

Teoretyczne a rzeczywiste zapotrzebowanie energetyczne na centralne ogrzewanie i wentylację mieszkań w budownictwie wielorodzinnym

Dr inż. Abdrahman Alsabry, inż. Wojciech Pigalski, mgr Tomasz Maciejewski,
Uniwersytet Zielonogórski

1. Wprowadzenie

Od 1 stycznia 2009 r. w Polsce zaczęły obowiązywać postanowienia nowelizacji ustawy – Prawo budowlane z 17 września 2008 r. Zmiany te były wynikiem konieczności dostosowania polskiego prawa do Dyrektywy 2002/91/WE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [1]. Podstawowym celem dyrektywy jest wsparcie procesu oszczędności energii i promocja efektywnych energetycznie rozwiązań w budownictwie, a podstawowym działaniem certyfikacja energetyczna nowo budowanych, sprzedawanych i wynajmowanych budynków. Dzięki temu użytkownik może zapoznać się z informacją na temat energochłonności budynku, sposobów poprawy parametrów energetycznych czy też,

co jest z punktu widzenia użytkownika najcenniejsze, poznać potencjalne koszty eksploatacji [2].

Energochłonność określa się jako ilość energii zużywanej w związku z eksploatacją budynku w ciągu roku. Poziom zużycia energii na potrzeby grzewcze budynku jest określony przez wielkość całkowitego przenoszenia ciepła przez przegrody zewnętrzne Q_{tr} i całkowitego przenoszenia ciepła przez wentylację Q_{ve} oraz całkowite zyski ciepła, Q_{gn} (jest to suma wewnętrznych zysków ciepła Q_{int} i zysków ciepła od nasłonecznienia Q_{sol}) [3].

Obowiązujące w Polsce wymagania w zakresie zapotrzebowania budynku na ciepło dotyczą jedynie izolacyjności cieplnej przegród budowlanych. Tymczasem nie jest to jedyny element, który należy wziąć pod uwagę na etapie pro-

jektowania architektonicznego wpływający na energochłonność budynku [4].

Do oceny energochłonności budynku stosowane są różne kryteria między innymi: wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło E_A , podawany w kWh/(m² · rok) i odnoszący się do powierzchni ogrzewanej. Znając bowiem jednostkową cenę energii i powierzchnię mieszkania, z łatwością można określić roczne koszty ogrzewania ze wzoru (1), patrz tabela 1 [4].

$$R_k = E_A \cdot C_e \cdot F_m \quad (1)$$

gdzie:

C_e – cena energii z uwzględnieniem sprawności systemu c.o. [zł/kWh];
 F_m – powierzchnia mieszkania.

Stosowany jest również kubaturowy wskaźnik sezonowego zapo-

Tabela 1. Zestawienie kosztów ogrzewania budynku w zależności od roku budowy obliczone za pomocą powierzchniowego wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło [4]

Rok budowy	E_A [kWh/(m ² · rok)]	Jednostkowa cena ciepła uzyskana z kotłowni gazowej [zł/kWh]	Powierzchnia mieszkania [m ²]	Miesięczne koszty ogrzewania [zł/m ²]	Roczne koszty ogrzewania [zł]
Do 1966	350	0,16	47	4,7	2632
Od 1967 do 1985	260	0,16	47	3,5	1955,2
Od 1986 do 1992	200	0,16	47	2,7	1504
Od 1993 do 1997	160	0,16	47	2,1	1203,2
Od 1998 do 2007	120	0,16	47	1,6	902,4
Energooszczędny	80	0,16	47	1,1	601,6
Nisko energetyczny	45	0,16	47	0,6	338,4
Pasywny	15	0,16	47	0,2	112,8



Fot. 1. Zdjęcia lotnicze budynków objętych badaniami

trzebowania na ciepło E_v , podawany w kWh/(m² · rok).

Wartości graniczne tego wskaźnika określone są w rozporządzeniu MI w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2002 r. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.). Dla budynków mieszkalnych wielorodzinnych wynoszą one: [5]

$$E_0 = 29 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{rok}) \\ \text{przy } A/V < 0,20,$$

$$E_0 = 26,6 + 12A/V \text{ kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{rok}) \\ \text{przy } 0,20 < A/V < 0,90,$$

$$E_0 = 37,4 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{rok}) \\ \text{przy } A/V > 0,90$$

2. Zakres badań

Zakres artykułu obejmuje analizę rzeczywistego zużycia energii na centralne ogrzewanie i wentylację w mieszkaniach na podstawie przeprowadzonych pomiarów energii użytkowej w ponad 1200 lokalach mieszkalnych zlokalizowanych w 26 budynkach o podobnej konstrukcji i podobnych rozwiązaniach architektonicznych (fot. 1) oraz wykonanie teoretycznych obliczeń zapotrzebowania energii użytkowej dla reprezentatywnych mieszkań wyłonionych po przeprowadzeniu pomiarów.

3. Metoda badań

Sposób gromadzenia danych i zakres analizy

Wybór metody pomiaru energochłonności

Istnieje kilka sposobów określenia energochłonności cieplnej mieszkań, w tym m.in. na podstawie dokumentacji projektowej budynku oraz poprzez wykonanie pomiarów promieniowania cieplnego za pomocą specjalistycznych rejestratorów termowizyjnych.

Jednak najbardziej pożądanym sposobem wykonania analizy zapotrzebowania energetycznego budynku jest wykonanie obliczeń na podstawie rzeczywistego zużycia energii cieplnej w poszczególnych mieszkaniach. Metoda ta wymaga dysponowania odpowiednim systemem pomiaru zużycia c.o. Właściciel badanych budynków, jako jeden z nielicznych podmiotów na rynku mieszkaniowym w Zielonej Górze, posiada zintegrowany system pomiaru i odczytu zużycia ciepła „FLAT” produkcji Apator Toruń, którego podstawę stanowią indywidualne kompaktowe liczniki ciepła CQM – III – K (fot. 2) znajdujące się w każdym badanym mieszkaniu. Ponadto Spółka dysponuje możliwością analitycznego zestawienia rzeczywistego zużycia energii cieplnej dla całości swoich zasobów.

Warunkiem umożliwiającym analizę energochłonności mieszkań w oparciu o dane z ciepłomierzy, jest uzyskanie odpowiednio licznej próby pomiarowej, zgodnie z prawem wielkich liczb Bernoulliego, które mówi, że: „Przy dostatecznie wielkiej liczbie prób częstość danego zdarzenia losowego będzie się dowolnie mało różniła od jego prawdopodobieństwa”. Ilość danych, jakimi dysponowano przy prowadzeniu badań, pozwala na uniezależnienie otrzymanych wyników od indywidualnych preferencji użytkowników.

4. Opis urządzeń pomiarowych

Ciepłomierz kompaktowy CQM-III-K

Kompaktowa wersja ciepłomierza CQM – III – K posiada zespolony w jednej obudowie elektroniczny licznik ciepła oraz przepływomierz wirnikowy z wyjściem impulsowym, do których dołączona jest komputerowo dobrana para czujników temperatury typu Pt 500. Wersja ta pozwala na montowanie ciepłomierzy kompaktowych zarówno na zasilaniu, jak i powrocie układu cieplnego. Ciepłomierze kompaktowe przeznaczone są głównie do pomiaru energii cieplnej w domkach jednorodzinnych, a także w budynkach wielorodzinnych wyposażonych w pionową instalację centralnego ogrzewania.



Fot. 2. Ciepłomierz

Instalując dodatkowy przepływomierz i parę czujników temperatury można dokonać pomiaru z drugiego obwodu. Po podłączeniu czterech przepływomierzy możliwy będzie także pomiar ilości zużycia zimnej jak i ciepłej wody użytkowej. Pomiar ilości zużytej energii cieplnej sprowadza się do pomiaru objętości przepływającego czynnika grzewczego i różnicy temperatur. Wielkość energii cieplnej stanowi całą ograniczoną z iloczynu współczynnika cieplnego i różnicy temperatur. Do pomiaru objętości przepływającego czynnika grzewczego wykorzystany jest przepływomierz wirnikowy z wyjściem impulsowym. Pomiar temperatury czynnika grzewczego zsynchronizowany jest z impulsami przepływomierza, a następnie obliczana jest energia cieplna.

5. Zakres zbierania danych do analizy

Do przeprowadzenia analizy wzięto pod uwagę 100% mieszkań dwóch osiedli położonych w północnej części miasta Zielona Góra. W pomiarach uwzględniono zużycie energii cieplnej w trzech okresach:

- a) pierwsze półrocze 2008 roku,
 - b) drugie półrocze 2008 roku,
 - c) pierwsze półrocze 2009 roku.
- Wszystkie budynki wykonane są w oparciu o jednakową technologię budowlaną i zbliżone projekty architektoniczne ze szczególnym uwzględnieniem techniki dociepleń. Po wstępnym zgromadzeniu danych o zużyciu energii w 1301 mieszkaniach, w 130 przypadkach powstały wątpliwości co do prawidłowości wskazań urządzeń pomiarowych. Istnieją co najmniej dwie przyczyny wystąpienia takiego stanu:
- a) nieobecność lokatora w domu (np. długoterminowy wyjazd za granicę),
 - b) zmiany najemców lokali w okresie objętym badaniem,
 - c) awaria systemu zdalnego odczytu.

Tabela 2. Rzeczywiste zużycie energii w danym typie mieszkania na 1 m² w sezonie grzewczym 2008 [GJ]

Opis mieszkania		Kondygnacja			
		I	II	III	IV
3 pokoje	skrajne	0,185425	0,145313	0,110972	0,223347
	nieskrajne	0,168832	0,085256	0,091848	0,207866
2 pokoje	skrajne	0,188222	0,112336	0,104428	0,217699
	nieskrajne	0,118827	0,081661	0,080263	0,141144
1 pokój	skrajne	0	0	0	0
	nieskrajne	0,136782	0,10215	0,102263	0,145462

Każdy przypadek poddano szczegółowej analizie, w której uwzględniono:

- a) obecność lokatora w domu (można to stwierdzić, np. badając historię zużycia ciepłej i zimnej wody),
- b) ew. zmianę lokatorów, a tym samym zmianę preferencji w zakresie gospodarki energią cieplną,
- c) sprawność systemu odczytu c.o. (administrator dysponuje kompletną historią pomiaru c.o. z uwzględnieniem przepływów czynnika grzewczego, temperatur wskazywanych przez sondy pomiarowe, a przede wszystkim

kodami błędów wskazywanymi przez system „FLAT”). Od 2007 roku do dzisiaj system zdalnego odczytu został znacznie usprawniony. Jednak w badanym okresie sprawność ponad 130 urządzeń budziła wątpliwości. W celu maksymalnego zobiektywizowania wyników pomiarów w analizie uwzględniono wyłącznie mieszkania, w których dysponowano kompletnymi i sprawdzonymi danymi za okres od 1 stycznia 2008 do 30 czerwca 2009 roku. Zebrane dane zostały podzielone wg kryteriów, zależnych od lokalizacji mieszkania:



Fot. 3. Zdjęcie budynku z mieszkaniami, dla których wykonano obliczenia zapotrzebowania energii użytkowej na c.o. i wentylację (fot. Tomasz Maciejewski)

Tabela 3. Obliczeniowe zużycie energii w danym typie mieszkania na 1 m² w sezonie grzewczym 2008 [GJ]

Opis mieszkania		Kondygnacja			
		I	II	III	IV
3 pokoje	skrajne	0,345107	0,278863	0,278863	0,332042
	nieskrajne	0,260631	0,195421	0,195421	0,242430
2 pokoje	skrajne	0,402770	0,329788	0,329788	0,367008
	nieskrajne	0,280257	0,219272	0,219272	0,285177
1 pokój	skrajne	0	0	0	0
	nieskrajne	0,285310	0,272377	0,272377	0,325170

Lokale							
Nazwa	Typ	Powierzchnia [m ²]	Kubatura [m ³]	Temp. wewn. [°C]			
mieszkanie	mieszkalny (ogrzewany)	35,22	90,87	20,0			

Podsumowanie							
Nazwa nośnika energii	w	EK H	EK C	EK W	EK POM	EK L	EK RAZEM
gaz ziemny	1,1	96,84	0,00	0,00	0,00	nie dotyczy	96,84

Ogrzewanie												
Miesiąc:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Liczba dni grzewczych:	31,0	28,0	31,0	30,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	31,0	

Q H - składowe	kWh/rok	Parametr	Wartość
ZYSKI - od słońca:	1195,20	Wsp. strat ciepła przez przenikanie, Htr [W/K]:	22,76
ZYSKI - wewnętrzne:	1127,92	Wsp. strat ciepła na wentylację, Hve [W/K]:	39,39
ZYSKI - RAZEM:	2323,12	Wewnętrzna pojemność cieplna, Cm [M/K]:	23480947
STRATY - przez przenikanie:	2078,72	Stale czasowe, τ [h]:	104,95
STRATY - na wentylację:	3598,00	Bezwymiarowy parametr numeryczny, aH:	8,00
STRATY - RAZEM:	5676,72	Wskaźnik zwartości (całego lokalu), A/Ve [1/m]:	0,22

Fot. 4. Wyniki obliczeń zapotrzebowania energii użytkowej na potrzeby centralnego ogrzewania i wentylacji dla środkowego mieszkania jednopokojowego zlokalizowanego na pierwszym piętrze, za pomocą programu CERTO

- parter, I, II, III i IV piętro,
- położenie skrajne / nieskrajne,
- liczba pokoi 1, 2 lub 3.

6. Wyniki pomiarów

W tabeli 2 przedstawiono rzeczywiste, średnie zużycie energii cieplnej w sezonie grzewczym w 2008 roku przypadającej na 1 m² mieszkania w zależności od jego struktury rozkładu i lokalizacji.

Teoretyczne zapotrzebowanie energii użytkowej na podstawie wykonanych obliczeń

Obliczenie zapotrzebowania energii użytkowej na centralne ogrzewanie i wentylację wykonano dla reprezentatywnych mieszkań (wyłonionych na podstawie przeprowadzonych pomiarów wszystkich badanych zasobów) jednego z budynków objętych badaniami zaznaczonych żółtym kolorem na fotografii 1 i przedstawionym na fotografii 3.

Natomiast tabela 3 przedstawia obliczeniowe zużycie energii cieplnej w sezonie grzewczym w 2008 roku przypadającej na 1 m² mieszkania w zależności od jego struktury rozkładu i lokalizacji w bryłach badanych.

Dla sprawdzenia poprawności obliczeń teoretycznego zapotrze-

bowania energii użytkowej dla jednego z mieszkań wykorzystywano program CERTO Dolnośląskiej Agencji Energii i Środowiska, służący do certyfikacji energetycznej budynków. Wyniki tych obliczeń przedstawiono na fotografii 4.

Wyniki komputerowo obliczonego zapotrzebowania energii użytkowej potwierdzają prawidłowość obliczeń bez użycia programu komputerowego. Nieznaczne różnice powyższych wyników spowodowane są przede wszystkim narzuconymi, w programie komputerowym, normowymi długościami oraz średnimi temperaturami zewnętrznymi dla analizowanego okresu grzewczego.

7. Analiza wyników

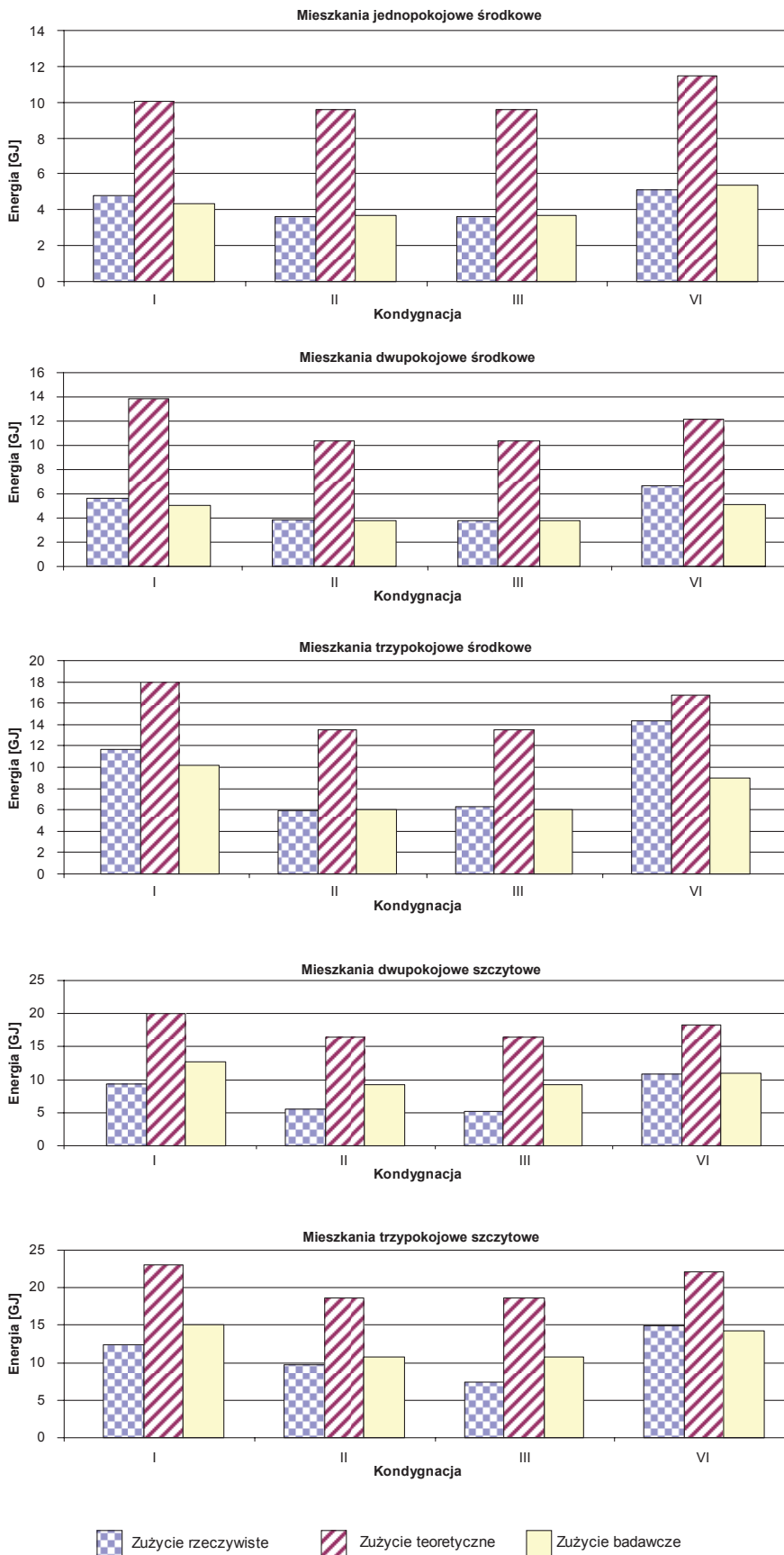
Zestawienie wyników wyraźnie pokazuje, że wartości obliczenio-

Tabela 4. Badawcze zużycie energii w danym typie mieszkania (z ograniczoną ilością powietrza wentylacyjnego do 25%)

Opis mieszkania		Kondygnacja			
		I	II	III	IV
3 pokoje	skrajne	0,345107	0,278863	0,278863	0,332042
	nieskrajne	0,260631	0,195421	0,195421	0,24243
2 pokoje	skrajne	0,40277	0,329788	0,329788	0,367008
	nieskrajne	0,280257	0,219272	0,219272	0,285177
1 pokój	skrajne	0	0	0	0
	nieskrajne	0,28531	0,272377	0,272377	0,32517

we zapotrzebowania energii użytkowej w sposób znaczący różnią się od rzeczywistego zużycia energii cieplnej w poszczególnych mieszkaniach.

Nasuwa się więc pytanie jakie są przyczyny tak małego stosunkowo zużycia energii użytkowej w poszczególnych mieszkaniach do jej obliczeniowego zapotrzebowania? Analizując metodę obliczeniową należało poszukać możliwych przyczyn, które mogłyby decydować o małym zużyciu energii cieplnej w mieszkaniach. Na wielkość zapotrzebowania energii użytkowej wpływają przede wszystkim jej straty spowodowane przenikaniem ciepła przez wszystkie przegrody i ogrzaniem powietrza na cele wentylacji. Skoro na pierwszy czynnik nie mamy żadnego wpływu, to z kolei ilość powietrza wentylacyjnego możemy skutecznie zmieniać. Okazuje się, że przyjmując do obliczeń badawczych 25% normowej ilości wymienianego powietrza, wielkości zapotrzebowania energii na ogrzewanie i wentylację w poszczególnych mieszkaniach są porównywalne odpowiednio z jej rzeczywistym zużyciem. Trafność tego założenia znajduje swoje szczegółowe uzasadnienie w końcowej części artykułu. Natomiast tabela 4 przedstawia badawcze zużycie energii cieplnej w sezonie grzewczym w 2008 roku polegającą na ograniczeniu ilości wymienianego powietrza do 25% jego normowego zapotrzebowania. Wyniki rzeczywistego, obliczeniowego i badawczego zapotrzebowania energii użytkowej dla każdego typu mieszkania przedstawiono na rysunku 5.



Fot. 5. Obliczeniowe i badawcze zapotrzebowanie energii użytkowej dla każdego typu mieszkania

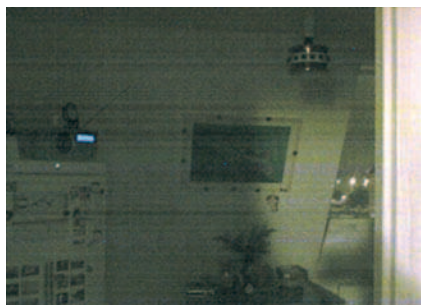
W mieszkaniach dwu i trzypokojowych (środkowych) rzeczywiste zużycie energii, w stosunku do badawczego, jest większe niż w pozostałych mieszkaniach poddanych badaniom. Przyczyną takiego stanu jest źle wykonana izolacja termiczna ścian w części mansardowej, o czym przekonano się wykonując w tych mieszkaniach zdjęcia kamerą termowizyjną.

W miejscach, w których została źle położona izolacja termiczna (na zdjęciu widoczny niebieski kolor, a w ekstremalnych punktach fioletowy) temperatura jest niższa nawet o 5°C. W czasie wykonywania zdjęć kamerą termowizyjną zauważono w jednym z mieszkań brak jakiegokolwiek izolacji cieplnej podciągu (dwuteownika stalowego), na którym oparte były krokwie połaci mansardy, co pokazano na niżej zamieszczonym rysunku. Bardzo ciekawym aspektem, na który warto zwrócić uwagę, jest porównanie teoretycznego zapotrzebowania energii cieplnej i jej rzeczywistego zużycia przypadającego na 1 m² mieszkania w zależności od jego struktury rozkładu i lokalizacji w bryle budynku. Wykresy zamieszczone na rysunku 8 przedstawiają zestawienie ww. danych.

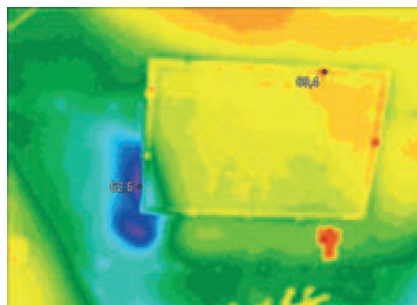
Przyjmując w każdym badanym mieszkaniu temperaturę wewnętrzną 20°C, różnice obciążenia energetycznego w przeliczeniu na 1 m² dla mieszkań o skrajnych wielkościach obciążenia energetycznego, w przypadku teoretycznego zapotrzebowania energii cieplnej wynoszą 106%, natomiast w odniesieniu do rzeczywistego zużycia ciepła różnice te osiągają aż 270%.

8. Podsumowanie i wnioski

Prowadząc badania wykazano, że teoretyczne zapotrzebowanie energii użytkowej na potrzeby ogrzewania i wentylacji istotnie różni się od rzeczywistego zużycia energii. Przy spełnieniu wymagań normowych dotyczących strumienia powietrza wen-



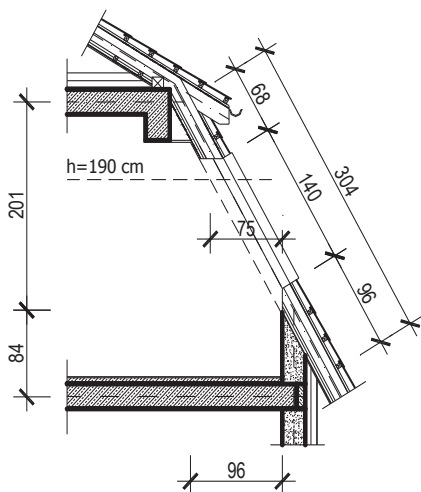
Fot. 6. Zdjęcie ściany mansardowej w mieszkaniu trzypokojowym (środkowym)



wentylacyjnego w mieszkaniach jest o około 75% mniejszy od jego normowych założeń. Taki poziom wymiany powietrza prowadzi do wzrostu jego wilgotności, kondensacji pary wodnej i wzrostu pleśni, co ma istotny wpływ na stan zdrowia mieszkańców i stan techniczny samego budynku. Jednak, czy na ilość wymienianego powietrza w mieszkaniach mają wpływ tylko mieszkający w nich użytkownicy?

Otrzymane wyniki motywują, by zwrócić uwagę na dokładniejsze przyjrzenie się zagadnieniom związanym ogólnie z wentylacją gra-

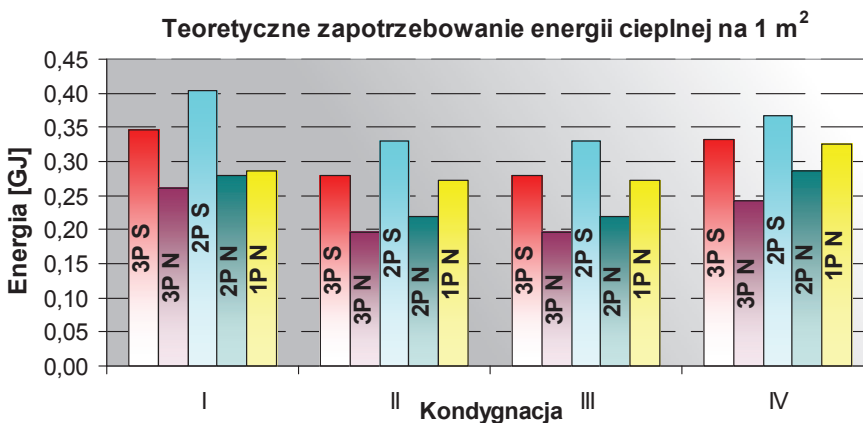
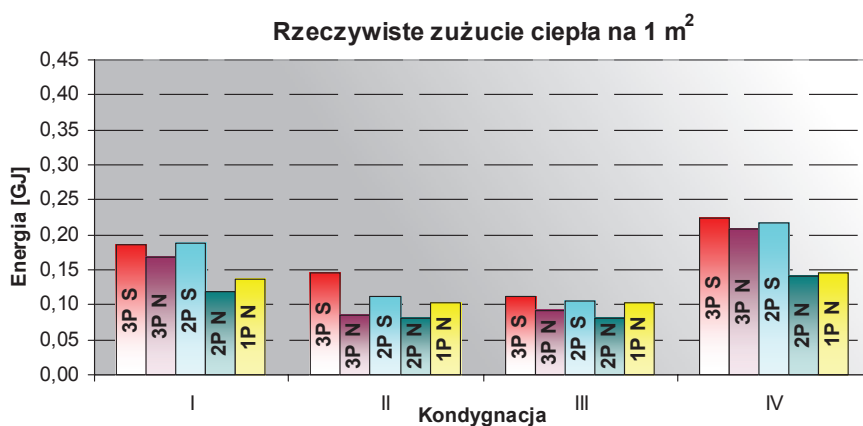
tego obowiązujące w Polsce przepisy. Badania przedstawione w niniejszym opracowaniu pokazują, że poziom wymiany powietrza



Fot. 7. Przekrój przez dach mansardowy

tylacyjnego, w bilansie cieplnym budynków wielorodzinnych, zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania powietrza wentylacyjnego jest znaczącą pozycją, oscylującą w granicach 50% ogólnego zapotrzebowania energii użytkowej, nie licząc energii na podgrzanie wody użytkowej.

Tymczasem, jak pokazały badania, w budynkach o zwiększonej termoizolacyjności mieszkańcy uzyskują duże oszczędności ciepła dzięki poważnemu ograniczeniu intensywności wentylacji swoich lokali. Podstawową przyczyną ograniczania wentylacji jest dążenie do obniżenia kosztów eksploatacji mieszkań. Realizacja tego celu jest możliwa dzięki oknom, w których typowe rozwiązania charakteryzują się bardzo wysoką szczelnością. W budynkach mieszkalnych ze szczelnymi oknami intensywność wentylacji jest znacząco niższa niż wymagają



- Legenda:
- 3P S** – mieszkania trzypokojowe (środkowe)
 - 3P N** – mieszkania trzypokojowe (szczytowe)
 - 2P S** – mieszkania dwupokojowe (środkowe)
 - 2P N** – mieszkania dwupokojowe (szczytowe)
 - 1P N** – mieszkania jednopokojowe (środkowe)

Fot. 8. Teoretyczne a rzeczywiste zapotrzebowanie energetyczne

witacyjną, która – jak się okazuje już na etapie projektowania – jest nagminnie zaniechana.

Wynika to z faktu, że przyjmowane powszechnie zasady projektowania wentylacji grawitacyjnej zostały ustalone dla budynków z poddaszami i nieszczelnymi oknami. Rozmieszczenie przez projektanta przewodów wentylacyjnych na rzucie kondygnacji nie wystarcza do zapewnienia prawidłowej wentylacji.

Projekty architektoniczno-budowlane rzadko obejmują sprawdzenie tego, czy wymagane strumienie powietrza wentylacyjnego określone w normie są uzyskiwane. W czasie realizowania określonej inwestycji bardzo często zaniechane jest prawidłowe wykonanie przewodów wentylacyjnych i nadzór nad tymi pracami. Praktyka taka doprowadza do tego, że kanały wentylacyjne są nieszczelne i nie spełniają w pełni swojej funkcji.

Coraz poważniej, przy projektowaniu nowych mieszkań w budownictwie wielorodzinnym, musimy brać pod uwagę energooszczędne systemy wentylacji nawiewno-wywiewnej z rekuperatorami. Instalacje takie – mimo stosunkowo wyższych nakładów inwestycyjnych, pomniejszonych o koszty budowania tradycyjnych kominów wentylacyjnych – pozwalają zapewnić pełną kontrolę nad ilością wymienianego powietrza w pomieszczeniach. W konsekwencji możliwe jest utrzymanie w lokalach komfortowego mikroklimatu mającego istotny wpływ na zdrowie i samopoczucie mieszkańców. Pozwala to w pełni wykorzystać dostarczoną do mieszkań energię ciepłą (zmniejszyć jej straty i dodatkowo odzyskać ją przez system rekuperatorów oraz – z uwagi na brak potrzeby budowania kominów wentylacyjnych – zwiększyć powierzchnię

naszych mieszkań przy tej samej powierzchni zabudowy.

BIBLIOGRAFIA

[1] Dyrektywa 2002/91/WE z 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków
 [2] Weber T., Analiza energochłonności różnych rodzajów budynków w Polsce, Materiały Budowlane, 1/2010
 [3] PN-EN ISO 13790/2009: Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia
 [4] Żurawski J., Energooszczędność w budownictwie część II – energochłonność, Izolacje 2/2008
 [5] Rozporządzenie ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
 [6] Praca zbiorowa pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Piotra Klemma „Budownictwo ogólne, tom 2, fizyka budowli, Arkady 2005
 [7] PN -83/B-03430/Az3:2000. Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej

info inwest
pracownia eventów

Zaprasza na cykl konferencji dla architektów, projektantów, inwestorów i przedstawicieli samorządów

energo eko-TRENDY

» WARSZAWA » KRAKÓW
 » GDAŃSK » WROCŁAW
 » BIAŁYSTOK

Cykl konferencji o najnowszych energooszczędnych trendach w budownictwie oraz ekologicznych rozwiązaniach w przestrzeni mieszkalnej i użytkowej. Połączenie w jednej formule dwóch aspektów wykorzystania możliwości energooszczędności i ekologii przez wszystkie grupy zawodowe związane z budownictwem, architekturą i projektowaniem wnętrz.

Szczegółowe informacje: www.infoinwest.pl

- » aktualne trendy w Polsce i na świecie
- » praktyczne wskazówki
- » nowa inspiracja dla kreacji i projektu
- » ekologiczny sposób myślenia o projektowaniu
- » energooszczędny wymiar budownictwa oraz
- » wykłady praktyków
- » porady fachowców
- » najnowsze rozwiązania i technologie sprawdzone w naszym kraju