



Wpływ instalacji grzewczych na jakość energetyczną budynku

W roku 2002 kraje UE wprowadziły w ramach dyrektywy 2002/91/WE [1] obowiązek sporządzania oceny energetycznej budynków. W polskim prawie wymagania te zostały ujęte w prawie budowlanym [2] oraz w następujących rozporządzeniach: w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [3], w sprawie zakresu i form projektu budowlanego [4] oraz w sprawie metodologii sporządzenia świadectw charakterystyki energetycznej budynku [5]. Zgodnie więc z polskim prawem budowlanym obowiązek sporządzania oceny energetycznej występuje na etapie projektu budowlanego (jako jego integralna część), a na etapie występowania o pozwolenie na użytkowanie opracowuje się świadectwo charakterystyki energetycznej budynku.

Projektowana charakterystyka energetyczna określa projektowaną jakość energetyczną budynku, czyli zużycie energii na potrzeby c.o., c.w.u., wentylacji, a nawet chłodzenia. Informacje te są już zatem znane na etapie kupna projektu budowlanego np. domu jednorodzinnego.

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 chłodzenia. Wartość EK podawana jest również na świadectwie charakterystyki energetycznej budynku. Wskaźnik ten podawany jest w kWh/(m²·rok), co umożliwia porównywanie energochłonności budynków.

W tabeli 1 zamieszczono zestawienie wartości EK oraz kosztów ogrzewania 1 m² powierzchni ogrzewanej budynku, a także całkowite roczne koszty energii na potrzeby c.o. i c.w.u. Minimalną wartość wskaźnika EK uzyskał projekt budynku A1 – 89,86 kWh/(m²·rok). Koszty wytworzenia

ciepła na potrzeby instalacji c.o. i c.w.u. przy tym samym źródle ciepła (kotłowni gazowej kondensacyjnej) są dla tego budynku również najniższe i wynoszą 1,35 zł/m² na miesiąc. Ze

względu na koszty eksploatacyjne jest to zatem najlepszy projekt.

Wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej EP

Przy ocenie energetycznej budynku określany jest także inny wskaźnik informujący o ilości energii nieodnawialnej pierwotnej, jaką zużywać będzie dany budynek – EP. Wartość ta podawana jest również w kWh/m²·rok. Za energię nieodnawialną uznawana jest energia elektryczna produkowana w tradycyjny sposób w elektrociepłowni oraz energia uzyskana z gazu ziemnego i płynnego, oleju opałowego i wszystkich rodzajów węgla.

Tabela 2. Wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej zależny od systemu zasilania budynku przyjęty zgodnie z [5]

System zasilania budynku		Wskaźnik nieodnawialnej energii pierwotnej w _i
Paliwa	olej opałowy	1,1
	gaz ziemny	1,1
	propan–butan	1,1
	węgiel kamienny	1,1
	węgiel brunatny	1,1
	biomasa	0,2
	energia słoneczna	0,0
Ciepło scentralizowane z kogeneracji	energia nieodnawialna	0,8
	energia odnawialna	0,15
Ciepło scentralizowane z ciepłowni	energia z węgla	1,3
	energia z gazu lub oleju	1,2
Energia elektryczna systemu PV – ogniwa fotowoltaiczne		0,7
Energia elektryczna produkowana tradycyjnie		3

Tabela 1. Przykładowe wartości wskaźnika EK dla budynków z wybranego katalogu projektowego

Projekt	Energia końcowa EK [kWh/m ² ·rok]	Sposób ogrzewania	Jednostkowy koszt ciepła [zł/kW]	Projektowane miesięczne koszty wytworzenia ciepła na c.o. i c.w.u. [zł/m ² ·m-c]	Projektowane roczne koszty wytworzenia ciepła na c.o. i c.w.u. [zł/rok]
A1	89,86	kotłownia gazowa	0,18	1,35	3768,73
A2	121,20	kotłownia gazowa	0,18	1,82	2375,76
A3	110,77	kotłownia gazowa	0,18	1,66	3230,05
A4	128,59	kotłownia gazowa	0,18	1,93	3113,16
A5	111,69	kotłownia gazowa	0,18	1,68	2955,32
A6	102,23	kotłownia gazowa	0,18	1,53	3128,79
A7	110,05	kotłownia gazowa	0,18	1,65	3428,94

Przy określaniu wartości EP dla różnych nośników energii uwzględniana jest odpowiednia waga, która zależy od zastosowanego paliwa oraz sposobu wytwarzania energii – współczynnik w_i (tabela 2). Jeżeli budynek zasilany jest z różnych źródeł energii, wartości EK i EP dla tego samego budynku mogą być różne (tabela 3). Dla budynku A4 zasilanego gazem za pomocą kotłowni kondensacyjnej $EK = 128,59$ kWh/(m²·rok), a $EP = 133,36$ kWh/(m²·rok). Przy ogrzewaniu tego samego budynku energią elektryczną $EK = 126,07$ kWh/(m²·rok), natomiast $EP = 343,8$ kWh/(m²·rok). Oznacza to mniejsze zużycie energii końcowej, a więc koszty ogrzewania można będzie obliczyć w odniesieniu do mniejszej ilości energii. Wartość nieodnawialnej energii pierwotnej, czyli tej, którą tracimy bezpowrotnie w budynku ogrzewanym energią elektryczną, będzie niespełna trzy razy większa niż EP w budynku ogrzewanym gazem. Koszty ogrzewania w budynku z kotłownią elektryczną w stosunku do budynku ogrzewanego gazem będą również dwukrotnie większe.

Ten sam budynek otrzymał najlepszą ocenę przy zasilaniu z biomasy, czyli np. z drewna. Jest to oczywiste, ponieważ biomasa jest energią odnawialną, dlatego zużycie nieodnawialnej energii pierwotnej jest najmniejsze. Jednak wartość EK ze względu na niższą sprawność instalacji grzewczej na biomasę jest w tym wypadku największa i wynosi 167,17 kWh/(m²·rok), należy się zatem liczyć z większym zużyciem energii i większymi kosztami ciepła. W omawianym przykładzie wyniosą one 1,53 zł/(m²·m-c), czyli niewiele mniej niż koszty ogrzewania gazem – 1,93 zł/(m²·m-c).

Wpływ instalacji c.o. i c.w.u. na jakość energetyczną budynku

Wybór paliwa oraz sposobu zasilania budynku w energię ciepłą na potrzeby c.o., c.w.u., wenty-

lacji i chłodzenia ma znaczny wpływ na końcową ocenę energetyczną budynku. Nieprawidłowo dobrany nośnik energii może spowodować uzyskanie niekorzystnej wartości EP w odniesieniu do wymagań określonych w WT 2008 [3]. Chodzi tu o energię końcową EK, której wielkość zależy m.in. od bilansu zysków i strat ciepła w budynku (energia użytkowa EU) oraz od sprawności systemów dostarczających energię do budynku.

Na zużycie energii nieodnawialnej pierwotnej EP wpływają: wybrany typ paliwa, sposób wytwarzania energii, ilość energii końcowej oraz ilość energii pomocniczej. W dalszej części artykułu przeanalizowane zostaną sprawności instalacji c.o. i c.w.u.

Zgodnie z rozporządzeniem [5] energię końcową wyznacza się za pomocą wzoru:

$$Q_{K,H} = Q_{H,nd} / \eta_{H,tot} \quad [\text{kWh/a}]$$

gdzie:

$$\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} \times \eta_{H,s} \times \eta_{H,d} \times \eta_{H,e}$$

gdzie:

$Q_{H,nd}$ – zapotrzebowanie budynku (lokalu) na energię użytkową, na potrzeby c.o. lub c.w.u. [kWh/a],

$\eta_{H,tot}$ – średnia sezonowa sprawność całkowita systemu grzewczego budynku,

$\eta_{H,g}$ – średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła z energii dostarczanej do granicy bilansowej budynku,

$\eta_{H,s}$ – średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego budynku (w obrębie osłony bilansowej lub poza nią),

$\eta_{H,d}$ – średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) nośnika ciepła w obrębie budynku (osłony bilansowej lub poza nią),

$\eta_{H,e}$ – średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła w budynku (w obrębie osłony bilansowej).

Poszczególne sprawności będące składowymi ogólnej sprawności systemu c.o. można wyznaczyć przy pomocy wartości podanych w odpowiednich tabelach zamieszczonych w rozporządzeniu [5] (tab. 4). Jednak możliwość wykorzystania zamieszczonych w tabelach wartości dotyczących sprawności transportu i akumulacji ograniczona jest jedynie do budynków, w odniesieniu do których nie ma szczegółowych informacji dotyczących instalacji c.o. i c.w.u.

Jeżeli możliwy jest dostęp do dokumentacji – w wypadku budynków nowych, oddawanych do użytkowania – autor świadectwa ma obowiązek wykonać te obliczenia. Metodologia jest wówczas nieco bardziej skomplikowana. Sprawność magazynowania i transportu instalacji wyznacza się następująco [5]:

$$\Delta Q_{H,e} = Q_{H,nd} \times (1 / \eta_{H,d} - 1)$$

Średnią sezonową sprawność transportu (dystrybucji) nośnika ciepła w obrębie budynku (w obrębie osłony bilansowej lub poza nią) należy obliczać zgodnie ze wzorem:

$$\eta_{H,d} = \frac{(Q_{H,nd} + \Delta Q_{H,e})}{(Q_{H,nd} + \Delta Q_{H,e} + \Delta Q_{H,d})}$$

Średnią sezonową sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego budynku (w obrębie osłony bilansowej lub poza nią) należy obliczać ze wzoru:

$$\eta_{H,s} = \frac{(Q_{H,nd} + \Delta Q_{H,e} + \Delta Q_{H,d} + \Delta Q_{H,s})}{(Q_{H,nd} + \Delta Q_{H,e} + \Delta Q_{H,d})}$$

gdzie:

$\Delta Q_{H,e}$ – uśrednione sezonowe straty ciepła powstałe w wyniku niedoskonałej regulacji i przekazywania ciepła w budynku [kWh/a],

$\Delta Q_{H,d}$ – uśrednione sezonowe straty ciepła instalacji transportu (dystrybucji) nośnika ciepła w budynku (w obrębie osłony bilansowej lub poza nią) [kWh/a],

Tabela 3. Zestawienie wartości EK, EP i wartości granicznej EP określonej w WT 2008[3] oraz kosztów ogrzewania budynków zasilanych gazem i innymi nośnikami energii dla budynków z wybranego katalogu projektowego

Projekt	Energia końcowa EK [kWh/m ² ·rok]	Sposób ogrzewania	Jednostkowy koszt ciepła [zł/kW]	Projektowane miesięczne koszty wytworzenia ciepła na c.o. i c.w.u. [zł/m ² ·m-c]	Energia pierwotna EP [kWh/m ² ·rok]	Wartość graniczna EP [kWh/m ² ·rok]
A1	89,86	kotłownia gazowa	0,18	1,35	94,04	152,30
A2	121,20	kotłownia gazowa	0,18	1,82	126,50	143,70
A3	110,77	kotłownia gazowa	0,18	1,66	115,57	142,72
A4 ^{*)}	126,07	energia elektryczna	0,40	4,20	343,82	136,37
A4 ^{*)}	167,17	biomasa	0,11	1,53	27,09	136,37
A4 ^{*)}	154,31	węgiel	0,16	2,06	182,36	136,37
A4 ^{*)}	128,59	kotłownia gazowa	0,18	1,93	133,36	136,37
A5	111,69	kotłownia gazowa	0,18	1,68	116,87	146,05
A6	102,23	kotłownia gazowa	0,18	1,53	107,32	148,33
A7	110,05	kotłownia gazowa	0,18	1,65	114,62	165,35

^{*)} ten sam budynek zasilany z różnych źródeł energii

$\Delta Q_{H,s}$ – uśrednione sezonowe straty ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego budynku (w obrębie osłony bilansowej lub poza nią) [kWh/a].

Powyższe zapisy pokazują, że sprawność akumulacji i transportu należy obliczać w obrębie osłony bilansowej budynku lub poza nią. Autor rozporządzenia wskazuje, że dla instalacji c.o. straty transportu w osłonie bilansowej są jednocześnie zyskami ciepła, co wydaje się błędne. Nie można przyjąć takiego założenia, ponieważ dla instalacji c.o. energia oddawana przez rury c.o. jest energią poddaną takim samym zasadom jak energia przekazywana przez grzejniki, związana ze sprawnością wykorzystania i regulacji. W prawidłowo wykonanym projekcie musi być uwzględniona moc grzejników oraz moc rur c.o., by spełnione było wymaganie obciążenia cieplnego pomieszczenia czy budynku. Zatem cała instalacja c.o. w pomieszczeniu ogrzewanym traktowana jest jako „skumulowany grzejnik”.

W zaleceniach zawartych w rozporządzeniu [5] energię przekazywaną przez rury c.o. należy pomniejszyć o współczynnik efektywności wykorzystania zysków ciepła, co nie jest słuszne. Energia przekazywana przez instalację – rury c.o. – podlega takim samym zasadom jak energia dostarczana przez grzejniki. Jest ona regulowana i jeśli bilans zysków i strat w pomieszczeniach wskazuje, że nie trzeba dostarczać ciepła, automatyka pogodowa ogranicza jego produkcję oraz dostawy energii do pomieszczeń. Ewentualne straty są uwzględniane na poziomie sprawności regulacji, którą należy obliczać. Trzeba więc dokładniej przyrzeć się systemowi zarządzania energią w budynku.

W tym toku rozumowania jest jednak słaby punkt – nie uwzględnia on występowania indywidualnej regulacji za pomocą zaworów termostatycznych. Ma to szczególne znaczenie, gdy instalacja nie posiada centralnej regulacji lub regulowana jest przez specjalne zawory ter-

Tabela 4. Przykładowe sprawności systemu c.o. obliczone przy pomocy wartości zamieszczonych w odpowiednich tabelach rozporządzenia [5]

Sprawność nowej instalacji c.o.					
Źródło ciepła	Wytwarzanie	Transport	Regulacja i wykorzystanie	Akumulacja	$\eta_{c.o.}$
Kocioł na węgiel	0,75	0,97	0,95	0,9	62%
Kocioł na gaz	0,94	0,97	0,97	1,0	88%
Kocioł kondensacyjny	0,99	0,97	0,98	1,0	94%
Kocioł na biomasę	0,75	0,96	0,93	0,9	60%
Energia elektryczna	1,00	0,97	0,98	1,0	95%

Tabela 5. Sprawności przesyłu (dystrybucji) ciepła $\eta_{H,d}$ (wartości średnie)

Rodzaj instalacji ogrzewczej	$\eta_{H,d}$
Źródło ciepła w pomieszczeniu (ogrzewanie elektryczne, piec kaflowy)	1,0
Ogrzewanie mieszkaniowe (kocioł gazowy lub miniwęzeł)	1,0
Ogrzewanie centralne wodne z lokalnego źródła ciepła ¹⁾ usytuowanego w ogrzewanym budynku, z zaizolowanymi przewodami, armaturą i urządzeniami, które są zainstalowane w pomieszczeniach ogrzewanym	0,96–0,98
Ogrzewanie centralne wodne z lokalnego źródła ciepła usytuowanego w ogrzewanym budynku, z zaizolowanymi przewodami, armaturą i urządzeniami, które są zainstalowane w pomieszczeniach nieogrzewanych	0,92–0,95
Ogrzewanie centralne wodne z lokalnego źródła ciepła usytuowanego w ogrzewanym budynku, bez izolacji cieplnej na przewodach, armaturze i urządzeniach, które są zainstalowane w pomieszczeniach nieogrzewanych	0,87–0,90
Ogrzewanie powietrzne	0,95

¹⁾ węzeł cieplny lub kotłownia gazowa, olejowa, węglowa czy na biopaliwa

Tabela 6. Sprawności układu akumulacji ciepła w systemie ogrzewczym $\eta_{H,s}$

Parametry zasobnika buforowego i jego usytuowanie	$\eta_{H,s}$
Bufor w systemie grzewczym o parametrach 70/55°C wewnątrz osłony termicznej budynku	0,93–0,97
Bufor w systemie grzewczym o parametrach 70/55°C na zewnątrz osłony termicznej budynku	0,91–0,95
Bufor w systemie grzewczym o parametrach 55/45°C wewnątrz osłony termicznej budynku	0,95–0,99
Bufor w systemie grzewczym o parametrach 55/45°C na zewnątrz osłony termicznej budynku	0,93–0,97
Brak zasobnika buforowego	1,00

mostatyczne (mini kombi) eliminujące zawory podpionowe. W takich wypadkach rury będą dostarczać więcej energii, niż wynika to z zapotrzebowania, regulacja występuje bowiem na poziomie grzejnika. Należy jednak zauważyć, że tylko niewielka część energii, będąca nadwyżką, może być uwzględniona jako zysk. Bardzo trudno dokładnie określić tę nadwyżkę. Dodatkowo coraz więcej instalacji ma automatykę pogodową, zwłaszcza nowych. Dlatego przypadek ten uznaje się za bardzo rzadki i przyjęcie wartości tabelarycznych z rozporządzenia [5] daje wystarczającą dokładność szacowania sprawności transportu.

Straty transportu na pewno należy uwzględnić poza osłoną bilansową budynku, np. w piwnicach

czy strychach nieogrzewanych. Dotyczy to sieci c.o. – sprawność transportu – oraz zbiorników buforowych – sprawność magazynowania.

Straty ciepła sieci transportu nośnika ciepła oraz zbiornika buforowego oblicza się ze wzorów:

$$\Delta Q_{H,d} = \sum (l_i \times q_{li} \times t_{sg}) \times 10^{-3} \text{ [kWh/a]},$$

$$\Delta Q_{H,s} = \sum (V_s \times q_s \times t_{sg}) \times 10^{-3} \text{ [kWh/a]}$$

gdzie:

l_i – długość i-tego odcinka sieci dystrybucji nośnika ciepła [m],

q_{li} – jednostkowe straty ciepła przewodów ogrzewań wodnych (wg tabeli 3a rozporządzenia [5]) [W/m],

t_{sg} – czas trwania sezonu ogrzewczego [h],

V_s – pojemność zbiornika buforowego [dm³],

q_s – jednostkowe straty ciepła zbiornika buforowego (wg tabeli 3b rozporządzenia [5]) [W/dm³].

Przy kilku nośnikach energii lub kilku wydzielonych strefach i instalacjach obliczenia przeprowadza się oddzielnie dla każdego przypadku. Oznacza to, że w przypadku lokali z różnymi źródłami energii w każdym należy oddzielnie opisać sieci c.o. i zbiorniki buforowe. Świadectwo charakterystyki energetycznej trzeba wykonać dla każdego lokalu osobno.

Należy pamiętać, że jeżeli instalacja transportu nośnika ciepła jest zaizolowana i położona w bruz-

Tabela 7. Jednostkowe straty ciepła przez przewody centralnego ogrzewania q_l [W/m]

Parametry temperatury	Izolacja termiczna przewodów	Na zewnątrz ostony izolacyjnej budynku				Wewnątrz ostony izolacyjnej budynku			
		DN 10–15	DN 20–32	DN 40–65	DN 80–100	DN 10–15	DN 20–32	DN 40–65	DN 80–100
90/70°C – stałe	nieizolowane	39,3	65,0	106,8	163,2	34,7	57,3	94,2	144,0
	½ grubości wg WT ¹⁾	20,1	27,7	38,8	52,4	17,8	24,4	34,2	46,2
	grubość wg WT	10,1	12,6	12,1	12,1	8,9	11,1	10,7	10,7
	2×grubość wg WT	7,6	8,1	8,1	8,1	6,7	7,1	7,1	7,1
90/70°C – regulowane	nieizolowane	24,3	40,1	66,0	100,8	19,6	32,5	53,4	81,6
	½ grubości wg WT	12,4	17,1	24,0	32,4	10,1	13,9	19,4	26,2
	grubość wg WT	6,2	7,8	7,5	7,5	5,0	6,3	6,0	6,0
	2×grubość wg WT	4,7	5,0	5,0	5,0	3,8	4,0	4,0	4,0
70/55°C – regulowane	nieizolowane	18,5	30,6	50,3	76,8	13,9	22,9	37,7	57,6
	½ grubości wg WT	9,5	13,0	18,3	24,7	7,1	9,8	13,7	18,5
	grubość wg WT	4,7	5,9	5,7	5,7	3,6	4,4	4,3	4,3
	2×grubość wg WT	3,6	3,8	3,8	3,8	2,7	2,8	2,8	2,8
55/45°C – regulowane	nieizolowane	14,4	23,9	39,3	60,0	9,8	16,2	26,7	40,8
	½ grubości wg WT	7,4	10,2	14,3	19,3	5,0	6,9	9,7	13,1
	grubość wg WT	3,7	4,6	4,4	4,4	2,5	3,1	3,0	3,0
	2×grubość wg WT	2,8	3,0	3,0	3,0	1,9	2,0	2,0	2,0
35/28°C – regulowane	nieizolowane	8,1	13,4	22,0	33,6	3,5	5,7	9,4	14,4
	½ grubości wg WT	4,1	5,7	8,0	10,8	1,8	2,4	3,4	4,6
	grubość wg WT	2,1	2,6	2,5	2,5	0,9	1,1	1,1	1,1
	2×grubość wg WT	1,6	1,7	1,7	1,7	0,7	0,7	0,7	0,7

¹⁾ grubości izolacji podane w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych [3]

Tabela 8. Jednostkowe straty ciepła przez zbiornik buforowy (zasobnik) w układzie centralnego ogrzewania q_s [W/dm³]

Lokalizacja bufora	Pojemność [dm ³]	Parametry termiczne: 70/55°C i więcej			Parametry termiczne: 55/45°C i mniej		
		izolacja gr. 10 cm	izolacja gr. 5 cm	izolacja gr. 2 cm	izolacja gr. 10 cm	izolacja gr. 5 cm	izolacja gr. 2 cm
Na zewnątrz ostony izolacyjnej budynku	100	0,7–0,9	1,1–1,4	2,0–2,7	0,3–0,5	0,5–0,8	0,9–1,6
	200	0,5–0,7	0,8–1,1	1,6–2,1	0,2–0,4	0,4–0,7	0,7–1,3
	500	0,4–0,5	0,6–0,8	1,2–1,6	0,2–0,3	0,3–0,5	0,5–1,0
	1000	0,3–0,4	0,5–0,6	1,0–1,3	0,1–0,2	0,2–0,4	0,4–0,8
	2000	0,2–0,3	0,4–0,5	0,8–1,0	0,1–0,2	0,2–0,3	0,3–0,6
Wewnątrz ostony izolacyjnej budynku	100	0,5–0,7	0,8–1,1	1,5–2,2	0,1–0,4	0,2–0,6	0,4–1,1
	200	0,4–0,6	0,6–0,9	1,2–1,7	0,1–0,3	0,2–0,4	0,3–0,9
	500	0,3–0,4	0,5–0,7	0,9–1,3	0,1–0,2	0,1–0,3	0,2–0,6
	1000	0,2–0,3	0,4–0,5	0,7–1,0	0,1–0,2	0,1–0,3	0,2–0,5
	2000	0,2	0,3–0,4	0,6–0,8	0,0–0,1	0,1–0,2	0,1–0,4



Tabela 9. Zestawienie powierzchni użytkowej, usługowej i ruchu w analizowanym budynku szkolnym

	Użytkowa	Usługowa	Ruchu	Razem
Powierzchnia [m ²]	3460,70	39,50	21,00	3521,20
Kubatura [m ³]	12 063,33	118,50	63,00	12 244,83

Tabela 10. Geometria analizowanego budynku szkolnego

Parametr	Wartość
Powierzchnia przegród zewnętrznych (A) [m ²]	5421,26
Kubatura ogrzewana (Ve) [m ³]	13 579,00
Wskaźnik zwartości (A/Ve) [1/m]	0,40

Tabela 11. Sprawność instalacji c.o. w analizowanym budynku szkoły (sprawność transportu przyjęta według podpowiedzi zawartych w rozporządzeniu [5], obliczenia dla sieci krótkiej i dłuższej poza osłoną bilansową)

Parametr	Wartości minimalne sprawności transportu – 0,92 wg tabel [5] [kWh/rok]	Wartości średnie sprawności transportu – 0,94 wg tabel [5] [kWh/rok]	Wartości maksymalne sprawności transportu – 0,95 wg tabel [5] [kWh/rok]	Wartości obliczeniowe sprawności transportu – sieć krótka [kWh/rok]	Wartości obliczeniowe sprawności transportu – sieć długa [kWh/rok]
Zapotrzebowanie na energię końcową na ogrzewanie i wentylację $Q_{K,H}$	290 133,23	283 960,18	280 971,12	287 818	310 748
Zapotrzebowanie na energię pierwotną na ogrzewanie i wentylację Q_{PH}	319 146,55	312 356,2	309 068	316 600	341 823
Całkowita średnia sprawność źródeł ciepła na ogrzewanie $\eta_{H,tot}$	0,89	0,91	0,92	0,9	0,83
Średni współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na ogrzewanie w EP (wg WT 2008 [3] EP = 194 kWh/(m ² × a))	EP = 181,85	EP = 179,92	EP = 178,99	EP = 181,12	EP = 188,29

dach, to nie uwzględnia się tej części instalacji w obliczeniach strat ciepła.

Obliczanie sprawności instalacji c.o.

Wykonajmy obliczenia porównawcze sprawności instalacji c.o. na podstawie tabel zawartych w rozporządzeniu [5]. Obliczenia zostaną wykonane dla budynku szkoły o następujących parametrach:

- powierzchnia o regulowanej temperaturze – 3521 m²,
- kubatura – 12 244 m³,
- wskaźnik A/Ve = 0,4,
- wskaźnik EP wg WT 2008 [3] – 194 kWh/(m² × rok).

Do obliczeń sprawności transportu przyjęto sieć krótką i dłuższą. Założono sprawność wytwarzania – 100%, sprawność magazynowania – 100%, sprawność regulacji i wykorzystania – 98%, natomiast sprawność transportu: 92, 94 i 95% (tabela 11).

Sprawność transportu dla instalacji c.o. zlokalizowanej w obrębie osłony bilansowej budynku można przyjąć na poziomie 98–100% (zalecam 98–99%). Jeżeli część instalacji zlokalizowana jest poza osłoną bilansową budynku, sprawność transportu i akumulacji należy policzyć, gdy do-

$\eta_{H,d} = 95\%$ oraz $\eta_{H,tot} = 90\%$ przy wartości $\eta_{H,d}$ uzyskanej za pomocą metodologii dokładnej zgodnie z rozporządzeniem. Sprawność instalacji c.o. jest zdecydowanie różna, gdy sieć poza osłoną bilansową budynku jest dłuższa – $\eta_{H,tot} = 83\%$ i jest o ok. 10% niższa od sprawności obliczonej metodą uproszczoną. W celu poprawnego określenia sprawności instalacji c.o. warto wykonać dokładne obliczenia, jeżeli instalacja znajduje się poza osłoną bilansową, zwłaszcza gdy izolacja jest nieciągła lub jej grubość jest mniejsza od zalecanej w WT 2008 [3].

Tabela 12. Sprawność instalacji c.o. w budynku szkoły poza osłoną bilansową budynku dla różnych rozwiązań instalacji i przy różnej długości sieci

Parametr		Sieć c.o. długa	Sieć c.o. krótka
Długość sieci [m]	rury o średnicy 32 mm izolowane wg WT 2008 [3]	16,42	9,20
	rury o średnicy 65 mm izolowane wg WT 2008 [3]	22,00	10,70
	rury o średnicy 50 mm izolowane wg WT 2008 [3]	35,00	12,00
Sprawność instalacji c.o. $\eta_{H,tot}$		0,83	0,90

stępna jest dokumentacja lub inwentaryzacja instalacji c.o. Wyniki obliczeń sprawności transportu oraz akumulacji instalacji c.o. poza osłoną bilansową budynku (instalacja krótka, część instalacji zlokalizowana w nieogrzewanej piwnicy) zamieszczono w tabeli 12.

Wnioski

Dla analizowanego budynku szkoły sprawność instalacji c.o. jest zbliżona w obu wypadkach, tj. przy obliczeniach wykonanych według podpowiedzi zawartych w tabelach rozporządzenia [5] oraz wykonanych metodą dokładną zgodnie z rozporządzeniem [5] dla sieci krótkiej poza osłoną bilansową budynku. Sprawność wynosi odpowiednio: $\eta_{H,tot} = 89\%$ przy $\eta_{H,d} = 92\%$, $\eta_{H,tot} = 91\%$ przy $\eta_{H,d} = 94\%$ i $\eta_{H,tot} = 92\%$ przy

Literatura

1. Dyrektywa 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (DzUrz L1 z 4.01.2003 r.).
2. Ustawa z dnia 19 września 2007 r. o zmianie ustawy – Prawo budowlane (DzU nr 191, poz. 1373).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU nr 201, poz. 1238 ze zm.).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (DzU nr 201, poz. 1239).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej (DzU nr 201, poz. 1240).