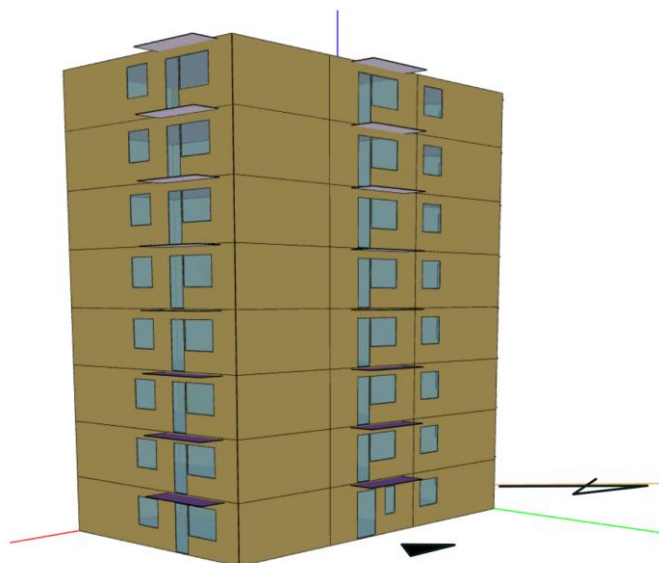


WIELORODZINNY BUDYNEK REFERENCYJNY NAPE

wersja 5.0



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 21.01.2026

| | | | |
|--------------|------------------------------|------------|------------|
| Plik: | WielorodzinyBudynekNAPE_v5.0 | Wersja: | 5.0 |
| Koordynator: | Maciej Mijakowski | Data: | 2026/01/21 |
| Inwestor: | | Wykonawca: | NAPE S.A. |



NAPE

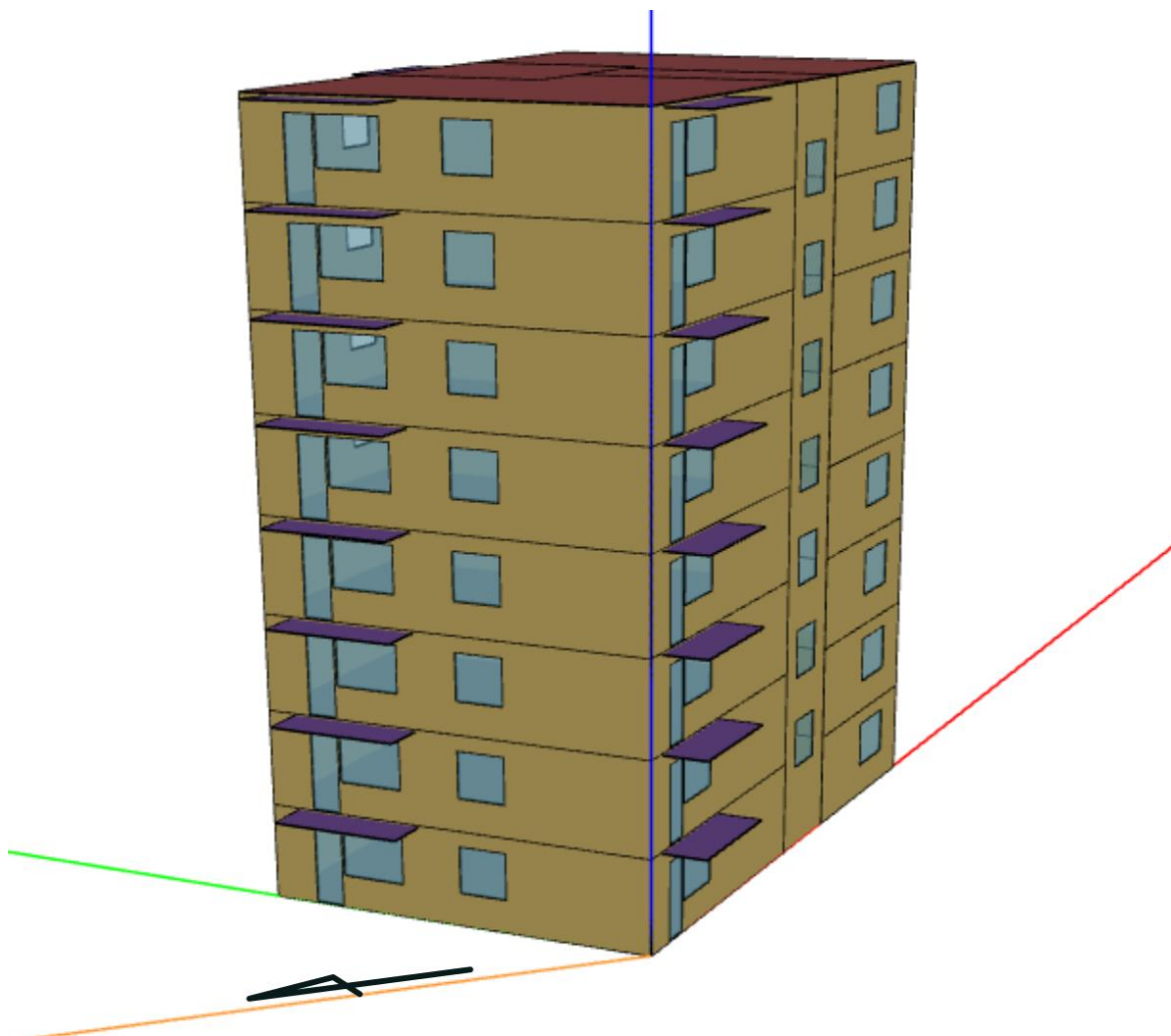
NARODOWA
AGENCJA
POSZANOWANIA
ENERGII S.A.

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 |
| 8 Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania | 19 |
| 8.1 Wybór programu obliczeniowego..... | 19 |
| 8.2 Model obliczeniowy..... | 20 |
| 8.3 Wyniki obliczeń | 23 |
| 9 Wyznaczenie charakterystyki energetycznej budynku referencyjnego wg obowiązujących przepisów..... | 28 |
| 10 Bibliografia | 30 |

1 Wprowadzenie

Budynek referencyjny został opracowany na potrzeby oceny energetycznej systemów technicznych, rozwiązań instalacyjnych lub komponentów budowlanych stosowanych w budownictwie mieszkalnym wielorodzinnym. 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

Ocena energetyczna polega na porównaniu rocznego zapotrzebowania na energię w budynku mieszkalnym wielorodzinnym posiadającym oceniany system techniczny, rozwiązanie lub komponent z zapotrzebowaniem na energię w takim samym budynku wyposażonym w referencyjne systemy techniczne, rozwiązania instalacyjne i komponenty budowlane. Zakłada się, że oceniany system, rozwiązanie lub komponent nie powoduje pogorszenia komfortu cieplnego, jakości powietrza wewnętrznego lub innych problemów użytkowych lub eksploatacyjnych. Zazwyczaj obok zapotrzebowania na energię wprowadza się drugi parametr bezpośrednio związany z komfortem użytkowania budynku, aby można było weryfikować poprawę walorów użytkowych lub stwierdzić co najmniej ich nie pogorszenie.

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 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].

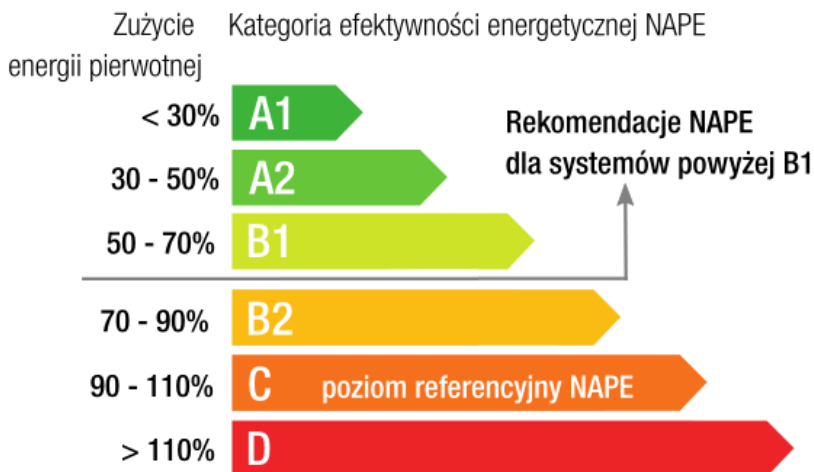
Po przeprowadzeniu symulacji komfortu cieplnego i jakości powietrza wewnętrznego oraz stwierdzeniu, że oceniany system nie powoduje ich pogorszenia, a także spełnia co najmniej wymagania minimalne zawarte w obowiązujących przepisach budowlanych przeprowadza się obliczenia bilansu cieplnego budynku.

Obliczenia bilansu cieplnego wykonywane są zgodnie z 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], programem do całościowych analiz cieplnych budynków EnergyPlus wersja 25.2.0, [5].

Na podstawie wyników dla budynku referencyjnego NAPE 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 stanowi poziom odniesienia równy 100% – poziom referencyjny zużycia energii pierwotnej
- wynik zapotrzebowania na energię pierwotną dla budynku referencyjnego pozbawionego ocenianego systemu lub z nastawą systemu referencyjnego ustawioną na minimalne zapotrzebowanie na energię (np. budynek bez wentylacji, budynek z układem sterowania temperaturą wewnętrzną ustawionym na 16°C, itp.) stanowi poziom odniesienia równy 0%
- 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 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 [15] lub zmian technicznych mających wpływ na efektywność energetyczną ocenianego systemu.



Rys. 2. Ilustracja skali kategorii efektywności energetycznej NAPE

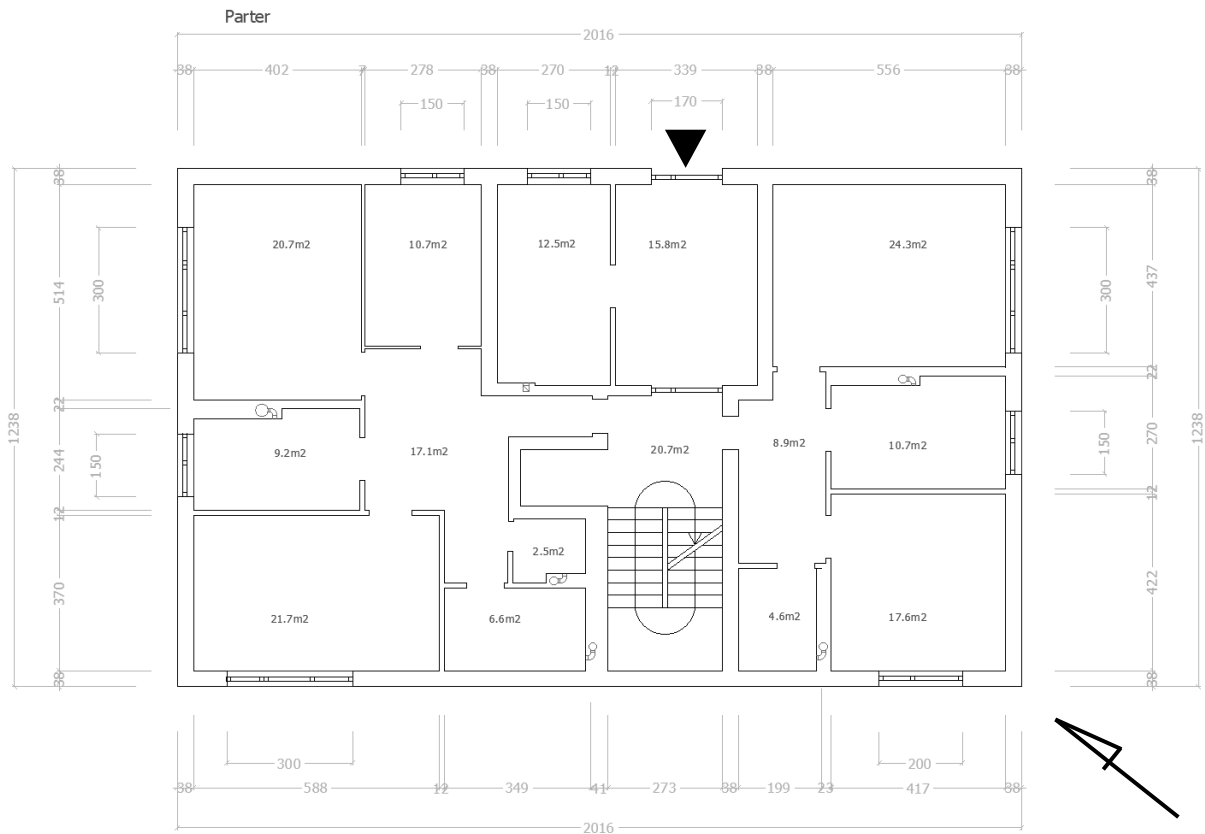
Uwaga: Przedstawione wyniki otrzymane zostały na podstawie przyjętych założeń, które szczegółowo opisano w niniejszej pracy. Narodowa Agencja Poszanowania Energii nie bierze odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikające z interpolacji wyników dla innych niż opisane przypadki.

2 Charakterystyka architektoniczna i opis użytkowania

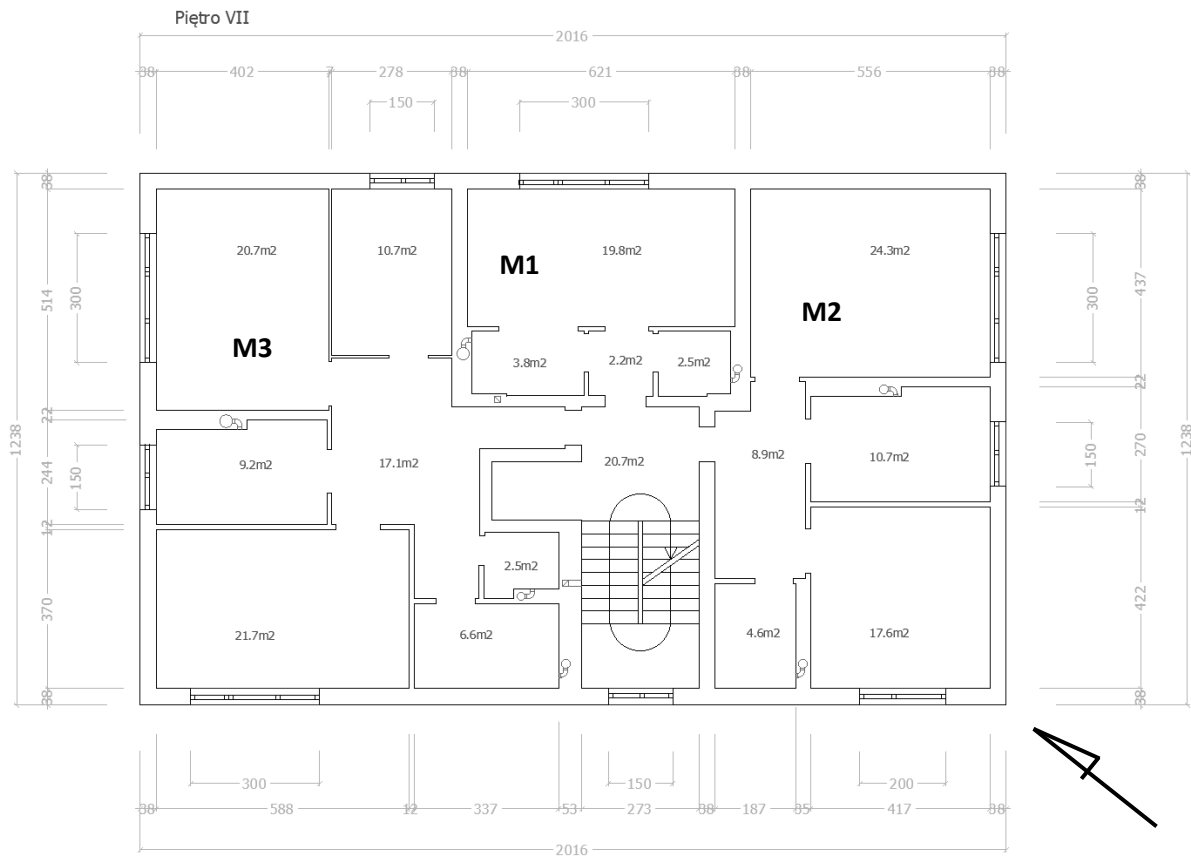
2.1 Dane ogólne

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.

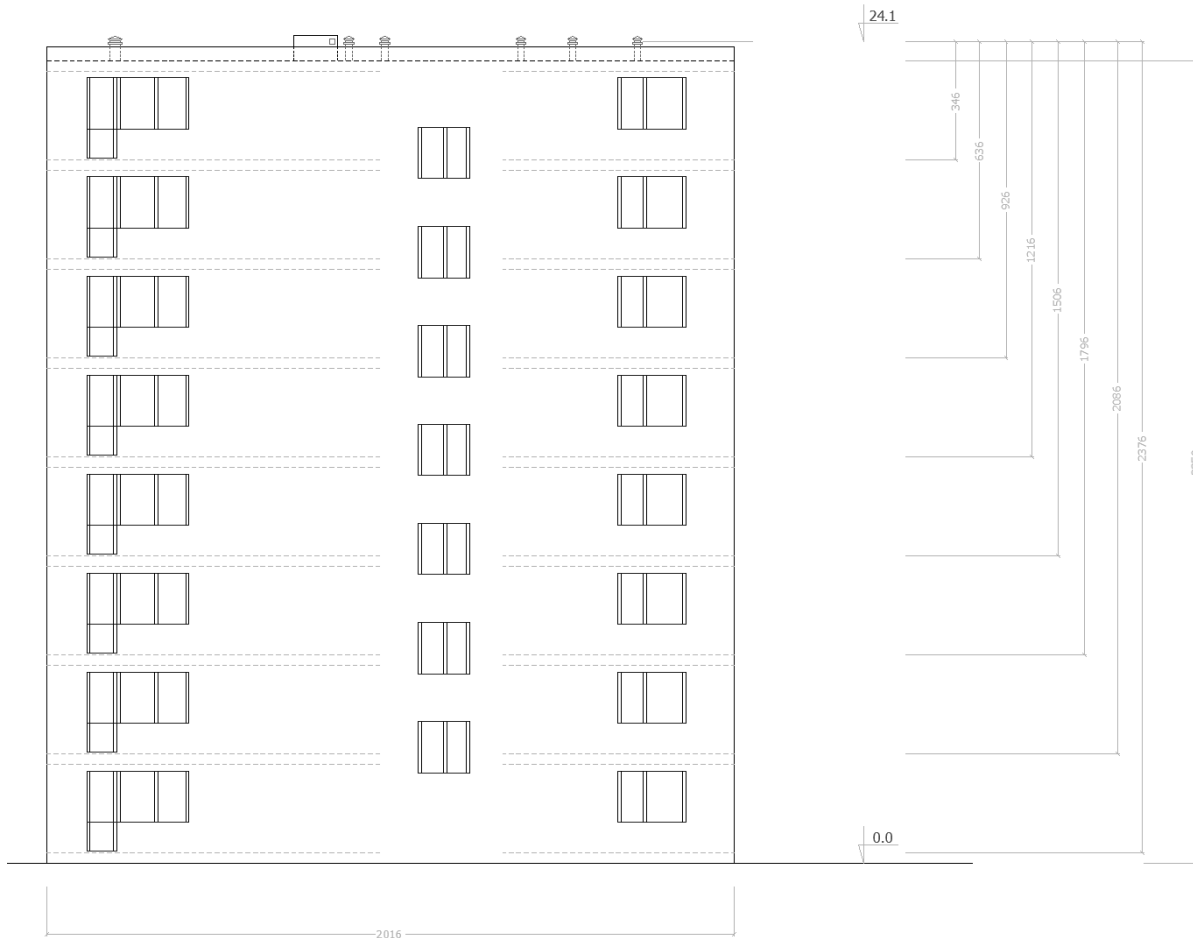
W kolejnych tabelach przedstawiono dane dotyczące zarówno bryły budynku jak i właściwości geometrycznych jego przegród. Tab. 1 zawiera podstawowe dane dotyczące budynku, natomiast tab. 2 oraz tab. 3 charakterystykę geometryczną przegród zewnętrznych.



Rys. 3. Rzut parteru (wymiary w cm)



Rys. 4. Rzut ostatniej kondygnacji (wymiary w cm)



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

Tab. 1. Dane architektoniczne budynku

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

Tab. 2. Charakterystyka geometryczna przegród zewnętrznych nieprzeźroczystych

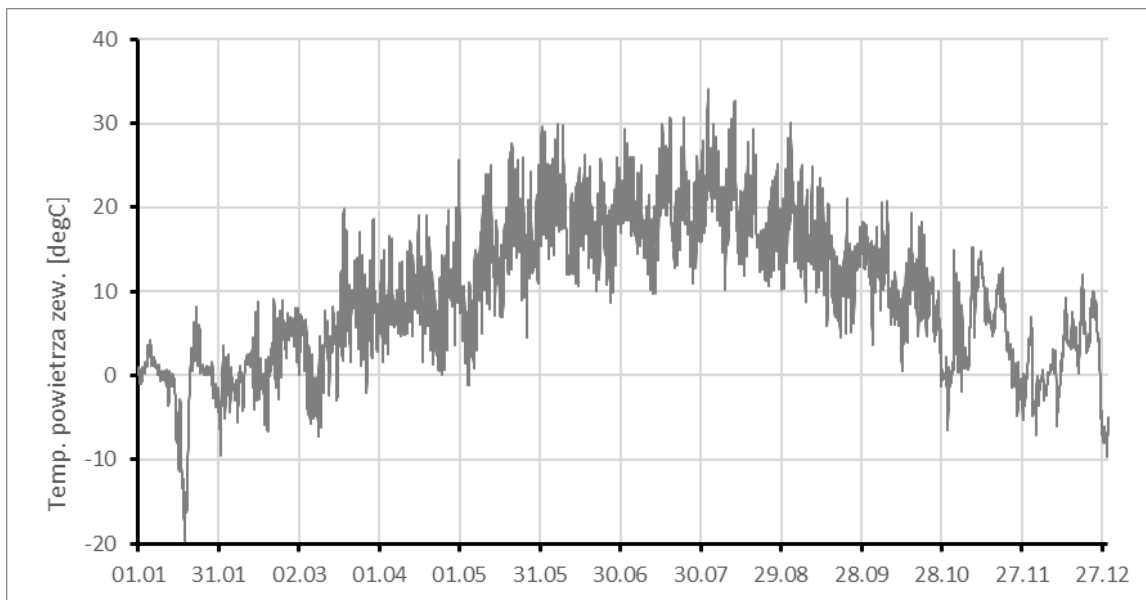
| Przegroda | Orientacja | Powierzchnia brutto (wraz z oknami i drzwiami) |
|--------------------------------|------------|---------------------------------------------------|
| - | deg (0=N) | m ² |
| Ściana zewnętrzna | 45 | 467.12 |
| Ściana zewnętrzna | 135 | 285.52 |
| Ściana zewnętrzna | 225 | 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

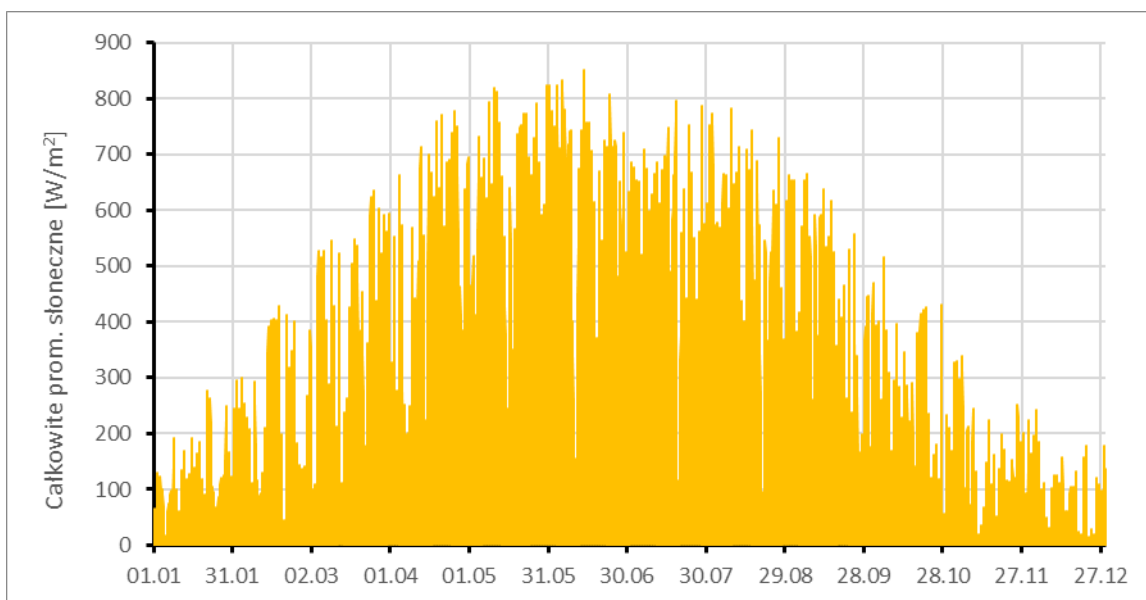
| Przegroda | Orientacja | Powierzchnia brutto |
|-------------------|------------|---------------------|
| - | deg (0=N) | m ² |
| Ściana zewnętrzna | 45 | 56.48 |
| Ściana zewnętrzna | 135 | 56.58 |
| Ściana zewnętrzna | 225 | 77.77 |
| Ściana zewnętrzna | 315 | 57.04 |
| Razem | | 247.87 |

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. 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

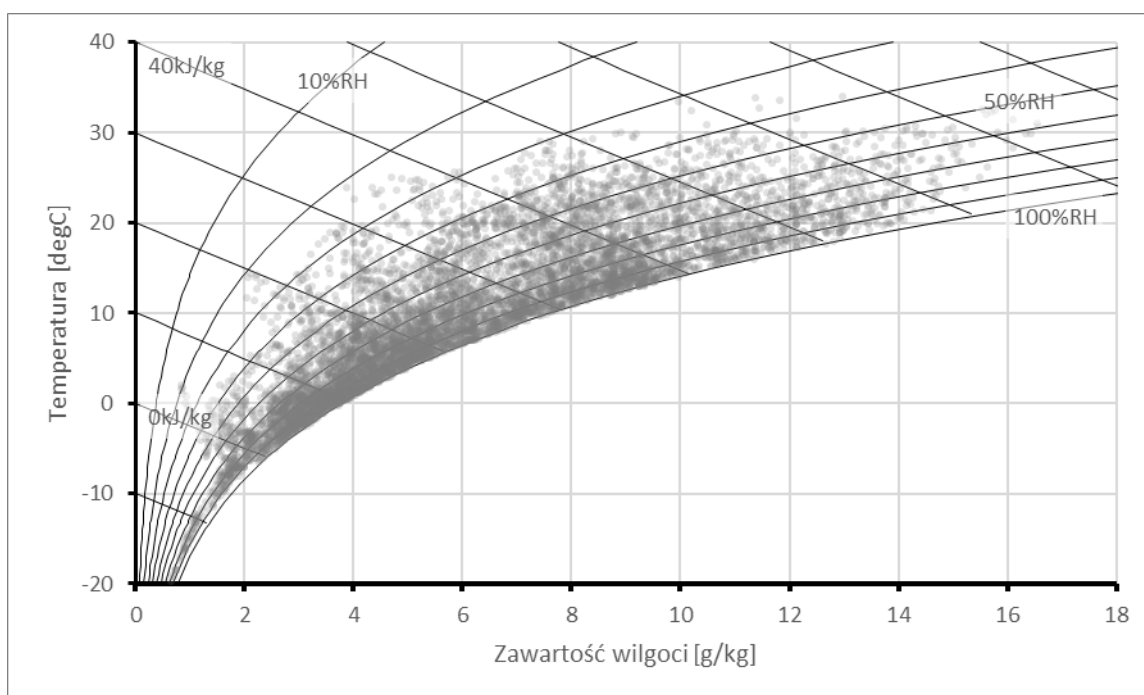
Poniżej w tabeli zebrano podstawowe statystyki klimatu przyjętego do obliczeń.

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 ² |
| Roczna suma promieniowania słonecznego na płaszczyznę poziomą | 1111 | kWh/m ² |

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.

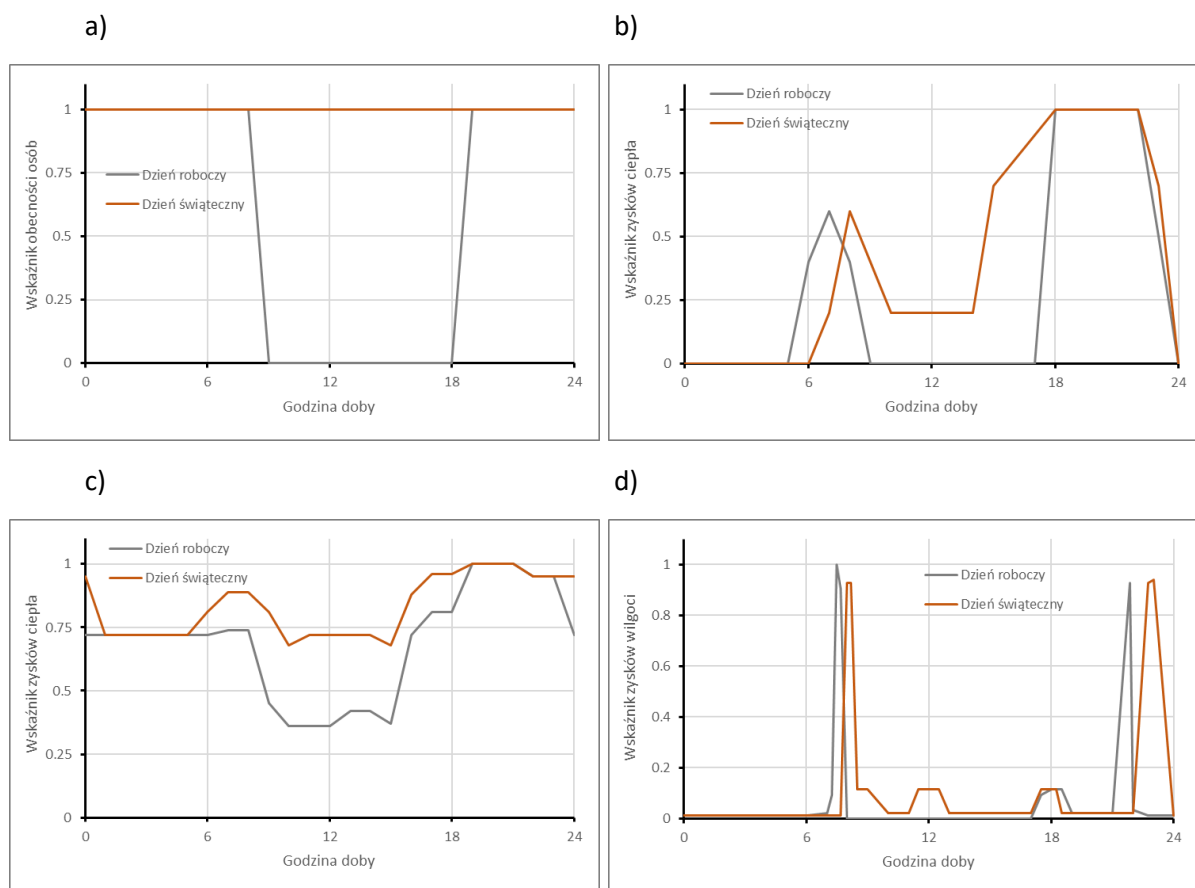
Założono, że w sezonie ogrzewczym intensywność wentylacji jest wystarczająca i mieszkańcy nie otwierają okien. Natomiast w sezonie letnim okna są otwierane w celu rozproszenia nadmiaru zysków wewnętrznych (opis w rozdziale 7, a także zasłanianie zasłonami wewnętrznymi, tak jak opisano to w rozdziale 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 m². 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/m².

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 2662 g/h.

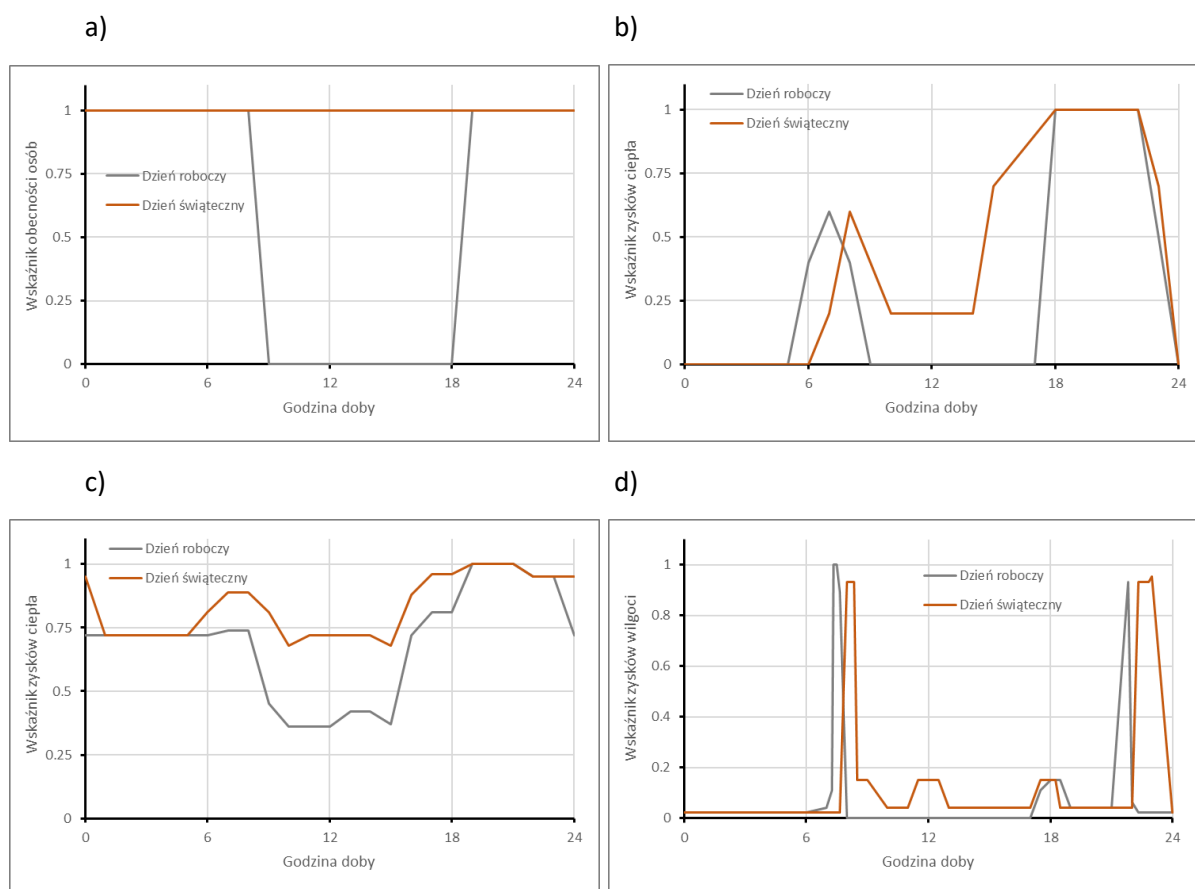


Rys. 9. Harmonogram przebywania mieszkańców (a), zysków ciepła od oświetlenia zimą (b), zysków ciepła od urządzeń (c) oraz zysków wilgoci (d) dla mieszkania M1

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 m². 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/m².

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 2712 g/h.



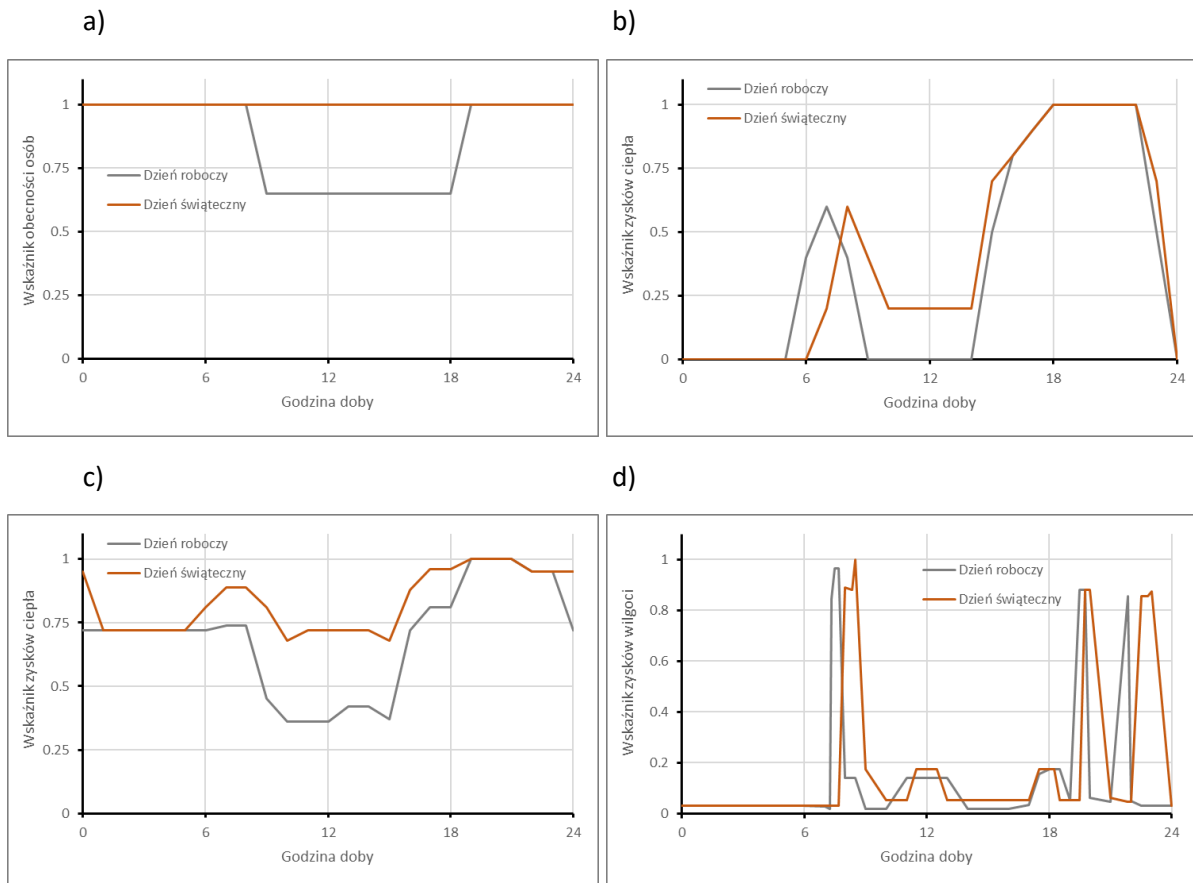
Rys. 10. Harmonogram przebywania mieszkańców (a), zysków ciepła od oświetlenia zimą (b), zysków ciepła od urządzeń (c) oraz zysków wilgoci (d) dla mieszkania M2

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 przedsionek, łazienka, oddzielne WC, kuchnia, pokój dzienny oraz dwie sypialnie, a całkowita

powierzchnia mieszkania wynosi 88.5 m². 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/m².

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

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), [15] 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 nieprzeźroczystych

| Przegroda | Orientacja | Wsp. U_c | Wsp. odbicia |
|----------------------------------------------|------------|-----------------------|--------------|
| - | deg (0=N) | W/(m ² ·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 przeźroczystych

| Przegroda | Orientacja | Wsp. U_c | Wsp. g_n |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------|------------|
| - | deg (0=N) | W/(m ² ·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 przestawiane 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/m².

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_i 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 rozprawdane 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 podpijonowe, 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.

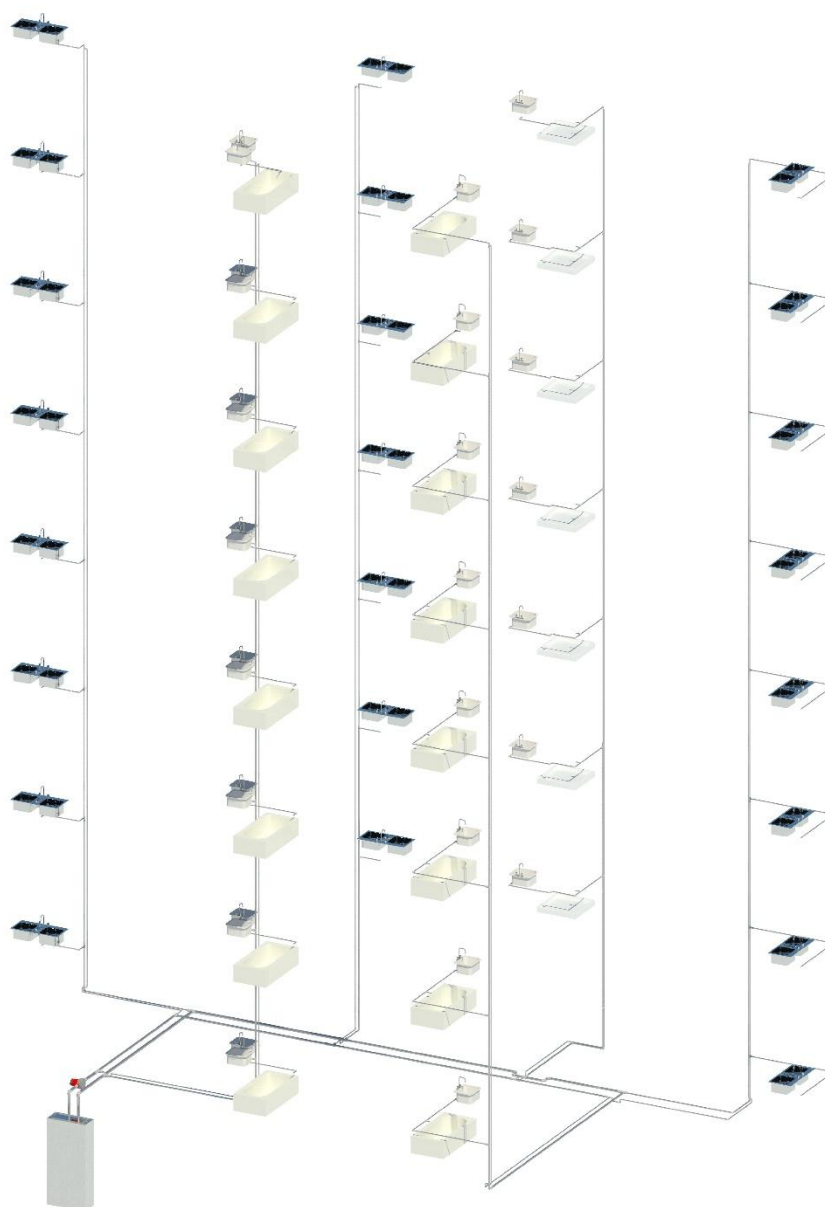
Referencyjną instalację ciepłej wody użytkowej dla budynku wielorodzinnego zaprojektowano zgodnie z wytycznymi warunków technicznych [15]. Jako materiał instalacyjny przyjęto rury stalowe ocynkowane ze szwem średnie zgodne z normą PN-74/H-74200, [8], łączone za pomocą gwintowanych łączników z żeliwa 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 rozprawdana 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.

Przepływy obliczeniowe dla poszczególnych odcinków instalacji c.w.u. określono na podstawie wzorów z normy PN-B-01706:1992/Az1:1999, [10]. 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, [11] 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/(m²·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 |

| | | | | |
|----------------------------------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Łączne zapotrzebowanie na energię dla instalacji c.w.u. | | | | |
| 257.19 | 267.79 | 1 821.54 | 7 800.55 | 94 977.34 |

| | |
|------------------------------------------|-----------------------|
| Razem energia cieplna | 94 961 kWh/rok |
| Razem energia elektryczna | 333 kWh/rok |
| Sprawność wytwarzania ciepła | 0.98 |
| Razem energia końcowa cieplna | 96 899 kWh/rok |
| Razem energia końcowa elektryczna | 333 kWh/rok |

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 [16]), 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

Referencyjny system wentylacji zaprojektowano zgodnie z wytycznymi warunków technicznych [15]. Wymagane strumienie powietrza wynikają z przepisów zawartych w normie PN-83/B-03430/Az3:2000, [9] 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 ³ /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 |

Przyjęto, że nawiew powietrza odbywa się do pokoi mieszkalnych (ewentualnie kuchni) przez nawiewniki okienne o stałej charakterystyce (przepływ 30 m³/h przy różnicy ciśnienia 10 Pa). W

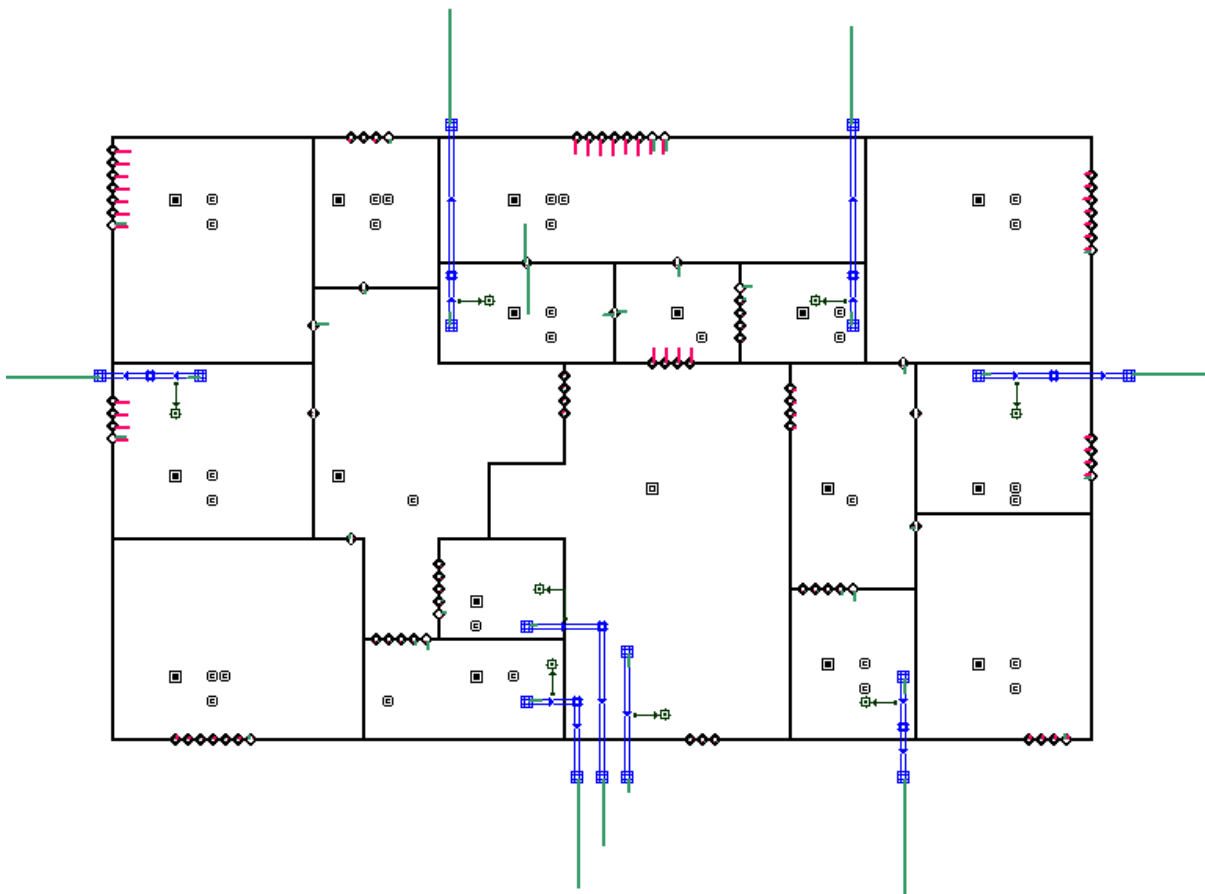
ograniczonym zakresie powietrze wpływa również przez szczeliny okienne (klasa 3 przepuszczalności powietrznej wg PN-EN 12207:2001, [12]).

Następnie powietrze przez podcięcia w drzwiach i kratki o przekroju 220 cm^2 przepływa do łazienki, toalety lub kuchni z których poprzez zawór wywiewny wpływa do zbiorczych kanałów wentylacyjnych. Kanałami transportowane jest ponad dach, gdzie wentylator wywiewny usuwa powietrze z instalacji. Schemat połączeń ścieżek przepływu powietrza dla przykładowej kondygnacji, wykorzystany w symulacji przepływów powietrza w programie CONTAM [4], zamieszczono na rys. 13.

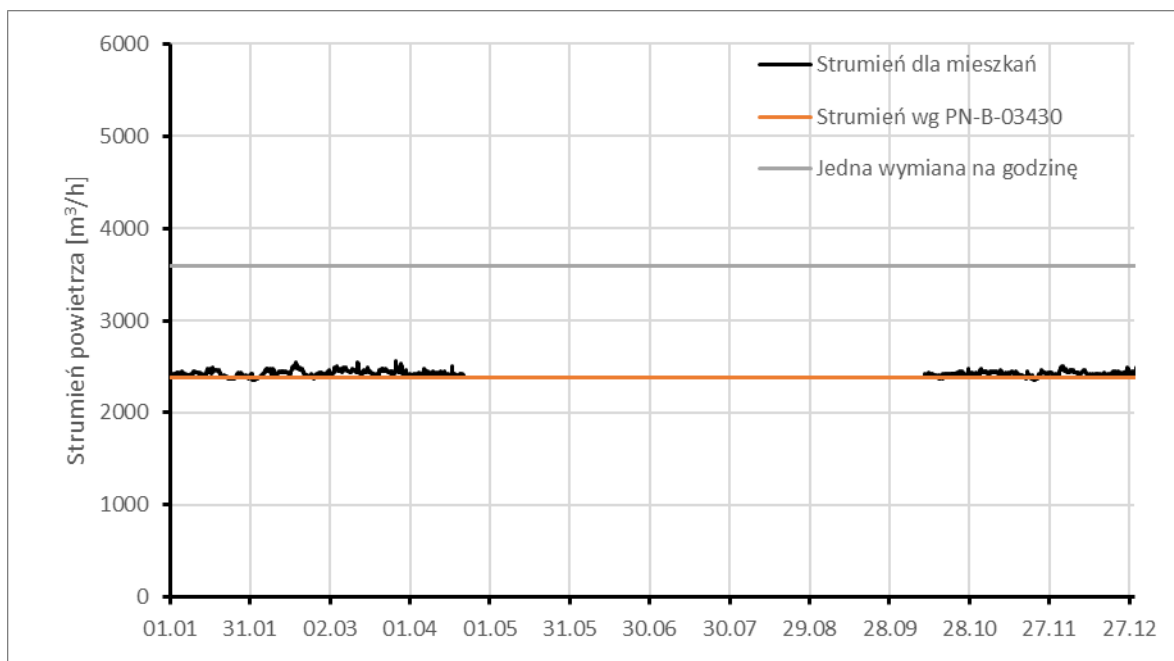
Symulację przepływów powietrza wykonano tylko dla sezonu ogrzewczego to jest od dnia 10 października do 21 kwietnia. W pozostałym okresie założono możliwość otwierania okien przez mieszkańców i intensywnego przewietrzania mieszkań. Intensywność wentylacji wzrasta w momencie przekroczenia temperatury wewnętrznej 27°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 zilustrowano na rys. 14 i podsumowano w tab. 9.



Rys. 13. Schemat ścieżek przepływu powietrza wykorzystany w symulacji strumieni powietrza w programie CONTAM

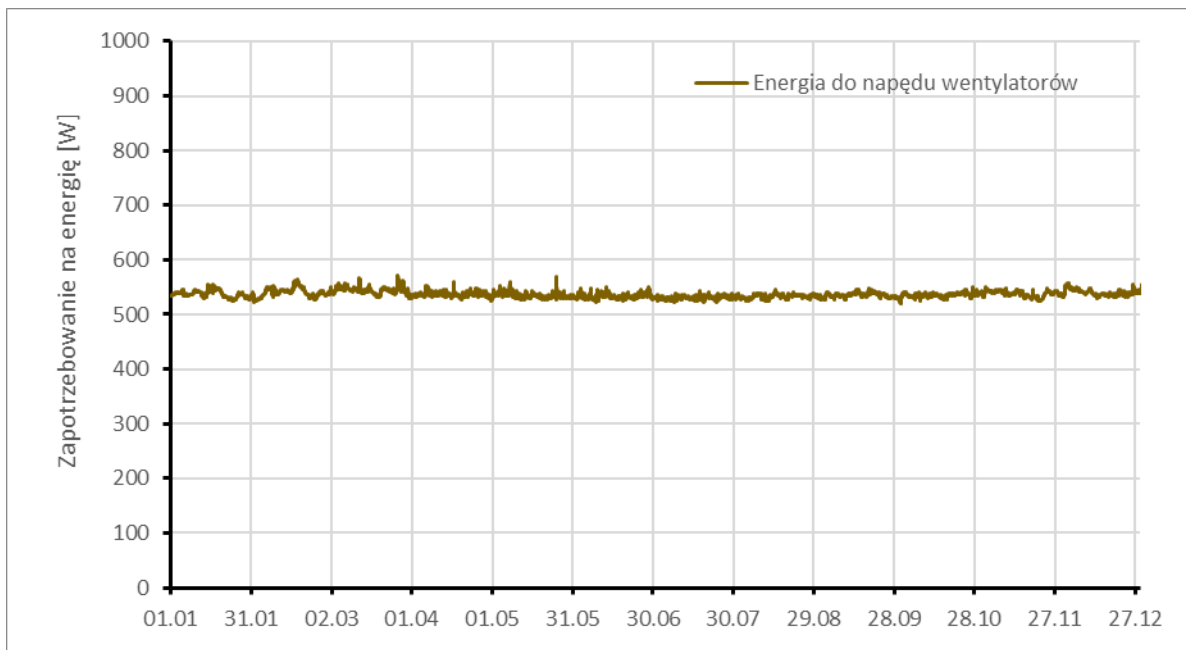


Rys. 14. Przebieg zmienności strumienia powietrza dla budynku referencyjnego (część mieszkalna bez klatki schodowej)

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 ³ /h | | | | | | |
| Średnia | 2425 | 100 | 85 | 136 | 96 | 81 | 133 |
| Minimum | 2349 | 95 | 80 | 129 | 93 | 77 | 127 |
| Maksimum | 2560 | 107 | 93 | 145 | 105 | 87 | 142 |
| Odchylenie standard. | 28.1 | 1.8 | 1.9 | 2.4 | 1.2 | 1.4 | 1.9 |

Wskaźnik zapotrzebowania na energię pomocniczą (napędy wentylatorów) wynika z mocy właściwej wentylatorów wywiewnych wynoszącej 0.8 kW/(m³/s) odniesionej do strumienia powietrza w danym pionie wentylacyjnym. Przebieg zmienności zapotrzebowania na energię do napędu wentylatorów przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys. 15. Przebieg zmienności zapotrzebowania na energię do napędu wentylatorów dla referencyjnego systemu wentylacji

Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą wynosi 4 700 kWh/rok.

Szczegółowy opis systemu wentylacji mechanicznej znajduje się w opisie wielorodzinnego budynku referencyjnego NAPE na potrzeby oceny energetycznej systemów wentylacji [7].

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 [14], która stanowi podstawę do obliczenia energii użytkowej w planowanej zmianie rozporządzenia [16].
- 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 równoległe panującej w strefie temperatury powietrza.

8.2 Model obliczeniowy

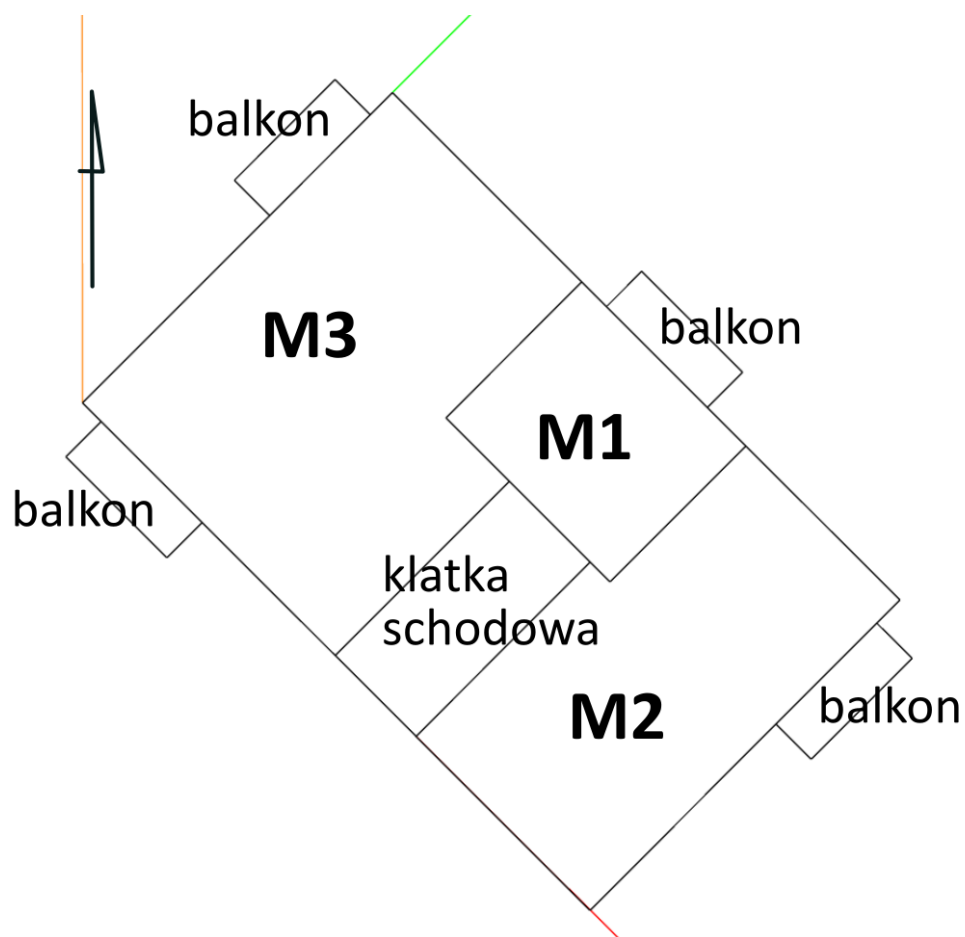
Model numeryczny budynku został stworzony zgodnie z podanymi wcześniej danymi charakteryzującymi budynek referencyjny NAPE (rozdziały 2-5 i 7). W modelu zdefiniowano materiały i konstrukcję przegród budowlanych (rys. 16) zbudowanych z tych materiałów.

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 | Obj6 | Obj7 | Obj8 | Obj9 |
|---------------|-------|-----------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Name | | Exterior Floor | Interior Floor | Exterior Wall | Interior Wall | Exterior Roof | Interior Ceiling | Exterior Window | Interior Window | Exterior Door |
| Outside Layer | | IzolacjaPodloga | F16 Acoustic tile | M01 100mm brick | G01 a 19mm gypsum | F08 Metal surface | M11 100mm lightwe | OknoU=0_9 | Clear 3mm | DrzwiU=1_3 |
| Layer 2 | | M15 200mm heavy | IzolacjaStrop | IzolacjaScianaZew | M01 100mm brick | M11 100mm lightwe | F05 Ceiling air spac | | | |
| Layer 3 | | | F05 Ceiling air spac | M15 200mm heavy | IzolacjaScianaKlatk | F05 Ceiling air spac | IzolacjaStrop | | | |
| Layer 4 | | | M11 100mm lightwe | F04 Wall air space r | M01 100mm brick | G01 a 19mm gypsum | F16 Acoustic tile | | | |
| Layer 5 | | | | | | | | | | |
| Layer 6 | | | | | | | | | | |
| Layer 7 | | | | | | | | | | |

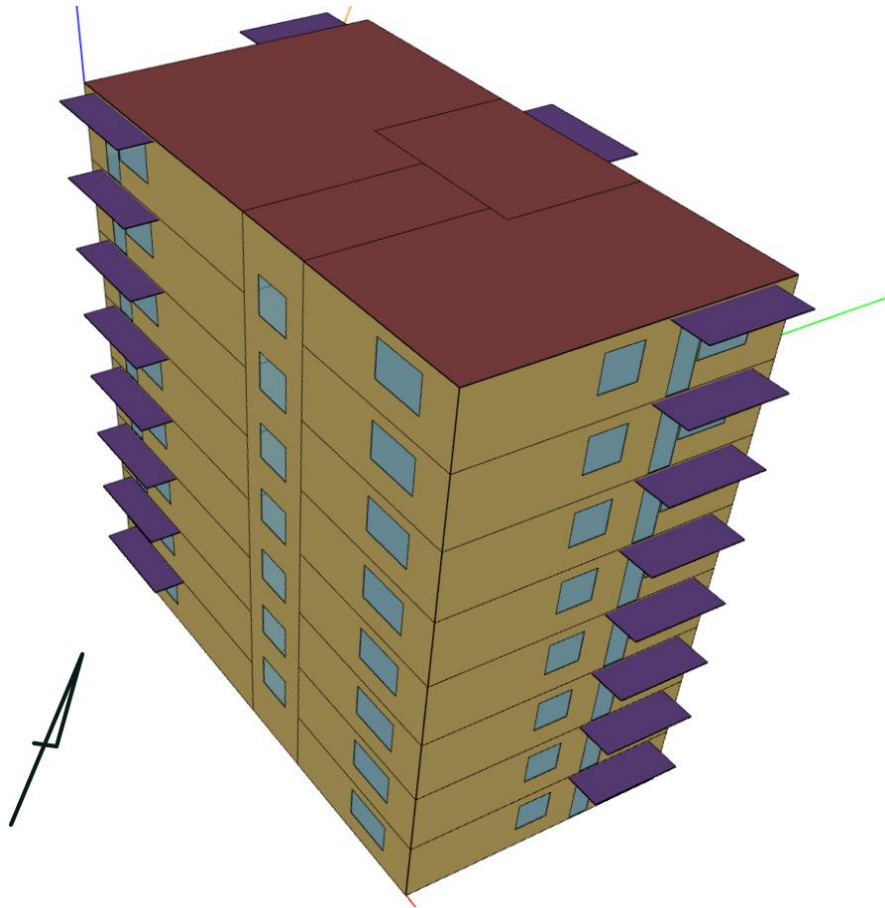
Rys. 16. Przykład definicji konstrukcji przegród budowlanych

Kolejnym krokiem był podział budynku na 25 stref cieplnych (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. 17. Podział na strefy kondygnacji powtarzalnej



Rys. 18. Widok modelu geometrycznego budynku

Następnie, model uzupełniono o dane dotyczące poszczególnych stref budynku (liczba użytkowników, moc zysków wewnętrznych, ilość powietrza wentylacyjnego wraz z ich profilami) - rys. 19.

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. 19. Przykład definicji przebywania mieszkańców w poszczególnych strefach

Dla każdej ze stref zdefiniowano system HVAC oraz profile ich działania (rys. 20).

The screenshot shows the IDF Editor window with the following content:

Class List:

- [0012] Construction
- [0001] GlobalGeometryRules
- [0025] Zone
- [0005] ZoneList
- [0219] BuildingSurface:Detailed
- [0103] FenestrationSurface:Detailed
- [0020] WindowShadingControl
- [0006] InternalMass
- [0032] Shading:Building:Detailed
- [0003] People
- [0003] Lights
- [0003] ElectricEquipment
- [0002] OtherEquipment
- [0024] ZoneVentilation:DesignFlowRate
- [0004] HVAC:Template:Thermostat
- [0026] HVAC:Template:Zone:IdealLoadsAirSystem
- [0001] Output:VariableDictionary
- [0001] Output:Surfaces:Drawing

Comments from IDF:

Explanation of Object and Current Field
 Object Description: Zone with ideal air system that meets heating or cooling loads
 Field Description: Zone name must match a building zone name
 ID: A1
 Select from list of objects
 This field is required.

| 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 | | | | | | | | | |

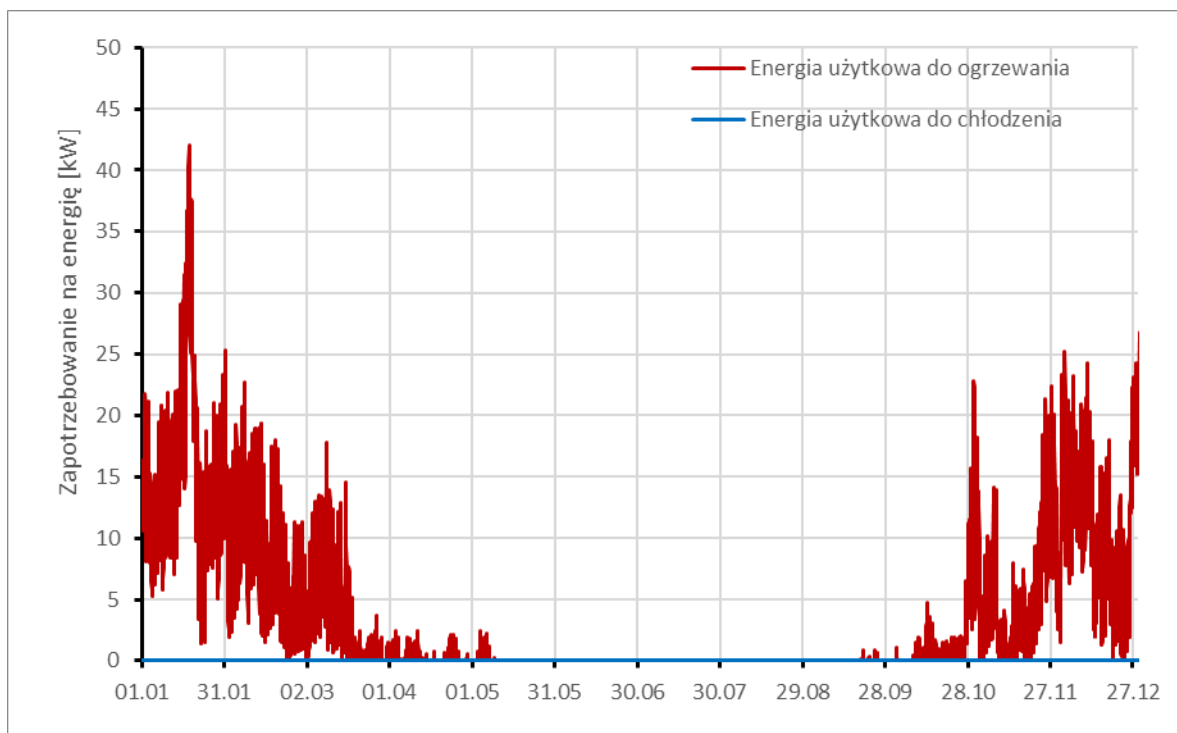
Rys. 20. Przykład definicji systemu HVAC dla poszczególnych stref

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 operacyjna).

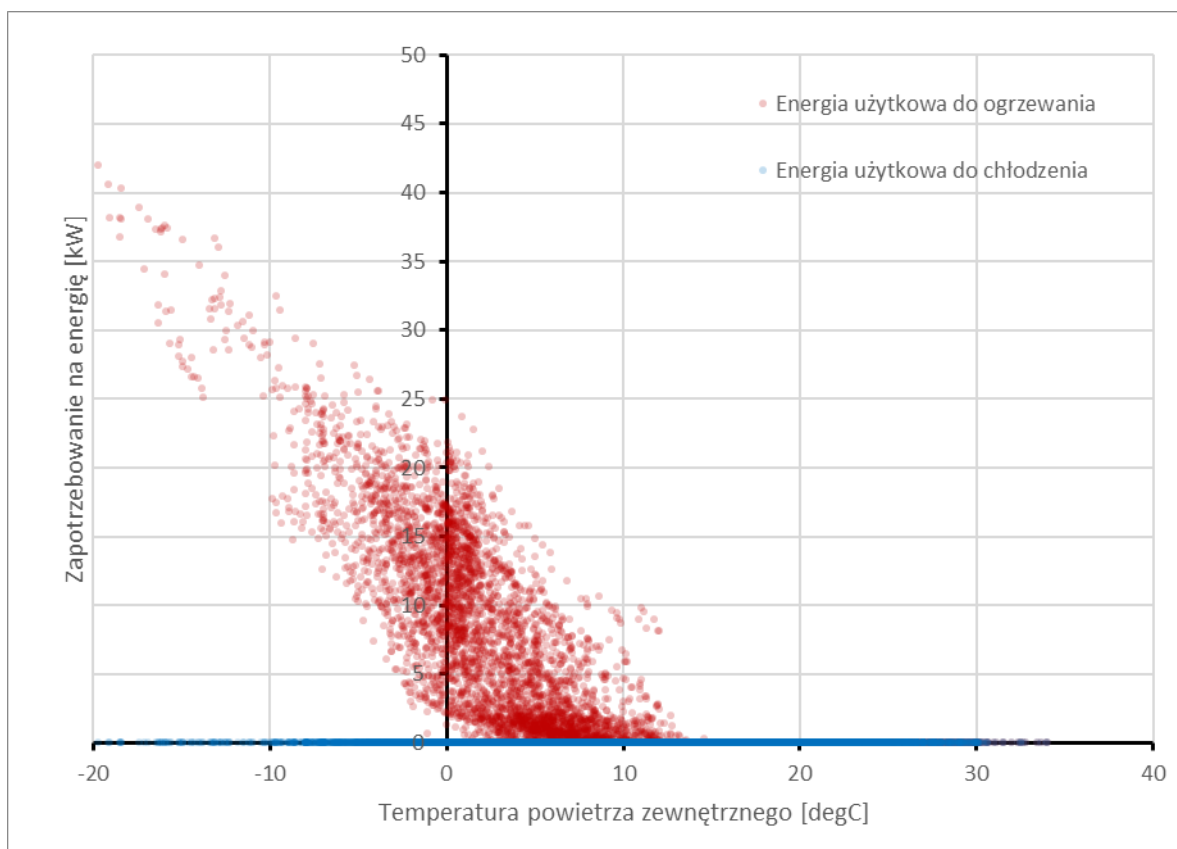
8.3 Wyniki obliczeń

Obliczenia wykonano w programie do całościowych analiz cieplnych budynków EnergyPlus 25.2.0 [5], zgodnym z normą PN-EN ISO 52016-1:2017-09 [14]. 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. 21, rys. 22) przedstawiono godzinowe wyniki obliczeń zapotrzebowania na energię użytkową na potrzeby ogrzewania dla poszczególnych godzin w roku oraz zapotrzebowanie w funkcji temperatury powietrza zewnętrznego.

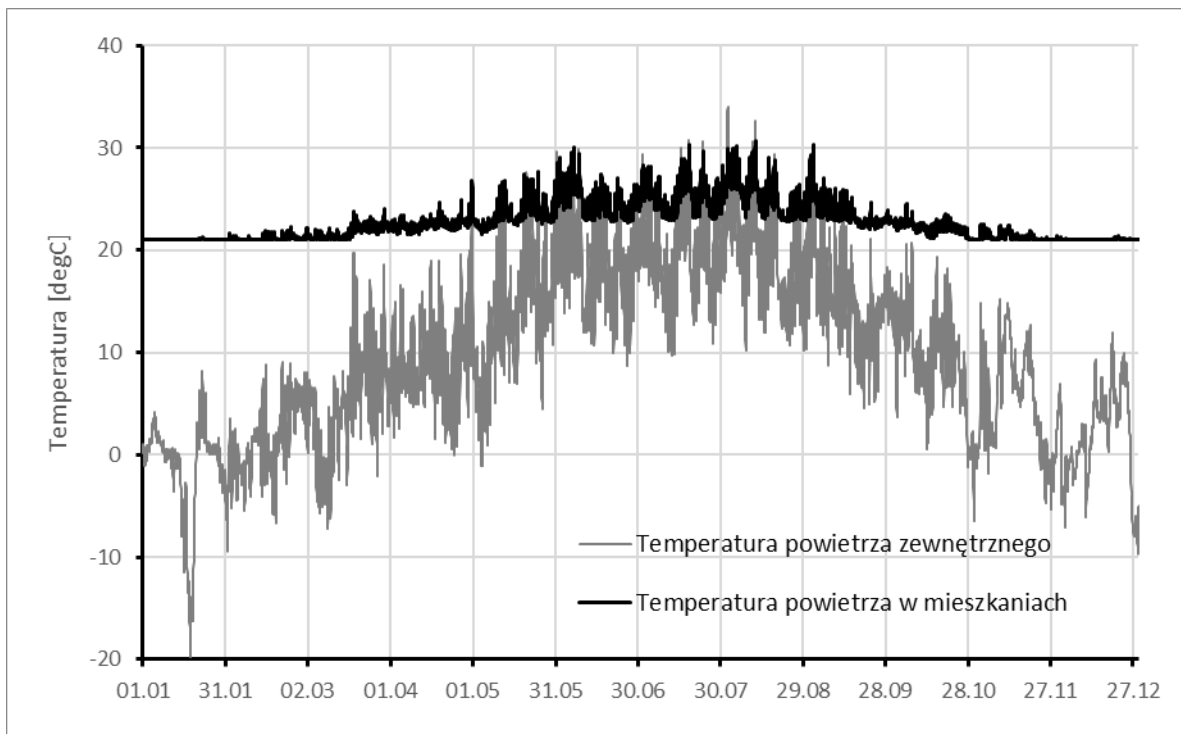


Rys. 21. Zapotrzebowanie na energię użytkową na potrzeby ogrzewania dla poszczególnych godzin w roku



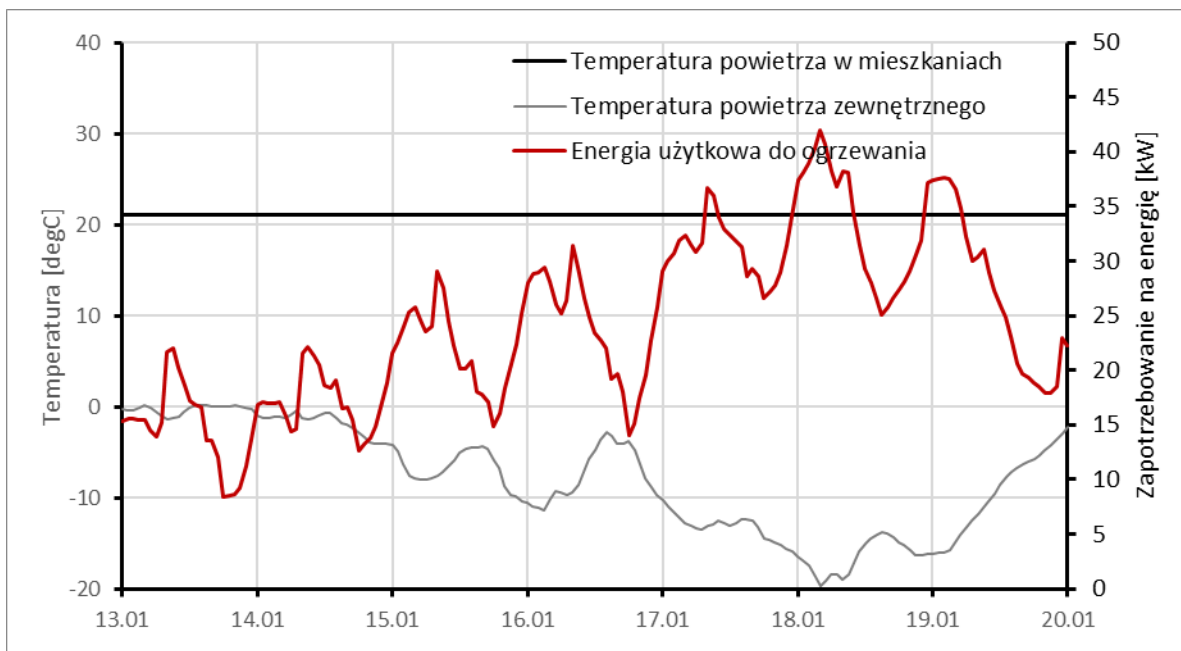
Rys. 22. Zapotrzebowanie na energię użytkową na potrzeby ogrzewania w funkcji temperatury powietrza zewnętrznego

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

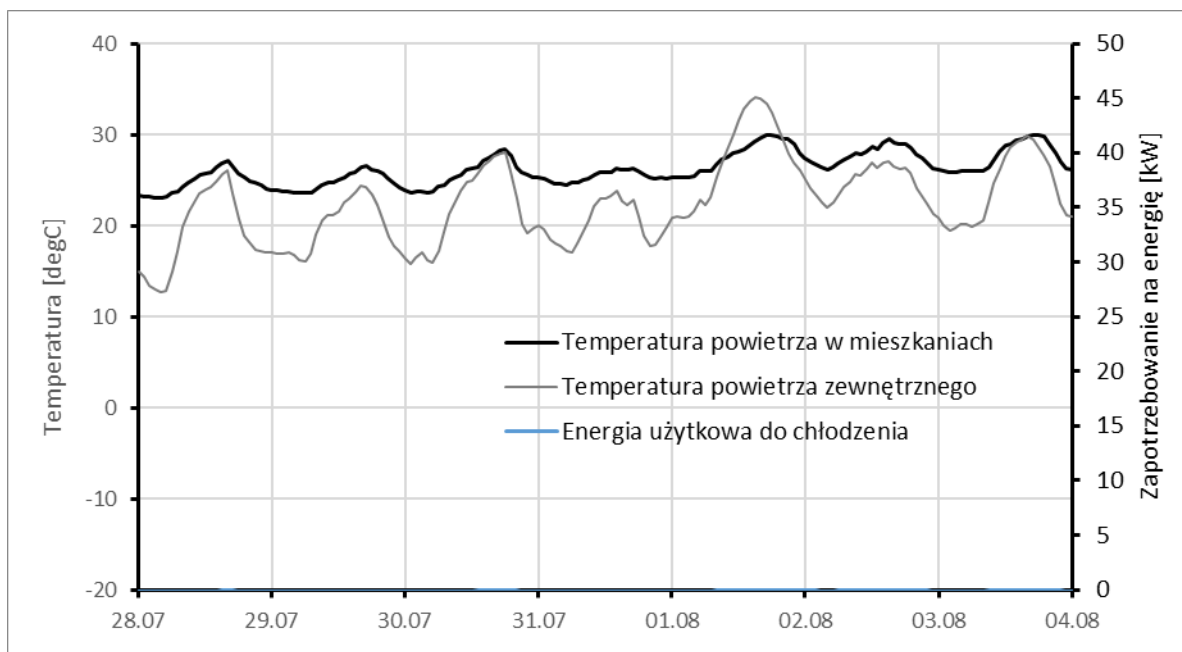


Rys. 23. Przebieg zmienności temperatury powietrza w mieszkaniach i temperatury powietrza zewnętrznego

Na kolejnych wykresach (rys. 24, rys. 25) przedstawiono zapotrzebowanie na energię użytkową na cele c.o. oraz temperaturę wewnętrzną i zewnętrzną dla najzimniejszego i najcieplejszego tygodnia w roku.



Rys. 24. Zapotrzebowania na energię użytkową na potrzeby ogrzewania oraz temperatura wewnętrzna i zewnętrzna dla tygodnia okresu zimowego



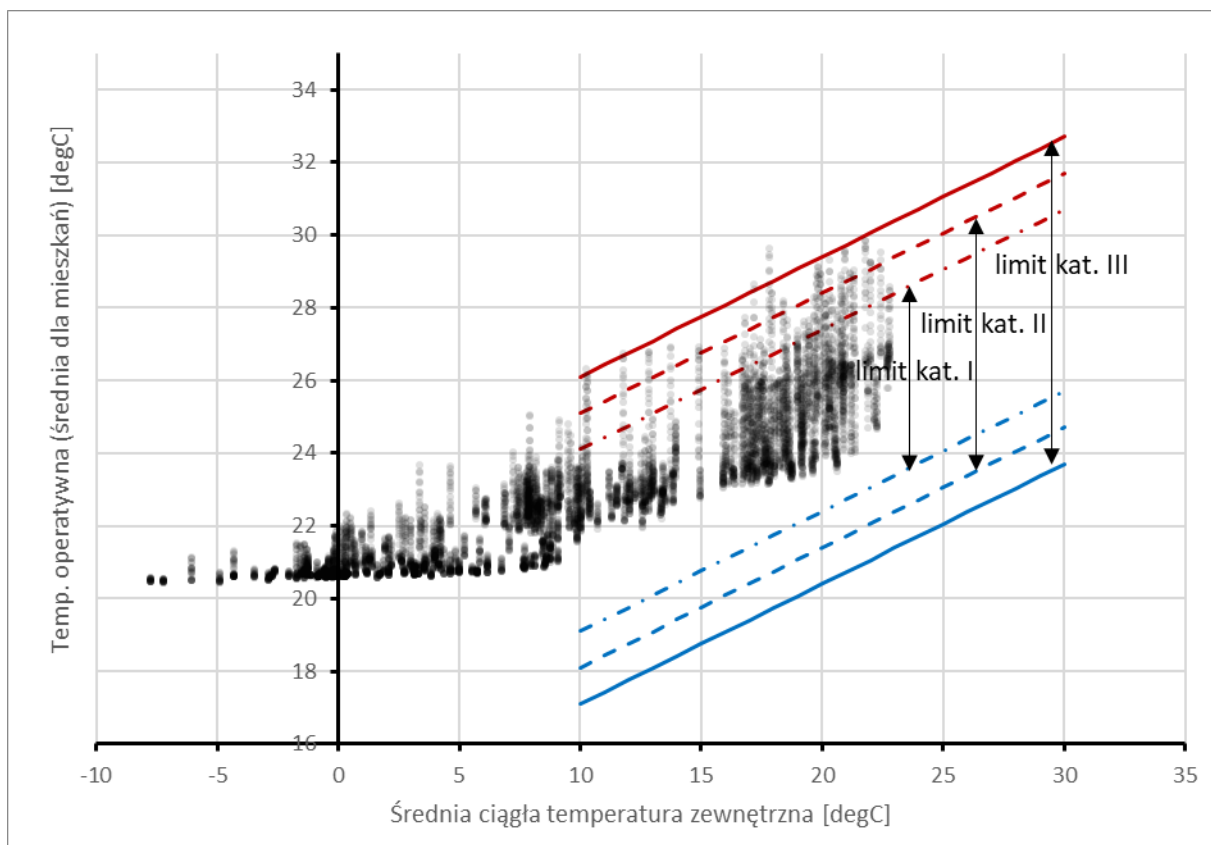
Rys. 25. Zapotrzebowania na energię użytkową na potrzeby chłodzenia oraz temperatura wewnętrzna i zewnętrzna dla tygodnia okresu letniego

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. 10. 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 | 322 | 267 | 248 | 312 | 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 [13]. Na rys. 26 oraz w tab. 11 przedstawiono ilustrację i podsumowanie spełnienia dopuszczalnych kryteriów przez poszczególne kategorie komfortu adaptacyjnego wg załącznika krajowego NA normy PN-EN 16798-1:2019, [13].



Rys. 26. Ilustracja oceny komfortu wg kryteriów komfortu adaptacyjnego

Tab. 11. 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 | 333 | 290 | 294 | 446 | 287 | 317 |
| Liczba godz. dla kat. II | 39 | 118 | 94 | 53 | 123 | 109 |
| Liczba godz. dla kat. III | 0 | 24 | 14 | 0 | 30 | 17 |

Analizując tab. 10 oraz tab. 11 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 [13] nie są spełnione przez maksymalnie 30 godzin w roku.

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

Tab. 12. Zapotrzebowanie na energię użytkową na potrzeby ogrzewania i chłodzenia

| Miesiąc | Ogrzewanie | Chłodzenie |
|----------|------------|------------|
| | kWh | kWh |
| Styczeń | 11685 | 0.0 |
| Luty | 5894 | 0.0 |
| Marzec | 2633 | 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 | 1297 | 0.0 |
| Listopad | 3710 | 0.0 |
| Grudzień | 9190 | 0.0 |
| Suma | 34663 | 0.1 |

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.

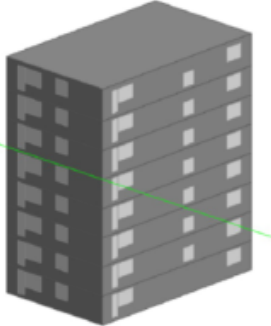
Tab. 13. Zapotrzebowanie na energię końcową i pierwotną na potrzeby ogrzewania

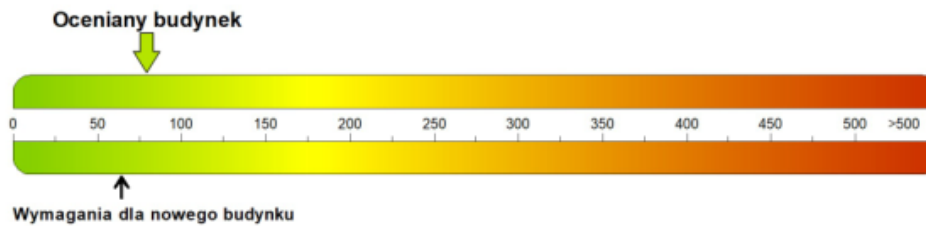
| Parametr | Wartość | Jednostka |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------|
| Sprawność całkowita systemu c.o. | 0.776 | - |
| Zapotrzebowanie na energię końcową na potrzeby c.o. | 44660 | kWh/rok |
| Wskaźnik zapotrzebowania na energię elektryczną pomocniczą c.o. | 2.2 | W/kW _t |
| Projektowe obciążenie cieplne systemu c.o. | 59.5 | kW |
| Czas pracy systemu c.o. | 4014 | h/rok |
| Współczynnik korekcyjny uwzględniający rzeczywiste warunki projektowe | 1.15 | - |
| Energia pomocnicza dla systemu c.o. | 604 | kWh/rok |
| Energia pomocnicza dla systemu wentylacji | 4700 | kWh/rok |
| Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla ciepła | 0.8 | - |
| Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla energii elektrycznej | 2.5 | - |
| Zapotrzebowanie na energię pierwotną na potrzeby c.o. | 48989 | kWh/rok |
| Powierzchnia o regulowanej temperaturze | 1628.8 | m ² |
| Wskaźnik EP dla ogrzewania i wentylacji | 30.08 | kWh/(m ² ·rok) |

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 [16]. 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 [16] oraz infiltrację jak dla budynku nowego bez pomiaru szczelności powietrznej ($n_{50} = 4.0 \text{ h}^{-1}$). Dodatkowo założono temperaturę wewnętrzną równą

20°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 ⁸⁾ | 9 Kwietnia 2030 | NUMER ŚWIADECTWA ¹⁾ |
| BUDYNEK OCENIANY | | |
| RODZAJ BUDYNKU ²⁾ | Mieszkalny |  |
| PRZEZNACZENIE BUDYNKU ³⁾ | Wielorodzinny | |
| ADRES BUDYNKU | Warszawa, | |
| BUDYNEK, O KTÓRYM MOWA W ART 3 UST.2 USTAWY ⁴⁾ | Nie | |
| ROK ODDANIA DO UŻYTKOWANIA BUDYNKU ⁵⁾ | | |
| METODA WYZNACZANIA CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ ⁶⁾ | Metoda obliczeniowa | |
| POWIERZCHNIA POMIESZCZEŃ O REGULOWANEJ TEMPERATURZE POWIETRZA (POWIERZCHNIA OGRZEWANA LUB CHŁODZONA) A _f [m ²] ⁷⁾ | 1634,00 | |
| POWIERZCHNIA UŻYTKOWA [m ²] | 1634,00 | |
| STACJA METEOROLOGICZNA, WEDŁUG KTÓREJ DANYCH OBLICZANA JEST CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA ⁹⁾ | Warszawa Okęcie | |
| OCENA CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU ¹⁰⁾ | | |
| WSKAŹNIK CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ | OCENIANY BUDYNEK | WYMAGANIA DLA NOWEGO BUDYNKU WEDŁUG PRZEPISÓW TECHNICZNO-BUDOWLANYCH |
| WSKAŹNIK ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ UŻYTKOWĄ | EU = 48,4 kWh/(m ² ·rok) | |
| WSKAŹNIK ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ KOŃCOWĄ ¹¹⁾ | EK = 84,4 kWh/(m ² ·rok) | |
| WSKAŹNIK ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA NIEODNAWIALNĄ ENERGIĘ PIERWOTNĄ ¹¹⁾ | EP = 80,3 kWh/(m ² ·rok) | EP = 65,0 kWh/(m ² ·rok) |
| JEDNOSTKOWA WIELKOŚĆ EMISJI CO ₂ | E _{CO2} = 0,028 t CO ₂ /(m ² ·rok) | |
| UDZIAŁ ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII W ROCZNYM ZAPOTRZEBOWANIU NA ENERGIĘ KOŃCOWĄ | U _{OZE} = 0,0 % | |
| WSKAŹNIK ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA NIEODNAWIALNĄ ENERGIĘ PIERWOTNĄ EP [kWh/(m ² ·rok)] | | |


OBLICZENIOWA ROCZNA ILOŚĆ ZUŻYWANEGO NOŚNIKA ENERGII LUB ENERGII PRZEZ BUDYNEK ¹²⁾

| SYSTEM TECHNICZNY | RODZAJ NOŚNIKA ENERGII LUB ENERGII | ILOŚĆ NOŚNIKA ENERGII LUB ENERGII | JEDNOSTKA/(m ² ·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 ¹³⁾

DATA WYSTAWIENIA ŚWIADECTWA

9 Kwietnia 2020

Świadectwo sporządzone za pomocą programu Auditor OZC 6.9 Pro

strona 1 z 4

Rys. 27. 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
- [7] Kwiatkowski J., Mijakowski M., Rucińska J., Sowa J., Wielorodzinny budynek referencyjny NAPE zdefiniowany na potrzeby oceny efektywności energetycznej systemów wentylacji w wielorodzinnym budynku mieszkalnym v4.0. Warszawa, kwiecień 2020
- [8] PN-74/H-74200, Rury stalowe ocynkowane ze szwem gwintowane średnie
- [9] PN-83/B-03430/Az3:2000 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania

- [10] PN-B-01706:1992/Az1:1999, Instalacje wodociągowe – Wymagania w projektowaniu
- [11] PN-B-02421:2000, Ogrzewnictwo i ciepłownictwo – Izolacja cieplna przewodów, armatury i urządzeń – Wymagania i badania odbiorcze
- [12] PN-EN 12207:2001, Okna i drzwi – Przepuszczalności powietrza – Klasyfikacja
- [13] 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
- [14] 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
- [15] 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](#))
- [16] 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](#))