie energii są w pewnej zależności. W poprawnie zaprojektowanym budynku energooszczędnym lub pasywnym zużycie energii będzie niewielkie, ale koszty budowy będą zdecydowanie większe. Opracowanie i właściwe przeanalizowanie charakterystyki energetycznej budynku pozwala podjąć właściwe decyzje już na etapie projektu. Porównanie charakterystyk energetycznych i kosztów wznoszenia różnych energetycznie budynków pozwala oszacować opłacalność zainwestowanych środków.

ELEMENT	ZAKRES	NAKŁADY [zł]	OSZCZĘDNOŚCI [zł/rok]	SPBT [lat(a)]	DPBT [lat(a)]	TRWAŁOŚĆ [lat(a)]	NPV [zł]
WENTYLACJA	mechaniczna z rekuperatorem o	23809,94	1416,79	16,8	13,6	20	14961,47
ŚCIANY	styropian 031 o gr. 21 cm	4634,39	358,61	12,9	10,9	20	5179,31
CIEPŁO	pompa ciepła VIESMANN na	17076,10	785,74	21,7	16,7	20	4426,31
PODŁOGA	styropian podłogowy o gr. 23 cm	3019,20	113,71	26,6	19,5	25	1190,45
DACH	wetna mineralna 035 o gr. 10	11736,84	168,97	69,5	37,9	25	-5481,43
RAZEM		60276,48	4664,38	12,9	10,9	20	67367,46

Na podstawie charakterystyki energetycznej w programie Optima określono opłacalność budowy domu energooszczędnego o EU =28,6 kWh/m2rok.

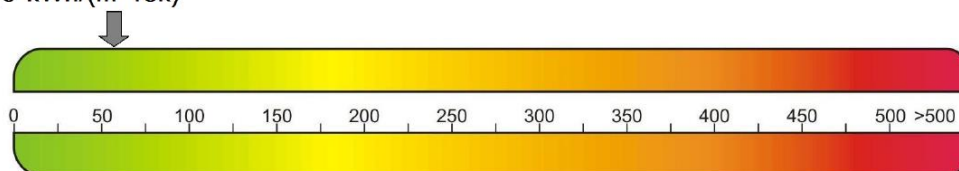
## Audyt energetyczny budynku

EP - TWÓJ BUDYNEK - STAN PROJEKTOWY  
215,1 kWh/(m<sup>2</sup>·rok)



WG WYMAGAŃ WT2008 - BUDYNEK NOWY  
146,1 kWh/(m<sup>2</sup>·rok)

EP - TWÓJ BUDYNEK - PO OPTYMALIZACJI  
56,6 kWh/(m<sup>2</sup>·rok)



WG WYMAGAŃ WT2008 - BUDYNEK NOWY  
146,1 kWh/(m<sup>2</sup>·rok)

### Wskaźniki zapotrzebowania na energię

	EUco [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	EK [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	EP [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]
Twój budynek - stan projektowy	133,2	191,5	215,1
Twój budynek - po optymalizacji	28,6	18,9	56,6
Budynek nowy wg WT2008	brak wymagań	brak wymagań	146,1

Dynamiczny czas zwrotu poniesionych nakładów wyniesie 10,9 lat dla całej inwestycji. Jest to działanie bardzo opłacalne ekonomicznie.

### Koszty eksploatacji budynku

	Stan projektowy	Po optymalizacji	Oszczędność	Oszczędność
Roczny koszt ogrzewania	5074,11 zł	583,87 zł	4490,23 zł	88 %
Miesięczny koszt ogrzewania	3,24 zł/m <sup>2</sup>	0,37 zł/m <sup>2</sup>	2,87 zł/m <sup>2</sup>	88 %
Roczny koszt podgrzania wody użytkowej	737,81 zł	563,66 zł	174,15 zł	24 %
Roczny łączny koszt energii	5811,92 zł	1147,54 zł	4664,38 zł	80 %
Roczny dochód z produkcji prądu (po opodatkowaniu stawką 18%)	889,72 zł	889,72 zł	0,00 zł	0 %

### Co to jest świadectwo charakterystyki i do czego jest potrzebne?

Charakterystyka energetyczna to analiza energochłonności budynku zaprojektowanego, świadectwo charakterystyki energetycznej dokument świadczący jaką charakterystykę energetyczną ma wybudowany budynek wraz ze wszystkimi zmianami jakie miały miejsce podczas budowy. Gdyby nie było żadnych zmian świadectwo charakterystyki energetycznej byłoby takie samo, to znaczy dałoby

taką samą wartość EP i EK, choć w innej wersji graficznej, jak projektowana charakterystykę energetyczna. Jest to dokument potwierdzający jakość energetyczną budynku.

## Co to jest budynek niskoenergetyczny NF40 i NF15?

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej ogłosił program wparcia finansowego budowy budynków energooszczędnych NF40 i „pasywnych” NF15. Budynek NF40 musi spełnić określone w programie NFOŚiGW w zakresie:

Dla budynku jednorodzinnego:

Lp.	Wymaganie		NF15	NF40
			Budynek jednorodzinny	
1.	Bryła/konstrukcja budynku			
1.1	Graniczne wartości współczynników przenikania ciepła przegród $U_{max}$ , W/m2K <sup>1)</sup>			
a)	- ściany zewnętrzne	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\leq 0,10$ $\leq 0,08$	$\leq 0,15$ $\leq 0,12$
b)	- dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\leq 0,10$ $\leq 0,08$	$\leq 0,12$ $\leq 0,10$
c)	- stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\leq 0,12$ $\leq 0,10$	$\leq 0,20$ $\leq 0,15$
d)	- okna, okna połaciowe, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne <sup>2)</sup>	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\leq 0,80$ $\leq 0,70$	$\leq 1,00$ $\leq 0,80$
e)	- drzwi zewnętrzne, garażowe	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\leq 0,80$ $\leq 0,70$	$\leq 1,30$ $\leq 1,30$
1.2.	Graniczne wartości liniowych współczynników strat ciepła mostków cieplnych , W/mK			
a)	- płyty balkonowe		$\leq 0,01$	$\leq 0,20$
b)	- pozostałe mostki cieplne <sup>3)</sup>		$\leq 0,01$	$\leq 0,10$
1.3	Szczelność powietrzna budynku $n_{50}$ , 1/h <sup>4)</sup>		$\leq 0,6$	$\leq 1,00$
2.	Układy wentylacji mechanicznej nawiewno - wywiewnej z odzyskiem ciepła <sup>5)</sup>			
2.1.	Graniczna sprawność temperaturowa odzysku ciepła, % <sup>6)</sup>	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\geq 90$ $\geq 93$ lub $\geq 90+GWC^{7)}$	$\geq 85$ $\geq 85$
2.2	Minimalna klasa sprawności zastosowanych napędów elektrycznych w układzie wentylacji <sup>8)</sup>		IE3	IE2
2.3	Maksymalna wartość współczynnika poboru mocy elektrycznej, W/(m3/h)		$\leq 0,40$	$\leq 0,40$
2.4	Maksymalna wartość współczynnika nakładu energii elektrycznej, Wh/m3		$\leq 0,40$	$\leq 0,40$
2.5	Minimalna grubość izolacji przewodów dla materiału o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,04$ W/mK:			
	dla temperatury otoczenia przewodu wentylacyjnego $> 10^{\circ}\text{C}$ :			
a)	- przewód czerpny i wyrzutowy, cm		$\geq 10,0$	$\geq 10,0$
b)	- przewód nawiewny i wywiewny, cm		$\geq 3,0$	$\geq 3,0$
	dla temperatury otoczenia przewodu wentylacyjnego $< 10^{\circ}\text{C}$ :			
c)	- przewód czerpny i wyrzutowy, cm		$\geq 3,0$	$\geq 3,0$
d)	- przewód nawiewny i wywiewny, cm		$\geq 10,0$	$\geq 10,0$
2.6	Automatyka sterująca, umożliwiająca współpracę z ISD (Infrastruktura Sieci Domowych) w zakresie 60/100/150% wydajności, wyłączenia/włączenia centrali oraz przejścia w tryb letni, sterowanie czasowe. <sup>9)</sup>		TAK	TAK

<b>3.</b>	<b>Układy i instalacje ogrzewania</b>		
3.1	Minimalna wartość łączna sprawności przesyłu, akumulacji regulacji i wykorzystania instalacji grzewczej, %	$\geq 92$	$\geq 90$
3.2	Minimalne grubości izolacji cieplnej rurociągów i armatury dla materiału o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ , mm	$\geq 25$	$\geq 20$
3.3	Minimalna nominalna sprawność wytwarzania energii, dla poszczególnych rodzajów paliw, %		
a)	- węglowe z paleniskiem retortowym i płynną regulacją mocy grzewczej (od 30 do 100%)	$\geq 85$	$\geq 85$
b)	- biomasa (wyłącznie kotły na paliwa drzewne)	$\geq 82$	$\geq 82$
c)	- gaz ziemny, gaz płynny, olej opałowy	$\geq 102$	$\geq 102$
d)	- pompy ciepła (COP)	$\geq 350$ (3,5)	$\geq 350$ (3,5)
e)	- system ciepłowniczy	$\geq 98$	$\geq 98$
f)	- energia elektryczna	$\geq 99$	$\geq 99$
3.4	Wypośażenie instalacji w automatykę pogodową i urządzenia umożliwiające regulację temperatury w pomieszczeniach	TAK	TAK
3.5	Minimalna klasa sprawności zastosowanych napędów elektrycznych w układzie ogrzewania <sup>8)</sup>	IE3	IE2
3.6	Minimalna klasa efektywności energetycznej pomp cyrkulacyjnych, obiegowych i ładujących w układzie ogrzewania.	A	B
<b>4.</b>	<b>Układy i instalacje do przygotowania ciepłej wody użytkowej</b>		
4.1	Minimalne grubości izolacji cieplnej rurociągów i armatury dla materiału o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$ , mm	$\geq 40$	$\geq 30$
4.2	Minimalna nominalna sprawność wytwarzania energii, dla poszczególnych rodzajów paliw, %		
a)	- węglowe z paleniskiem retortowym i płynną regulacją mocy grzewczej (od 30 do 100%)	$\geq 85$	$\geq 85$
b)	- biomasa (wyłącznie kotły na paliwa drzewne)	$\geq 82$	$\geq 82$
c)	- gaz ziemny, gaz płynny, olej opałowy	$\geq 102$	$\geq 102$
d)	- pompy ciepła (COP)	$\geq 350$ (3,5)	$\geq 350$ (3,5)
e)	- system ciepłowniczy	$\geq 98$	$\geq 98$
f)	- energia elektryczna	$\geq 99$	$\geq 99$
4.3	Wypośażenie instalacji w armaturę regulacyjną i systemy elektronicznego sterowania pracą obiegów cyrkulacyjnych.	TAK	TAK
4.4	Minimalna klasa sprawności zastosowanych napędów elektrycznych w układzie przygotowania cwu <sup>8)</sup>	IE3	IE2
4.5	Minimalna klasa efektywności energetycznej pomp cyrkulacyjnych, obiegowych i ładujących w układzie przygotowania cwu.	A	B

Dla budynku wielorodzinnego:

Lp.	Wymaganie		NF15	NF40
			Budynek wielorodzinny	
1.	Bryła/konstrukcja budynku			
1.1	Graniczne wartości współczynników przenikania ciepła przegród $U_{\max}$ , W/m <sup>2</sup> K <sup>1)</sup>			
a)	- ściany zewnętrzne	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\leq 0,15$ $\leq 0,12$	$\leq 0,20$ $\leq 0,15$
b)	- dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\leq 0,12$ $\leq 0,12$	$\leq 0,15$ $\leq 0,15$
c)	- stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\leq 0,15$ $\leq 0,15$	$\leq 0,20$ $\leq 0,20$
d)	- okna, okna połaciowe, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne <sup>2)</sup>	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\leq 0,80$ $\leq 0,80$	$\leq 1,30$ $\leq 1,00$

e)	- drzwi zewnętrzne, garażowe	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\leq 1,00$ $\leq 1,00$	$\leq 1,50$ $\leq 1,50$
1.2.	Graniczne wartości liniowych współczynników strat ciepła mostków cieplnych, W/mK			
a)	- płyty balkonowe		$\leq 0,01$	$\leq 0,20$
b)	- pozostałe mostki cieplne <sup>3)</sup>		$\leq 0,01$	$\leq 0,10$
1.3	Szczelność powietrzna budynku $n_{50}$ , 1/h <sup>4)</sup>		$\leq 0,6$	$\leq 1,00$
2.	<b>Układy wentylacji mechanicznej nawiewno - wywiewnej z odzyskiem ciepła <sup>5)</sup></b>			
2.1.	Graniczna sprawność temperaturowa odzysku ciepła, % <sup>6)</sup>	I, II i III strefa klimatyczna IV i V strefa klimatyczna	$\geq 80$ $\geq 90$	$\geq 70$ $\geq 80$
2.2	Minimalna klasa sprawności zastosowanych napędów elektrycznych w układzie wentylacji <sup>8)</sup>		IE3	IE2
2.3	Maksymalna wartość współczynnika poboru mocy elektrycznej, W/(m <sup>3</sup> /h)		$\leq 0,35$	$\leq 0,35$
2.4	Maksymalna wartość współczynnika nakładu energii elektrycznej, Wh/m <sup>3</sup>		$\leq 0,35$	$\leq 0,35$
2.5	Minimalna grubość izolacji przewodów dla materiału o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,04$ W/mK:			
	dla temperatury otoczenia przewodu wentylacyjnego $> 10^{\circ}\text{C}$ :			
a)	- przewód czerpny i wyrzutowy, cm		$\geq 10,0$	$\geq 10,0$
b)	- przewód nawiewny i wywiewny, cm		$\geq 3,0$	$\geq 3,0$
	dla temperatury otoczenia przewodu wentylacyjnego $< 10^{\circ}\text{C}$ :			
c)	- przewód czerpny i wyrzutowy, cm		$\geq 3,0$	$\geq 3,0$
d)	- przewód nawiewny i wywiewny, cm		$\geq 10,0$	$\geq 10,0$
2.6	Automatyka sterująca, umożliwiająca współpracę z ISD (Infrastruktura Sieci Domowych) w zakresie 60/100/150% wydajności, wyłączenia/włączenia centrali oraz przejścia w tryb letni, sterowanie czasowe. <sup>9)</sup>		TAK	TAK
3.	<b>Układy i instalacje ogrzewania</b>			
3.1	Minimalna wartość łączna sprawności przesyłu, akumulacji regulacji i wykorzystania instalacji grzewczej, %		$\geq 90$	$\geq 88$
3.2	Minimalne grubości izolacji cieplnej rurociągów i armatury dla materiału o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035$ W/mK, mm		$\geq 25$	$\geq 20$
3.3	Minimalna nominalna sprawność wytwarzania energii, dla poszczególnych rodzajów paliw, %			
a)	- węglowe z paleniskiem retortowym i płynną regulacją mocy grzewczej (30 do 100%)		$\geq 88$	$\geq 88$
b)	- biomasa (wyłącznie kotły na paliwa drzewne)		$\geq 86$	$\geq 86$
c)	- gaz ziemny, gaz płynny, olej opałowy		$\geq 104$	$\geq 104$
d)	- pompy ciepła (COP)		$\geq 350$ (3,5)	$\geq 350$ (3,5)
e)	- system ciepłowniczy		$\geq 98$	$\geq 98$
f)	- energia elektryczna		$\geq 99$	$\geq 99$
3.4	Wyposażenie instalacji w automatykę pogodową i urządzenia umożliwiające regulację temperatury w pomieszczeniach		TAK	TAK
3.5	Minimalna klasa sprawności zastosowanych napędów elektrycznych w układzie ogrzewania <sup>8)</sup>		IE3	IE2
3.6	Minimalna klasa efektywności energetycznej pomp cyrkulacyjnych, obiegowych i ładujących w układzie ogrzewania.		A	B
4.	<b>Układy i instalacje do przygotowania ciepłej wody użytkowej</b>			
4.1	Minimalne grubości izolacji cieplnej rurociągów i armatury dla materiału o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035$ W/mK, mm		$\geq 40$	$\geq 30$
4.2	Minimalna nominalna sprawność wytwarzania energii, dla poszczególnych rodzajów paliw, %			
a)	- węglowe z paleniskiem retortowym i płynną regulacją mocy grzewczej (30 do 100%)		$\geq 88$	$\geq 88$
b)	- biomasa (wyłącznie kotły na paliwa drzewne)		$\geq 86$	$\geq 86$
c)	- gaz ziemny, gaz płynny, olej opałowy		$\geq 104$	$\geq 104$
d)	- pompy ciepła (COP)		$\geq 350$ (3,5)	$\geq 350$ (3,5)



e)	- system ciepłowniczy	$\geq 98$	$\geq 98$
f)	- energia elektryczna	$\geq 99$	$\geq 99$
4.3	Wyposażenie instalacji w armaturę regulacyjną i systemy elektronicznego sterowania pracą obiegów cyrkulacyjnych.	TAK	TAK
4.4	Minimalna klasa sprawności zastosowanych napędów elektrycznych w układzie przygotowania cwu <sup>8)</sup>	IE3	IE2
4.5	Minimalna klasa efektywności energetycznej pomp cyrkulacyjnych, obiegowych i ładujących w układzie przygotowania cwu.	A	B

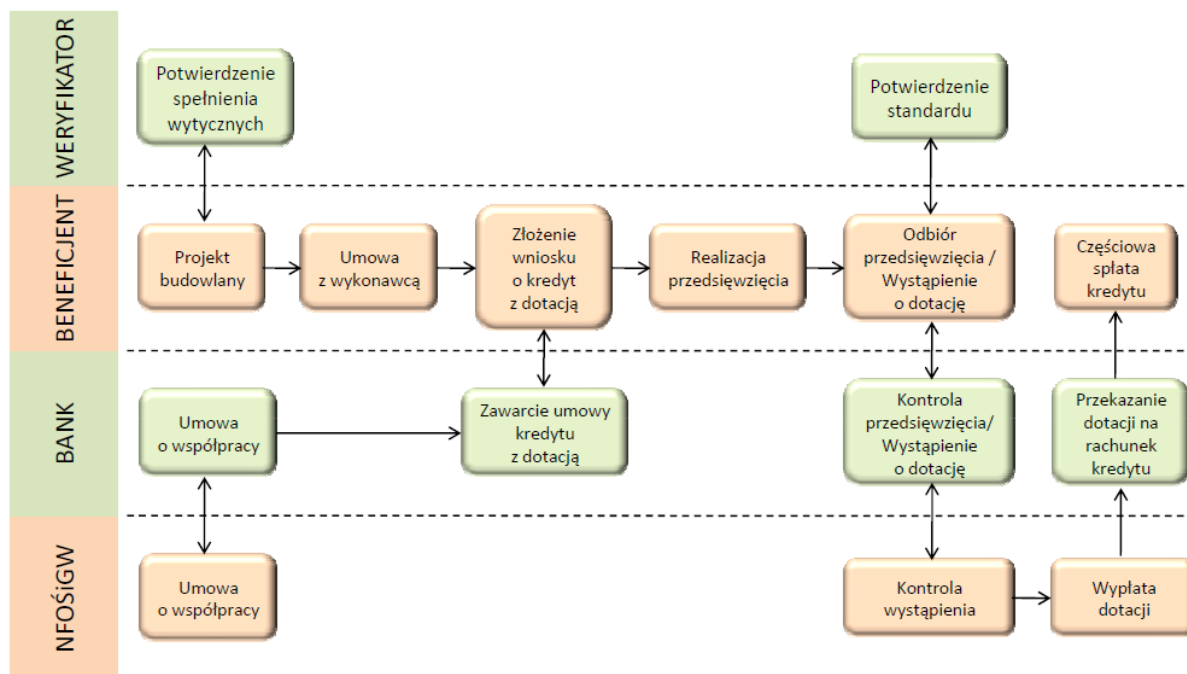
### Procedury postępowania przy projektach NF15 i NF40 współfinansowanych z NFOŚiGW

#### BUDOWA PRZEZ OSOBĘ FIZYCZNĄ:

1. Projekt budowlany, przygotowany zgodnie z wytycznymi NFOŚiGW
2. Weryfikacja projektu przez weryfikatora – potwierdzenie spełnienia wymagań z wytycznych NFOŚiGW.
3. Podpisanie umowy pomiędzy beneficjentem a wykonawcą robót budowlanych lub kierownikiem budowy.
4. Złożenie w banku wniosku o kredyt z dotacją wraz z projektem budowlanym, charakterystyką energetyczną budynku, potwierdzeniem spełnienia wytycznych, pozwoleniem na budowę, potwierdzeniem dysponowania nieruchomością.
5. Zawarcie umowy kredytu z dotacją,
6. Realizacja przedsięwzięcia, zgodnie z wymaganiami określonymi przez NFOŚiGW
7. Odbiór przedsięwzięcia
8. Potwierdzenie przez weryfikatora osiągniętego standardu energetycznego budynku.
9. Wystąpienie do banku o dotację przez złożenie: protokołu odbioru, świadectwa charakterystyki energetycznej, potwierdzenia osiągniętego standardu energetycznego, pozwolenia na użytkowanie (lub zawiadomienia), wypisu z księgi wieczystej (lub wniosku o wpis lub aktu notarialnego).
10. Kontrola wykorzystania środków przez bank, wystąpienie zbiorcze o dotację do NFOŚiGW.
11. Kontrola wystąpienia w NFOŚiGW, przekazanie dotacji do banku.
12. Pomniejszenie kapitału kredytu beneficjenta przez bank.
13. Kontrola wybranych przedsięwzięć przez audytora NFOŚiGW w zakresie osiągnięcia standardu energetycznego.

## SCHEMAT POSTĘPOWANIA

dopłaty do kredytów na budowę domów energooszczędnych  
*Budowa domu przez osobę fizyczną*



### BUDOWA PRZEZ DEVELOPERA:

1. Projekt budowlany, przygotowany zgodnie z wytycznymi NFOŚiGW
2. Weryfikacja projektu przez weryfikatora – potwierdzenie spełnienia wymagań z wytycznych NFOŚiGW.
3. Umieszczenie na stronie www NFOŚiGW informacji o zakwalifikowaniu projektu budynku do programu.
4. Podpisanie umowy pomiędzy deweloperem a wykonawcą robót budowlanych.
5. Podpisanie umowy deweloperskiej lub przedwstępnej pomiędzy beneficjentem a deweloperem.
6. Złożenie przez beneficjenta w banku wniosku o kredyt z dotacją wraz z charakterystyką energetyczną budynku, potwierdzeniem spełnienia wytycznych (od weryfikatora), pozwoleniem na budowę, umową z deweloperem.
7. Zawarcie umowy kredytu z dotacją.
8. Realizacja przedsięwzięcia, zgodnie z wymaganiami określonymi przez NFOŚiGW.
9. Odbiór przedsięwzięcia.
10. Potwierdzenie przez weryfikatora osiągniętego standardu energetycznego budynku.
11. Przekazanie mieszkania / domu beneficjentowi.
12. Wystąpienie przez beneficjenta do banku o dotację przez złożenie: protokołu odbioru, świadectwa charakterystyki energetycznej, potwierdzenia osiągniętego standardu energetycznego, pozwolenia na użytkowanie (lub zawiadomienia), wypisu z księgi wieczystej (lub wniosku o wpis lub aktu notarialnego).
13. Kontrola wykorzystania środków przez bank, wystąpienie zbiorcze o dotację do NFOŚiGW.
14. Kontrola wystąpienia w NFOŚiGW, przekazanie dotacji do banku.
15. Pomniejszenie kapitału kredytu beneficjenta przez bank.
16. Kontrola wybranych przedsięwzięć przez audytora NFOŚiGW w zakresie osiągnięcia standardu energetycznego.



## SCHEMAT POSTĘPOWANIA

dopłaty do kredytów na budowę domów energooszczędnych

*Zakup domu/mieszkania od dewelopera*

