

Alicja SIUTA-OLCHA<sup>1</sup>, Tomasz CHOLEWA<sup>1</sup>, Łukasz GUZ<sup>1</sup> i Agnieszka RÓJ<sup>1</sup>

## OCENA JAKOŚCI ENERGETYCZNEJ BUDYNKÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ NA PRZYKŁADZIE BIUROWCA ZLOKALIZOWANEGO W LUBLINIE

### ESTIMATION OF ENERGY STANDARD IN PUBLIC BUILDINGS ON EXAMPLE OF OFFICE BUILDING LOCATED IN LUBLIN

**Abstrakt:** Sektor budownictwa w Polsce należy do jednych z najbardziej energochłonnych w Unii Europejskiej. Dlatego też zachodzi potrzeba podjęcia działań, mających na celu zmniejszenie zużycia energii i redukcję kosztów ogrzewania czy przygotowania ciepłej wody użytkowej. Obecnie dla budynków użyteczności publicznej zostały zastrzeżone wymagania ochrony cieplnej. Do oceny izolacyjności termicznej przegród budowlanych budynków istniejących coraz częściej są stosowane badania termowizyjne. Na podstawie bilansów energetycznych określa się wskaźniki rocznego zapotrzebowania na energię, a tym samym energochłonność budynku. Dla jednego z budynków użyteczności publicznej, zlokalizowanego w Lublinie, przeprowadzono pomiary termograficzne, na podstawie których zostały zidentyfikowane miejsca wzmożonych strat ciepła. Zaprezentowano przykładowe termogramy, pozwalające na zbadanie stanu elewacji budynku, na wykrycie mostków cieplnych oraz na ocenę izolacyjności okien. Wyznaczono współczynniki przenikania ciepła przegród budowlanych budynku. Określono zapotrzebowanie energii cieplnej na cele centralnego ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Wyznaczono jednostkowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną oraz zapotrzebowanie na energię końcową dla budynku. Na podstawie diagnostyki termowizyjnej oraz przeprowadzonych obliczeń stwierdzono, że budynek wymaga termomodernizacji struktury budynku oraz modernizacji instalacji ciepłej wody użytkowej. Podano propozycje takich usprawnień.

**Słowa kluczowe:** izolacja cieplna, termowizja, charakterystyka energetyczna budynku

Postanowienia Dyrektywy 2002/91/EC Unii Europejskiej, dotyczącej jakości energetycznej budynków, zostały dostosowane do warunków krajowych i wdrożone z dn. 1 stycznia 2009 roku na mocy Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [1]. O zapotrzebowaniu budynku na energię do celów ogrzewania decyduje przede wszystkim izolacyjność cieplna przegród budowlanych, udział i rodzaj przesklenia ścian oraz szczelność obudowy zewnętrznej. Zapotrzebowanie na energię w świadectwie charakterystyki energetycznej wyrażone jest poprzez roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną oraz zapotrzebowanie na energię końcową jako suma potrzeb na cele ogrzewania, przygotowania ciepłej wody użytkowej, wentylacji, chłodzenia i oświetlenia wbudowanego.

Wykorzystanie termografii do oceny jakości energetycznej budynków pozwala na bezinwazyjne zlokalizowanie miejsc o wzmożonych stratach ciepła oraz na wykrycie defektów lub odstępstw od warunków projektowych [2]. Oprócz nieprawidłowości związanych z brakiem lub rozrzedzeniem izolacji cieplnej możliwe jest wykrycie nieszczelności, mostków cieplnych i zawilgocenia [3]. Kontrola termograficzna, polegająca na rozpoznaniu pola temperatury na powierzchniach wewnętrznych przegród budowlanych, pozwala podjąć decyzje, prowadzące do poprawy termoizolacyjności budynku, a dzięki temu do zmniejszenia kosztów ogrzewania i poprawy komfortu cieplnego [4].

<sup>1</sup> Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, tel. 81 538 44 24, email: A.Siuta-Olcha@pollub.pl, T.Cholewa@wis.pol.lublin.pl, L.Guz@wis.pol.lublin.pl

### Przedmiot analizy

Przedmiotem analizy jest budynek Urzędu Miasta (rys. 1) zlokalizowany w Lublinie, który jest eksploatowany od 1980 roku. Budynek ten liczy 14 kondygnacji nadziemnych oraz dwie kondygnacje podziemne. Całkowita kubatura budynku wynosi 29 966 m<sup>3</sup>, a powierzchnia pomieszczeń ogrzewanych około 7600 m<sup>2</sup>. Współczynniki przenikania ciepła przegród budowlanych zestawiono w tabeli 1. Współczynnik kształtu budynku określono na poziomie 0,27 m<sup>-1</sup>.



Rys. 1. Budynek Urzędu Miasta w Lublinie

Fig. 1. Building of Lublin City Office

Tabela 1

Zestawienie współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych budynku Urzędu Miasta

Table 1

Specification of overall heat-transfer coefficients for the building of Lublin City Office envelope

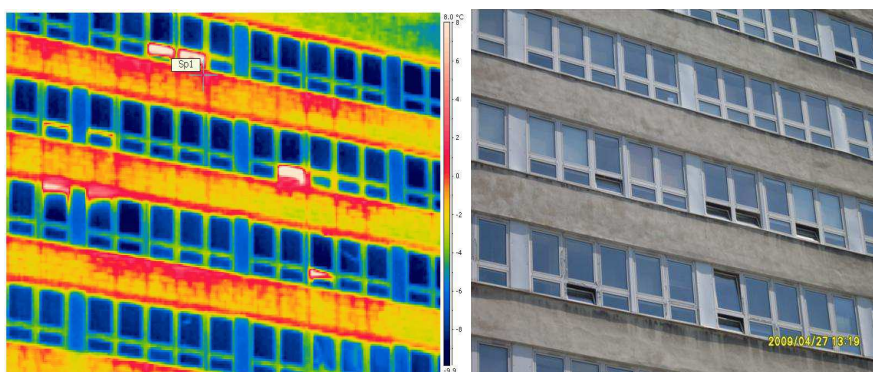
Rodzaj przegrody	U [W/m <sup>2</sup> K]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> K] według [5]
Stropodach	0,67	0,25
Strop wewnętrzny (ciepło do dołu)	1,32	0,45
Strop (prześwit nad parterem - ciepło do dołu)	0,51	0,25
Ściana zewnętrzna (parter)	1,13	0,30
Ściana zewnętrzna (kondygnacje II-XIII)	1,12	0,30
Ściana zewnętrzna (kondygnacja XIV)	1,57	0,30
Okna	1,80	1,80

Budynek zasilany jest z indywidualnego dwufunkcyjnego węzła wymiennikowego, do którego dostarczany jest czynnik grzewczy z miejskiej sieci ciepłowniczej o parametrach 135/70°C w sezonie ogrzewania oraz o parametrach 70/35°C w okresie lata. Instalacja centralnego ogrzewania jest instalacją wodną dwururową pompową z wydzielonymi czterema obiegami grzewczymi o parametrach wody 80/60°C. Węzeł ciepłowniczy wyposażony jest w automatykę pogodową.

### Badania termowizyjne

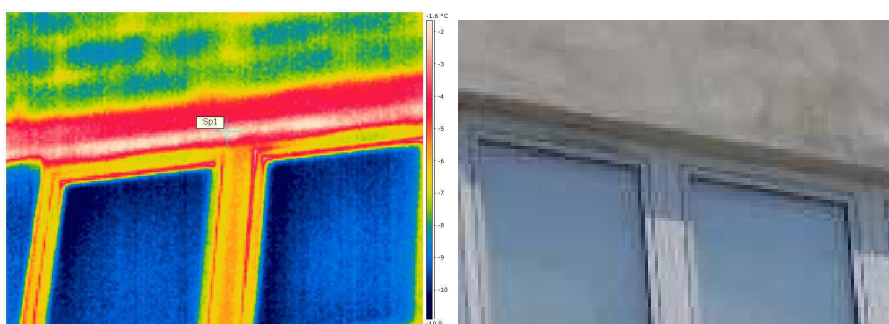
Badania przeprowadzono kamerą termowizyjną ThermaCAM E45 firmy FLIR. Zapewnia ona rejestrowanie obrazów na 2,5-calowym monitorze LCD z czułością termiczną  $0,10^{\circ}\text{C}$  dla zakresu temperatury pracy od  $-15^{\circ}\text{C}$  do  $+45^{\circ}\text{C}$ . Interpretacja zapisanych termogramów możliwa była dzięki wykorzystaniu oprogramowania ThermaCAM QuickView. Pomiary przeprowadzono dwukrotnie: 8 stycznia 2009 roku w godzinach  $14^{00}$ - $16^{00}$ , przy temperaturze zewnętrznej  $-7^{\circ}\text{C}$ , oraz 20 lutego 2009 roku w godzinach  $13^{00}$ - $14^{00}$ , przy temperaturze zewnętrznej  $-2^{\circ}\text{C}$ , każdorazowo w warunkach bezwietrznych.

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy fragment elewacji rozważanego budynku i odpowiadający mu termogram. Ściana osłonowa z bloczków betonu komórkowego nie została zaizolowana cieplnie, co jest przyczyną znacznych strat ciepła do otoczenia.



Rys. 2. Termogram i fotografia fragmentu elewacji budynku

Fig. 2. Thermogram and photo of building elevation



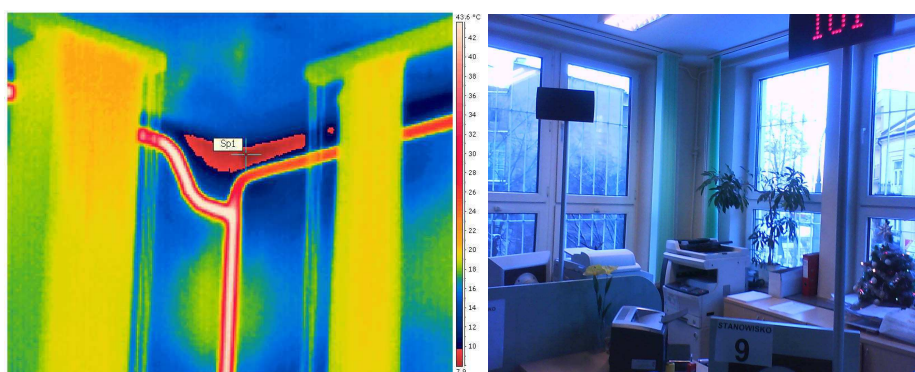
Rys. 3. Termogram i zdjęcie nadproża okiennego (od zewnątrz)

Fig. 3. Thermogram and photo of the window head (outside view)

Nadproża okienne są zwykle miejscem o niedostatecznej izolacji termicznej, w którym można spodziewać się wystąpienia mostków cieplnych. Temperatura w punkcie oznaczonym na rysunku 3 jako Sp1 równa jest  $-2^{\circ}\text{C}$  (przy temperaturze zewnętrznej  $-8^{\circ}\text{C}$ ).

Badania termowizyjne wykonane od wewnątrz potwierdziły tę diagnozę. W tym przypadku najchłodniejsze miejsce w rejonie nadproża miało temperaturę  $7,2^{\circ}\text{C}$  przy temperaturze wewnętrznej  $20^{\circ}\text{C}$ .

Naroża są również miejscem, w którym mogą wystąpić mostki cieplne. Temperatura wewnętrznej powierzchni przegrody w pomieszczeniu na drugiej kondygnacji (obszar pomiarowy Sp1 na rysunku 4) wyniosła według termogramu tylko  $7^{\circ}\text{C}$ . Niska temperatura fragmentu ściany może być przyczyną wykraplania się wilgoci na jej powierzchni, a w konsekwencji pojawienia się grzyba.



Rys. 4. Naroże w pomieszczeniu (od wewnątrz pomieszczenia)

Fig. 4. Corner in a room (inside view)

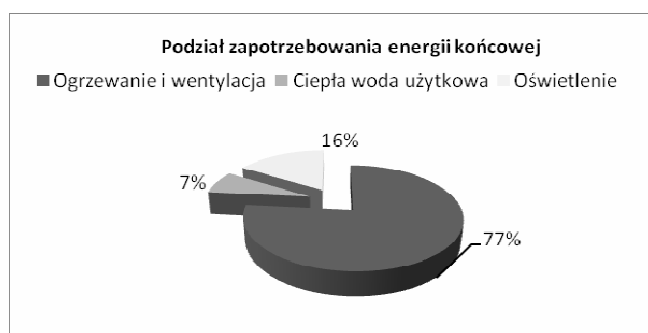
Badania termowizyjne stanowią szybką i niezawodną metodę do oceny izolacyjności cieplnej budynków, ale muszą być wykonywane w szczególnych warunkach: najlepiej wieczorem lub nocą, przy pełnym zachmurzeniu oraz przy jak największej różnicy temperatury powietrza między otoczeniem a wnętrzem budynku.

### Określenie potrzeb energetycznych budynku

W celu zbilansowania potrzeb cieplnych rozważanego budynku na cele ogrzewania wykorzystano program komputerowy Purmo OZC 4.0. Całkowite projektowe obciążenie cieplne określono na poziomie  $978,7\text{ kW}$  zgodnie z normą PN-EN 12831:2006 [6]. Straty ciepła przez przenikanie wyniosły  $626,2\text{ kW}$ , a projektowa wentylacyjna strata ciepła  $352,5\text{ kW}$ . Uzyskano dużą wartość wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło na cele ogrzewania w odniesieniu do powierzchni ogrzewanej budynku równą  $242\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , a w odniesieniu do kubatury ogrzewanej równą  $70,6\text{ kWh}/(\text{m}^3\text{a})$ , co świadczy o dużej energochłonności budynku (obliczenia sezonowych potrzeb cieplnych na ogrzewanie według PN-B-02025:2001 [7]).

Do oceny energetycznej budynku wprowadzono program komputerowy ArCADia TERMO, który między innymi pozwolił na wyznaczenie rocznych potrzeb cieplnych na ogrzewanie według normy PN-EN 13790:2008 [8]. Na podstawie obliczeń uzyskano jednostkowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną na wszystkie cele użytkowe równe  $513,1\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , w tym: na ogrzewanie i wentylację  $287,617\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , na przygotowanie ciepłej wody użytkowej  $56,781\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , a na

oświetlenie  $168,75 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ). Budynek spełniałby aktualne wymagania ochrony cieplnej, jeżeli jednostkowa ilość nieodnawialnej energii pierwotnej nie przekroczyłaby wartości  $246,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Roczne jednostkowe zapotrzebowanie na energię końcową wyniosło  $346,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Rozdział energii końcowej na poszczególne potrzeby energetyczne budynku (udziały procentowe) przedstawiono na rysunku 5. Największe zapotrzebowanie na energię końcową przypada na ogrzewanie i wentylację, co jest związane z niedostateczną izolacją cieplną przegród budowlanych.



Rys. 5. Roczne zużycie energii końcowej w analizowanym budynku

Fig. 5. Annual final energy consumption for the analyzed building

Energia końcowa stanowi miarę efektywności energetycznej budynku i jego techniki instalacyjnej. Jest to energia, jaka powinna być dostarczona do budynku przy standardowych warunkach z uwzględnieniem wszystkich strat, aby zapewnić utrzymanie wymaganej temperatury wewnętrznej, niezbędnej wentylacji, oświetlenia oraz dostarczenie ciepłej wody.

### Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej diagnostyki termowizyjnej oraz wykonanych obliczeń można stwierdzić, że budynek Urzędu Miasta w Lublinie nie spełnia aktualnych krajowych wymagań związanych z izolacyjnością cieplną przegród budowlanych. Zmniejszenie energochłonności budynku możliwe jest po przeprowadzeniu prac remontowych, polegających głównie na ociepleniu ścian zewnętrznych oraz na dociepleniu stropodachu. Stan techniczny systemu ogrzewania oceniono jako dobry, instalacja grzewcza została poddana wcześniej termomodernizacji. Instalacja ciepłej wody użytkowej znajduje się w dobrym stanie technicznym, ale zalecane jest zainstalowanie systemu solarnego, który będzie współpracować z węzłem ciepłowniczym.

### Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 6. listopada 2008 roku 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 2008, Nr 201, poz. 1240.

- [2] Kruczek T.: *Możliwości zastosowań pomiarów termowizyjnych do oceny izolacyjności cieplnej budynków, interpretacja wyników pomiarów termowizyjnych. Zastosowania termowizji w budownictwie*. Materiały dydaktyczne - opracowanie autorskie na prawach manuskryptu, 2008, 1-17.
- [3] Haralambopoulos D.A. i Paparsenos G.F.: *Assessing the thermal insulation of old buildings - the need for in situ spot measurement of thermal resistance and planar infrared thermography*. *Ener. Convers. Manage.*, 1998, **3**, 65-79.
- [4] Balaras C.A. i Arigiriou A.A.: *Infrared thermography for building diagnostic*. *Ener. Build.*, 2002, **34**, 171-183.
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 6 listopada 2008 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (zmiana).
- [6] PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- [7] PN-B-02025:2001 Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej.
- [8] PN-EN 13790:2008 Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia.

## **ESTIMATION OF ENERGY STANDARD IN PUBLIC BUILDINGS ON EXAMPLE OF OFFICE BUILDING LOCATED IN LUBLIN**

Faculty of Environmental Engineering, Lublin University of Technology

**Abstract:** The building sector in Poland belongs to one of most energy-consuming in the European Union. That is why, it is necessary to take actions, which will reduce energy consumption, costs of the heating or hot water preparations. Nowadays, for public buildings requirements of the thermal protection were increased. More and more often to determine the thermal insulation of partitions of existing buildings, thermographic researches are applied. On the basis of the energy balances, coefficients of the yearly power requirement, and consequently energy-consumption of the building, are defined. For one of public buildings, located in Lublin, the thermographic measurements were carried out, which enable to identified places of intensive heat losses in building construction. Example thermographs are presented, which let examine condition of the building elevation, detect heat leakage bridges and estimate the insulating power of windows. Heat transfer coefficients of the building partitions were calculated. Heat demand on the central heating and the hot water preparation was defined. Individual demand on the unrenovable primary energy and the final power requirement for the building were calculated. On the basis of thermographic diagnostics and calculations authors ascertained, that the building demanded thermo-modernization of the building structure and also the modernization of the hot water installation. Suggestions of such improvements were given.

**Keywords:** heat insulation, thermographic, building energy-characteristics