



Efektywność energijna budynku energooszczędnego – studium przypadku

Rys. 1. Budynek energooszczędny w Euro-Centrum

Budynek jako obiekt w obszarze oddziaływania człowieka można otoczyć osłoną bilansową wyszczególniając na jej zewnętrznej części czynniki i istotne parametry wejściowe układu bilansowanego (materiały budowlane, sprzęt techniczny, woda, teren, surowce energetyczne) oraz parametry wyjściowe z niego wyprowadzane (odpady stałe i ciekłe, zanieczyszczenia atmosfery, ciepło, hałas, wibracje, promieniowanie elektromagnetyczne). Bilans energii jest podstawą do analizy audytorskiej i optymalizacji konstrukcji ze względu na energochłonność budynku.

Współczesne budownictwo zmierza w kierunku zmniejszania energochłonności budynku, przede wszystkim ograniczając zużycie energii na cele grzewcze oraz wentylacyjno-klimatyzacyjne przy zapewnieniu optymalnej jakości środowiska wewnętrznego. Do realizacji tych wymogów już na etapie projektu proponuje się takie rozwiązania techniczno-architektonicznych, jak:

- spójna forma budynku (gdzie współczynnik zwartości budynku wyrażany stosunkiem wszystkich zewnętrznych powierzchni przegród budowlanych do kubatury budynku będzie jak najmniejszy),
- usytuowanie pokoi tzw. dziennego pobytu od strony południowej, przy jednoczesnym zastosowaniu dużych powierzchni przeszklonych w celu maksymalizacji zysków energii promieniowania słonecznego i minimalizacji zużycia energii dla celów oświetleniowych,
- osłona budynku od północy np. przez wykorzystanie drzew,
- optymalna izolacyjność cieplna przegród zewnętrznych,
- zdolność przegród zewnętrznych do akumulacji ciepła,
- nowoczesne pasywne okna i drzwi,
- minimalizacja udziału mostków termicznych w konstrukcji,

- zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła,
- zastosowanie kolektorów słonecznych do podgrzania c.w.u.,
- zastosowanie pompy ciepła do celów grzewczych i chłodniczych;
- zastosowanie kotła c.o. o wysokiej sprawności energijnej,
- wykorzystanie innych pasywnych elementów akumulujących.

Budynek energooszczędny nie został jeszcze zdefiniowany w polskich przepisach budowlanych, jednak w środowisku związanym z propagowaniem oszczędności energii w budownictwie rozumie się go jako budynek o konstrukcji zapewniającej minimalne straty energii cieplnej do otoczenia i wyposażony w optymalnie dobrane, wysokosprawne instalacje wewnętrzne. Budynek pasywny zdefiniowano jako obiekt o racjonalnym kształcie, wysokim stopniu ochrony cieplnej pomieszczeń (straty ciepła prawie w całości kompensowane są przez zyski czerpane z otoczenia i przez ciepło odzyskiwane), przystosowany do pasywnego ogrzewania słonecznego i wyposażony w wysokosprawne urządzenia grzewcze i wentylacyjne (łączne jednostkowe zapotrzebowanie na energię 0.11–0.15 GJ/m²*rok¹), którego koszt inwestycyjny tylko nieznacz-

nie różni się od przeciętnego [1]. Według dyrektywy Parlamentu Europejskiego dotyczącej jakości energijnej budynków (EPBD) budynek o niemal zerowym zużyciu energii cechuje się bardzo wysoką charakterystyką energijną, określoną zgodnie z załącznikiem I do powyższej dyrektywy [2], niemal zerową lub bardzo niską ilością wymaganej energii, która powinna pochodzić w bardzo dużym stopniu ze źródeł odnawialnych, w tym energii z OZE, wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu.

Przyjęcie optymalnej strategii użytkowania paliw i energii determinuje zmiany i wytycza trendy w budownictwie energooszczędnym, np. wymagania co do wartości oporu cieplnego przegród zewnętrznych w ostatnich sześćdziesięciu latach wzrosły ponad czterokrotnie, a w najbliższym okresie wzrosną nawet ośmiokrotnie (w 1950 roku dla budownictwa współczynniki przenikania ciepła wynosiły ok. 1.31 W/m²K, natomiast obecnie wymagane są na poziomie 0.30 W/m²K). Klasyfikację energijną budynków opracowaną przez Stowarzyszenia na rzecz Zrównoważonego Rozwoju przedstawiono w tabeli 1. Z analizy zamieszczonych danych wynika trzykrotny wzrost wymagań co do konsumpcji energii budynku „wysoko-energochłonnego” (klasa energijna F) w porównaniu z budynkiem „niskoenergijskim” (klasa energijna A).

Treść dyrektyw Unii Europejskiej oraz sposób ich wdrażania w krajach wspólnoty wskazuje na dążenie do obniżenia wskaźnika efektywności energijnej wraz z ochroną środowiska i zasadą zrównoważonego rozwoju jako zasadniczy kierunek działań. Odpowiednie dyrektywy są wdrażane także w Polsce, czego wyrazem jest realizacja programu działań termomodernizacyjnych w masowej skali oraz certyfikacja energetyczna budynków. Zachodzące zmiany można prześledzić w tabeli 2 poprzez porównanie standardów ochrony cieplnej budynków za pomocą wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło w wybranych wysoko-rozwiniętych krajach UE.

Struktura strat ciepła w budynkach, w skutek przenikania przez przegrody zewnętrzne i wentylację, wynosi ok. 25–35% przez ściany, 8–17% przez dach, 5–10% przez podłogę na gruncie lub strop nad piwnicą, 10–15% przez okna i drzwi, a ok. 30–40% przez wentylację. Przeprowadzenie termomodernizacji w budynkach istniejących pozwala na znaczne obniżenie zużycia ciepła w stosunku do stanu sprzed termomodernizacji:

- 15–25% – ocieplenie zewnętrznych przegród budowlanych,
- 10–15% – wymiana okien na okna o mniejszym współczynniku przenikania ciepła,
- 5–15% – wprowadzenie usprawnień

Tab. 1. Klasyfikacja energijna budynków [3]

Klasa energijna	Typ konstrukcji termicznej	Wskaźnik efektywności energijnej (GJ/m ² *rok)
A	niskoenergetyczny	0.07–0.16
B	energooszczędny	0.16–0.29
C	średnioenergooszczędny	0.29–0.36
D	średnioenergochłonny	0.36–0.54
E	energochłonny	0.54–0.90
F	wysokoenergochłonny	> 0.90

Tab. 2. Porównanie standardów ochrony cieplnej budynków

Kraj	Okres	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło (GJ/m ² *rok)
Austria [4]	Budynki obecnie wznoszone	0.09–0.18
	Planowane	0.05–0.09
Dania [5]	Budynki aktualnie wznoszone	0.18
Niemcy [4]	Budynki od 1995 roku	0.18–0.36
	Planowane	0.11–0.25
Polska [4, 6]	Budynki do roku 1967	0.86–1.26
	Budynki z lat 1967–1985	0.58–1.04
	Budynki z lat 1985–1992	0.58–0.72
	Budynki po roku 1993	0.43–0.58
	Budynki od roku 1998	0.32–0.43
Szwajcaria [4]	Dom energooszczędny	0.20
	Budynki obecnie wznoszone	0.20–0.31
Szwecja [5]	Budynki obecnie wznoszone	0.11–0.22

Tab. 3. Roczne koszty ogrzewania budynku [8]

	Budynek dobrze ocieplony	Budynek średnio ocieplony	Budynek nieocieplony
Zapotrzebowanie na ciepło (GJ rok⁻¹)	81	108	162
Koszt paliwa, zł	Drewno	1575	3150
	Węgiel	2250	4500
	Gaz	4950	9900
	Olej opałowy	6300	12 600
	Elektryczność	12 375	24 750

Tabela 4. Dane techniczno-eksploatacyjne budynku energooszczędnego

Funkcja	Budynek biurowy
Objętość – V _{netto}	7910 m ³
Powierzchnia – A	2404 m ²
D = Abud/V _{netto}	0.43 m ⁻¹
Energia cieplna	Pompa ciepła oraz energia cieplna z PEC
System grzewczy	Stropy BKT i ogrzewanie podłogowe OP
System wentylacyjny	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna
System chłodzenia	Stropy BKT
Odzysk ciepła	Centrala wentylacyjna Gold RX
Sterowanie	Zintegrowany komputerowy system IQnomic

w źródle ciepła, w tym automatyki pogodowej oraz urządzeń regulacyjnych,

- 10–25% – kompleksowa modernizacja wewnętrznej instalacji c.o. wraz z montażem zaworów termostatycznych we wszystkich pomieszczeniach [7].

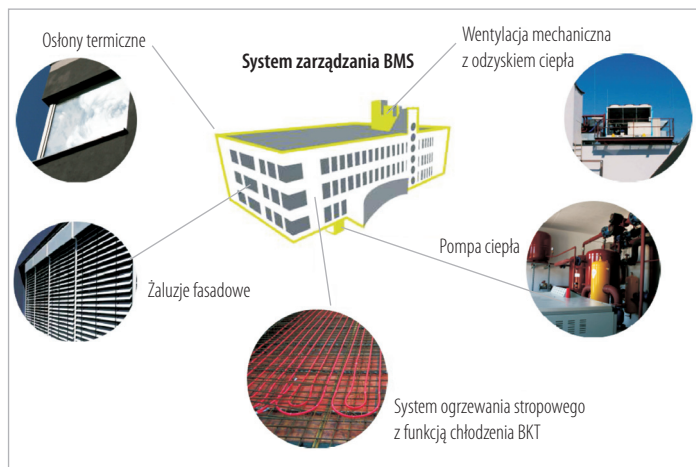
Roczne koszty ogrzewania budynku o powierzchni użytkowej ok. 150 m² w zależności od stopnia ocieplenia przedstawiono w tabeli 3. Obliczenia wykonano przyjmując ceny paliw z końca września 2010 roku. Koszt wytworzenia 1 MJ energii cieplnej z drewna wynosił 0.25 zł, węgla – 0.36 zł, gazu – 0.79 zł, oleju opałowego – 1.01 zł, elektryczności – 1.98 zł.

W wyniku ocieplenia straty ciepła i koszty ogrzewania budynku redukują się dwukrotnie, ogrzewanie drewnem jest zaś około ośmiokrotnie tańsze niż elek-

trycznością. Dla takiego samego budynku, przyjmując średni wskaźnik zapotrzebowania na ciepło ok. 50 W/m², można oszacować, że przy zastosowaniu pompy ciepła koszty ogrzewania są nieco niższe, niż dla węgla.

Do analizy efektywności energijnej i ekonomicznej wybrano budynek w siedzibie Euro-Centrum w Katowicach, który został wykonany zgodnie z założeniami dla budynku energooszczędnego. Dane techniczno-eksploatacyjne dla rozważanego budynku przedstawiono w tabeli 4, a prezentację poszczególnych systemów na rysunku 2.

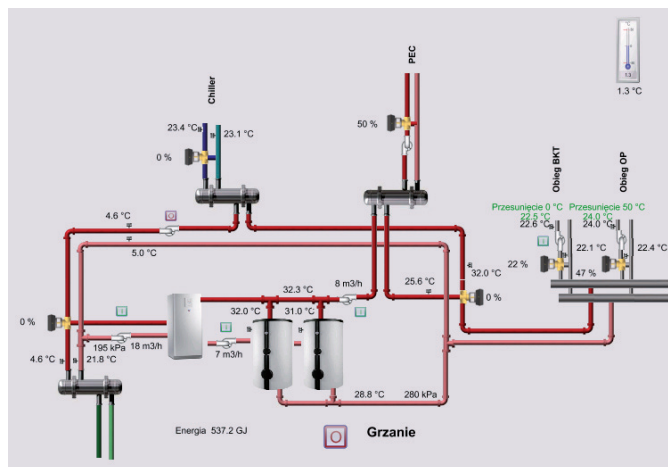
Zasadnicze procesy ogrzewania i chłodzenia środowiska wewnętrznego budynku odbywają się poprzez termoktywne stropy (BKT), w których są zainstalowane wodne przewody rurowe.



Rys. 2. Prezentacja systemów w budynku energooszczędnym

Temperatura zasilania obiegu wody w systemie BKT jest ustalana według krzywej grzewczej (chłodniczej) na podstawie temperatury zewnętrznej. W okresie letnim temperatura zasilania systemu BKT mieści się pomiędzy 22–16°C, natomiast w sezonie grzewczym temperatura zasilania w BKT to 30–22°C. Zimą wykorzystywane jest również ogrzewanie podłogowe (OP), ale tylko w pomieszczeniach na parterze. Temperatura czynnika grzewczego jest ustalana na podstawie krzywej

grzewczej także w zakresie od 30 do 22°C. Regulacja w poszczególnych pomieszczeniach odbywa się z wykorzystaniem termostatu, który steruje otwarciem lub zamykaniem zaworu doprowadzającego wodę grzewczą do instalacji w danym pomieszczeniu. Wartość zadaną temperatury termostatu ustalają użytkownicy danego pomieszczenia na dostępnym dla nich zadajniku sygnałowym. W okresie letnim do obniżenia temperatury środowiska wewnętrznego budynku wykorzystywany

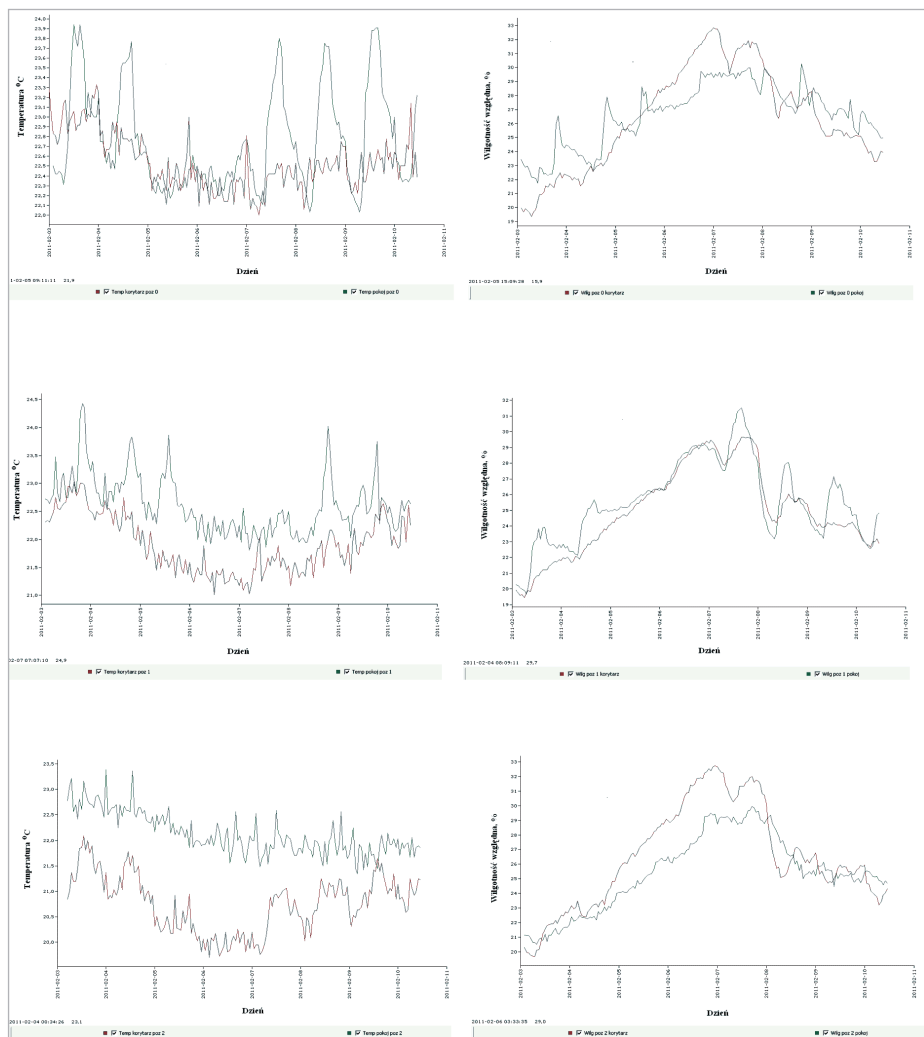


Rys. 3. Schemat systemu grzewczego i chłodniczego budynku energooszczędnego

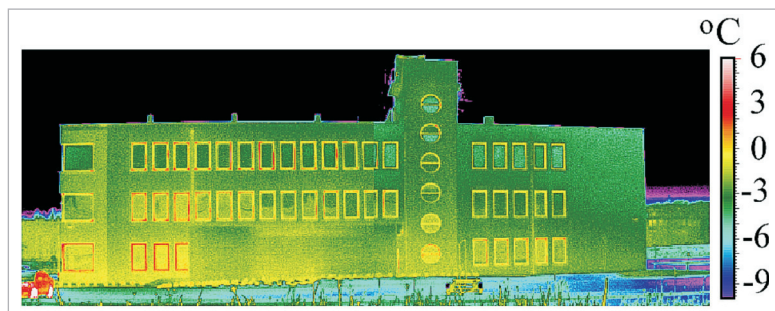
jest chłód z wody z dolnego źródła ciepła, które ma temperaturę wynoszącą poniżej 10°C. Moc cieplna dla systemu chłodzenia wynosi ok. 89 kW, a w okresie silnych upałów system jest wspomagany dodatkowo z „chillera” jako alternatywnego źródła chłodu. W sezonie grzewczym do zasilania obiegów grzewczych BKT oraz OP wykorzystywane jest ciepło wytworzone przez pompę ciepła o mocy maksymalnej 109 kW połączoną z dolnym źródłem. Na okres przejściowy, kiedy nie opłaca się uruchamiać pompy ciepła do zasilania c.o., wykorzystywane jest przyłącze z PEC o mocy ok. 40 kW. Do celów c.w.u. zamontowany jest bojler 0.2 m³ z grzałką o mocy 6 kW [9]. Schemat systemu grzewczego i chłodniczego przedstawiono na rysunku 3.

Do zasilania nagrzewnicy w centrali wentylacyjnej wykorzystywane jest ciepło dostarczane przez PEC. Wentylacja mechaniczna działa w zadanym programie czasowym wyróżniającym okresy: dzień (6:00–18:00) i noc (18:00–6:00). Jako okres nocy traktowane są również cała doba sobotnia i cała niedziela. Wartości strumienia nawiewanego powietrza wentylacyjnego w ciągu dnia wynosi 5000 m³/h, a w nocy 1000 m³/h. Temperatura powietrza nawiewanego w sezonie grzewczym wynosi 22°C i jest regulowana automatycznie poprzez odpowiednie sterowanie zaworem na nagrzewnicy oraz prędkością obrotowego regeneratora, który odzyskuje ciepło z powietrza wywiewanego. Natomiast poza sezonem grzewczym do budynku nawiewane jest bezpośrednio powietrze zewnętrzne, a jego ewentualne schłodzenie odbywa się za pomocą rekuperatora odzyskującego część chłodu z powietrza wywiewanego. W centrali wentylacyjnej jest zamontowana chłodnica, a zatem jest możliwość schłodzenia powietrza do zadanej temperatury, niemniej nie jest to obecnie wykorzystywane [9].

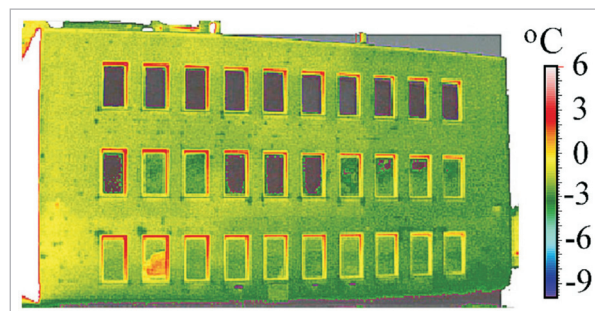
Przebieg zmian temperatury i wilgotności w pomieszczeniach od 03.02.2011 do 10.02.2011 na poszczególnych kondy-



Rys. 4. Temperatura i wilgotność względna w budynku w funkcji czasu



Rys. 5. Zdjęcie termowizyjne frontu budynku od strony wschodniej



Rys. 6. Zdjęcie termowizyjne budynku od strony północnej

gnacjach budynku energooszczędnego przedstawiono na rysunku 4. Kolorem czerwonym oznaczono parametry w holu, natomiast kolorem niebieskim w pokojach. W rozważanym okresie temperatura w holu wynosi od 20°C do 23°C, natomiast w pokojach od 22°C do 24°C. Widoczne są nocne i sobotnio-niedzielne obniżenia temperatury w obiekcie. Wilgotność względna powietrza wentylowanego wahała się w granicach od 20% do 32%, a jej wartości w holu i pokojach były zbliżone do siebie. Zimą w pomieszczeniach zamkniętych, w zakresie temperatur od 20°C do 26°C, zalecane są wartości wilgotności względnej w zakresie 30–70% [10–12]. Odczuwalna w budynku „suchość powietrza” w zimie wynika z: wymiany tylko piątej części powietrza w centrali wentylacyjnej, braku możliwości regulacji wilgotności względnej, mniejszej zawartości pary wodnej w zimnym powietrzu pobieranym przez centralę klimatyzacyjną z otoczenia, co po podgrzaniu go powoduje małą wartość wilgotności względnej.

Współczynniki przenikania ciepła wyznaczone dla przegród zewnętrznych analizowanego budynku przedstawiono w tabeli 5. Skonfrontowano je z tzw. wariantem bazowym (WT), czyli z warunkami technicznym z 2008 roku [13] oraz „wariantem maksymalnym” (WMO), możliwym technicznie do wykonania, w którym dodatkowo zastosowano wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła [14]. Z porównania współczynników przedstawiających stopień izolacji budynku (oporu cieplnego przegród) wynika, że budynek Euro-Centrum wykonany w technologii energooszczędnej jest zdecydowanie bliżej wymagań niż wariantu WMO, wariantu bazowego WT 2008.

Dla oceny jakości ochrony cieplnej rozważanego budynku wykonano także termogramy, które przedstawiono na rysunkach 5 i 6. Parametry meteorologiczne dla Katowic w dniu wykonywania zdjęć wynosiły: temperatura otoczenia – ok. 271 K, ciśnienie barometryczne – 984 hPa, wilgotność względna – 45%, średnie natężenie promieniowania słonecznego w godzinach pomiaru – 200 W/m², prędkość wiatru 0.1–0.5 m/s, poranek w tym dniu był pochmurny. Do opracowania

Tab. 5. Współczynnik przenikania ciepła przegród zewnętrznych budynku

Przegroda	Współczynnik przenikania ciepła [W/m ² *K]		
	Analizowany budynek	WT 2008 [13]	WMO [14]
Ściana zewnętrzna	0.19	0.30	0.13
Stropodach	0.13	0.25	0.10
Podłoga na gruncie	0.17	0.60	0.15
Okna	1.00	1.60	0.70
Drzwi	1.65	2.60	1.00

Tab. 6. Charakterystyka energijna dla analizowanego budynku

Przeznaczenie energii	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na energię [GJ/m ² *rok]
Użytkowa – ogrzewanie i wentylacja	0.1242
Użytkowa – chłodzenie	0.0025
Użytkowa – ciepła woda użytkowa	0.0060
Użytkowa – RAZEM	0.1327
Końcowa – ogrzewanie i wentylacja	0.1079
Końcowa – chłodzenie	0.0009
Końcowa – ciepła woda użytkowa	0.0066
Końcowa – urządzenia pomocnicze	0.0100
Końcowa – oświetlenie wbudowane	0.1106
Końcowa – RAZEM	0.2360
Pierwotna – ogrzewanie i wentylacja	0.2816
Pierwotna – chłodzenie	0.0027
Pierwotna – ciepła woda użytkowa	0.0196
Pierwotna – urządzenia pomocnicze	0.0300
Pierwotna – oświetlenie wbudowane	0.3317
Pierwotna – RAZEM	0.6656
Pierwotna – RAZEM – budynek nowy wg WT 2008 [13]	0.8727

wyników pomiarów przyjęto średnią emisję równą 0.85.

Na rysunku 5 przedstawiono front budynku od strony wschodniej, natomiast na rysunku 6 budynek od strony północnej. Z obrazów termowizyjnych wykonanych w zakresie światła podczerwonego wynika, że budynek jest dobrze zaizolowany (0.2–0.3 m warstwa styropianu w przegrodach budowlanych), a jedyne mostki cieplne widoczne są na obrzeżach okien w miejscach montażowych.

Charakterystykę energijną budynku Euro-Centrum przeprowadzono na podstawie: danych techniczno-eksploatacyjnych infrastruktury, wyników obliczeń współczynników przenikania ciepła dla przegród, wartości zysków i strat ciepła, weryfikacji obliczeń strat ciepła i zapotrzebowania energii cieplnej do celów c.o., chłodzenia, c.w.u. i oświetlenia [15–22]. Obliczenia wykonano w programie „CERTO H+C”, przeznaczonym do wykonywania świadectw i charakterystyk ener-

gijnych, zmodyfikowanym do celów charakterystyki analizowanego budynku [23]. W tabeli 6 przedstawiono wskaźniki dla trzech form zapotrzebowania na energię z podziałem na jej przeznaczenie: ogrzewanie i wentylację, chłodzenie, ciepłą wodę użytkową, urządzenia pomocnicze i oświetlenie wbudowane.

Wskaźnik zapotrzebowania na energię użytkową (energia bezpośrednio wykorzystana w procesie eksploatacji budynku) wynosił 0.1227 GJ/m²*rok, z czego ok. 93% to energia wykorzystana na ogrzewanie i wentylację. Wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową (energia dostarczona do budynku) wynosił 0.2360 GJ/m²*rok, gdzie ok. 45% to energia przeznaczona na ogrzewanie i wentylację, natomiast ok. 47% na oświetlenie budynku. Wskaźnik zapotrzebowania na energię pierwotną (energia chemiczna zawarta w paliwie) wynosił 0.6656 GJ/m²*rok, a udziały w dystrybucji energii były podobne jak w przypadku energii końcowej. Dla budynku

Tab. 7. Porównanie energii końcowej budynku w Euro-Centrum z normatywami

	Energia końcowa [GJ/m ² *rok]	Klasa energijna	
		A	B
		[GJ/m ² *rok]	
Budynek w Euro-Centrum	0.1145	0.0720–0.1620	0.1620–0.2880
WT 2008	0.3423		
WMO	0.1251		

referencyjnego (budynku nowego i wykonanego według standardów WT 2008 [13]) wartość wskaźnika zapotrzebowania na energię pierwotną wyniosła 0.8727 GJ/m²*rok. Wskaźnik zapotrzebowania na energię pierwotną porównany z wartością referencyjną (WT 2008) stanowi jakościową ocenę energijną budynku. Niska wartość energii pierwotnej budynku Euro-Centrum (o ok. 25% w stosunku do budynku referencyjnego) wskazuje na dużą efektywność jej wykorzystania, a co za tym idzie przyczynia się do wzrostu ochrony środowiska.

Porównanie wskaźnika zapotrzebowania na energię końcową dla budynku energooszczędnego Euro-Centrum z pominięciem chłodzenia, oświetlenia i urządzeń pomocniczych z normatywami przedstawiono w tabeli 7.

Wartość wskaźnika określa zapotrzebowanie na energię końcową dla celów ogrzewania, wentylacji oraz c.w.u. w budynku, stanowiąc podstawę do oceny efektywności energijnej obiektu, urządzeń i instalacji w nim zamontowanych. Wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową porównano z wariantem bazowym WT 2008 i wariantem maksymalnym WMO oraz z klasyfikacją energijną budynków (wg oceny Stowarzyszenia na rzecz Zrównoważonego Rozwoju). Rozpatrywany budynek energooszczędny Euro-Centrum klasyfikuje się jako wariant maksymalny technicznie możliwy do wykonania WMO i posiada klasę energijną „A”. Mała wartość wskaźnika energii końcowej 0.1145 GJ/m²*rok świadczy o niskim zapotrzebowaniu na energię budynku oraz wysokiej efektywności jej użytkowania.

Budynek o niskiej energochłonności ma wiele zalet budynku pasywnego przy jednocześnie mniejszych restrykcjach związanych zarówno z konstrukcją, jak i użytkowaniem, co zwiększa jego walory użytkowe. Funkcjonalizacja budynku powinna być poprzedzona analizą energijną wykorzystującą informacje nie tylko o samej inwestycji, ale i jej otoczeniu, uwzględniając warunki terenowe i dane meteorologiczne. Jednocześnie analiza energijna budynku musi uwzględniać ekonomiczne aspekty jego wykorzystania. Budynek o nawet najbardziej optymalnych wskaźnikach energetycznych przy braku zagospodarowania powierzchni zgodnie z ich pierwotnym przeznaczeniem jest obciążeniem dla środowiska.

Szacuje się, że w krajach UE udział energii zużywanej w budownictwie wynosi ok. 40%, a w strukturze jej zużycia obserwuje się stałą tendencję zwiększenia udziału klimatyzacji. Badany obiekt można traktować jako modelowy przykład możliwości ograniczenia zużycia energii w odniesieniu do sektorów biurowo-usługowych. Analiza przeprowadzonych badań i otrzymanych wyników obliczeń wskazuje na duże możliwości zmniejszenia zużycia energii przy stosowaniu wymogów kompleksowego techniczno-architektonicznego projektowania budynków. Przedstawione w artykule sposoby oceny efektywności energijnej i ekonomicznej budynku energooszczędnego oparte m.in. na wartościach wskaźników rocznych kosztów ogrzewania, energii pierwotnej i końcowej, umożliwiają dokonanie ilościowej i jakościowej oceny zastosowanych rozwiązań i systemów technicznych oraz klasy energijnej budynku. Zastosowane w budynku Parku Naukowo-Technologicznego Euro-Centrum systemy ogrzewania i chłodzenia są komplementarne, co sprzyja zapewnieniu utrzymania standardów jakości środowiska wewnętrznego w ciągu całego roku.

Źródła:

1. Opracowania Passivhaus Institut dla międzynarodowego programu badawczego CEPHEUS.
2. EPBD (the Energy Performance of Buildings Directive) dyrektywa 2002/91/EC Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z 16 grudnia 2002 r., dotycząca jakości energetycznej budynków, 4 stycznia 2003 r.
3. Energia i budynek nr 2 (02) 2007.
4. Dane internetowe: www.ekooszczedni.pl.
5. Dane internetowe: www.termodom.pl.
6. Dane internetowe: www.budujemydom.pl.
7. Raport FEWE.
8. Dane internetowe: finanse.wp.pl.
9. Dokumentacja techniczna budynku energooszczędnego PNT Euro-Centrum.
10. PN-B-03430:1983. Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania – wraz ze zmianą PN-83/B-03430/Az3:2000.
11. PN-B-03421:1978. Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi.
12. PN 03421:1978. Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego (norma archiwalna).
13. Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicz-

nych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. U. z 2008 r. Nr 201, poz. 1238.

14. Pasierb S., *Czy termomodernizacja istniejących i budowa niskoenergetycznych budynków jest opłacalna?*, Konferencja naukowa „Ekologiczne budownictwo i architektura”, Katowice 2010.
15. Dokumentacja techniczna budynku nr 7 PNT Euro-Centrum.
16. 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, Dz. U. z 2008 r. Nr 201, poz. 1240.
17. Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, Dz. U. Nr 43 z 2009 r. poz. 346.
18. Robakiewicz M.: *Ocena cech energetycznych budynków*, Wydawnictwo Fundacji Poszanowania Energii, Warszawa 2009.
19. Praca zbiorowa pod redakcją Norwisa J.: *Termomodernizacja budynków dla poprawy jakości środowiska*, Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A., Gliwice 2004.
20. Górczyński J.: *Audyt energetyczny*, Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A., Warszawa 2001.
21. Nantka M.B.: *Instalacje grzewcze i wentylacyjne w budownictwie*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
22. Program do wykonywania świadectw energetycznych oraz do sporządzania charakterystyki energetycznej „CERTO H+C”, Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska (program rekomendowany przez Narodową Agencję Poszanowania Energii).

■ Stanisław Gil

Piotr Mocek

Wojciech Bialik

Maciej Rozpondek

Zespół Energetyki Procesowej,

Katedra Metalurgii,

Politechnika Śląska

Stanisław Grycierczyk

Euro-Centrum

Park Naukowo-Technologiczny

Niniejszy artykuł powstał w ramach projektu badawczego:

Strategiczny projekt badawczy NCBiR nr SP/B/5/68017/10. „Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków”. Zadanie badawcze nr 5: „Zoptymalizowanie zużycia energii elektrycznej w budynkach”.