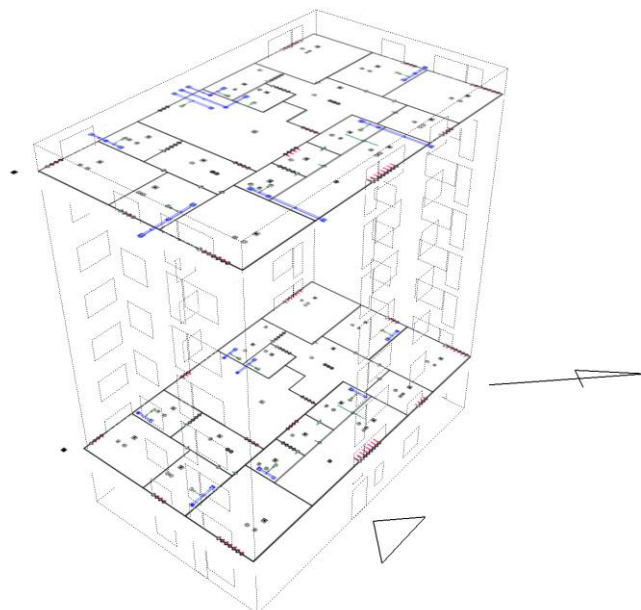


# WIELORODZINNY BUDYNEK REFERENCYJNY NAPE

wersja 5.1



ZDEFINIOWANY NA POTRZEBY OCENY EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ  
SYSTEMÓW WENTYLACJI W WIELORODZINNYM BUDYNKU MIESZKALNYM



# NAPE

NARODOWA  
AGENCJA  
POSZANOWANIA  
ENERGII S.A.

UL. NOWOGRODZKA 68 W WARSZAWIE, TEL.: 22 243 60 40, E-MAIL: NAPE@NAPE.PL, WWW.NAPE.PL

## Zespół autorski:

DR INŻ.

MACIEJ MIJAKOWSKI

DR INŻ.

JERZY KWIATKOWSKI

DR INŻ.

JERZY SOWA

**Warszawa, dnia 10.02.2026**

Plik:	WielorodzinyBudynekNAPE_went_v5.1	Wersja:	5.1
Koordynator:	Maciej Mijakowski	Data:	2026/02/10
Inwestor:		Wykonawca:	NAPE S.A.



# NAPE

NARODOWA  
AGENCJA  
POSZANOWANIA  
ENERGII S.A.

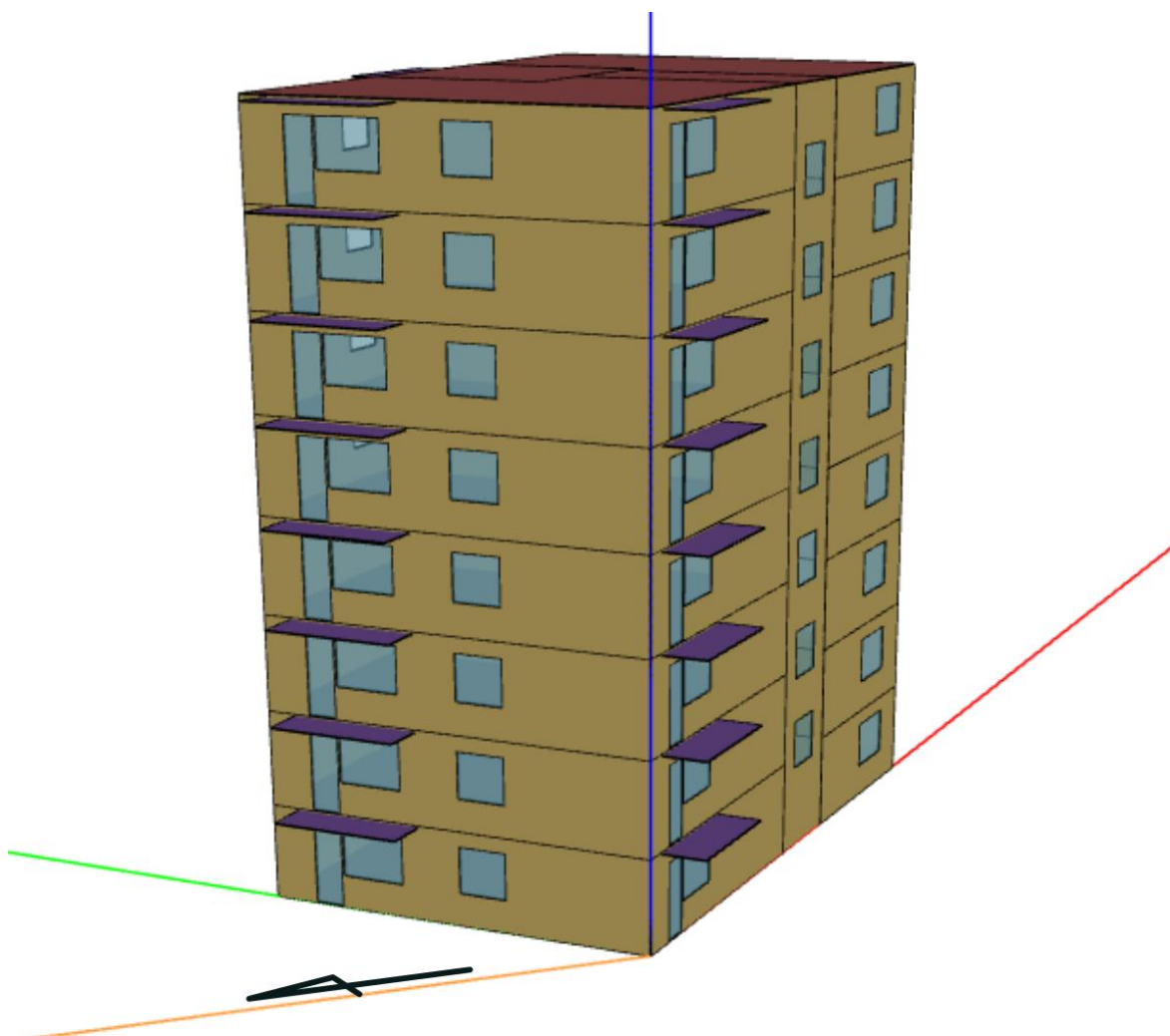
## SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI .....	1
1 Wprowadzenie .....	2
2 Charakterystyka architektoniczna i opis użytkowania .....	4
2.1 Dane ogólne.....	4
2.2 Lokalizacja i klimat zewnętrzny.....	7
2.3 Użytkowanie budynku.....	9
2.4 Opis mieszkania M1 .....	10
2.5 Opis mieszkania M2 .....	11
2.6 Opis mieszkania M3 .....	11
3 Referencyjna izolacyjność cieplna przegród .....	12
4 Referencyjne źródło ciepła.....	13
5 Referencyjny system c.o.....	14
6 Referencyjny system przygotowania c.w.u.....	14
7 Referencyjny system wentylacji mechanicznej wywiewnej.....	16
7.1 Wymagany strumień powietrza wentylacyjnego.....	16
7.2 Elementy nawiewne systemu wentylacji .....	17
7.3 Elementy wywiewne systemu wentylacji .....	17
7.4 Obliczenie strumieni powietrza wentylacyjnego .....	18
7.5 Obliczenie zapotrzebowania na energię do napędu wentylatorów .....	23
8 Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania.....	24
8.1 Wybór programu obliczeniowego.....	24
8.2 Model obliczeniowy.....	24
8.3 Wyniki obliczeń .....	28
9 Wyznaczenie charakterystyki energetycznej budynku referencyjnego wg obowiązujących przepisów.....	34
10 Bibliografia .....	35

# 1 Wprowadzenie

Ocena efektywności energetycznej systemu wentylacji polega na porównaniu rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną na cele ogrzewania i wentylacji (ogrzewanie i napędy systemów c.o. i wentylacji) oraz strumienia powietrza (minimum, średnia i maksimum) w sezonie ogrzewczym w budynku mieszkalnym wielorodzinnym posiadającym oceniany system wentylacji z zapotrzebowaniem na energię w takim samym budynku wyposażonym w referencyjny system wentylacji mechanicznej wywiewnej.

Budynek referencyjny jest to budynek szczegółowo opisany zarówno pod względem architektoniczno-konstrukcyjnym jak i sposobu użytkowania i stanowi przykład typowego współczesnego budynku wielorodzinnego w Polsce. Widok budynku przedstawia poniższy rysunek.



Rys. 1. Widok wielorodzinnego budynku referencyjnego NAPE

Podstawowe założenia dla budynku referencyjnego wielorodzinnego to:

- budynek 8 kondygnacyjny podpiwniczony,
- mieszkania typu M1, M2 i M3 (i odpowiednie założenia odnośnie sposobu ich użytkowania),
- dach płaski,

- parametry cieplne przegród budowlanych wg wymagań warunków technicznych, dla budynków nowowznoszonych,
- ogrzewanie wodne pompowe przy pomocy grzejników konwekcyjnych,
- źródło ciepła – sieć ciepłownicza,
- wentylacja mechaniczna wywiewna o stałym strumieniu powietrza zgodnym z wymaganiami warunków technicznych,
- budynek zlokalizowany w Warszawie

Obliczenia symulacyjne na potrzeby oceny energetycznej prowadzone są dwuetapowo – obliczenia komfortu cieplnego i jakości powietrza wewnętrznego (w tym strumienie powietrza wentylacyjnego) oraz bilans cieplny budynku.

Symulacja komfortu cieplnego prowadzona jest w programie EnergyPlus [5]. Symulacja jakości powietrza wewnętrznego oraz strumieni powietrza wentylacyjnego jest przeprowadzana w programie CONTAM [4], w modelu wielostrefowym - jedno pomieszczenie odpowiada jednej strefie.

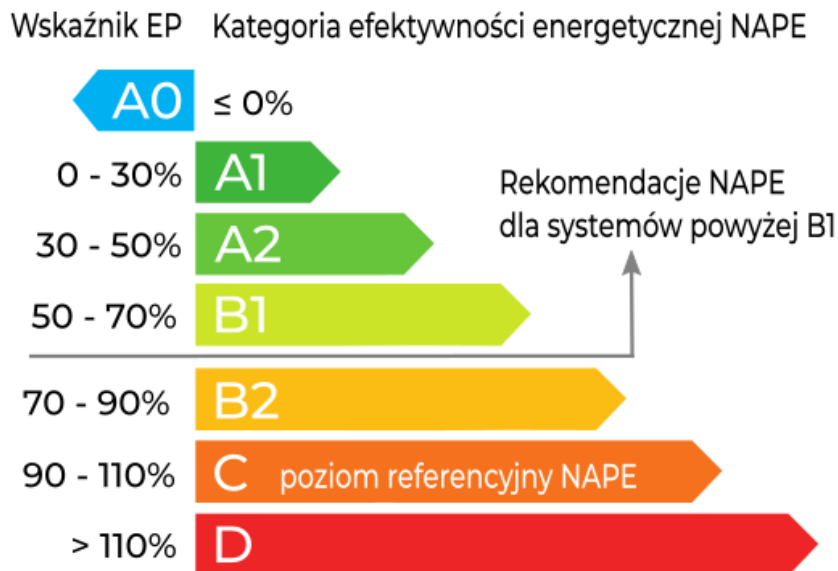
Po przeprowadzeniu symulacji komfortu cieplnego i jakości powietrza wewnętrznego oraz stwierdzeniu, że oceniany system wentylacji spełnia co najmniej wymagania minimalne zawarte w obowiązujących przepisach budowlanych (w tym PN-83/B-03430/Az3:2000 [8] i rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych [14]) przeprowadza się obliczenia bilansu cieplnego budynku.

Obliczenia bilansu cieplnego wykonywane są zgodnie z PN-EN ISO 52016-1:2017-09 [13], programem do całościowych analiz cieplnych budynków EnergyPlus wersja 25.2.0, [5].

Na podstawie wyników dla budynku referencyjnego NAPE wyposażonego w referencyjny system wentylacji mechanicznej wywiewnej, opracowany został podział na kategorie efektywności energetycznej NAPE (ilustracja na rys. 2) zgodnie z następującymi wytycznymi:

- zapotrzebowanie na energię pierwotną (łącznie z energią pomocniczą) dla budynku referencyjnego wyposażonego w referencyjny system wentylacji mechanicznej wywiewnej, stanowi poziom odniesienia równy 100% – poziom referencyjny zużycia energii pierwotnej
- wynik zapotrzebowania na energię pierwotną dla budynku referencyjnego bez wentylacji (strumień powietrza równy zero) stanowi poziom odniesienia równy 0%
- wynik poniżej 0% łącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE – A0
- wynik od 0% do 30% łącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE – A1
- wynik od 30% do 50% łącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE – A2
- wynik od 50% do 70% łącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE – B1
- wynik od 70% do 90% łącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE – B2
- wynik od 90% do 110% łącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE – C
- wynik powyżej 110% oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE – D

Systemy które uzyskały kategorię efektywności energetycznej NAPE A0, A1, A2 i B1 (co najmniej 30% oszczędność energii w stosunku do poziomu referencyjnego) są rekomendowane do stosowania przez Narodową Agencję Poszanowania Energii S.A. Systemy posiadające rekomendację NAPE mogą być oznaczone logo rekomendacji do czasu zmiany warunków technicznych [14] lub zmian technicznych mających wpływ na efektywność energetyczną ocenianego systemu.



Rys. 2. Ilustracja skali kategorii efektywności energetycznej NAPE

**Uwaga:** Przedstawione wyniki otrzymane zostały na podstawie przyjętych założeń, które szczegółowo opisano w niniejszej pracy. Narodowa Agencja Poszanowania Energii nie bierze odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikające z interpolacji wyników dla innych niż opisane przypadki.

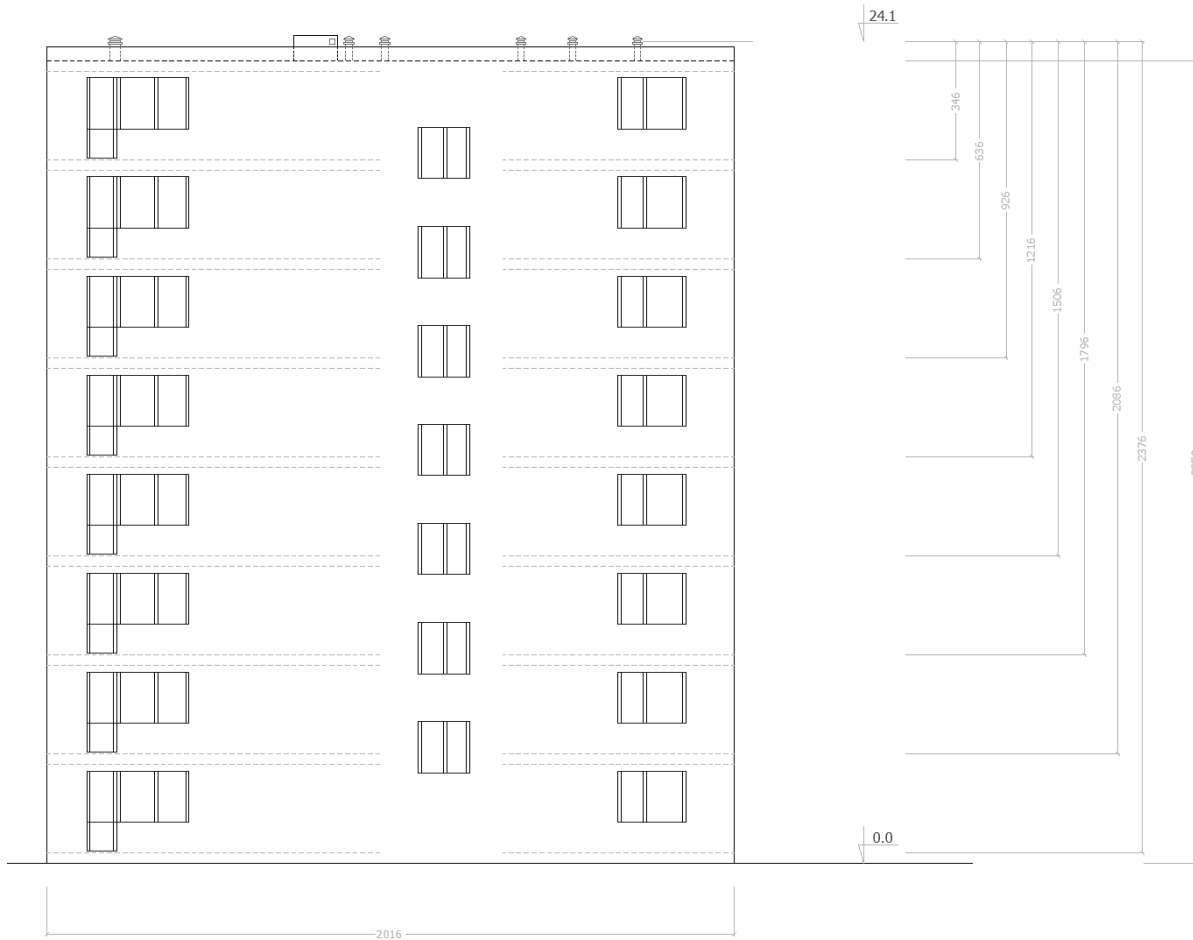
## 2 Charakterystyka architektoniczna i opis użytkowania

### 2.1 Dane ogólne

Analizowany budynek wielorodzinny posiada 8 kondygnacji naziemnych ogrzewanych oraz 1 kondygnację podziemną nieogrzewaną. Rzut parteru oraz ostatniej kondygnacji pokazany jest na rys. 3 oraz rys. 4. Na parterze budynku znajduje się wiatrołap, wózkownia/pomieszczenie gospodarcze oraz dwa mieszkania – M2 i M3. Na każdej kolejnej kondygnacji znajdują się po trzy mieszkania: M1, M2 i M3. W sumie w budynku znajdują się 23 mieszkania, w których mieszka 47 osób. Wejście do budynku znajduje się od strony północno-wschodniej. Okna mieszkań M1 także znajdują się od strony północno-wschodniej. Okna mieszkań M2 znajdują się od strony południowo-wschodniej i południowo-zachodniej. Okna mieszkań M3 znajdują się od strony północno-wschodniej, północno-zachodniej i południowo-zachodniej. Na rys. 5 przedstawiono widok południowo-zachodniej fasady budynku.

W kolejnych tabelach przedstawiono dane dotyczące zarówno bryły budynku jak i właściwości geometrycznych jego przegród. Tab. 1 zawiera podstawowe dane dotyczące budynku, natomiast tab. 2 oraz tab. 3 charakterystykę geometryczną przegród zewnętrznych.





Rys. 5. Widok południowo-zachodniej fasady (wymiary w cm)

Tab. 1. Dane architektoniczne budynku

Parametr	Wartość	Jedn.
Powierzchnia zabudowy	250	m <sup>2</sup>
Powierzchnia całkowita (bez piwnicy)	1997	m <sup>2</sup>
Kubatura całkowita (bez piwnicy)	5865	m <sup>3</sup>
Powierzchnia ogrzewana	1629	m <sup>2</sup>
Kubatura ogrzewana	4072	m <sup>3</sup>
Powierzchnia użytkowa mieszkań	1435	m <sup>2</sup>
Kubatura mieszkań	3587	m <sup>3</sup>
Powierzchnia przegród zewnętrznych	2001	m <sup>2</sup>
Współczynnik kształtu	0.341	m <sup>-1</sup>

Tab. 2. Charakterystyka geometryczna przegród zewnętrznych nieprzeźroczystych

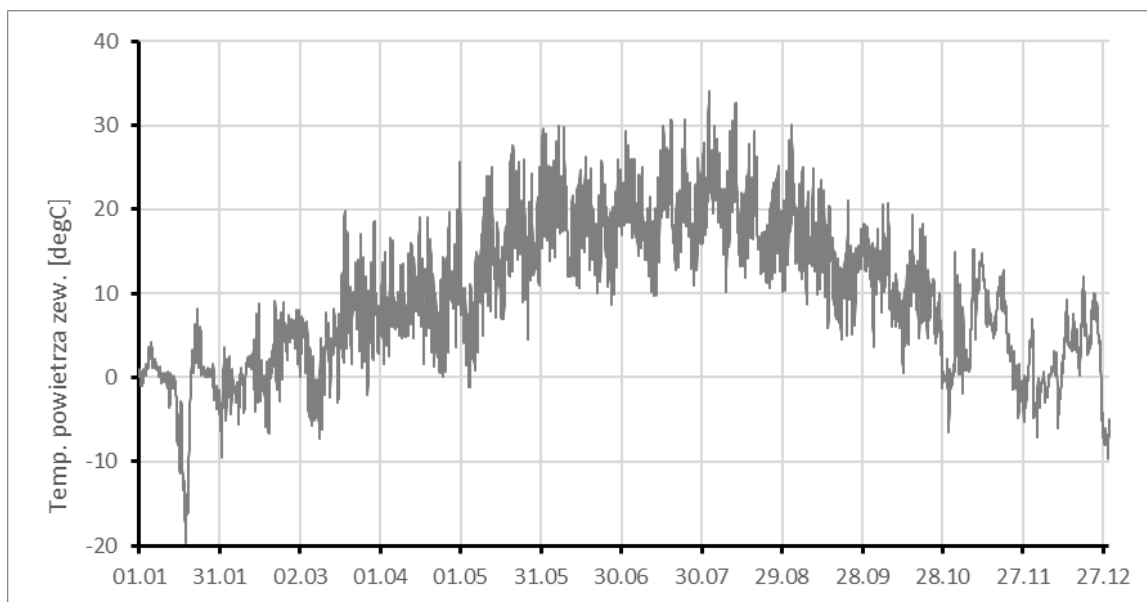
Przegroda	Orientacja	Powierzchnia brutto (wraz z oknami i drzwiami)
-	deg (0=N)	m <sup>2</sup>
Ściana zewnętrzna	45	467.12
Ściana zewnętrzna	135	285.52
Ściana zewnętrzna	225	467.19
Ściana zewnętrzna	315	285.36
Stropodach	-	247.72
Strop nad nieogrzewaną piwnicą	-	247.72
Razem		2000.63

Tab. 3. Charakterystyka geometryczna przegród zewnętrznych przeźroczystych

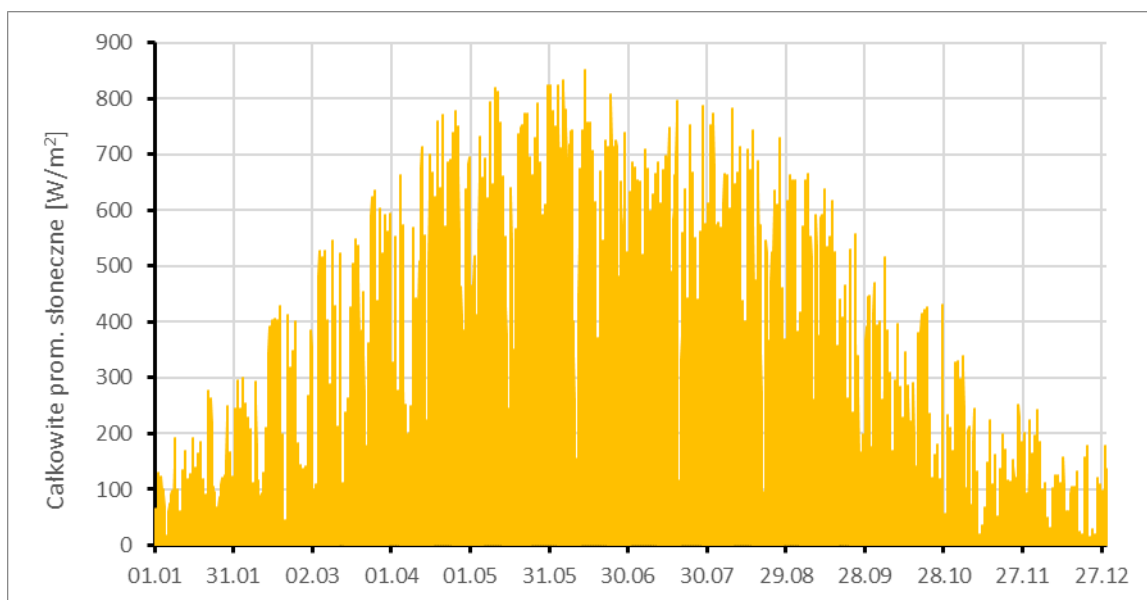
Przegroda	Orientacja	Powierzchnia brutto
-	deg (0=N)	m <sup>2</sup>
Ściana zewnętrzna	45	56.48
Ściana zewnętrzna	135	56.58
Ściana zewnętrzna	225	77.77
Ściana zewnętrzna	315	57.04
Razem		247.87

## 2.2 Lokalizacja i klimat zewnętrzny

Budynek referencyjny zlokalizowany jest w Warszawie na terenie zurbanizowanym. Do obliczeń przyjęto typowy rok meteorologiczny dla Warszawy Okęcia, opracowany na bazie pomiarów z lat 2009 - 2023. Dane typowego roku meteorologicznego dostępne są na stronie internetowej repozytorium danych klimatycznych dla symulacji energetycznych budynków: [https://climate.onebuilding.org/WMO\\_Region\\_6\\_Europe/POL\\_Poland/index.html](https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_6_Europe/POL_Poland/index.html). Na rysunkach poniżej przedstawiono wykres zmian temperatury powietrza wg termometru suchego oraz przebieg rocznej zmienności całkowitego natężenia promieniowania słonecznego. Wybrane parametry meteorologiczne mają podstawowy wpływ na obliczenia zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia budynków i dlatego zostały przedstawione na rysunkach. Pozostałe parametry meteorologiczne takie jak prędkość i kierunek wiatru, wilgotność powietrza, czy temperatura niebosłonu również mają wpływ na zużycie energii przez budynki i zostały uwzględnione w obliczeniach energetycznych i symulacji przepływów powietrza.



Rys. 6. Przebieg zmienności temperatury termometru suchego powietrza zewnętrznego dla typowego roku meteorologicznego dla Warszawy



Rys. 7. Przebieg zmienności natężenia całkowitego promieniowania słonecznego dla typowego roku meteorologicznego dla Warszawy

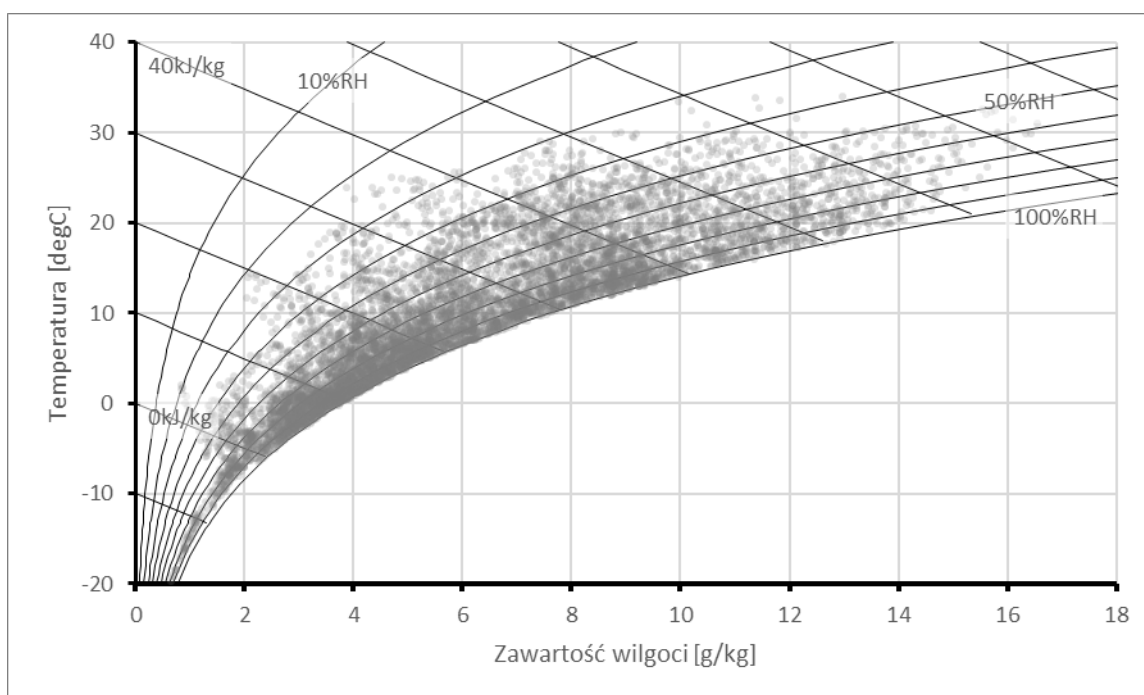
Poniżej w tabeli zebrano podstawowe statystyki klimatu przyjętego do obliczeń.

Tab. 4. Podstawowe statystyki typowego roku meteorologicznego

Statystyka	Wartość	Jednostka
Minimalna temperatura powietrza	-19.7	°C
Temperatura powietrza (0.4%)	-13.9	°C
Temperatura powietrza (1.0%)	-8.8	°C
Średnia roczna temperatura powietrza	9.7	°C
Temperatura powietrza (99.0%)	28.4	°C
Temperatura powietrza (99.6%)	29.9	°C

Maksymalna temperatura powietrza	34.0	°C
Maksymalna zawartość wilgoci	16.6	g/kg
Zawartość wilgoci skorelowana z maksymalną temperaturą	12.4	g/kg
Maksymalna entalpia powietrza	73.5	kJ/kg
Stopniodni grzania wg Eurostat	3182	K·24h
Stopniodni chłodzenia wg Eurostat	37.5	K·24h
Maksymalne natężenie promieniowania słonecznego	852	W/m <sup>2</sup>
Roczna suma promieniowania słonecznego na płaszczyznę poziomą	1111	kWh/m <sup>2</sup>

Roczne parametry psychrometryczne powietrza zilustrowano na poniższym rysunku.



Rys. 8. Ilustracja parametrów powietrza dla typowego roku meteorologicznego dla Warszawy na wykresie h-x

## 2.3 Użytkowanie budynku

W budynku znajdują się 23 mieszkania w których mieszka 47 osób. Założono, że osoby te użytkują mieszkania w różny sposób w dni powszednie (robocze) oraz w dni świąteczne i weekendy. Dni świąteczne to wszystkie soboty oraz niedziele, a także święta takie jak: Nowy Rok, Święto Trzech Króli, Wielkanoc, Weekend Majowy, Boże Ciało, Święto Wojska Polskiego, Wszystkich Świętych, Święto Niepodległości, Boże Narodzenie. Pozostałe dni w roku to dni robocze. Ponadto, w mieszkaniach typu M3 występują dwie przerwy w przebywaniu mieszkańców pomiędzy 1.02 - 8.02 oraz 9.08 - 23.08 włącznie.

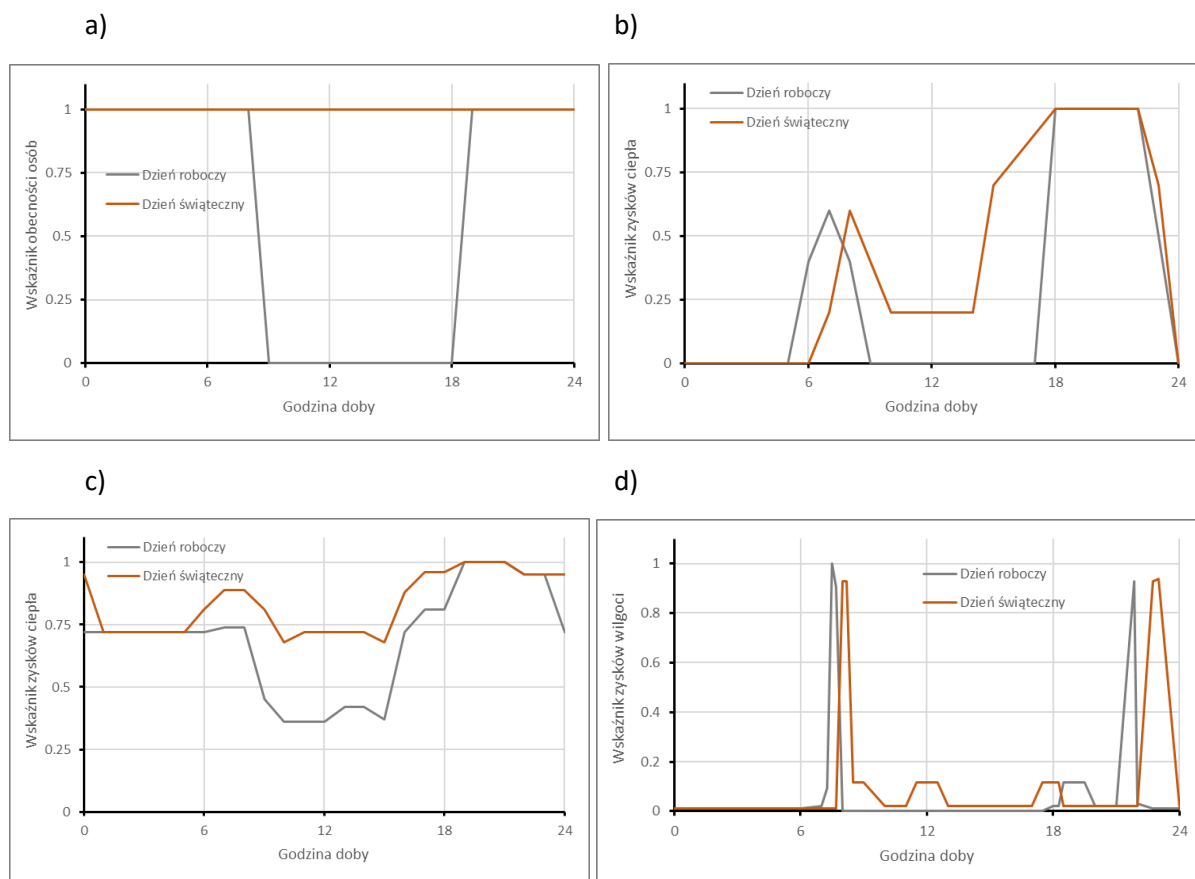
Założono, że w sezonie ogrzewczym intensywność wentylacji jest wystarczająca i mieszkańcy nie otwierają okien. Natomiast w sezonie letnim okna są otwierane w celu rozproszenia nadmiaru zysków wewnętrznych (opis w rozdziale 7, a także zasłanianie zasłonami wewnętrznymi, tak jak opisano to w rozdziale 3).

Szczegółowe opisy użytkowania poszczególnych mieszkań dla dni roboczych oraz świątecznych znajdują się w kolejnych punktach opracowania.

## 2.4 Opis mieszkania M1

W referencyjnym budynku wielorodzinnym NAPE znajduje się 7 mieszkań typu M1 zlokalizowanych na piętrach od 1 do 7. Na parterze w miejsce mieszkania M1 znajduje się wejście do budynku z wiatrołapem oraz wózkownia. Rzut mieszkania przedstawiono na rys. 4. W mieszkaniu tym znajduje się przedsionek, łazienka wraz z WC, aneks kuchenny oraz pokój dzienny, a całkowita powierzchnia mieszkania wynosi 28.3 m<sup>2</sup>. Mieszkanie to jest użytkowane przez jedną osobę dorosłą. Schemat zysków ciepła od mieszkańców, oświetlenia i urządzeń przedstawiono kolejno na poniższych wykresach. Maksymalne godzinowe wielkości zysków ciepła wynoszą odpowiednio: 300 W dla urządzeń oraz 100 W dla oświetlenia. Maksymalne zyski ciepła od ludzi to 72 W w czasie snu i 108 W poza snem. Natomiast maksymalny godzinowy wskaźnik obciążenia cieplnego mieszkania M1 wewnętrznymi zyskami ciepła jest równy 18.0 W/m<sup>2</sup>.

Dla mieszkania zdefiniowano również schemat zysków wilgoci, w których uwzględniono zyski związane z przebywaniem ludzi, pochodzące z procesów gotowania, zmywania oraz prania a także związane z myciem się mieszkańców (prysznicami). Maksymalne chwilowe zyski wilgoci wynoszą 2717 g/h.

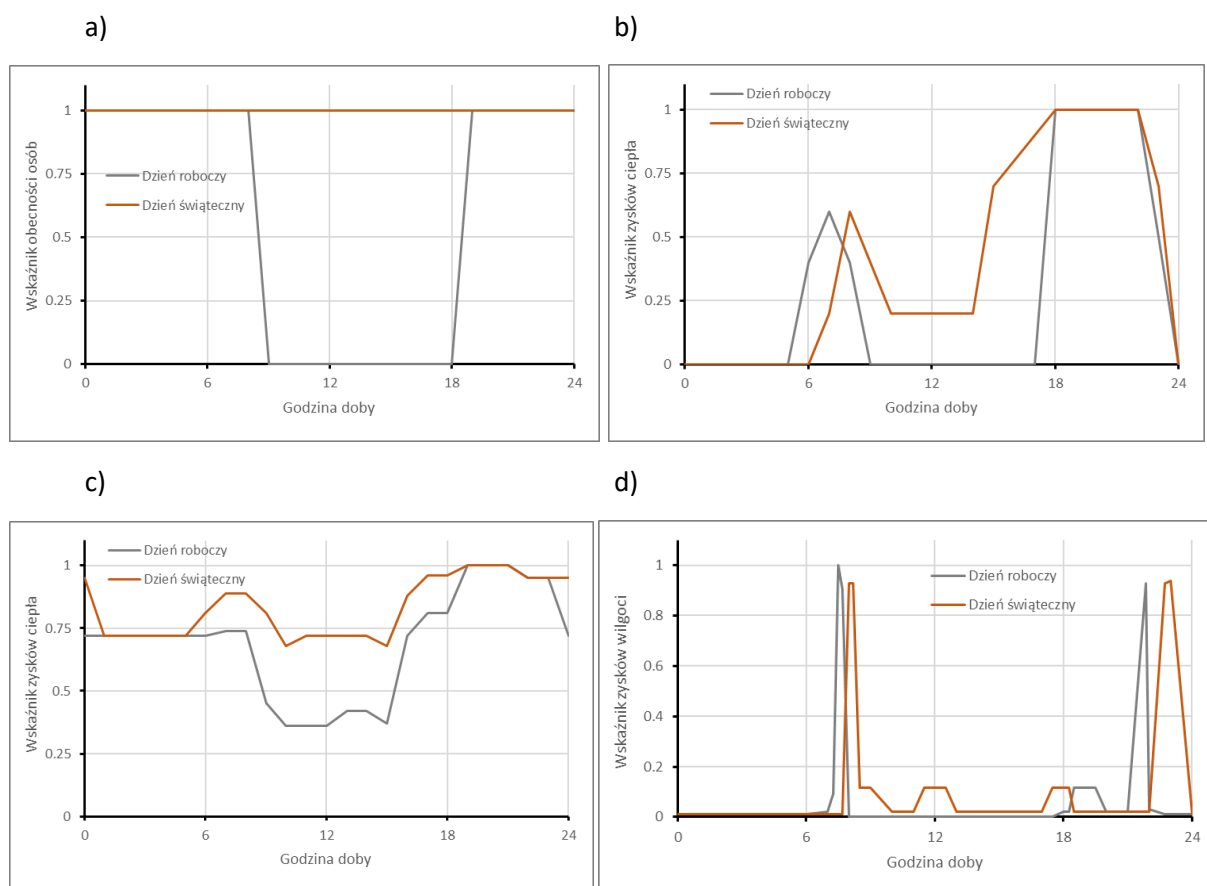


Rys. 9. Harmonogram przebywania mieszkańców (a), zysków ciepła od oświetlenia zimą (b), zysków ciepła od urządzeń (c) oraz zysków wilgoci (d) dla mieszkania M1

## 2.5 Opis mieszkania M2

W referencyjnym budynku wielorodzinnym NAPE znajduje się 8 mieszkań typu M2 zlokalizowanych na piętrach od 0 (parter) do 7. Rzut mieszkania przedstawiono na rys. 4. W mieszkaniu tym znajduje się przedsionek, łazienka wraz z WC, oddzielna kuchnia, pokój dzienny oraz jedna sypialnia, a całkowita powierzchnia mieszkania wynosi 66.1 m<sup>2</sup>. Mieszkanie to jest użytkowane przez dwie osoby dorosłe. Schemat zysków ciepła od mieszkańców, oświetlenia i urządzeń oraz zysków wilgoci przedstawiono kolejno na poniższych wykresach. Maksymalne godzinowe wielkości zysków ciepła wynoszą odpowiednio: 435 W dla urządzeń oraz 150 W dla oświetlenia. Maksymalne zyski ciepła od ludzi to 144 W w czasie snu i 216 W poza snem. Natomiast maksymalny godzinowy wskaźnik obciążenia cieplnego mieszkania M2 wewnętrznymi zyskami ciepła jest równy 12.1 W/m<sup>2</sup>.

Dla mieszkania zdefiniowano również schemat zysków wilgoci, w których uwzględniono zyski związane z przebywaniem ludzi, pochodzące z procesów gotowania, zmywania oraz prania a także związane z myciem się mieszkańców (prysznicami). Maksymalne chwilowe zyski wilgoci wynoszą 2822 g/h.



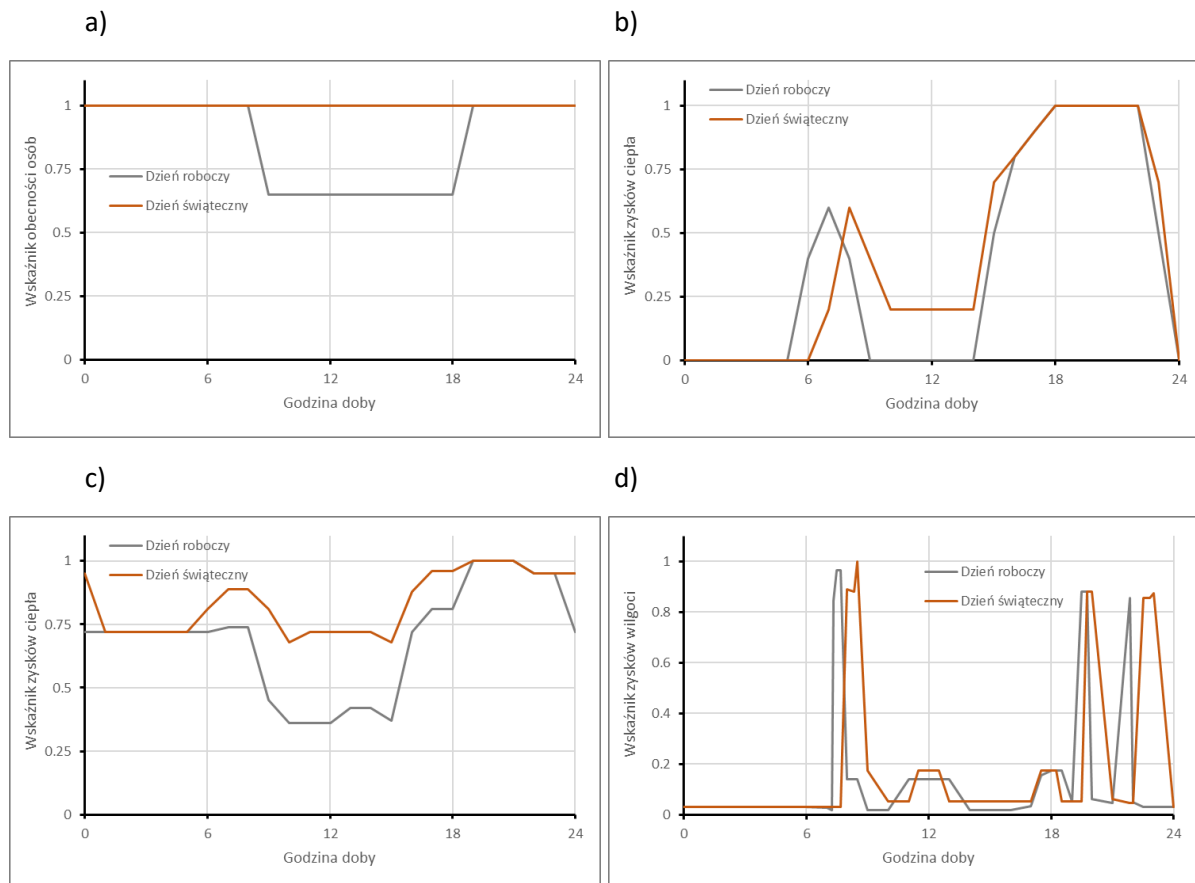
Rys. 10. Harmonogram przebywania mieszkańców (a), zysków ciepła od oświetlenia zimą (b), zysków ciepła od urządzeń (c) oraz zysków wilgoci (d) dla mieszkania M2

## 2.6 Opis mieszkania M3

W referencyjnym budynku wielorodzinnym NAPE znajduje się 8 mieszkań typu M3 zlokalizowanych na piętrach od 0 (parter) do 7. Rzut mieszkania przedstawiono na rys. 4. W mieszkaniu tym znajduje się

przedsiónek, łazienka, oddzielne WC, kuchnia, pokój dzienny oraz dwie sypialnie, a całkowita powierzchnia mieszkania wynosi 88.5 m<sup>2</sup>. Mieszkanie to jest użytkowane przez dwie osoby dorosłe oraz jedno dziecko. Schemat zysków ciepła od mieszkańców, oświetlenia i urządzeń oraz zysków wilgoci przedstawiono kolejno na poniższych wykresach. Maksymalne godzinowe wielkości zysków ciepła wynoszą odpowiednio: 600 W dla urządzeń oraz 200 W dla oświetlenia. Maksymalne zyski ciepła od ludzi to 216 W w czasie snu i 324 W poza snem. Natomiast maksymalny godzinowy wskaźnik obciążenia cieplnego mieszkania M1 wewnętrznymi zyskami ciepła jest równy 12.7 W/m<sup>2</sup>.

Dla mieszkania zdefiniowano również schemat zysków wilgoci, w których uwzględniono zyski związane z przebywaniem ludzi, pochodzące z procesów gotowania, zmywania oraz prania a także związane z myciem się mieszkańców (prysznicami). Maksymalne chwilowe zyski wilgoci wynoszą 2917 g/h.



Rys. 11. Harmonogram przebywania mieszkańców (a), zysków ciepła od oświetlenia zimą (b), zysków ciepła od urządzeń (c) oraz zysków wilgoci (d) dla mieszkania M3

W trakcie przerw w użytkowaniu mieszkania M3 (pomiędzy 1.02 - 8.02 oraz 9.08 - 23.08 włącznie) założono, brak zysków ciepła do mieszkańców, oraz oświetlenia, a wskaźnik zysków ciepła od urządzeń wynosi 0.36.

### 3 Referencyjna izolacyjność cieplna przegród

Założono izolacyjność cieplną przegród zewnętrznych na poziomie wymagań minimalnych określonych w warunkach technicznych (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w

sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, wraz z późniejszymi zmianami), [14] obowiązujących od dnia 1 stycznia 2021r.

Szczegółowe dane charakterystyki cieplnej nieprzezroczystych i przezroczystych przegród obudowy zewnętrznej budynku wykorzystane w analizach energetycznych przedstawione zostały w poniższych tabelach.

Tab. 5. Charakterystyka cieplna przegród zewnętrznych nieprzezroczystych

Przegroda	Orientacja	Wsp. $U_c$	Wsp. odbicia
-	deg (0=N)	W/(m <sup>2</sup> ·K)	-
Ściana zewnętrzna	45	0.20	0.30
Ściana zewnętrzna	135	0.20	0.30
Ściana zewnętrzna	225	0.20	0.30
Ściana zewnętrzna	315	0.20	0.30
Stropodach	-	0.15	0.30
Strop nad nieogrzewaną piwnicą	-	0.25	0.30
Wsp. $U_c$ - współczynnik przenikania ciepła			

Tab. 6. Charakterystyka cieplna przegród zewnętrznych przezroczystych

Przegroda	Orientacja	Wsp. $U_c$	Wsp. $g_n$
-	deg (0=N)	W/(m <sup>2</sup> ·K)	-
Ściana zewnętrzna	45	0.90	0.70
Ściana zewnętrzna	135	0.90	0.70
Ściana zewnętrzna	225	0.90	0.70
Ściana zewnętrzna	315	0.90	0.70
Wsp. $U_c$ - współczynnik przenikania ciepła Wsp. $g_n$ - współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego dla oszklenia (bez uwzględnienia zacienienia i urządzeń przeciw słonecznych)			

Dodatkowo w okresie letnim okna są przesłaniane jasnymi (współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego równy 0.3 i współczynnik odbicia 0.5) zasłonami wewnętrznymi w przypadku kiedy na okno pada promieniowanie słoneczne o natężeniu przekraczającym 50 W/m<sup>2</sup>.

## 4 Referencyjne źródło ciepła

Źródłem ciepła w budynku jest referencyjna miejska sieć ciepłownicza. Ciepło przekazywane jest w kompaktowym węźle ciepłowniczym z obudową o mocy nominalnej do 100 kW.

Sprawność wytwarzania ciepła na cele c.o. wynosi 98%. Instalacja nie jest wyposażona w zasobnik ciepła na cele c.o.

Sprawność wytwarzania ciepła na cele c.w.u. wynosi 98%. Instalacja nie jest wyposażona w zasobnik ciepła na cele c.w.u.

Współczynnik nakładu  $w$ , nieodnawialnej energii pierwotnej dla źródła ciepła wynosi 0.80.

## 5 Referencyjny system c.o.

Analizowany budynek wyposażony jest w instalację centralnego ogrzewania. Obliczeniowa średnia temperatura wewnętrzna w mieszkaniach wynosi 21°C (pokoje mieszkalne 20°C i łazienki 24°C). Obliczeniowa temperatura na klatce schodowej wynosi 12°C.

Ciepło rozprowadzane jest w budynku poprzez tradycyjną instalację c.o. pompową, dwururową z rozdziałem dolnym o parametrach 70/55°C. Instalacja w piwnicy jest zaizolowana cieplnie, jest wyposażona w zwory podpionowe, a grzejniki w zawory termostatyczne.

Sprawność regulacji i wykorzystania ciepła wynosi 88%, sprawność przesyłu 90%.

Wskaźnik zapotrzebowania na energię pomocniczą (napęd pompy obiegowej) wynosi 2.2 W na jeden kilowat obliczeniowego zapotrzebowania na moc systemu c.o. Moc energii pomocniczej jest zwiększona wskaźnikiem korekcyjnym uwzględniającym rzeczywiste warunki projektowe wynoszącym 1.15.

## 6 Referencyjny system przygotowania c.w.u.

Referencyjną instalację ciepłej wody użytkowej dla budynku wielorodzinnego zaprojektowano zgodnie z wytycznymi warunków technicznych [14]. Jako materiał instalacyjny przyjęto rury stalowe ocynkowane ze szwem średnie zgodne z normą PN-74/H-74200, [7], łączone za pomocą gwintowanych łączników z żeliwa ciągliwego. Ciepła woda przygotowana jest w wymienniku płytowym zasilanym czynnikiem grzewczym z miejskiej sieci ciepłowniczej, zlokalizowanym w pomieszczeniu węzła cieplnego znajdującego się w piwnicy budynku. Instalację ciepłej wody zaprojektowano z rozdziałem dolnym na poziomie kondygnacji piwnic budynku (rys. 12). Woda ciepła rozprowadzana jest do poszczególnych punktów czerpalnych za pomocą 6 pionów. Na każdym odgałęzieniu od pionu zlokalizowano zawór odcinający oraz wodomierz mieszkaniowy służący do rozliczania ilości zużytej ciepłej wody w poszczególnych lokalach mieszkalnych.

Przeptywy obliczeniowe dla poszczególnych odcinków instalacji c.w.u. określono na podstawie wzorów z normy PN-B-01706:1992/Az1:1999, [9]. Na tej podstawie dobrano średnice poszczególnych odcinków instalacji wody ciepłej oraz przewodów cyrkulacyjnych.

Z instalacją współpracuje pompa cyrkulacyjna, zapewniająca zgodną z wymaganiami technicznymi temperaturę wody ciepłej w zakresie: 60-55°C. Pompa zlokalizowana jest na przewodzie cyrkulacyjnym doprowadzającym wodę ciepłą z obiegu cyrkulacyjnego do króćca zasilającego wymiennik do c.w.u.

Przewody instalacji ciepłej wody oraz przewody cyrkulacyjne zaizolowano zgodnie z wymaganiami normy PN-B-02421:2000, [10] otuliną o grubości ścianki 20 mm dla rur o średnicy do 20 mm i 30 mm dla rur o średnicy do 50 mm. Wymagane grubości ścianek otuliny odnoszą się do materiału izolacyjnego o współczynniku przewodności cieplnej 0.035 W/(m<sup>2</sup>·K).

Wyniki obliczeń zapotrzebowania na energię dla instalacji c.w.u. w budynku referencyjnym zamieszczono w tab. 7.



Rys. 12. Aksonometria instalacji c.w.u. i instalacji cyrkulacyjnej

Tab. 7. Wyniki obliczeń zapotrzebowania na energię dla instalacji c.w.u. w budynku referencyjnym NAPE

Dzień roboczy [kWh/d]	Dzień wolny [kWh/d]	Razem tydzień [kWh/tydz]	Razem miesiąc [kWh/mc]	Razem rok [kWh/r]
Zużycie energii na podgrzanie c.w.u.				
209.48	220.08	1 487.53	6 369.08	77 561.14
Straty ciepła w całej instalacji c.w.u.				

46.80	46.80	327.63	1404.11	17 083.32
Energia do napędu pompy cyrkulacyjnej				
0.91	0.91	6.38	27.36	332.88
<b>Łączne zapotrzebowanie na energię dla instalacji c.w.u.</b>				
<b>257.19</b>	<b>267.79</b>	<b>1 821.54</b>	<b>7 800.55</b>	<b>94 977.34</b>

<b>Razem energia cieplna</b>	<b>94 961 kWh/rok</b>
<b>Razem energia elektryczna</b>	<b>333 kWh/rok</b>
<b>Sprawność wytwarzania ciepła</b>	<b>0.98</b>
<b>Razem energia końcowa cieplna</b>	<b>96 899 kWh/rok</b>
<b>Razem energia końcowa elektryczna</b>	<b>333 kWh/rok</b>

Po uwzględnieniu wskaźników nakładu dla energii pierwotnej 0.80 (zgodnie z referencyjnym źródłem ciepła opisanym w punkcie 4) i 2.5 (energia elektryczna zgodnie z [15]), otrzymano zapotrzebowanie na energię pierwotną na cele c.w.u. wynoszące 78 299 kWh/rok.

Szczegółowy opis systemu przygotowania c.w.u. znajduje się w opisie wielorodzinnego budynku referencyjnego NAPE na potrzeby oceny energetycznej systemów przygotowania c.w.u. [3].

## 7 Referencyjny system wentylacji mechanicznej wywiewnej

### 7.1 Wymagany strumień powietrza wentylacyjnego

Referencyjny system wentylacji zaprojektowano zgodnie z wytycznymi warunków technicznych [14]. Wymagane strumienie powietrza wynikają z przepisów zawartych w normie PN-83/B-03430/Az3:2000, [8] przywołanej w warunkach technicznych. W poniższej tabeli przedstawiono strumienie powietrza usuwanego przyjęte w budynku referencyjnym.

Tab. 8. Wymagane strumienie powietrza usuwanego

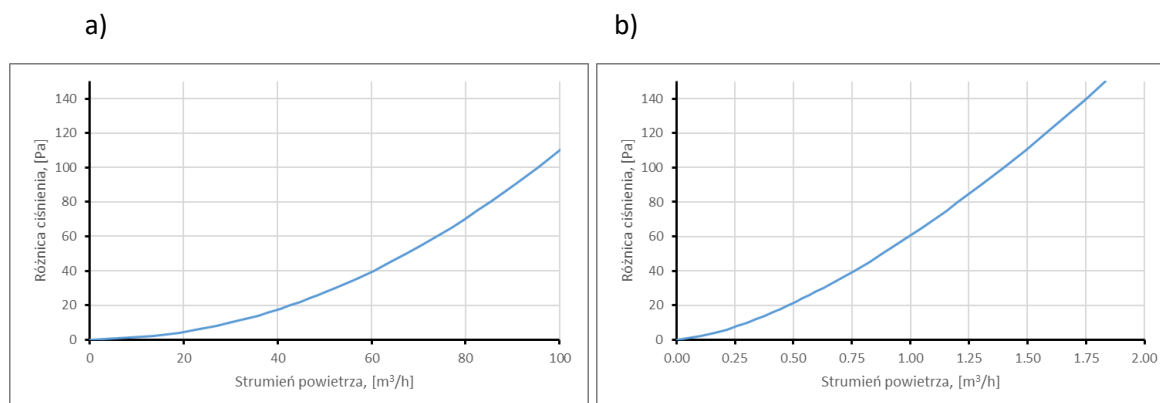
Pomieszczenie z którego należy usuwać powietrze	Strumień powietrza
-	m <sup>3</sup> /h
Kuchnia w mieszkaniu M1	50
Łazienka w mieszkaniu M1	50
Kuchnia w mieszkaniu M2	30
Łazienka w mieszkaniu M2	50
Kuchnia w mieszkaniu M3	50
Łazienka w mieszkaniu M3	50
Toaleta w mieszkaniu M3	30
Razem mieszkanie typu M1	100
Razem mieszkanie typu M2	80
Razem mieszkanie typu M3	130

Razem dla mieszkań

2380

## 7.2 Elementy nawiewne systemu wentylacji

Przyjęto, że nawiew powietrza odbywa się do pokoi mieszkalnych (ewentualnie kuchni) przez nawiewniki okienne o stałej charakterystyce (przepływ  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  przy różnicy ciśnienia  $10 \text{ Pa}$ ). Dla innym warunków strumień powietrza jest zgodny z charakterystyką zamieszczoną na rys. 13. W ograniczonym zakresie powietrze wpływa również przez szczeliny okienne (klasa 3 przepuszczalności powietrznej wg PN-EN 12207:2001, [11]). Charakterystykę nawiewników powietrza oraz szczelin okiennej przedstawiono na poniższym rysunku.

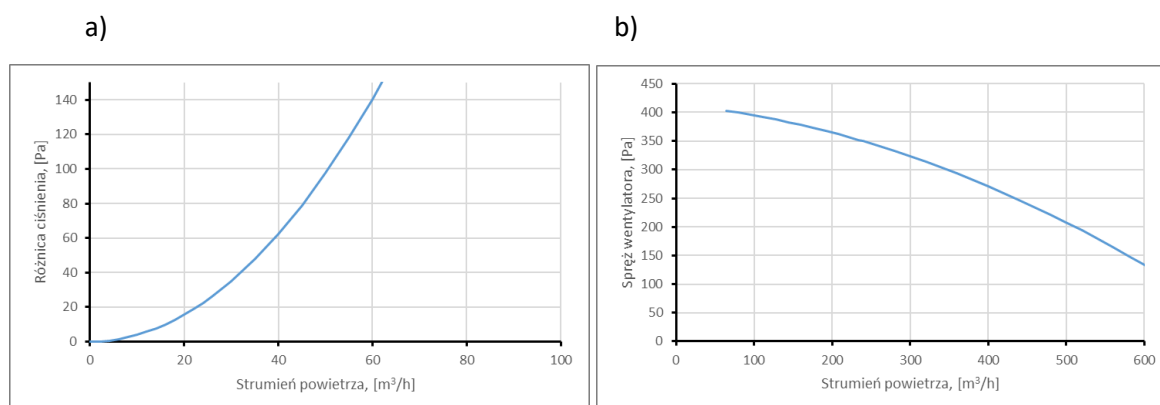


Rys. 13. Charakterystyka nawiewnika powietrza (a) oraz szczelin okiennych (b)

Następnie powietrze przez podcięcia w drzwiach i kratki o przekroju  $220 \text{ cm}^2$  przepływa do łazienki, toalety lub kuchni z których poprzez zawór wywiewny wpływa do zbiorczych kanałów wentylacyjnych.

## 7.3 Elementy wywiewne systemu wentylacji

W pomieszczeniach z których należy usuwać powietrze znajdują się zawory wywiewne o charakterystyce jak na poniższym rysunku.



Rys. 14. Charakterystyka zaworu wywiewnego (a) i wentylatora wywiewnego (b)

Poprzez zawór powietrze wpływa do przyłącza zbiorczych kanałów wentylacyjnych. Wszystkie przyłącza są realizowane przewodem okrągłym o wymiarze 100 mm i oporach równoważnych długości kanału wynoszącej 0.5 m.

Powietrze usuwane jest poprzez zbiorcze kanały wentylacyjne znajdujące się w kuchniach, łazienkach oraz toaletach. Szachty pionowe mają wymiary:

- dla kanałów w kuchniach M1, kuchniach M3 - średnica 300 mm,
- dla kanałów w łazienkach M1, kuchniach M2, łazienkach M2, łazienkach M3 i toalet M3 - średnica 200 mm,

Na końcach kanałów znajdują się wentylatory wywiewne o charakterystykach jak na rys. 14. W całym budynku zastosowano 7 wentylatorów dachowych.

Suma współczynników oporów miejscowych wyrzutni wynosi 1.5; opory liniowe wszystkich kanałów wynikają z chropowatości ścianek wynoszącej 0.09 mm. Wlot kanału usytuowany jest 10 cm poniżej sufitu, a wylot 56 cm ponad dachem. Wylot kanału skonstruowany jest tak, aby niezależnie od kierunku wiatru zawsze ciśnienie dynamiczne powodowało zasysanie powietrza z kanału. Współczynnik konwersji ciśnienia dynamicznego przyjęto jako równy -0.45.

Instalacja została wyregulowana do założonych wydatków strumienia powietrza poprzez zmianę prędkości obrotowej wentylatorów wywiewnych. Współczynniki zmniejszające wynoszą:

- szacht z kuchni mieszkań M1 - 0.74
- szach z łazienek mieszkań M1 - 0.77
- szacht z kuchni mieszkań M2, toalet mieszkań M3 - 0.50
- szach z łazienek mieszkań M2 i M3 oraz kuchni mieszkań M3 - 0.80

Zapotrzebowanie na moc wentylatorów wynika ze wskaźnika mocy właściwej wentylatorów wywiewnych wynoszącej  $0.8 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  odniesionej do strumienia powietrza w danym szachcie wentylacyjnym.

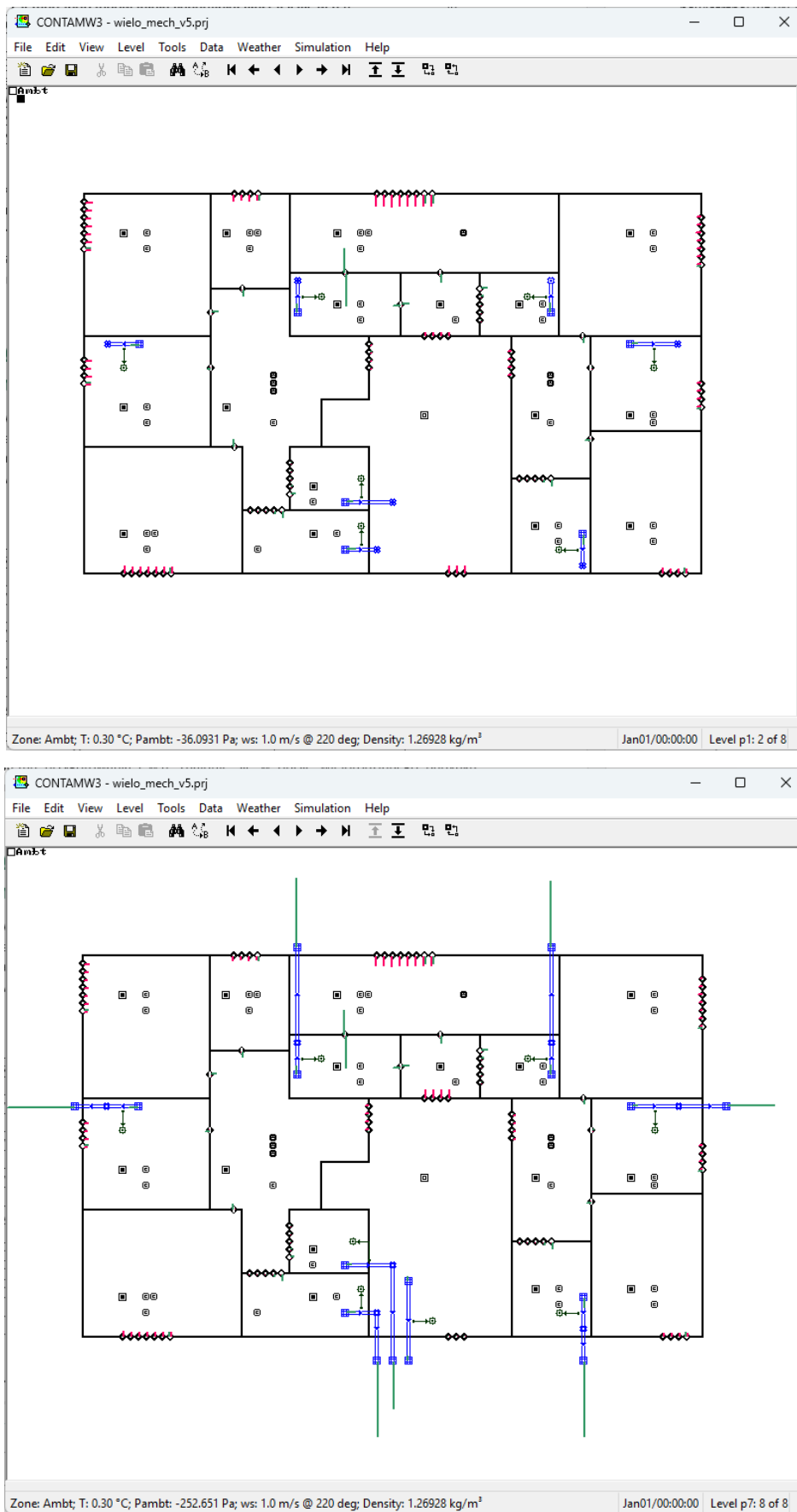
## 7.4 Obliczenie strumieni powietrza wentylacyjnego

Symulację przepływów powietrza wykonano w programie CONTAM [4] w modelu wielostrefowym (jedno pomieszczenie to jedna strefa) w skali makro (jednorodne parametry powietrza w danej strefie). Schemat połączeń ścieżek przepływu powietrza pomiędzy strefami dla piętra I i ostatniej kondygnacji, wykorzystany w symulacji przepływów powietrza, zamieszczono na rys. 15.

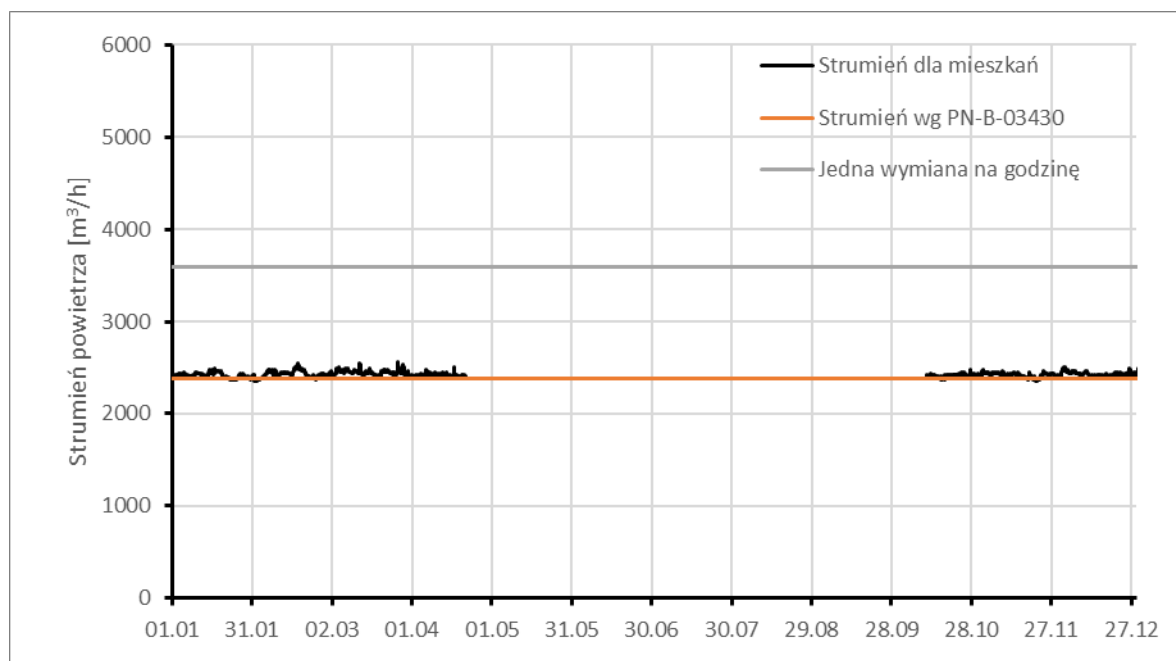
Symulację przepływów powietrza wykonano tylko dla sezonu ogrzewczego to jest od dnia 10 października do 21 kwietnia. W pozostałym okresie założono możliwość otwierania okien przez mieszkańców i intensywnego przewietrzania mieszkań. Intensywność wentylacji wzrasta w momencie przekroczenia temperatury wewnętrznej  $27^\circ\text{C}$  przy równocześnie niższej temperaturze zewnętrznej. Dzięki temu następuje obniżenie temperatury wewnętrznej latem - w budynku referencyjnym założono brak instalacji chłodzenia.

W obliczeniach wykorzystano dane klimatyczne typowego roku meteorologicznego dla Warszawy wg opisu w punkcie 2.2.

Obliczone w ten sposób strumienie powietrza dla wszystkich mieszkań zilustrowano na rys. 16 i podsumowano w tab. 9.



Rys. 15. Schemat ścieżek przepływu powietrza dla piętra I i ostatniej kondygnacji, wykorzystany w symulacji strumieni powietrza w programie CONTAM

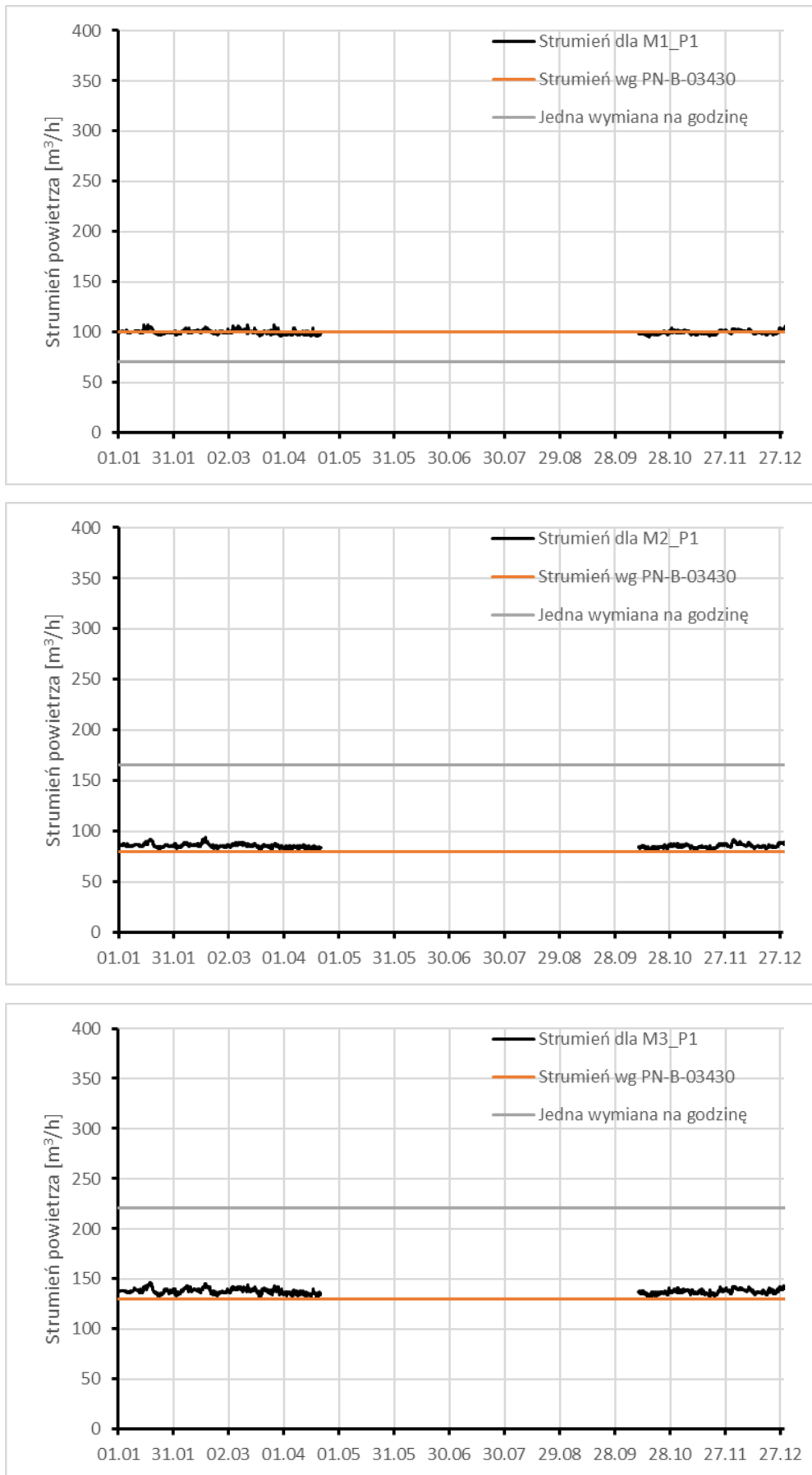


Rys. 16. Przebieg zmienności strumienia powietrza dla budynku referencyjnego (część mieszkalna bez klatki schodowej)

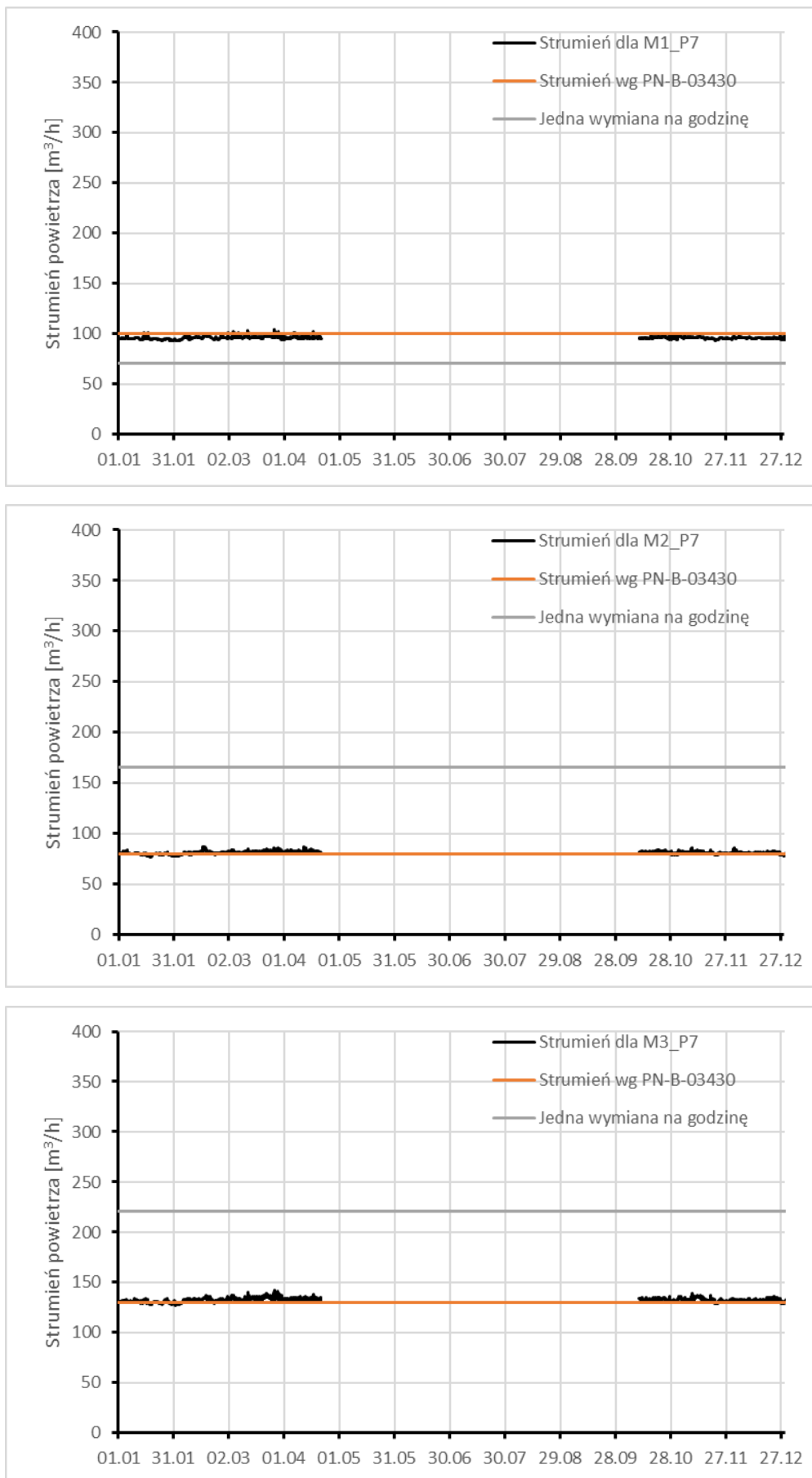
Tab. 9. Podsumowanie obliczeń strumieni powietrza dla budynku referencyjnego

	Strumień powietrza dla mieszkań	Strumień powietrza dla M1 piętro 1	Strumień powietrza dla M2 piętro 1	Strumień powietrza dla M3 piętro 1	Strumień powietrza dla M1 piętro 7	Strumień powietrza dla M2 piętro 7	Strumień powietrza dla M3 piętro 7
	m <sup>3</sup> /h						
Średnia	2430	100	86	138	96	81	131
Minimum	2353	96	81	131	93	77	126
Maksimum	2565	108	94	147	105	87	141
Odchylenie standard.	28.1	1.8	1.9	2.4	1.2	1.4	1.9

Dokładne wyniki obliczeń dla wybranych mieszkań zilustrowano na poniższych rysunkach:



Rys. 17. Przebieg zmienności strumienia powietrza dla M1, M2, M3 dla piętra I



Rys. 18. Przebieg zmienności strumienia powietrza dla M1, M2, M3 dla ostatniej kondygnacji

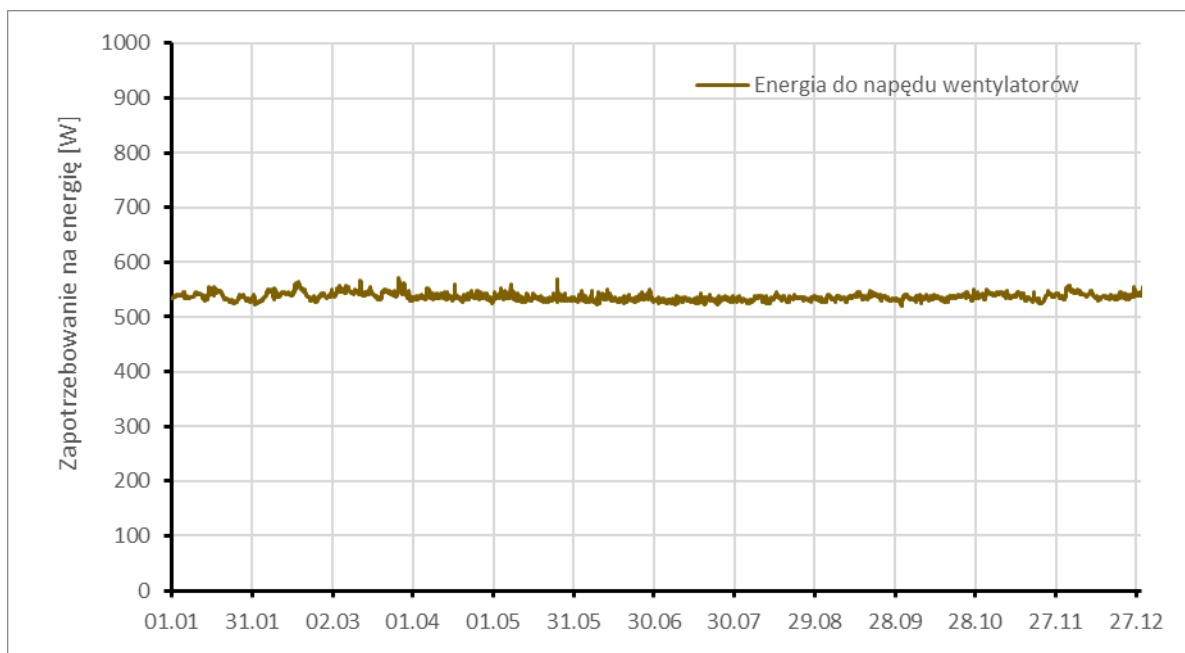
Odpowiedni standard intensywności wymiany powietrza potwierdza zestawienie strumienia powietrza przypadającego na jedną osobę przebywającą w danym mieszkaniu - wyniki przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 10. Strumień powietrza przypadający na jedną osobę dla budynku referencyjnego

	Strumień powietrza dla mieszkań	Strumień powietrza dla M1 piętro 1	Strumień powietrza dla M2 piętro 1	Strumień powietrza dla M3 piętro 1	Strumień powietrza dla M1 piętro 7	Strumień powietrza dla M2 piętro 7	Strumień powietrza dla M3 piętro 7
	m <sup>3</sup> /h/os.						
Średnia	64	100	43	53	96	40	50
Minimum	60	96	41	44	93	38	42
Maksimum	73	108	47	74	105	43	72
Odchylenie standard.	3.5	1.8	0.9	11.1	1.2	0.7	10.7

## 7.5 Obliczenie zapotrzebowania na energię do napędu wentylatorów

Zapotrzebowanie na energię pomocniczą (napędy wentylatorów) wynika z mocy właściwej wentylatorów wywiewnych wynoszącej 0.8 kW/(m<sup>3</sup>/s) odniesionej do strumienia powietrza w danym pionie wentylacyjnym. Przebieg zmienności zapotrzebowania na energię do napędu wentylatorów przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys. 19. Przebieg zmienności zapotrzebowania na energię do napędu wentylatorów dla referencyjnego systemu wentylacji

Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą do napędu wentylatorów wynosi 4 709 kWh/rok.

## 8 Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania

### 8.1 Wybór programu obliczeniowego

Przyjęto, że najlepszym sposobem określenia godzinowego rocznego zapotrzebowania na energię dla budynku referencyjnego NAPE będzie wykorzystanie komputerowej symulacji dynamiki cieplnej budynku przy pomocy programu EnergyPlus [5]. Za wyborem tego narzędzia przemawia:

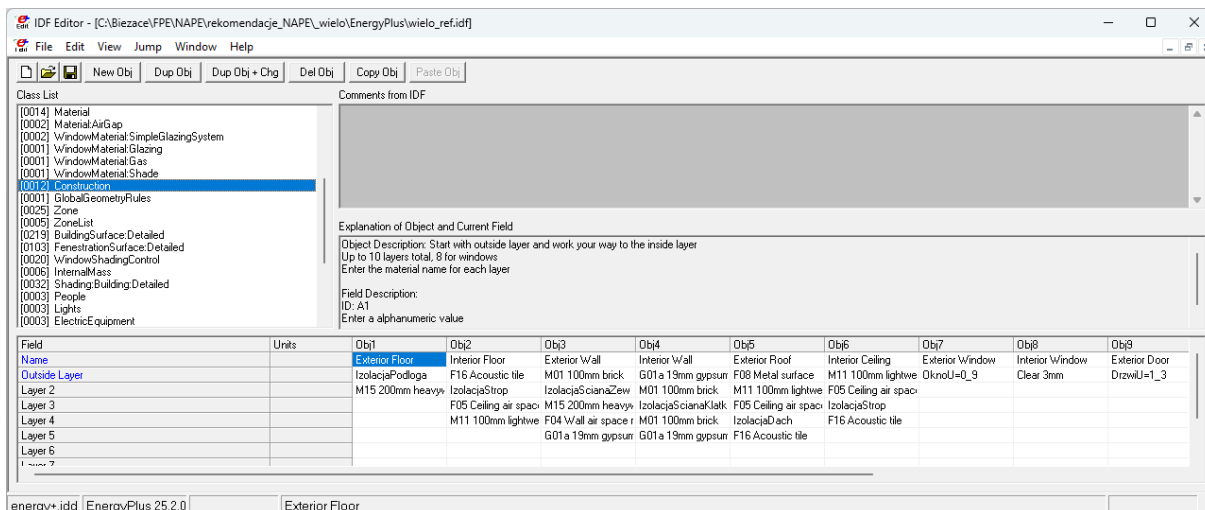
- Program jest uznanym narzędziem do obliczania zapotrzebowania na energię w budynkach. Już kilkanaście lat temu przeszedł pozytywnie tzw. BESTEST [1]. Raport z testu jest dostępny na stronach National Renewable Energy Laboratory [6] i kończy się stwierdzeniem:

*EnergyPlus Version 1.2.0.029 was used to model a range of building specifications as specified in ANSI/ASHRAE Standard 140-2001 - Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs and in the Building Energy Simulation Test (BESTEST) and Diagnostic Method. The ability of EnergyPlus to predict thermal loads was tested using a test suite of 18 cases which included buildings with both low mass and high mass construction, without windows and with windows on various exposures, with and without exterior window shading, with and without temperature setback, with and without night ventilation, and with and without free floating space temperatures. The annual heating and cooling and peak heating and cooling results predicted by EnergyPlus for 13 different cases were compared to results from 8 other whole building energy simulation programs that participated in an International Energy Agency (IEA) project conducted in February 1995. Maximum and minimum free-floating temperatures were compared for 4 different cases. A solid conduction case was compared to only one other program due to modeling limitations in the other programs. Based on 62 separate possible comparisons of results, EnergyPlus was within the range of spread of results for the other 8 programs for 58 of the comparisons. The four cases outside of range were all less than 5.6% out of bounds. [6]*

- Program jest zgodny z normą PN-EN ISO 52016-1:2017-09 [13], która stanowi podstawę do obliczenia energii użytkowej w planowanej zmianie rozporządzenia [15].
- Program umożliwia obliczenia z krokiem jednej godziny lub krótszym.
- Program umożliwia wprowadzenie do każdej ze stref danych dotyczących godzinowej wartości strumienia powietrza wentylacyjnego obliczonych np. w programie CONTAM [4].
- Program umożliwia obliczenie zapotrzebowania na energię dla każdej ze strefy oraz równolegle panującej w strefie temperatury powietrza.

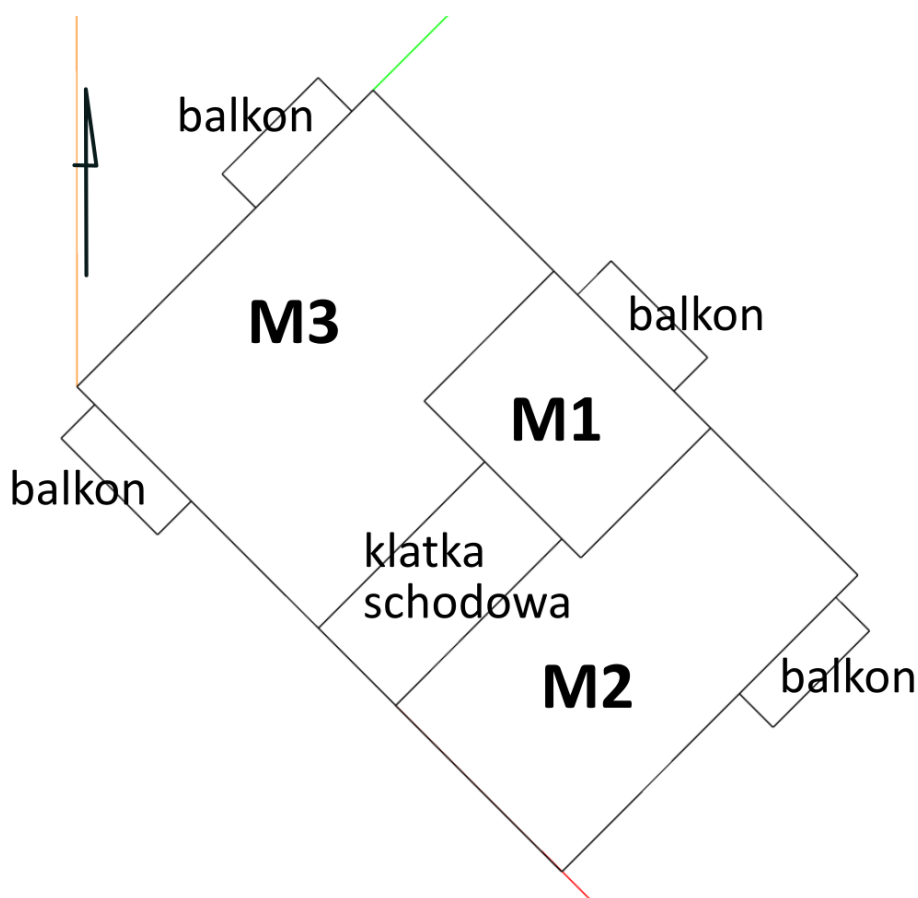
### 8.2 Model obliczeniowy

Model numeryczny budynku został stworzony zgodnie z podanymi wcześniej danymi charakteryzującymi budynek referencyjny NAPE (rozdziały 2-5 i 7). W modelu zdefiniowano materiały i konstrukcję przegród budowlanych (rys. 20) zbudowanych z tych materiałów.

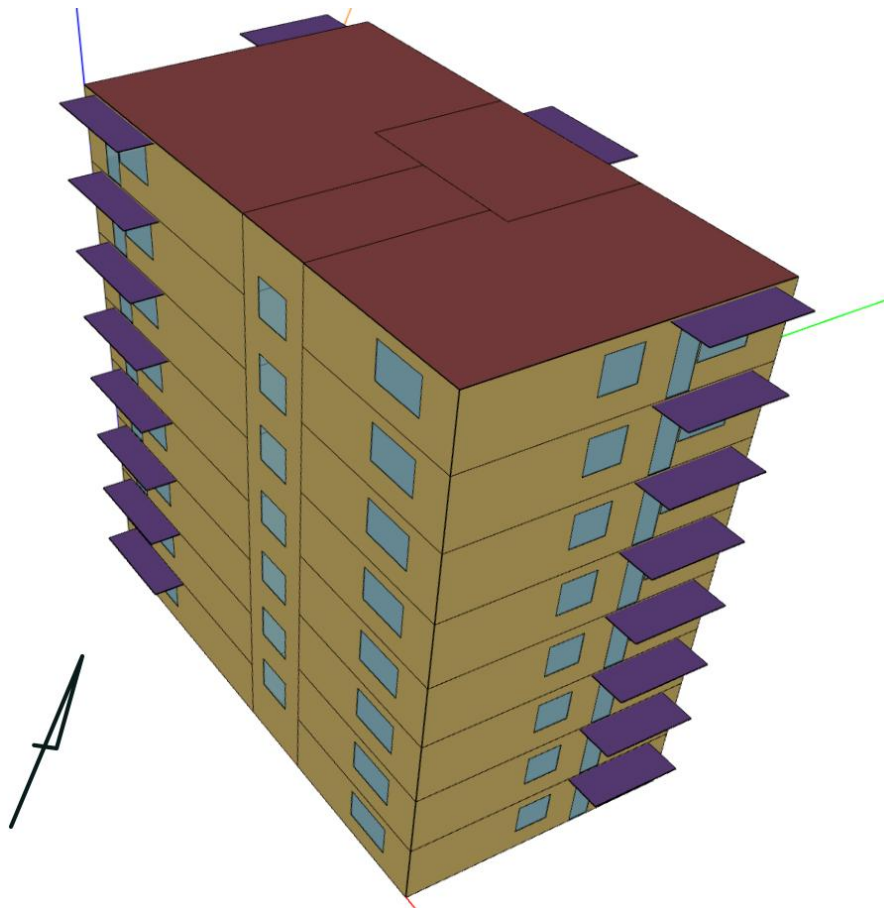


Rys. 20. Przykład definicji konstrukcji przegród budowlanych

Kolejnym krokiem był podział budynku na 25 stref ciepłych (23 mieszkania + klatka schodowa + hall wejściowy). Do modelu wprowadzono geometrię stref wraz z odpowiadającymi jej parametrami oraz elementami zacieniającymi. Schemat podziału na strefy wraz z ich geometrią dla kondygnacji powtarzalnej oraz widok modelu geometrycznego całego budynku przedstawiono na poniższych rysunkach.



Rys. 21. Podział na strefy kondygnacji powtarzalnej



Rys. 22. Widok modelu geometrycznego budynku

Następnie, model uzupełniono o dane dotyczące poszczególnych stref budynku (liczba użytkowników, moc zysków wewnętrznych, wraz z ich profilami) - rys. 23.

energy+ idd | EnergyPlus 25.2.0 | LudzieM1

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		LudzieM1	LudzieM2	LudzieM3
Zone or ZoneList or Space or SpaceList Name		MieszkaniaM1	MieszkaniaM2	MieszkaniaM3
Number of People Schedule Name		ludzie_M1	ludzie_M2	ludzie_M3
Number of People Calculation Method		People	People	People
Number of People		1	2	3
People per Floor Area	person/m2			
Floor Area per Person	m2/person			
Fraction Radiant		0,3	0,3	0,3
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		Aktywnosc	Aktywnosc	Aktywnosc
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s/W	0,0000000382	0,0000000382	0,0000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		Yes	Yes	Yes
Mean Radiant Temperature Calculation Type		EnclosureAveraged	EnclosureAveraged	EnclosureAveraged
Surface Name/Angle Factor List Name				
Work Efficiency Schedule Name				
Clothing Insulation Calculation Method		DynamicClothingModelASHRAE55	DynamicClothingModelASHRAE55	DynamicClothingModelASHRAE55
Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name				
Clothing Insulation Schedule Name				
Air Velocity Schedule Name				
Thermal Comfort Model 1 Type		AdaptiveCEN15251	AdaptiveCEN15251	AdaptiveCEN15251

Rys. 23. Przykład definicji przebywania mieszkańców w poszczególnych strefach

Dla każdej ze stref zdefiniowano system HVAC oraz profile ich działania (rys. 24).

energy+.idd | EnergyPlus 25.2.0 | P0\_M3

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
Zone Name		P0_M3	hall	P0_M2	klaska	P1_M3	P1_M1	P1_M2	P2_M3	P2_M2
Template Thermostat Name		TermostatM3	TermostatKlaska	TermostatM2	TermostatKlaska	TermostatM3	TermostatM1	TermostatM2	TermostatM3	TermostatM2
System Availability Schedule Name										
Maximum Heating Supply Air Temperature	C	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Minimum Cooling Supply Air Temperature	C	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA									
Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA									
Heating Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit
Maximum Heating Air Flow Rate	m3/s									
Maximum Sensible Heating Capacity	W									
Cooling Limit		LimitCapacity	LimitCapacity	LimitCapacity	LimitCapacity	LimitCapacity	LimitCapacity	LimitCapacity	LimitCapacity	LimitCapacity
Maximum Cooling Air Flow Rate	m3/s									
Maximum Total Cooling Capacity	W	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Heating Availability Schedule Name										
Cooling Availability Schedule Name										
Dehumidification Control Type		ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe	ConstantSensibleHe
Cooling Sensible Heat Ratio	dimensionless									
Dehumidification Setpoint	percent									
Humidification Control Type		None	None	None	None	None	None	None	None	None
Humidification Setpoint	percent									
Outdoor Air Method		None	None	None	None	None	None	None	None	None
Outdoor Air Flow Rate per Person	m3/s									
Outdoor Air Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2									
Outdoor Air Flow Rate per Zone	m3/s									
Design Specification Outdoor Air Object Name		None	None	None	None	None	None	None	None	None
Demand Controlled Ventilation Type		DifferentialDryBulb	DifferentialDryBulb	DifferentialDryBulb	DifferentialDryBulb	DifferentialDryBulb	DifferentialDryBulb	DifferentialDryBulb	DifferentialDryBulb	DifferentialDryBulb
Outdoor Air Economizer Type		None	None	None	None	None	None	None	None	None
Heat Recovery Type		None	None	None	None	None	None	None	None	None
Sensible Heat Recovery Effectiveness	dimensionless									
Latent Heat Recovery Effectiveness	dimensionless									

Rys. 24. Przykład definicji systemu HVAC dla poszczególnych stref

Do modelu wprowadzono także strumienie powietrza dla referencyjnego systemu wentylacji mechanicznej (rozdział 7.4).

energy+.idd | EnergyPlus 25.2.0 | Wentylacja\_P0\_M2

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9
Name		Wentylacja_P0_M2	Wentylacja_P0_M3	Wentylacja_P1_M1	Wentylacja_P1_M2	Wentylacja_P1_M3	Wentylacja_P2_M1	Wentylacja_P2_M2	Wentylacja_P2_M3	Wentylacja_P3_M1
Zone or ZoneList or Space or SpaceList Name		P0_M2	P0_M3	P1_M1	P1_M2	P1_M3	P2_M1	P2_M2	P2_M3	P3_M1
Schedule Name		V_M2	V_M3	V_P1_M1	V_P1_M2	V_P1_M3	V_M1	V_M2	V_M3	V_M1
Design Flow Rate Calculation Method		Flow/Zone	Flow/Zone	Flow/Zone	Flow/Zone	Flow/Zone	Flow/Zone	Flow/Zone	Flow/Zone	Flow/Zone
Design Flow Rate	m3/s	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Flow Rate per Floor Area	m3/s-m2									
Flow Rate per Person	m3/s-person									
Air Changes per Hour	1/hr									
Ventilation Type		Exhaust	Exhaust	Exhaust	Exhaust	Exhaust	Exhaust	Exhaust	Exhaust	Exhaust

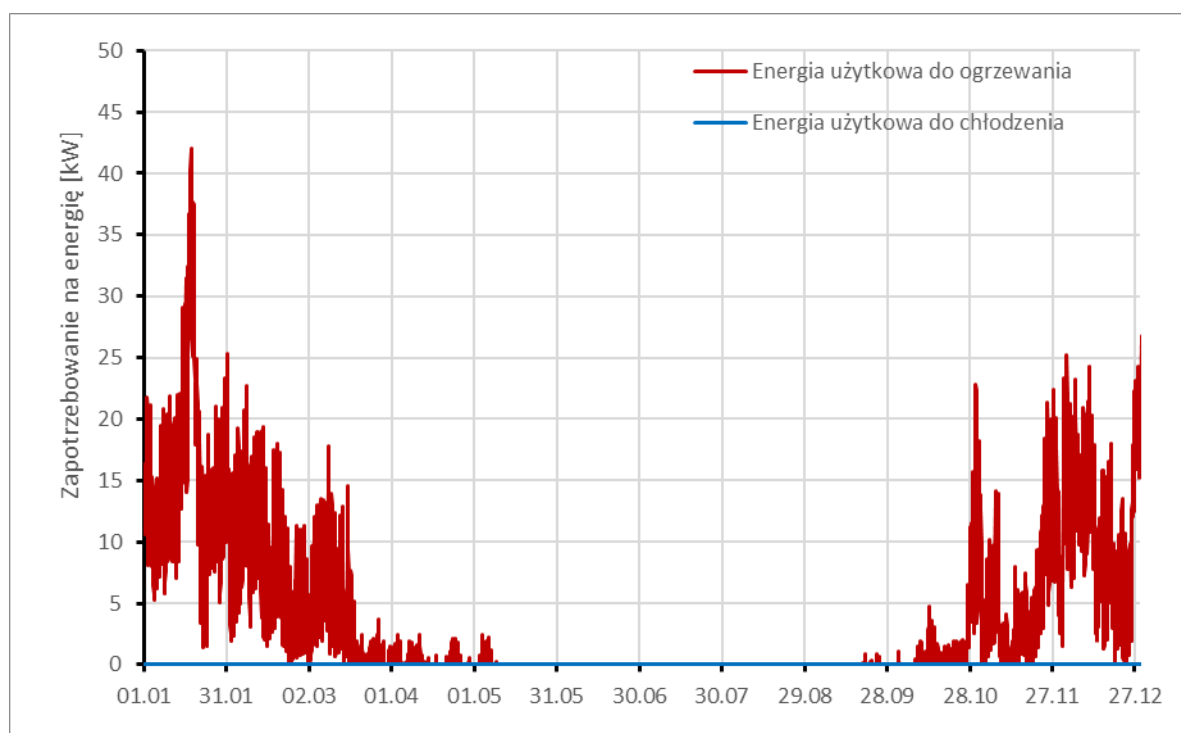
Rys. 25. Definicja strumieni powietrza dla poszczególnych stref

Tak szczegółowy model budynku pozwala na obliczenie zapotrzebowania na energię użytkową w różnych obszarach (ogrzewanie, chłodzenie, oświetlenie, itp.) oraz określenie parametrów klimatu wewnętrznego (temperatura powietrza wewnętrznego, temperatura operatywna).

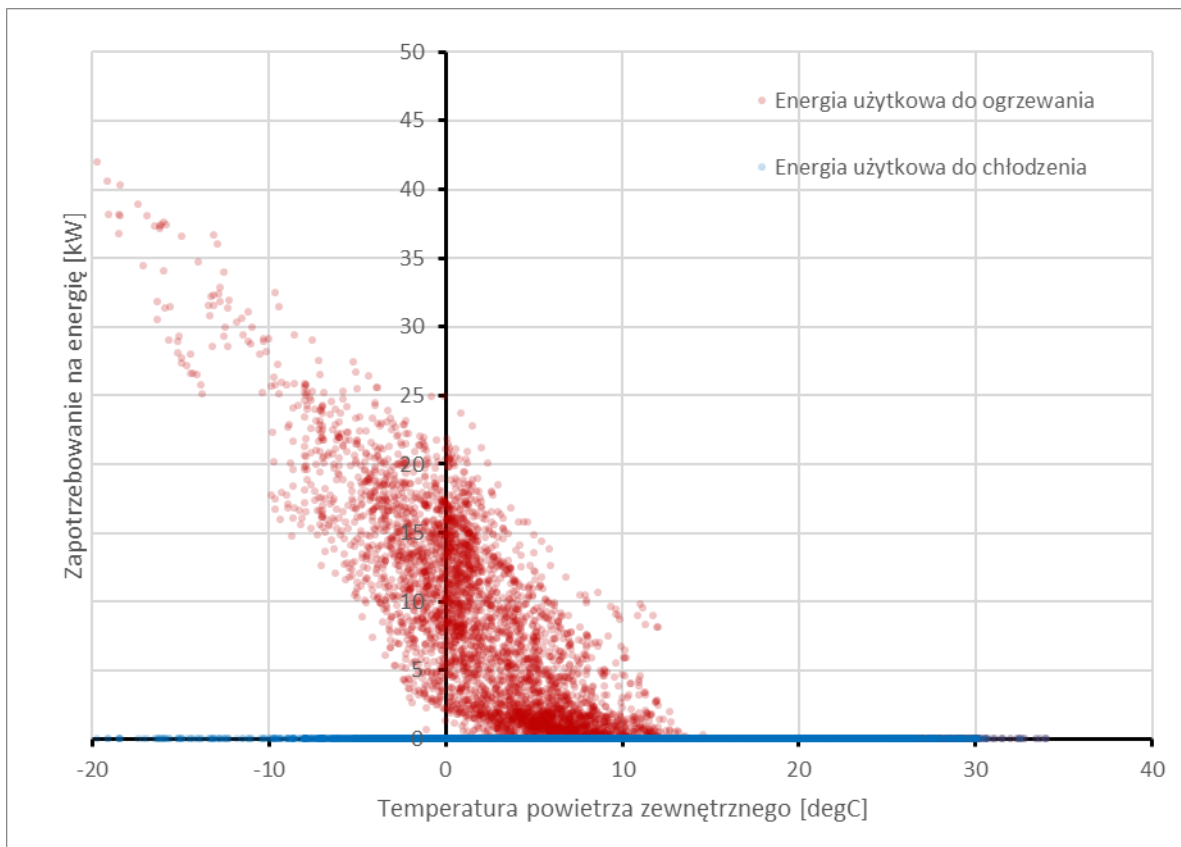
### 8.3 Wyniki obliczeń

Obliczenia wykonano w programie do całościowych analiz cieplnych budynków EnergyPlus 25.2.0 [5], zgodnym z normą PN-EN ISO 52016-1:2017-09 [13]. W obliczeniach wykorzystano dane klimatyczne opisane w rozdziale 2.2. Obliczenia wykonywane były z krokiem 1/4 godziny z prezentacją wyników co jedna godzina.

Na wykresach (rys. 26, rys. 27) przedstawiono godzinowe wyniki obliczeń zapotrzebowania na energię użytkową na potrzeby ogrzewania dla poszczególnych godzin w roku oraz zapotrzebowanie w funkcji temperatury powietrza zewnętrznego.

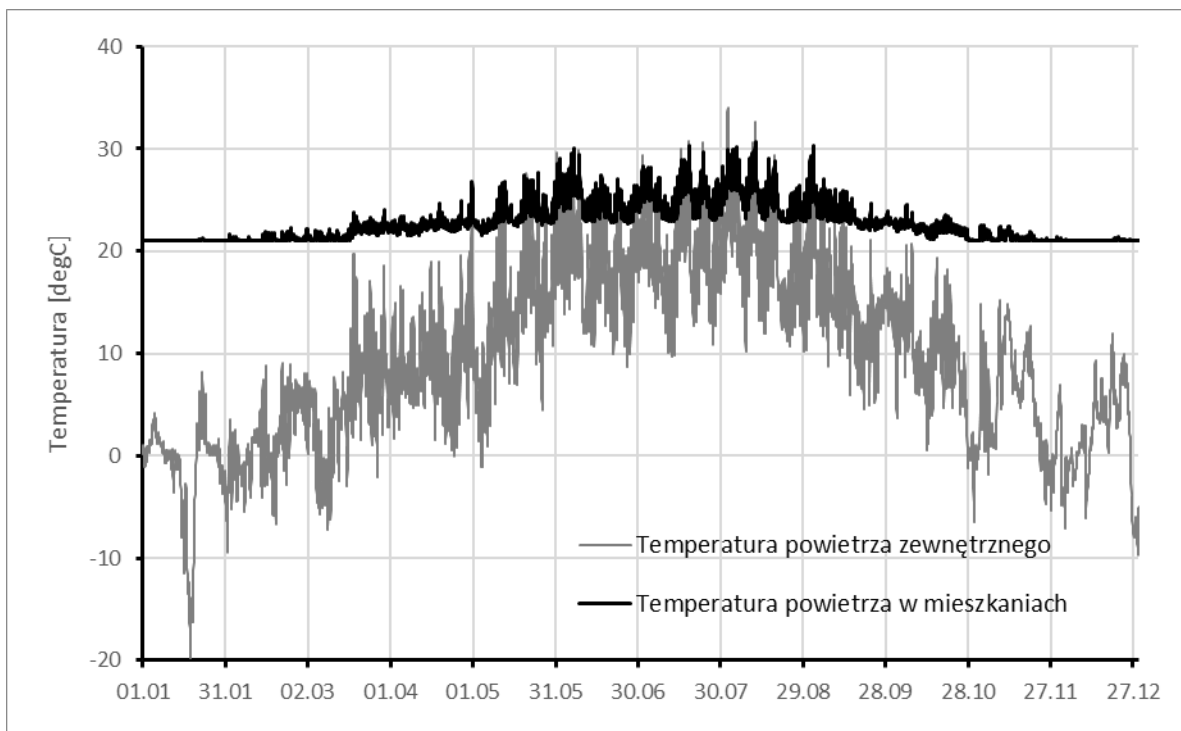


Rys. 26. Zapotrzebowanie na energię użytkową na potrzeby ogrzewania dla poszczególnych godzin w roku



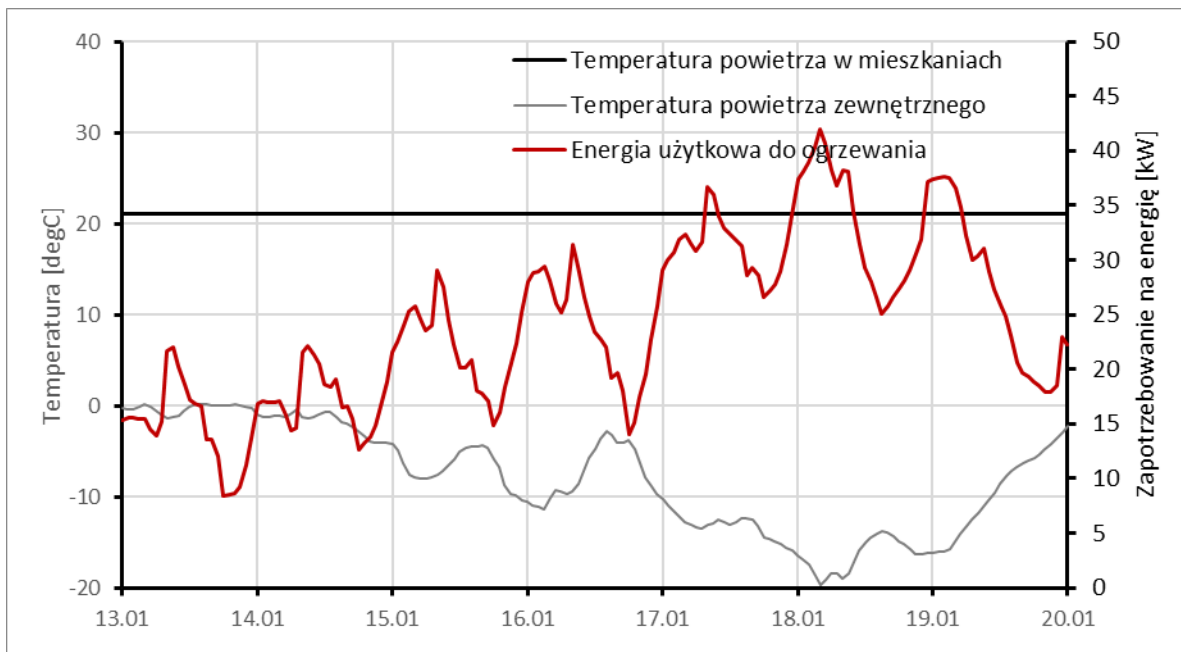
Rys. 27. Zapotrzebowanie na energię użytkową na potrzeby ogrzewania w funkcji temperatury powietrza zewnętrznego

Program umożliwia także obliczenia temperatury powietrza wewnątrz w mieszkaniach. Wyniki temperatury wewnętrznej na tle temperatury zewnętrznej zamieszczono na poniższym wykresie.

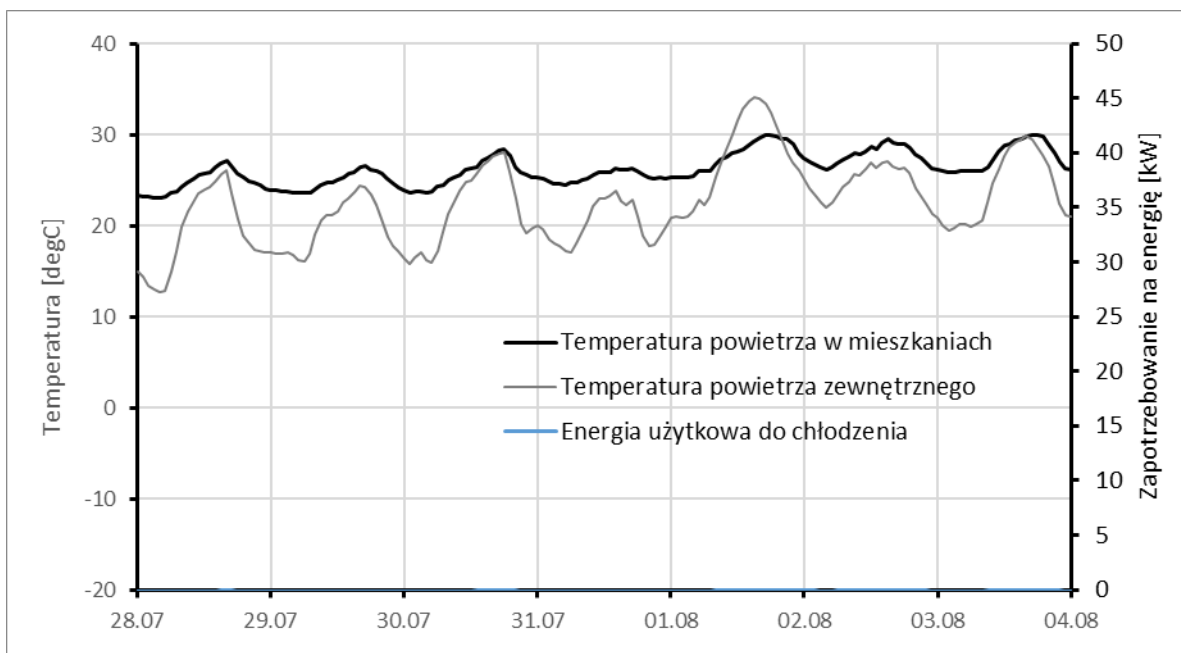


Rys. 28. Przebieg zmienności temperatury powietrza w mieszkaniach i temperatury powietrza zewnętrznego

Na kolejnych wykresach (rys. 29, rys. 30) przedstawiono zapotrzebowanie na energię użytkową na cele c.o. oraz temperaturę wewnętrzną i zewnętrzną dla najzimniejszego i najcieplejszego tygodnia w roku.



Rys. 29. Zapotrzebowania na energię użytkową na potrzeby ogrzewania oraz temperatura wewnętrzna i zewnętrzna dla tygodnia okresu zimowego



Rys. 30. Zapotrzebowania na energię użytkową na potrzeby chłodzenia oraz temperatura wewnętrzna i zewnętrzna dla tygodnia okresu letniego

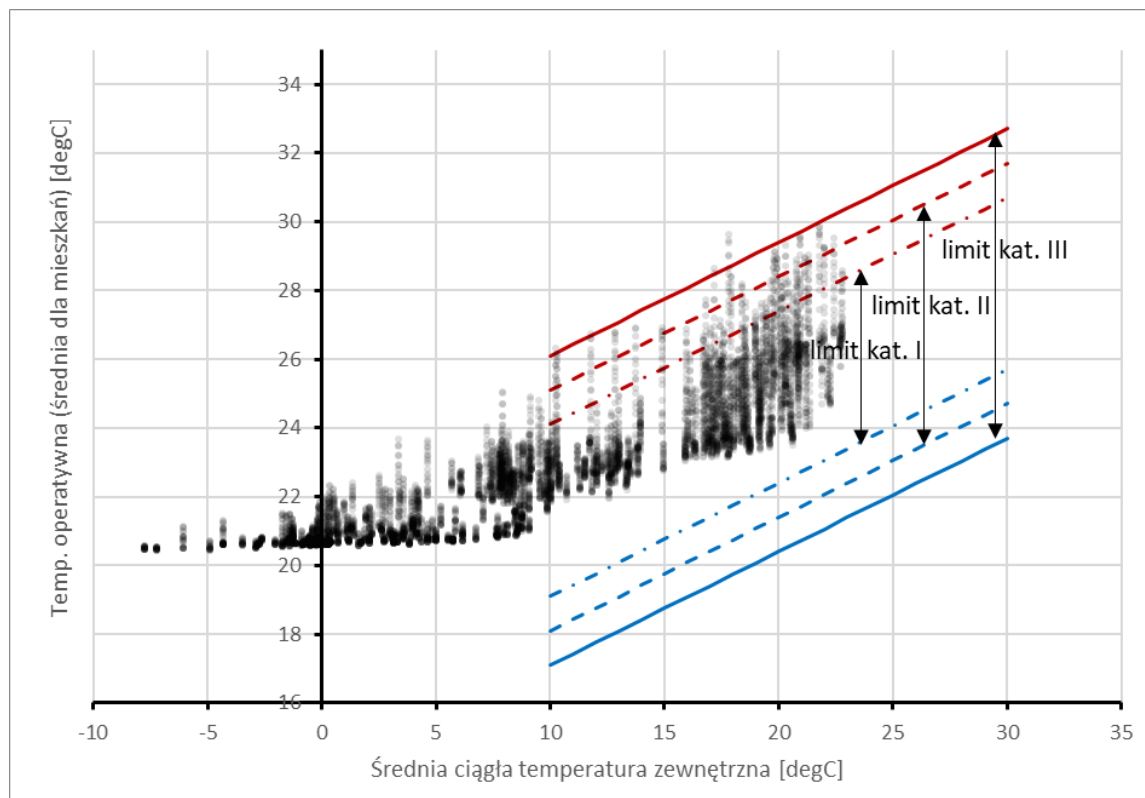
Moc i zapotrzebowanie na energię na cele c.o. pozwalają na utrzymanie w mieszkaniach temperatury powietrza co najmniej 21.0°C przez wszystkie godziny w roku. Natomiast z powodu braku systemu

klimatyzacji dochodzi do przegrzewania mieszkań i to pomimo zwiększania intensywności wentylacji i zasłaniania okien w okresie letnim. Liczbę godzin z przekroczeniami 21°C w dół i 27°C w górę, w okresie całego roku oraz w okresie obecności mieszkańców w poszczególnych mieszkaniach przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 11. Liczba godzin przekroczeń nastawy ogrzewania (21°C) i chłodzenia (27°C)

	Razem M1, M2, M3	M1 piętro 1	M2 piętro 1	M3 piętro 1	M1 piętro 7	M2 piętro 7	M3 piętro 7
	szt./rok						
Liczba godzin < 21°C	0	0	0	0	0	0	0
Liczba godzin > 27°C	392	256	323	267	248	313	268
Liczba godzin w czasie przebywania mieszkańców < 21°C	0	0	0	0	0	0	0
Liczba godzin w czasie przebywania mieszkańców > 27°C	350	168	191	267	165	189	268

W mieszkaniach nie wyposażonych w instalację klimatyzacji, do oceny komfortu cieplnego w okresie lata, zamiast sprawdzenia przekroczeń temperatury 27.0°C, można zastosować koncepcję komfortu adaptacyjnego (temperatura wewnętrzna w ograniczonym zakresie może podążać za wzrostem temperatury zewnętrznej) np. wg normy PN-EN 16798-1:2019 [12]. Na rys. 31 oraz w tab. 12 przedstawiono ilustrację i podsumowanie spełnienia dopuszczalnych kryteriów przez poszczególne kategorie komfortu adaptacyjnego wg załącznika krajowego NA normy PN-EN 16798-1:2019, [12].



Rys. 31. Ilustracja oceny komfortu wg kryteriów komfortu adaptacyjnego

Tab. 12. Liczba godzin nie spełnienia kryteriów komfortu adaptacyjnego

	M1	M2	M3	M1	M2	M3
	piętro 1	piętro 1	piętro 1	piętro 7	piętro 7	piętro 7
	szt./rok					
Liczba godz. dla kat. I	334	292	294	446	289	316
Liczba godz. dla kat. II	39	119	94	53	123	109
Liczba godz. dla kat. III	0	24	14	0	29	17

Analizując tab. 11 oraz tab. 12 można stwierdzić, że nie ma problemu z zapewnieniem komfortu w okresie zimowym, a w okresie letnim ze względu na brak instalacji klimatyzacji kryteria dla kategorii III komfortu adaptacyjnego wg PN-EN 16798-1:2019 [12] nie są spełnione przez maksymalnie 29 godzin w roku. Brak problemów z zapewnieniem komfortu cieplnego zimą potwierdzają również statystyki temperatury operatywnej dla poszczególnych mieszkań w sezonie ogrzewczym dla godzin, w których w danym mieszkaniu przebywali użytkownicy (tab. 13).

Tab. 13. Temperatura operatywna dla godzin użytkowania mieszkań i dla sezonu ogrzewczego

	Razem	M1	M2	M3	M1	M2	M3
	mieszk.	piętro 1	piętro 1	piętro 1	piętro 7	piętro 7	piętro 7
	szt./rok						
Średnia	21.2	21.0	21.7	21.4	20.9	21.4	21.1
Minimum	20.3	20.3	20.5	20.5	20.3	20.2	20.2
Maksimum	24.8	23.7	25.5	25.3	23.4	25.3	25.1
Odchylenie standard.	0.79	0.57	1.05	0.88	0.51	1.02	0.80

Tak ogrzewany budynek charakteryzuje się zapotrzebowaniem na energię użytkową na potrzeby c.o. w poszczególnych miesiącach roku, przedstawionym w poniższej tabeli.

Tab. 14. Zapotrzebowanie na energię użytkową na potrzeby ogrzewania i chłodzenia

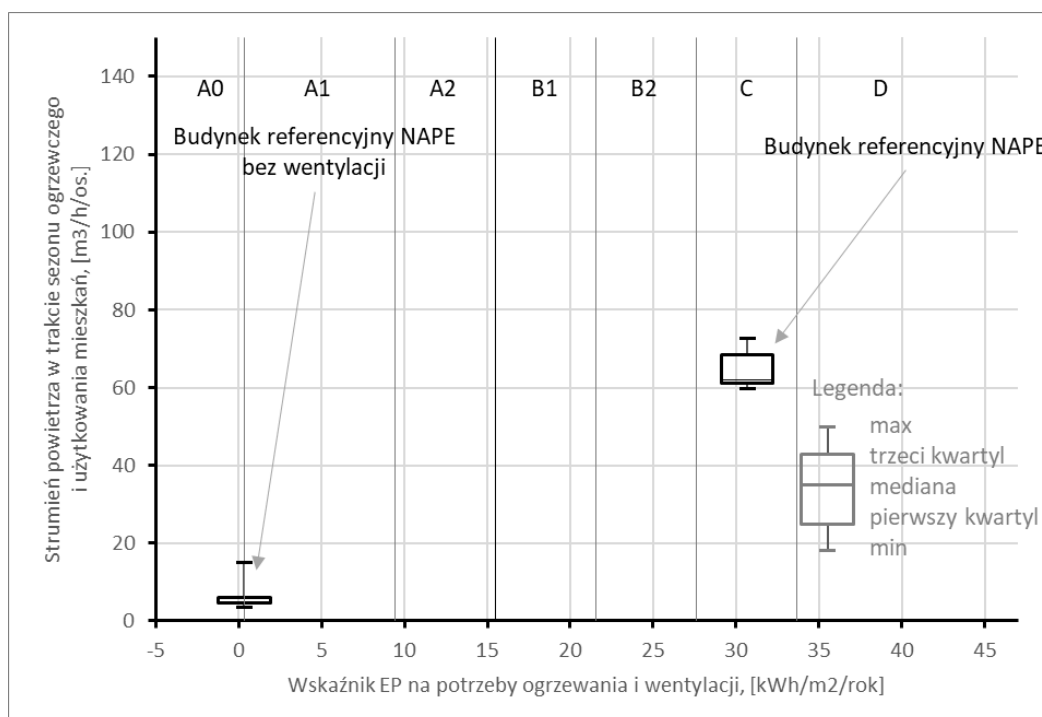
Miesiąc	Ogrzewanie	Chłodzenie
	kWh	kWh
Styczeń	11709	0.0
Luty	6707	0.0
Marzec	2643	0.0
Kwiecień	196	0.0
Maj	49	0.0
Czerwiec	0	0.0
Lipiec	0	0.0
Sierpień	0	0.0
Wrzesień	9	0.0
Październik	1301	0.0
Listopad	3725	0.0
Grudzień	9212	0.0
<b>Suma</b>	<b>35553</b>	<b>0.1</b>

Uwzględniając podane wcześniej (rozdział 4, 5) sprawności oraz wskaźniki zapotrzebowania na energię pomocniczą (5, 7) policzono zapotrzebowanie na energię końcową oraz pierwotną. Wyniki przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 15. Zapotrzebowanie na energię końcową i pierwotną na potrzeby ogrzewania

Parametr	Wartość	Jednostka
Sprawność całkowita systemu c.o.	0.776	-
<b>Zapotrzebowanie na energię końcową na potrzeby c.o.</b>	<b>45807</b>	<b>kWh/rok</b>
Wskaźnik zapotrzebowania na energię elektryczną pomocniczą c.o.	2.2	W/kW <sub>t</sub>
Projektowe obciążenie cieplne systemu c.o.	59.6	kW
Czas pracy systemu c.o.	4014	h/rok
Współczynnik korekcyjny uwzględniający rzeczywiste warunki projektowe	1.15	-
Energia pomocnicza dla systemu c.o.	605	kWh/rok
Energia pomocnicza dla systemu wentylacji	4709	kWh/rok
Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla ciepła	0.8	-
Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla energii elektrycznej	2.5	-
<b>Zapotrzebowanie na energię pierwotną na potrzeby c.o.</b>	<b>49931</b>	<b>kWh/rok</b>
Powierzchnia o regulowanej temperaturze	1628.8	m <sup>2</sup>
Wskaźnik EP dla ogrzewania i wentylacji	30.66	kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)

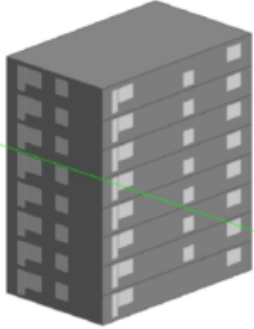
Podsumowanie wyników zapotrzebowania na energię oraz strumienia powietrza (minimalnego, maksymalnego, pierwszego i trzeciego kwartyla oraz mediany) zapewnianego przez referencyjny system wentylacji na tle kategorii efektywności energetycznej NAPE, pokazano na poniższym rysunku.

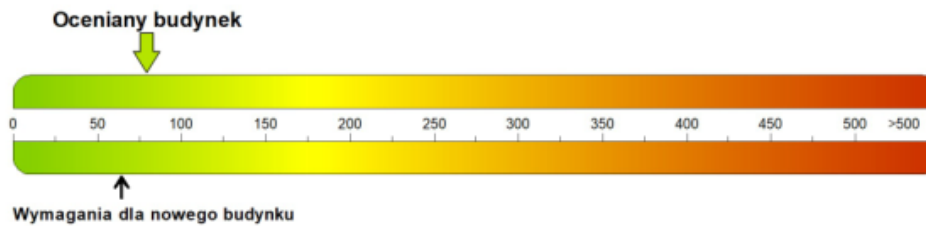


Rys. 32. Ilustracja wskaźnika energii pierwotnej na potrzeby ogrzewania i wentylacji oraz strumienia powietrza w trakcie sezonu grzewczego w czasie użytkowania mieszkań na tle podziału na klasy efektywności energetycznej

## 9 Wyznaczenie charakterystyki energetycznej budynku referencyjnego wg obowiązujących przepisów

Na potrzeby ilustracji właściwości budynku referencyjnego została obliczona jego charakterystyka energetyczna. Obliczenia wykonano zgodnie z rozporządzeniem w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej [15]. W obliczeniach wykorzystano przyjęte założenia dotyczące izolacyjności przegród, źródła ciepła oraz instalacji c.o. - opisane w rozdziałach 3-5. W obliczeniach przyjęto jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u. i wartości podstawowego strumienia powietrza zewnętrznego podane w rozporządzeniu [15] oraz infiltrację jak dla budynku nowego bez pomiaru szczelności powietrznej ( $n_{50} = 4.0 \text{ h}^{-1}$ ). Dodatkowo założono temperaturę wewnętrzną równą  $20^\circ\text{C}$  (inaczej niż w symulacjach energetycznych przeprowadzonych w rozdziale 8). Obliczenia wykonano w programie Audytor OZC 6.9 Pro. Poniżej przedstawiono stronę tytułową świadectwa charakterystyki energetycznej.

ŚWIADECTWO CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU		
WAŻNE DO <sup>8)</sup>	9 Kwietnia 2030	NUMER ŚWIADECTWA <sup>1)</sup>
BUDYNEK OCENIANY		
RODZAJ BUDYNKU <sup>2)</sup>	Mieszkalny	
PRZEZNACZENIE BUDYNKU <sup>3)</sup>	Wielorodzinny	
ADRES BUDYNKU	Warszawa,	
BUDYNEK, O KTÓRYM MOWA W ART 3 UST.2 USTAWY <sup>4)</sup>	Nie	
ROK ODDANIA DO UŻYTKOWANIA BUDYNKU <sup>5)</sup>		
METODA WYZNACZANIA CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ <sup>6)</sup>	Metoda obliczeniowa	
POWIERZCHNIA POMIĘSZCZEŃ O REGULOWANEJ TEMPERATURZE POWIETRZA (POWIERZCHNIA OGRZEWANA LUB CHŁODZONA) $A_f$ [m <sup>2</sup> ] <sup>7)</sup>	1634,00	
POWIERZCHNIA UŻYTKOWA [m <sup>2</sup> ]	1634,00	
STACJA METEOROLOGICZNA, WEDŁUG KTÓREJ DANYCH OBLICZANA JEST CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA <sup>9)</sup>	Warszawa Okęcie	
OCENA CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU <sup>10)</sup>		
WSKAŹNIK CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ	OCENIANY BUDYNEK	WYMAGANIA DLA NOWEGO BUDYNKU WEDŁUG PRZEPISÓW TECHNICZNO-BUDOWLANYCH
WSKAŹNIK ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ UŻYTKOWĄ	EU = 48,4 kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	
WSKAŹNIK ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ KOŃCOWĄ <sup>11)</sup>	EK = 84,4 kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	
WSKAŹNIK ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA NIEODNAWIALNĄ ENERGIĘ PIERWOTNĄ <sup>11)</sup>	EP = 80,3 kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	EP = 65,0 kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)
JEDNOSTKOWA WIELKOŚĆ EMISJI CO <sub>2</sub>	E <sub>CO2</sub> = 0,028 t CO <sub>2</sub> /(m <sup>2</sup> ·rok)	
UDZIAŁ ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W ROCZNYM ZAPOTRZEBOWANIU NA ENERGIĘ KOŃCOWĄ	U <sub>OZE</sub> = 0,0 %	
WSKAŹNIK ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA NIEODNAWIALNĄ ENERGIĘ PIERWOTNĄ EP [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]		


**OBLICZENIOWA ROCZNA ILOŚĆ ZUŻYWANEGO NOŚNIKA ENERGII LUB ENERGII PRZEZ BUDYNEK <sup>12)</sup>**

SYSTEM TECHNICZNY	RODZAJ NOŚNIKA ENERGII LUB ENERGII	ILOŚĆ NOŚNIKA ENERGII LUB ENERGII	JEDNOSTKA/(m <sup>2</sup> ·rok)
OGRZEWICZY	Energia ciepła z sieci ciepłowniczej.	0,089	GJ
	Energia elektryczna.	5,133	kWh
PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ	Energia ciepła z sieci ciepłowniczej.	0,194	GJ
	Energia elektryczna.	0,656	kWh
CHŁODZENIA			

**SPORZĄDZAJĄCY ŚWIADECTWO**

IMIĘ I NAZWISKO

PODPIS I PIECZĄTKA

NR WPISU DO WYKAZU <sup>13)</sup>

DATA WYSTAWIENIA ŚWIADECTWA

9 Kwietnia 2020

Świadectwo sporządzone za pomocą programu Auditor OZC 6.9 Pro

strona 1 z 4

Rys. 33. Charakterystyka energetyczna budynku referencyjnego NAPE

## 10 Bibliografia

- [1] ANSI/ASHRAE Standard 140, Method of Test for Evaluating Building Performance Simulation Software, <https://webstore.ansi.org/standards/ASHRAE/ansiashrae1402020>
- [2] ASHRAE Handbook – Fundamentals 2001
- [3] Chudzicki J, Chudzicki M., Wielorodzinny budynek referencyjny NAPE zdefiniowany na potrzeby oceny efektywności energetycznej systemów przygotowania c.w.u. w wielorodzinnym budynku mieszkalnym v1.0. Warszawa, kwiecień 2020
- [4] CONTAM wersja 3.4.0.1, <https://www.nist.gov/services-resources/software/contam>
- [5] EnergyPlus wersja 25.2.0, <https://energyplus.net/>
- [6] EnergyPlus Testing with ANSI/ASHRAE Standard 140-2001 (BESTEST), EnergyPlus Version 1.2.0.029, U.S. Department of Energy, June 2004, [https://simulationresearch.lbl.gov/dirpubs/epl\\_bestest\\_ash.pdf](https://simulationresearch.lbl.gov/dirpubs/epl_bestest_ash.pdf)
- [7] PN-74/H-74200, Rury stalowe ocynkowane ze szwem gwintowane średnie
- [8] PN-83/B-03430/Az3:2000 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania
- [9] PN-B-01706:1992/Az1:1999, Instalacje wodociągowe – Wymagania w projektowaniu
- [10] PN-B-02421:2000, Ogrzewnictwo i ciepłownictwo – Izolacja cieplna przewodów, armatury i urządzeń – Wymagania i badania odbiorcze

- [11] PN-EN 12207:2001, Okna i drzwi – Przepuszczalności powietrza – Klasyfikacja
- [12] PN-EN 16798-1:2019-06/Ap1, Poprawka do Polskiej Normy, Charakterystyka energetyczna budynków Wentylacja budynków Część 1: Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego do projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków w odniesieniu do jakości powietrza wewnętrznego, środowiska cieplnego, oświetlenia i akustyki, Moduł M1-6
- [13] PN-EN ISO 52016-1:2017-09, Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i chłodzenia, wewnętrzne temperatury oraz jawne i utajone obciążenia cieplne, część 1: Procedury obliczania
- [14] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, wersja ujednolicona, z późniejszymi zmianami ([Dz.U. 2022 poz. 1225](#))
- [15] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej wraz z późniejszymi zmianami ([Dz.U. 2015 poz. 376](#))