

# 1. STRONA TYTUŁOWA

| 1. DANE IDENTYFIKACYJNE BUDYNKU  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| 1.1 Rodzaj budynku   | Budynek użyteczności publicznej   | 1.2 Rok budowy   | 1965   |
| 1.3 Inwestor<br>(nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji, PESEL*)<br><br>(*w przypadku cudzoziemca nazwa i numer dokumentu tożsamości)  | Gmina Pniewy<br>Pniewy 2<br>kod. 05 – 652; miejsc.: Pniewy<br>województwo: mazowieckie<br><br>Tel. 48 668 64 24;<br>48 668 64 29;<br>48 668 64 94<br>e-mail: pniewy@pniewy.pl | 1.4 Adres budynku<br><br>Karolew 3<br>kod. 05 – 652;<br>miejsc.: Pniewy<br>województwo: mazowieckie                      |  |
| 2. Nazwa, adres i numer REGON podmiotu wykonującego audyt:   |   |  |  |
| <p>Narodowa Agencja Poszanowania Energii S.A.<br/>00-002 Warszawa, ul. Świętokrzyska 20<br/>Oddział w Białymstoku<br/>15-337 Białystok, ul. Pułaskiego 17 lok. U2<br/>tel./fax /85/ 743 58 45<br/>REGON: 010691500      NIP: 526-00-40-341</p> <p style="text-align: right; color: magenta;">NARODOWA AGENCJA<br/>POSZANOWANIA ENERGII S.A.<br/>00-002 Warszawa, ul. Świętokrzyska 20<br/>ODDZIAŁ W BIAŁYMSTOKU<br/>15-337 Białystok, ul. Pułaskiego 17 lok. U2<br/>NIP 526-00-40-341. tel./fax 85 743 58 45</p> |   |  |  |
| 3. Imię, nazwisko, adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:   |   |  |  |
| <p>dr inż. Wiesław Sarosiek<br/>ul. Skrzatów 27<br/>15-151 Białystok<br/>tel. /85/ 74 35 845 kom. 603 740 876<br/>audytor KAPE S.A. nr 007</p> <p style="text-align: right; color: blue;">dr inż. Wiesław Sarosiek<br/>uprawnienia projektowe i wykonawcze<br/>BL/14/91; Izba inż. budownictwa<br/>PDL/BO/1313/01<br/>audytor energetyczny nr 007<br/>15-151 Białystok, ul. Skrzatów 27</p>  |   |  |  |
| 4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac,  |   |  |  |
| L.p.   | Imię i nazwisko   | Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego lub audytu remontowego  | Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia) |
| 1.   | dr inż. Ewa Ołdakowska  | Optymalizacja termomodernizacji przegród budowlanych. Obliczenia zapotrzebowania na ciepło.                              | Ewa Ołdakowska                                 |
| 2.   | dr inż. Joanna Piotrowska - Woroniak  | Modernizacja instalacji c.o. i c.w.u.<br>Modernizacja kotłowni gazowej.<br><br>Instalacja fotowoltaiczna o mocy 7,44 kWp | J. Woroniak                                    |
| 5. Miejscowość: Białystok  |   | data wykonania opracowania: marzec 2020 rok  |  |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>6. Spis treści</b>   |           |
| <b>1. Strona tytułowa</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. Karta audytu energetycznego budynku</b>   | <b>3</b>  |
| <b>3. Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne i uwagi inwestora</b>  | <b>6</b>  |
| <b>4. Inwentaryzacja techniczno – budowlana budynku</b>   | <b>7</b>  |
| 4.1. Dane ogólne o budynku  | 7         |
| 4.2. Uproszczona dokumentacja techniczna  | 7         |
| 4.3. Opis techniczny podstawowych elementów   | 8         |
| 4.4. Charakterystyka energetyczna   | 8         |
| 4.5. Charakterystyka systemu grzewczego   | 9         |
| 4.6. Charakterystyka instalacji c.w.u.  | 10        |
| 4.7. Charakterystyka systemu wentylacji   | 11        |
| 4.8. Charakterystyka źródła ciepła  | 11        |
| <b>5. Ocena aktualnego stanu technicznego budynku</b>   | <b>11</b> |
| 5.1. Przegrody zewnętrzne   | 11        |
| 5.2. System grzewczy  | 12        |
| <b>6. Wykaz usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych wybranych na podstawie oceny stanu technicznego</b>                                      | <b>13</b> |
| <b>7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego</b>   | <b>14</b> |
| 7.1. Wskazanie usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło i moc cieplną                                      | 14        |
| 7.2. Wybór optymalnych usprawnień dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło  | 14        |
| 7.2.1. Określenie optymalnego oporu cieplnego dodatkowej warstwy izolacji termicznej w przegrodach zewnętrznych                                       | 14        |
| 7.2.2. Określenie usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących przygotowania ciepłej wody użytkowej   | 17        |
| 7.2.3. Zestawienie optymalnych usprawnień według rosnącej wartości SPBT   | 19        |
| 7.3. Wybór optymalnego wariantu usprawnień termomodernizacyjnych poprawiających sprawność systemu grzewczego  | 20        |
| 7.3.1. Zestawienie usprawnień systemu grzewczego, ich kosztów i efektów   | 20        |
| 7.3.2. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność cieplną systemu ogrzewania                      | 21        |
| 7.3.3. Zestawienie usprawnień składających się na optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu ogrzewania | 22        |
| 7.4. Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego   | 22        |
| 7.4.1. Określenie wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych   | 23        |
| 7.4.2. Obliczenie zdyskontowanej wartości <u>netto</u> NPV wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych  | 24        |
| 7.4.3. Ocena wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych pod względem spełnienia wymagań „Ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów”         | 25        |
| 7.4.4. Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego   | 28        |
| <b>8. Opis techniczny optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przewidzianego do realizacji</b>                                     | <b>28</b> |
| 8.1. Opis robót   | 28        |
| 8.2. Charakterystyka finansowa  | 29        |
| 8.3. Dalsze działania inwestora   | 29        |
| ZAŁĄCZNIK 1   | 31        |
| ZAŁĄCZNIK 2   | 37        |
| ZAŁĄCZNIK 3   | 49        |
| ZAŁĄCZNIK 4   | 55        |
| ZAŁĄCZNIK 5   | 61        |

## 2. KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

| 1. Dane ogólne  |   | Stan przed termomodernizacją  | Stan po termomodernizacji   |
|---|---|---|---|
| 1.  | Konstrukcja / technologia budynku   | tradycyjna  |   |
| 2.  | Liczba kondygnacji  | II  |   |
| 3.  | Kubatura części ogrzewanej [m <sup>3</sup> ]  | 2 903,20  |   |
| 4.  | Powierzchnia netto budynku [m <sup>2</sup> ]  | 907,30  |   |
| 5.  | Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m <sup>2</sup> ]  | —   |   |
| 6.  | Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m <sup>2</sup> ] | - 188,30 (komunikacja)  |   |
| 7.  | Liczba lokali mieszkalnych  | —   |   |
| 8.  | Liczba osób użytkujących budynek (średnia do obliczeń)  | 140   |   |
| 9.  | Sposób przygotowania ciepłej wody   | kotłownia gazowa  | kotłownia gazowa  |
| 10.   | Rodzaj systemu ogrzewania budynku   | podgrzewacze elektryczne  | podgrzewacze elektryczne  |
| 11.   | Współczynnik kształtu A/V [m <sup>2</sup> / m <sup>3</sup> ]                                      | 0,54  |   |
| 12.   | Inne dane charakteryzujące budynek  | —   |   |
| 2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [W/(m <sup>2</sup> ·K)]         |   | Stan przed termomodernizacją  | Stan po termomodernizacji   |
| 1.  | Podłoga na gruncie  | 0,425   | 0,425   |
| 2.  | Ściany zewnętrzne nadziemne   | 1,205   | 0,197   |
| 3.  | Strop pod nieogrzewanym poddaszem   | 0,204   | 0,145   |
| 4.  | Okna  | 2,00  | 0,90  |
| 5.  | Drzwi zewnętrzne wejściowe  | 2,50  | 1,30  |
| 3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu |   |   |   |
| 1.  | Sprawność wytwarzania [-]   | 0,84  | <b>0,95</b>   |
| 2.  | Sprawność przesyłania [-]   | 0,85  | <b>0,96</b>   |
| 3.  | Sprawność regulacji i wykorzystania [-]   | 0,77  | <b>0,88</b>   |
| 4.  | Sprawność akumulacji [-]  | 1,00  | 1,00  |
| 5.  | Uwzględnienie przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia  | 1,00  | 1,00  |
| 6.  | Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby   | 0,95  | 0,95  |
| 4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej                           |   |   |   |
| 1.  | Sprawność wytwarzania [-]   | 0,82  | <b>0,96</b>   |
| 2.  | Sprawność przesyłu [-]  | 0,80  | 0,80  |
| 3.  | Sprawność wykorzystania [-]   | 1,00  | 1,00  |
| 4.  | Sprawność akumulacji [-]  | 0,80  | <b>0,85</b>   |
| 5. Charakterystyka systemu wentylacji   |   |   |   |
| 1.  | Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)  | naturalna   | naturalna   |
| 2.  | Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza  | nawiewniki podokienne, mikrowentylacja stolarki nieuszczelniości/ kanały wentylacyjne | nawiewniki podokienne, mikrowentylacja stolarki / kanały wentylacyjne |
| 3.  | Strumień powietrza wentylacyjnego [m <sup>3</sup> /h]   | 2 836,00  | 2 578,00  |
| 4.  | Krotność wymian powietrza [1/h]   | zgodnie z normą: PN-83/B-03430 Az3: 2000  | zgodnie z normą: PN-83/B-03430 Az3: 2000                              |
| 6. Charakterystyka energetyczna budynku   |   |   |   |
| 1.  | Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]  | 84,81   | 50,71   |
| 2.  | Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowania ciepłej                                       | 7,00  | 7,00  |



|  |  |  |                      |
|--|--|--|----------------------|
|  | wody użytkowej (moc podgrzewaczy elektrycznych) [kW]   |  |                      |
| 3.   | Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]                                      | 440,68   | 202,28               |
| 4.   | Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku z uwzględnieniem sprawności systemu c.o. [GJ/rok]  | 761,45   | 239,43               |
| 5.   | Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania c.w.u.*) [GJ/rok]   | 41,52  | 33,22 <sup>1)</sup>  |
| 6.   | Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok] | — <sup>2)</sup>                                    | —                    |
| 7.   | Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]                   | —  | —                    |
| 8.   | Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]        | 134,90   | 61,90                |
| 9.   | Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]         | 233,09   | 73,27                |
| 10.  | Udział odnawialnych źródeł energii na potrzeby podgrzewu c.w.u. ( bez uwzględniania instalacji oświetlenia) [GJ/rok]   | —  | 11,61 <sup>3)</sup>  |
| 11.  | Udział odnawialnych źródeł energii na potrzeby podgrzewu c.w.u. ( bez uwzględniania instalacji oświetlenia) [%]  | —  | 4,26 % <sup>3)</sup> |
| <b>7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)</b>                           |  |  |                      |
| 1.   | Opłata za 1 GJ na c.o. [zł/GJ]   | 56,28  | 56,28                |
| 2.   | Opłata za 1 MW mocy zamówionej c.o. i c.w.u. [zł/MW/m-c]   | —  | —                    |
| 3.   | Opłata za 1 GJ na c.w.u. [zł/GJ]   | 116,11   | 116,11               |
| 4.   | Opłata abonamentowa [zł/pkt.pom./m-c]  | —  | —                    |
| 5.   | Opłata za podgrzanie 1 m <sup>3</sup> wody użytkowej [zł/m <sup>3</sup> ]  | 41,92  | 21,82                |
| 6.   | Miesięczny koszt ogrzewania 1 m <sup>2</sup> pow. użytkowej [zł/(m <sup>2</sup> m-c)]  | 6,31   | 1,98                 |
| 7.   | Opłata roczna za c.o. i c.w.u. [zł/rok]  | 47 677,0   | 15 985,0             |
| <b>8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego</b> |  |  |                      |
| Planowana suma kredytu [zł]  | 681 190,00   | Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%] | 67,49                |
| Planowane koszty całkowite [zł]  | 681 190,00   | Premia termomodernizacyjna [zł]                    | 63 384,00            |
| Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]  | 31 692,00 <sup>4)</sup>  |  |                      |

**Uwaga:**

\* - obliczone zgodnie z metodologią w „Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej” ze zmianami.

<sup>1)</sup> - Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło na cele c.w.u. wynosi **33,22 GJ**, w tym energia pozyskiwana przez instalację fotowoltaiczną wynosi około **11,61 GJ** (umowny udział mocy – przyjęto do optymalizacji 50%), stąd ilość energii, którą ma zapewnić dodatkowe źródło ciepła (energia elektryczna PGE) wynosi: **33,22 GJ – 11,61 GJ = 21,61 GJ** – wartość brana do obliczeń opłat rocznych za podgrzew c.w.u.

<sup>2)</sup> Brak rozdziału zużycia energii cieplnej dla rozpatrywanego budynku. Ilość energii mierzona jest łącznie na szkołę i dom nauczyciela.



- <sup>3)</sup> Instalacja fotowoltaiczna o mocy **7,44 kWp** ustawiona pod kątem  $30^0$  (kąt nachylenia połaci dachowej) w kierunku południowym. Prognozowa ilość energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalację fotowoltaiczną o mocy 7,44 kWp wynosi – **6449,1 kWh/rok = 23,22 GJ/rok** z uwzględnieniem strat lokalnych, zacierania w wysokości 5%, przeznaczona ma być na potrzeby wspomagania podgrzewu c.w.u. za pomocą podgrzewaczy elektrycznych i wspomagania instalacji oświetlenia. Do wspomagania podgrzewu c.w.u. w audycie przyjęto umowny podział mocy instalacji PV, na potrzeby c.w.u. założono 50% i na potrzeby oświetlenia również 50%. Stąd ilość energii odnawialnej przypadająca do wspomagania instalacji c.w.u. wynosi **11,61 GJ – wielkość brana do obliczeń.**
- <sup>4)</sup> Wielkość oszczędności wynika z zastosowanych do jej wyznaczenia: obliczeniowych mocy cieplnych, obliczeniowych wartości temperatur wewnętrznych w budynku oraz warunków standardowego sezonu grzewczego.

### 3. DOKUMENTY I DANE ŹRÓDŁOWE WYKORZYSTANE PRZY OPRACOWANIU AUDYTU ORAZ WYTYCZNE I UWAGI INWESTORA

#### Dostępna dokumentacja projektowa:

- projekt budowlany uproszczony remontu pomieszczenia przeznaczonego na punkt przedszkolny w Szkole Podstawowej w Karolewie”, opracowany przez jednostkę Usługi Projektowe Artur Maciejak, 2017r.
- inwentaryzacja budynku Szkoły Podstawowej w Karolewie, opracowana opracowany przez jednostkę „Technoplan”, 1964r.

#### Inne dokumenty:

- aktualne ceny nośników energii ciepłej dostarczone przez Inwestora,
- aktualne normy, katalogi i cenniki lokalnych firm budowlano-instalacyjnych,
- obowiązujące normy i rozporządzenia w dniu sporządzania audytu.

#### Osoby udzielające informacji:

- Pani Izabella Smereczyńska – inspektor d/s inwestycji i zamówień publicznych

#### Data wizji lokalnej:

- 27 styczeń 2020 r.

#### Wytyczne i uwagi inwestora (zleceniodawcy) stanowiące ograniczenia zakresu możliwych usprawnień:

- obniżenie kosztów eksploatacji z tytułu ogrzewania budynku,
- ewentualne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w ustawie z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów,
- spełnienie przez budynek wymagań ochrony ciepłej budynku, które będą obowiązywały w Polsce od **1 stycznia 2021 r.** (według Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 5 lipca 2013r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie),
- należy przewidzieć docieplenie przegród zewnętrznych w budynku (ściany zewnętrzne części nadziemnej, strop pod nieogrzewanym poddaszem),
- należy przewidzieć wymianę okien oraz drzwi wejściowych do budynku.

#### Zadeklarowany maksymalny udział własny na pokrycie kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego lub kwota kredytu możliwego do zasięgnięcia przez inwestora:

- wkład własny inwestora w wysokości **0,00 %** planowanych kosztów całkowitych,
- wartość kredytu: **100,00 %**, nie powinna przekroczyć **700 000,00 zł**

#### 4. INWENTARYZACJA TECHNICZNO – BUDOWLANA BUDYNKU

##### 4.1. Dane ogólne o budynku

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Własność</b>              | Gmina Pniewy<br>Pniewy 2<br>kod. 05 – 652; miejsc.: Pniewy<br>województwo: mazowieckie |
| <b>Przeznaczenie budynku</b> | szkolny  |
| <b>Adres</b>                 | Karolew 3<br>kod. 05 – 652; miejsc.: Pniewy<br>województwo: mazowieckie                |
| <b>Rodzaj budynku</b>        | użyteczności publicznej  |

|  |            |   |                          |
|--|------------|---|--------------------------|
| <b>Rok budowy</b>  | 1965       | <b>Rok zasiedlenia</b>  | 1967                     |
| <b>Technologia budynku</b>   | TRADYCYJNA |   |                          |
| <b>1. Powierzchnia zabudowy (m<sup>2</sup>)</b>  | 570,00     | <b>8. Powierzchnia użytkowa ogrzewanej części obiektu (m<sup>2</sup>)</b> | 907,30                   |
| <b>2. Kubatura obiektu (m<sup>3</sup>)</b>   | 4 880,00   | <b>9. Liczba klatek schodowych</b>  | I                        |
| <b>3. Kubatura ogrzewanej części obiektu (m<sup>3</sup>)</b>                           | 2 903,20   | <b>10. Liczba kondygnacji</b>   | II                       |
| <b>4. Powierzchnia użytkowa mieszkań (m<sup>2</sup>)</b>                               | —          | <b>11. Wysokość kondygnacji w świetle (m)</b>                             | - 3,20 (parter i piętro) |
| <b>5. Powierzchnia poddasza (m<sup>2</sup>)</b>  | —          | <b>12. Liczba osób</b>  | 140                      |
| <b>6. Powierzchnia netto budynku (m<sup>2</sup>)</b>                                   | 907,30     | <b>13. Liczba mieszkań</b>  | —                        |
| <b>7. Powierzchnia usługowa pomieszczeń ogrzewanych (sklepy, itp.) (m<sup>2</sup>)</b> | —          | <b>14. Obiekt podpiwniczony</b>   | nie                      |

##### 4.2. Uproszczona dokumentacja techniczna

Uproszczoną dokumentację techniczną (rzuty i przekrój budynku) zawiera załącznik Z 5. Poniżej przedstawiony został szkic usytuowania budynku względem stron świata.



Rysunek 1. Usytuowanie obiektu względem stron świata.



#### 4.3. Opis techniczny podstawowych elementów

Budynek zlokalizowany jest w Karolewie. Posiada 2 kondygnacje nadziemne.

Ściany zewnętrzne części nadziemnej to ściany z cegły ceramicznej pełnej. Stropy międzykondygnacyjne to stropy Ackermana.

Stolarka okienna i drzwiowa w większości w średnim stanie technicznym.

Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych wymienionych w powyższym opisie znajduje się w załączniku nr 1.

#### 4.4. Charakterystyka energetyczna

Obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym obliczono zgodnie z normą PN-EN ISO 13790 „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.

Do wykonania obliczeń wykorzystano następujące Normy i Rozporządzenia:

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 września 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku świadectw charakterystyki energetycznej,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie,
- PN-EN ISO 6946 „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczeń”,
- PN-83/B-03430 „Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej”.

Obliczenia szczytowej mocy grzewczej wykonano zgodnie z obowiązującą normą PN-EN ISO 12831 „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego”.

Strumień powietrza wentylacyjnego dla budynku obliczono zgodnie z wymaganiami zawartymi w PN-83/B-03430/Az3:2000 „Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej” (Załącznik Z1.1).

Obliczenia wykonano przy pomocy programu komputerowego AUDYTOR OZC wersja 6.7 Pro, stacja meteorologiczna – Warszawa Okęcie.

#### Wyniki obliczeń przedstawiono poniżej:

- szczytowa moc grzewcza  
(zapotrzebowanie na moc cieplną z obliczeń)..... $q_{moc} = 84,81 \text{ kW}$ ,
- roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku ..... $Q_H = 440,68 \text{ GJ/rok}$ ,
- roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku  
po uwzględnieniu sprawności systemu c.o. .... $Q_S = 761,45 \text{ GJ/rok}$ .

Koszty energii cieplnej

Oplaty ponoszone przez odbiorcę energii cieplnej, na podstawie dostarczonych faktur za paliwo gazowe. Średnia cena gazu uwzględniająca wszystkie opłaty: opłatę za paliwo gazowe, opłatę dystrybucyjną zmienną, opłatę dystrybucyjną stałą, opłatę handlową zgodnie z taryfą BW-5 wynosi 1,9361 zł/m<sup>3</sup> brutto.

Stąd koszt produkcji 1 GJ energii cieplnej wytwarzanej w kotłowni gazowej z uwzględnieniem sprawności wytwarzania **wynosi 67,00 zł/GJ brutto**.

Koszt produkcji 1 GJ energii cieplnej wytwarzanej w kotłowni gazowej bez uwzględnienia sprawności wytwarzania **wynosi 56,28 zł/GJ brutto**.

**4.5. Charakterystyka systemu grzewczego**

Skróconą charakterystykę systemu grzewczego przedstawiono poniżej.

|   |  |
|---|--|
| <b>Typ instalacji c.o.</b>                  | dwururowa, pompowa, z rozdziałem dolnym i częściowo górnym |
| <b>Parametry pracy instalacji c.o.</b>      | 95/70 °C   |
| <b>Przewody w instalacji c.o.</b>           | przewody stalowe   |
| <b>Izolacja przewodów poziomych</b>         | częściowo  |
| <b>Grzejniki</b>                            |  |
| <b>Typ</b>                                  | grzejniki żeliwne  |
| <b>Zasłonięcie</b>                          | brak   |
| <b>Zawory termostatyczne</b>                | nie  |
| <b>System pomiarowy</b>                     | W budynku jest wodomierz główny do wody zimnej.            |
| <b>Ilość dni ogrzewania w tygodniu</b>      | 7 dni  |
| <b>Ilość godzin ogrzewania w ciągu doby</b> | 24 h   |

Istniejącą instalację można scharakteryzować współczynnikami sprawności przedstawionymi w tabelach.

| <b>Wyszczególnienie współczynnika</b>   | <b>Wartość</b>       |
|---|----------------------|
| <b>1</b>  | <b>2</b>             |
| <b>Wytwarzania ciepła</b><br>(kocioł gazowy z otwartą komorą spalania, ze względu na stan techniczny przyjęto sprawność 0,84)   | $\eta_{H,g0} = 0,84$ |
| <b>Przesyłania ciepła</b><br>(ogrzewanie centralne wodne z lokalnego źródła ciepła usytuowanego w ogrzewanym budynku z zaizolowanymi przewodami, armaturą i urządzeniami, które są zainstalowane w przestrzeni nieogrzewanej, ze względu na średni stan techniczny, wiek instalacji, braki w izolacji cieplnej obniżono o 6%, stąd sprawność przyjęta do obliczeń 0,85) | $\eta_{H,d0} = 0,85$ |
| <b>Regulacji i wykorzystania systemu grzewczego</b><br>(ogrzewanie wodne z grzejnikami członowymi lub płytowymi w przypadku regulacji centralnej, bez regulacji miejscowej)<br>$\eta_{H,e} = \eta_{H,e}' + 0,03 \cdot X - 0,03$ ( $X=1$ )   | $\eta_{H,e0} = 0,77$ |

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| Akumulacji ciepła<br>(system ogrzewczy bez zbiornika buforowego) | $\eta_{H,s0} = 1,00$                |
| <b>Sprawność całkowita systemu grzewczego</b>                    | <b><math>\eta_0 = 0,5498</math></b> |
| Uwzględnienie przerw w ogrzewaniu w okresie tygodnia             | $w_{t0} = 1,00$                     |
| Uwzględnienie przerw w ogrzewaniu w okresie doby                 | $w_{d0} = 0,95$                     |

#### 4.6. Charakterystyka instalacji c.w.u.

Skrócony opis instalacji c.w.u. przedstawiono w tabeli poniżej.

| Rodzaj opisu  | Stan istniejący   |
|---|---|
| 1   | 2   |
| <b>Sposób przygotowania c.w.u.</b>  | podgrzewacze elektryczne                                |
| <b>Przewody w instalacji c.w.u.</b>   | stalowe ocynkowane łączone na gwint                     |
| <b>Izolacja przewodów poziomych</b>   | tak   |
| <b>Opomiarowanie</b>  | W budynku znajduje się główny wodomierz do wody zimnej. |
| <b>Średnie roczne zużycie ciepłej wody</b><br>(dane projektowe „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”) | Obliczone - 115 m <sup>3</sup>                          |

Istniejącą instalację c.w.u. można scharakteryzować współczynnikami sprawności przedstawionymi w tabeli poniżej:

| Wyszczególnienie współczynnika                                      | Wartość                                 |
|---|---|
| 1   | 2                                       |
| Wytwarzania ciepła (stare podgrzewacze elektryczne pojemnościowych) | $\eta_{w,g0} = 0,82$                    |
| Przesyłania ciepła  | $\eta_{w,d0} = 0,80$                    |
| Akumulacji ciepła   | $\eta_{w,s0} = 0,80$                    |
| Sprawność wykorzystania   | $\eta_{w,e0} = 1,00$                    |
| Sprawność całkowita   | <b><math>\eta_{w,0} = 0,5222</math></b> |

Średnie roczne zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u. wynoszące 41,52 GJ/rok wyliczono w Załączniku Z 1.2.



#### 4.7. Charakterystyka systemu wentylacji

Wymiana powietrza w budynku odbywa się za pomocą wentylacji grawitacyjnej gdzie napływ powietrza następuje przez stolarkę okienną i drzwiową, a usuwanie przez kanały wentylacyjne z kratkami.

Strumień powietrza wentylacyjnego dla budynku obliczono zgodnie z wymaganiami zawartymi w PN-83/B-03430Az3:2000 „Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej”. Wynosi on  $2\,836\text{ m}^3/\text{h}$ .

#### 4.8. Charakterystyka źródła ciepła

Źródłem ciepła na cele centralnego ogrzewania jest węzeł kotłownia gazowa zlokalizowana w budynku szkoły. Zabezpieczenie kotłowni stanowi naczynie przeponowe wzbiórcze.



Rysunek 2. Widok kotłowni gazowej zlokalizowanej w szkole

### 5. OCENA AKTUALNEGO STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

#### 5.1. Przegrody zewnętrzne

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury dotyczącym warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 5 lipca 2013 roku wymagania odnośnie racjonalizacji zużycia energii uznaje się za spełnione, jeśli przegrody zewnętrzne budynku oraz technika instalacyjna odpowiadają wymaganiom izolacyjności cieplnej, powierzchnia okien spełnia odpowiednie wymagania oraz (w przypadku budynków nowych) wartość wskaźnika *EP* dla budynku jest mniejsza od wartości maksymalnej.

Ponieważ współczynniki przenikania ciepła większości przegród niniejszego budynku przekraczają aktualnie wymagane wartości (w mniejszym lub w większym stopniu), budynek nie spełnia aktualnych wymagań odnośnie racjonalizacji użytkowania energii.

## 5.2. System grzewczy

W budynku znajduje się instalacja c.o. dwururowa pompowa z rozdziałem dolnym i częściowo górnym. Instalacja jest w złym stanie technicznym. Instalacja nie jest wyposażona w zawory termostaticzne. Po ustaleniach z inwestorem w audycie przewidziano wymianę instalacji c.o. na nową.

Ciepło do budynku doprowadzane jest z kotłowni gazowej. Po ustaleniach z inwestorem w audycie przewidziano wymianę istniejącej kotłowni gazowej na nową kotłownię z kotłem kondensacyjnym gazowym.

Zestawienie oceny stanu istniejącego budynku i możliwości poprawy.

| I.p. | Charakterystyka stanu istniejącego   | Możliwości i sposób poprawy  |
|------|--|--|
| 1    | 2  | 3  |
| 1.   | <p><u>Przegrody zewnętrzne</u></p> <p>Przegrody zewnętrzne budynku mają następujące wartości współczynnika przenikania ciepła <math>U</math> [<math>W/(m^2 \cdot K)</math>]:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ściany nadziemna.....<math>U = 1,205</math>;</li> <li>strop pod nieogrzewanym poddaszem.....<math>U = 0,204</math>.</li> </ul> | <p>Należy docieplić przegrody zewnętrzne budynku. Maksymalne wartości współczynnika <math>U</math> [<math>W/(m^2 \cdot K)</math>] po termomodernizacji wg WT, które będą obowiązywać od <b>1 stycznia 2021r.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ściany - <math>U = 0,20</math> (przy <math>t_i \geq 16^\circ C</math>),</li> <li>- dachy, stropodach i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami - <math>U = 0,15</math> (przy <math>t_i \geq 16^\circ C</math>).</li> </ul>   |
| 2.   | <p><u>Okna</u></p> <p>Okna o współczynniku <math>U = 2,00 W/(m^2 \cdot K)</math>.</p>  | <p>Wskazana wymiana okien na szczelne, (z napływem powietrza zewnętrznego w ilości niezbędnej dla potrzeb wentylacyjnych przez urządzenia nawiewne umieszczane w oknach lub innych częściach przegród zewnętrznych), o niskim współczynniku <math>U</math> (od <b>1 stycznia 2021r.</b> nie większym niż <math>0,90</math> dla <math>t_i \geq 16^\circ C</math> i nie większym niż <math>1,4</math> dla <math>t_i &lt; 16^\circ C</math>) - pod warunkiem opłacalności.</p>  |
| 3.   | <p><u>Drzwi wejściowe</u></p> <p>Drzwi są w średnim stanie technicznym, o współczynniku <math>U = 2,50 W/(m^2 \cdot K)</math>.</p>   | <p>Wymiana drzwi zewnętrznych na nowoczesne drzwi, o niskim współczynniku <math>U</math>, spełniającym wymagania ochrony cieplnej (wg WT, które będą obowiązywać od <b>1 stycznia 2021 r.</b> <math>U_{Cmax} &lt; 1,30 W/(m^2 \cdot K)</math>) - pod warunkiem opłacalności.</p>   |
| 4.   | <p><u>Wentylacja</u></p> <p><i>Wentylacja grawitacyjna.</i> W okresie zimowym może okresowo występować nadmierny napływ zimnego powietrza do budynku przez stolarkę okienną i drzwiową, wpływający na zużycie ciepła na ogrzewanie powietrza wentylacyjnego.</p>   | <p>Wskazana wymiana okien na nowoczesne okna szczelne, z napływem powietrza zewnętrznego w ilości niezbędnej dla potrzeb wentylacyjnych przez urządzenia nawiewne umieszczane w oknach lub innych częściach przegród zewnętrznych, o niskim współczynniku <math>U</math>, spełniającym wymagania ochrony cieplnej, które będą obowiązywały od <b>1 stycznia 2021r.</b> (<math>U_{Cmax} &lt; 0,90</math> dla <math>t_i \geq 16^\circ C</math> i <math>U_{Cmax} &lt; 1,40</math> dla <math>t_i &lt; 16^\circ C</math>) - pod warunkiem opłacalności. Wymiana drzwi zewnętrznych na nowoczesne drzwi, o niskim współczynniku <math>U</math>, spełniającym wymagania ochrony cieplnej (wg WT, które będą obowią-</p> |

| l.p. | Charakterystyka stanu istniejącego  | Możliwości i sposób poprawy  |
|------|---|--|
| 1    | 2   | 3  |
|      |   | zywać od <b>1 stycznia 2021 r.</b> $U_{Cmax} < 1,30$ W/(m <sup>2</sup> ·K)) - pod warunkiem opłacalności.  |
| 5.   | <u>Instalacja ciepłej wody użytkowej</u><br>Przygotowywana w podgrzewaczach elektrycznych pojemnościowych.  | Montaż nowych podgrzewaczy elektrycznych wspomaganych instalacją PV o mocy 7,44 kWp (przy umownym podziale 50% przypadającym na wspomaganie podgrzewu c.w.u.). |
| 6.   | <u>System ogrzewania</u><br>Instalacja centralnego ogrzewania pompowa, dwururowa, z rozdziałem dolnym, nie wyposażona w zawory termostaticzne z głowicami, instalacja c.o. zabezpieczona przed przyrostem objętości czynnika grzewczego naczyniem przeponowym zamkniętym<br>Źródło ciepła – kotłownia gazowa. | Podwyższenie sprawności instalacji centralnego ogrzewania.<br><br>Montaż nowej kotłowni gazowej z kotłem gazowym kondensacyjnym.                               |

## 6. WYKAZ USPRAWNIEN I PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH WYBRANYCH NA PODSTAWIE OCENY STANU TECHNICZNEGO

| l.p. | Rodzaj usprawnień lub przedsięwzięć  | Sposób realizacji  |
|------|--|--|
| 1    | 2  | 3  |
| 1.   | Zmniejszenie strat ciepła przez przenikanie przez ściany zewnętrzne budynku.         | Ocieplenie ścian zewnętrznych metodą BSO /obecnie ETICS/ (z warstwą np. styropianu).   |
| 2.   | Zmniejszenie strat ciepła przez przenikanie przez strop pod nieogrzewanym poddaszem. | Ocieplenie stropu matami z wełny mineralnej.   |
| 3.   | Zmniejszenie strat ciepła przez przenikanie przez okna w budynku.                    | Wymiana okien na nowoczesne, szczelne, o niskim współczynniku $U$ .  |
| 4.   | Zmniejszenie strat ciepła przez drzwi wejściowe do budynku.                          | Wymiana drzwi wejściowych na nowoczesne o niskim współczynniku $U$ .   |
| 5.   | Zmniejszenie strat ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego.                    | Wymiana okien i drzwi na nowoczesne, szczelne, o niskim współczynniku $U$ .  |
| 6.   | Zmniejszenie kosztów podgrzania c.w.u.   | Montaż nowych podgrzewaczy elektrycznych wspomaganych instalacją PV o mocy 7,44 kWp (przy umownym podziale 50% przypadającym na wspomaganie podgrzewu c.w.u.). |
| 7.   | Podwyższenie sprawności instalacji centralnego ogrzewania i źródła ciepła            | Wykonanie nowej instalacji c.o.<br><br>Wykonanie nowej kotłowni gazowej o wyższej sprawności eksploatacyjnej.  |



## 7. OKREŚLENIE OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMO-MODERNIZACYJNEGO

### 7.1. Wskazanie usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło i moc cieplną

Do usprawnień termomodernizacyjnych rozpatrywanych w audycie energetycznym należą:

- 1) Usprawnienia dotyczące bryły budynku (zmniejszające straty ciepła przez przenikanie i wentylację):
  - a) docieplenie ścian zewnętrznych budynku,
  - b) docieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem,
  - c) wymianę okien oraz drzwi wejściowych do budynku.
- 2) Usprawnienia dotyczące zmniejszenia zapotrzebowania ciepła na przygotowanie c.w.u.:
  - a) Montaż nowych podgrzewaczy elektrycznych wspomaganych instalacją PV (przy udziale umownym 50%). Moc całkowita zaprojektowanej instalacji PV wynosi 7,44 kWp. Moc instalacji PV przypadająca umownie do wspomagania podgrzewu c.w.u. wynosi **3,72 kWp**.
- 3) Usprawnienia dotyczące systemu grzewczego budynku (zmniejszające zużycie ciepła):
  - a) Wykonanie nowej instalacji c.o.
  - b) Wykonanie nowej kotłowni gazowej o wyższej sprawności eksploatacyjnej.

### 7.2. Wybór optymalnych usprawnień dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

Przy określaniu optymalnych usprawnień przyjęto następujące dane:

$O_{z01}$  ..... 67,00 zł/GJ (wartość uwzględniająca sprawność wytwarzania),

$t_{z0}$  ..... -20,00 °C.

$t_{w0\ 19,20}$  ..... 19,20°C\* (do optymalizacji docieplenia ścian zewnętrznych nadziemna i stropu pod nieogrzewanym poddaszem oraz wymiany okien i drzwi wejściowych do budynku),

$Sd_{19,20}$  ..... 3 575,40 dzień·K/rok.

\*wartość średnia ważona liczona powierzchniami.

#### 7.2.1. Określenie optymalnego oporu cieplnego dodatkowej warstwy izolacji termicznej w przegrodach zewnętrznych

**Uwaga:** Po ustaleniach z Inwestorem przyjęto wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród zgodne z warunkami technicznymi, które będą obowiązywały **od 1 stycznia 2021r.** W przypadku materiałów przyjmowanych do ocieplenia o lepszych lub gorszych parametrach cieplnych **należy przeliczyć grubość warstwy ocieplającej.** Przyjęty w audycie rodzaj materiału docieplającego przy szczegółowej inwentaryzacji można ewentualnie **zamienić na inny, ale spełniający wymaganą minimalną wartość oporu cieplnego po termomodernizacji.**

## Ściany zewnętrzne części nadziemnej budynku

Stan istniejący:  $U = 1,205 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

Dodatkowa izolacja:  $\lambda = 0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  (styropian, metoda ETICS / BSO, dawniej „lekka-mokra”).

Powierzchnia przegrody:  $560,70 \text{ m}^2$ .

Powierzchnia do docieplenia:  $672,80 \text{ m}^2$ .

Wartość  $N_U$  przyjęto na podstawie oferty lokalnych firm budowlanych. *Cena  $N_U$  zawiera całkowity koszt wszystkich prac budowlanych związanych z wykonaniem tego przedsięwzięcia z podatkiem VAT.*

|                        |              |         |         |         |         |                |         |                       |
|------------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|----------------|---------|-----------------------|
| Grubość opt. =         | 0,12         | 0,13    | 0,14    | 0,15    | 0,16    | <b>0,17</b>    | 0,18    | m                     |
| $U_{\text{śr.waż.}}$ = | 0,26         | 0,245   | 0,231   | 0,22    | 0,21    | <b>0,197</b>   | 0,19    | W/(m <sup>2</sup> *K) |
| $\Delta R$ =           | 3,00         | 3,25    | 3,50    | 3,75    | 4,00    | <b>4,25</b>    | 4,50    | (m <sup>2</sup> *K)/W |
| Koszt jednostkowy =    | 299,00       | 303,50  | 308,00  | 312,50  | 317,00  | <b>321,50</b>  | 326,00  | zł/m <sup>2</sup>     |
| $N_U$ =                | 201 167      | 204 195 | 207 222 | 210 250 | 213 278 | <b>216 305</b> | 219 333 | zł                    |
| SPBT =                 | <b>17,79</b> | 17,80   | 17,84   | 17,90   | 17,98   | <b>18,08</b>   | 18,19   | lat                   |

**Uwagi:** Uwzględniono, przy grubościach >10 cm, przyrost kosztu jednostkowego spowodowany koniecznością zastosowania dłuższych kołków. Przy ustalaniu powierzchni do docieplenia pomniejszono powierzchnię elewacji o powierzchnię otworów okiennych i drzwiowych oraz uwzględniono dodatek na docieplenie ościeży i obróbki w wysokości 20% oraz uwzględniono koszt rusztowań.

Optymalna pod względem ekonomicznym grubość docieplenia wynosi 12cm, jednak z uwagi na wymaganą minimalną wartość współczynnika przenikania ciepła ścian zewnętrznych wg Warunków Technicznych, które będą obowiązywały od 1 stycznia 2021 r.,  $U_{Cmax} = 0,20 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  (przy  $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ ), przyjęto 17 cm.

Koszt całkowity docieplenia ścian zewnętrznych części nadziemnej budynku wyniesie:

$$672,80 \text{ m}^2 \times 321,50 \text{ zł/m}^2 = \underline{\underline{216\,305 \text{ zł.}}}$$

## Strop pod nieogrzewanym poddaszem

Stan istniejący:  $U = 0,204 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$

Dodatkowa izolacja:  $\lambda = 0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  (maty z wełny mineralnej).

Powierzchnia przegrody:  $497,90 \text{ m}^2$ .

Powierzchnia do docieplenia:  $497,90 \text{ m}^2$ .

Wartość  $N_U$  przyjęto na podstawie oferty lokalnych firm budowlanych. *Cena  $N_U$  zawiera całkowity koszt wszystkich prac budowlanych związanych z wykonaniem tego przedsięwzięcia z podatkiem VAT.*

|                        |        |        |        |        |               |        |        |                       |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|-----------------------|
| Grubość opt. =         | 0,02   | 0,04   | 0,06   | 0,07   | <b>0,08</b>   | 0,09   | 0,10   | m                     |
| $U_{\text{śr.waż.}}$ = | 0,19   | 0,17   | 0,16   | 0,1503 | <b>0,145</b>  | 0,14   | 0,14   | W/(m <sup>2</sup> *K) |
| $\Delta R$ =           | 0,50   | 1,00   | 1,50   | 1,75   | <b>2,00</b>   | 2,25   | 2,50   | (m <sup>2</sup> *K)/W |
| Koszt jednostkowy =    | 106,00 | 112,00 | 118,00 | 121,00 | <b>124,00</b> | 127,00 | 130,00 | zł/m <sup>2</sup>     |
| $N_U$ =                | 52 777 | 55 765 | 58 752 | 60 246 | <b>61 740</b> | 63 233 | 64 727 | zł                    |
| SPBT =                 | 127,02 | 99,87  | 86,53  | 82,25  | <b>78,94</b>  | 76,35  | 74,29  | lat                   |

Wobec spadającej wartości SPBT przyjęto grubość docieplenia spełniającą wymaganą minimalną wartość współczynnika przenikania ciepła dachów, stropodachów i stropów pod nieogrzewanymi poddaszami wg Warunków Technicznych, które będą obowiązywały od 1 stycznia 2021r.,  $U_{Cmax} = 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  (przy  $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ ), równą 8 cm.

Koszt całkowity docieplenia stropu pod nieogrzewanym poddaszem wyniesie:

$$497,90 \text{ m}^2 \times 124,00 \text{ zł/m}^2 = \underline{\underline{61\,740 \text{ zł.}}}$$

### Wymiana okien części nadziemnej budynku

Stan istniejący okien:  $U = 2,00 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .

$$\begin{aligned} C_{r0} &= 1,30 & C_{r1} &= 0,70 \\ C_{m0} &= 1,50 & C_{m1} &= 1,00 \\ C_{w0,1} &= 1,00 \\ V_{\text{norm.}} &= 2\,590 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

|                   |             |             |                |                               |
|-------------------|-------------|-------------|----------------|-------------------------------|
| $U_i =$           | 1,10        | 1,00        | <b>0,90</b>    | $\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$ |
| Koszt całkowity = | 136 793     | 139 099     | <b>141 404</b> | zł                            |
| <b>SPBT =</b>     | <b>8,72</b> | <b>8,71</b> | <b>8,70</b>    | lat                           |

Uwagi: Nakłady jednostkowe zawierają koszt montażu okien w wysokości 100 zł/m<sup>2</sup>. Ceny przyjęto na podstawie oferty lokalnych dystrybutorów.

Koszt całkowity wymiany okien w części nadziemnej budynku wyniesie:

$$153,70 \text{ m}^2 \times (820 + 100) \text{ zł/m}^2 = \underline{\underline{141\,404 \text{ zł.}}}$$

### Wymiana drzwi wejściowych do budynku

Stan istniejący drzwi:  $U = 2,50 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .

$$\begin{aligned} C_{r0} &= 1,30 & C_{r1} &= 1,00 \\ C_{m0} &= 1,50 & C_{m1} &= 1,00 \\ C_{w0,1} &= 1,00 \\ V_{\text{norm.}} &= 246 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

|                   |              |              |               |                               |
|-------------------|--------------|--------------|---------------|-------------------------------|
| $U_i =$           | 1,50         | 1,40         | <b>1,30</b>   | $\text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$ |
| Koszt całkowity = | 16 790       | 17 155       | <b>17 520</b> | zł                            |
| <b>SPBT =</b>     | <b>15,62</b> | <b>15,57</b> | <b>15,52</b>  | lat                           |

Uwagi: Nakłady jednostkowe zawierają koszt montażu drzwi w wysokości 100 zł/m<sup>2</sup>. Ceny przyjęto na podstawie oferty lokalnych dystrybutorów.

Koszt całkowity wymiany drzwi wejściowych do budynku wyniesie:

$$14,60 \text{ m}^2 \times (1\,100 + 100) \text{ zł/m}^2 = \underline{\underline{17\,520 \text{ zł.}}}$$



### 7.2.2. Określenie usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących przygotowania ciepłej wody użytkowej

Proponowane jest usprawnienie dotyczące zmniejszenia zużycia energii elektrycznej z sieci PGE wykorzystywanej do podgrzewu c.w.u w podgrzewaczach elektrycznych, poprzez montaż **instalacji fotowoltaicznej** produkującej energię PV. Zaprojektowana instalacja wspomagać podgrzew c.w.u., który obecnie jest realizowany za pomocą podgrzewaczy elektrycznych oraz wspomagać będzie instalację oświetlenia. W audycie przewidziano również wymianę starych podgrzewaczy na nowe o wyższej sprawności energetycznej.

Wyniki obliczeń symulacyjnych wydajności instalacji fotowoltaicznej o mocy 7,44 kWp ustawionej pod kątem 30° (kąt nachylenia połaci dachowej) paneli fotowoltaicznych w kierunku południowym przedstawiono poniżej:

| Zestaw paneli fotowoltaicznych o mocy elektrycznej 7,44 kWp     |                        |        |        |       |        |         |         |         |        |                                      |        | stacja meteorologiczna: Warszawa | miejsowość: Karolew      |
|---|------------------------|--------|--------|-------|--------|---------|---------|---------|--------|--------------------------------------|--------|----------------------------------|--------------------------|
| Orientacja SW 30° (zgodnie z nachyleniem połaci dachowej)       |                        |        |        |       |        |         |         |         |        |                                      |        |                                  |                          |
| Miesiąc   | I                      | II     | III    | IV    | V      | VI      | VII     | VIII    | IX     | X                                    | XI     | XII                              |                          |
| Promieniowanie [kWh/m <sup>2</sup> ]                            | 33,742                 | 39,589 | 72,642 | 99,52 | 141,15 | 153,795 | 152,255 | 134,921 | 87,781 | 53,268                               | 24,824 | 20,056                           | 1013,543                 |
| Ilość pozyskiwanej energii elektrycznej [kWh]                   |                        |        |        |       |        |         |         |         |        |                                      |        |                                  | Suma                     |
| 39,40 m <sup>2</sup>  | 226,0                  | 265,2  | 486,5  | 666,6 | 945,4  | 1030,1  | 1019,8  | 903,7   | 587,9  | 356,8                                | 166,3  | 134,3                            | 6788,5                   |
| 39,40 m <sup>2</sup> z uwzględnieniem strat lokalnych 5%        | 214,7                  | 251,9  | 462,2  | 633,2 | 898,1  | 978,6   | 968,8   | 858,5   | 558,5  | 338,9                                | 158,0  | 127,6                            | 6449,1 kWh               |
| Względny uzysk energii [kWh/kWp]                                | 28,9                   | 33,9   | 62,1   | 85,1  | 120,7  | 131,5   | 130,2   | 115,4   | 75,1   | 45,6                                 | 21,2   | 17,2                             | 866,8                    |
| Moduł PV-SE-310 Wp  | 24,0 szt.              |        |        |       |        |         |         |         |        |                                      |        |                                  | 7440                     |
| Sprawność fotoogniw:  | 0,17                   |        |        |       |        |         |         |         |        |                                      |        |                                  |                          |
| Powierzchnia czynna:  | 39,4 m <sup>2</sup>    |        |        |       |        |         |         |         |        |                                      |        |                                  |                          |
| Liczba modułów:   | 24,0 szt. dla 7,44 kWp |        |        |       |        |         |         |         |        |                                      |        |                                  | 7,44 kW                  |
| Straty systemu z powodu lokalnego zacielenia                    | 0,05                   |        |        |       |        |         |         |         |        |                                      |        |                                  | 1,64 m <sup>2</sup> /szt |
|   |                        |        |        |       |        |         |         |         |        | 39,40 m <sup>2</sup>                 |        |                                  |                          |
| Ilość pozyskiwanej energii elektrycznej z modułów o mocy 1 kWp: |                        |        |        |       |        |         |         |         |        | 912,4 kWh/rok                        |        |                                  |                          |
| Urysk względny  |                        |        |        |       |        |         |         |         |        | 866,8 kWh/kWp po uwzględnieniu strat |        |                                  | GJ                       |

Wyliczony uzysk energii z instalacji, przy założeniu około 5% strat lokalnych z powodu ewentualnego zacielenia wynosi rocznie **6449,1 kWh/rok**, zaś uzysk bez uwzględnienia strat wynosi 6788,5 kWh/rok.

W audycie do obliczeń przyjęto wartość ze stratami (6449,1 kWh/rok).

Zaproponowano w audycie instalację fotowoltaiczną składającą się z **24** modułów fotowoltaicznych o mocy nominalnej **305 W** układanych pod kątem 30° S. Sumaryczna moc zaproponowanej instalacji wynosi **7,44 kWp**. Powierzchnia brutto paneli fotowoltaicznych wynosi **39,40 m<sup>2</sup>**. Wymiary pojedynczego panelu fotowoltaicznego wynoszą 983x1670mm, sprawność podana przez producenta nie mniej niż 17%, wytrzymałość na obciążenie statyczne (wiatr, śnieg, lód) około 800 kg/m<sup>2</sup>.

Instalacja fotowoltaiczna o mocy **7,44 kWp** wykorzystywana będzie do wspomagania podgrzewu ciepłej wody użytkowej i na potrzeby własne budynku np. oświetlenie.

Przyjęcie paneli fotowoltaicznych o wyższej sprawności pozwoli na większe roczne uzyski energii elektrycznej.

Nie zaleca się montażu paneli fotowoltaicznych w pobliżu przewodów wentylacyjnych, kominów, czy innych elementów zacieleniających mogących je zacieleniać. Zacielenie paneli fotowoltaicznych powyżej 10% powoduje zmniejszenie wydajności ogniwa, zacielenie moduły narażone są na zagrożenie wystąpienia tzw. gorących punktów, które po kilku latach eksploatacji mogą trwale uszkodzić zacieleniane pola. Sprawność takich paneli fotowoltaicznych dodatkowo zostaje obniżona.

W tabeli wyszczególniono łączne nakłady, jakie należy ponieść na budowę instalacji fotowoltaicznej o mocy **7,44 kWp**. Koszty uwzględniają urządzenia wraz z układami sterującymi i nadzorującymi wraz z montażem, uruchomieniem instalacji, oprogramowaniem układów nadzorujących pracę całego systemu oraz dokumentacja techniczną.

Zestawienie nakładów inwestycyjnych na instalację fotowoltaiczną

| Rodzaj usprawnienia: instalacja fotowoltaiczna o mocy 7,44 kWp   | Całkowity koszt |
|--|-----------------|
|  | zł              |
| Montaż 24 paneli fotowoltaicznych o mocy 305 W pojedynczego panelu, łącznej mocy 7,44 kWp  | 21 600          |
| Montaż armatury i wymaganego osprzętu (falowniki, okablowanie, instalacja odgromowa, zabezpieczenia przeciwprzepięciowe, rozdzielnica, przeróbki w układzie licznikowym) | 29 750          |
| <b>Brutto koszt*)</b>  | <b>51 350</b>   |

Nakłady na instalację fotowoltaiczną o mocy 7,44 kWp wynoszą **51 350 zł**.

*Audyt nie może zastąpić dokładnego projektu technicznego wykonania instalacji fotowoltaicznej.*

Na cele optymalizacji c.w.u. w audycie założono instalację PV o mocy **3,72 kWp** (50% PV) do wspomagania podgrzewu c.w.u. i instalację o mocy **3,72 kWp** (50% PV) na cele własne budynku, np. oświetlenie. Jest to umowny podział mocy. Wspomaganie oświetlenia za pomocą instalacji fotowoltaicznej opisane jest w Załączniku 3.

W tabeli wyszczególniono łączne nakłady, jakie należy ponieść na budowę instalacji fotowoltaicznej o mocy **3,72 kWp**. Koszty uwzględniają urządzenia wraz z układami sterującymi i nadzorującymi wraz z montażem, uruchomieniem instalacji oraz oprogramowaniem układów nadzorujących pracę całego systemu wraz z wymiana elektrycznych podgrzewaczy na nowe.

Zestawienie nakładów inwestycyjnych na modernizację instalacji c.w.u.

| Rodzaj usprawnienia  | Ilość jedn. | Cena    | Robocizna | Całkowity koszt |
|--|-------------|---------|-----------|-----------------|
|  | szt.        | zł/szt. | zł/szt.   | zł              |
| Podgrzewacz pojemnościowy 80 dm <sup>3</sup> - 2 szt np. Viking-E 80 Smart (2,0 kW) Biawar lub inny  | 2           | 890     | 110       | 2 000           |
| Podgrzewacz pojemnościowy 60 dm <sup>3</sup> - 2 szt np. Viking-E 60 Smart (1,5 kW) Biawar lub inny  | 2           | 840     | 110       | 1 900           |
| Instalacja fotowoltaiczna o mocy 7,44 kWp (udział procentowy umowny 50% przypadający na wspomaganie podgrzewu c.w.u. - PV <sub>cwu</sub> = 3,72 kWp) |             |         |           | 25 675          |
| Prace demontażowo - budowlane  |             |         |           | 5 000           |
| <b>RAZEM</b>   |             |         |           | <b>34 575</b>   |

Całkowite nakłady inwestycyjne na modernizację instalacji c.w.u. wspomaganej instalacją PV o mocy umownej przypadającej na cele c.w.u. 3,72 kWp będą wynosiły **34 575 zł**.

*Koszty i udział instalacji PV zostały wydzielone tylko do celów optymalizacji c.w.u.*



### Oszczędność energii wynikająca z:

montażu instalacji PV (udział 50%): **11,61 GJ/rok = 3224,55 kWh/rok**

Instalację c.w.u. po modernizacji można scharakteryzować współczynnikami sprawności przedstawionymi w tabeli poniżej:

| Wyszczególnienie współczynnika                                      | Wartość  |
|---|--|
| 1   | 2  |
| Sprawność wytworzenia nośnika ciepła (nowy podgrzewacz elektryczny) | $\eta_{gw1} = 0,96$  |
| Sprawność transportu (dystrybucji) ciepłej wody                     | $\eta_{dwl} = 0,80$  |
| Sprawność akumulacji ciepłej wody                                   | $\eta_{sw1} = 0,85$  |
| Sprawność wykorzystania   | $\eta_{ew1} = 1,00$  |
| <b>Sprawność całkowita</b>  | <b><math>\eta_{w,tot1} = \eta_{w,g1} \cdot \eta_{w,d1} \cdot \eta_{w,sw1} \cdot \eta_{w,ew1} = 0,6528</math></b> |

Oszczędności po modernizacji prognozowo będą wynosiły:

$$\Delta O_{rcw} = 2\,312 \text{ zł/rok}$$

$$N_{cw} = 34\,575 \text{ zł}$$

$$SPBT = 14,95 \text{ lat}$$

### 7.2.3. Zestawienie optymalnych usprawnień według rosnącej wartości SPBT

Wybrane (w pkt. 7.1.) i zoptymalizowane (w pkt. 7.2.1. i 7.2.2.) ulepszenia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło w wyniku zmniejszenia strat przenikania ciepła przez przegrody budowlane uszeregowano w tabeli według rosnącej wartości SPBT.

| Lp. | Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego  | Planowany koszt robót [zł] | SPBT [lata] |
|-----|---|----------------------------|-------------|
| 1   | 2   | 3                          | 4           |
| 1   | Wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.  | 199 646                    | 14,79       |
| 2   | Wymiana okien w części nadziemnej budynku   | 141 404,00                 | 8,70        |
| 3   | Montaż podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. i instalacji PV o mocy 7,44 kWp (umowny udział 50%). | 34 575                     | 14,95       |
| 4   | Wymiana drzwi wejściowych do budynku  | 17 520,00                  | 15,52       |
| 5   | Docieplenie ścian zewnętrznych nadziemna  | 216 305,00                 | 18,08       |
| 6   | Docieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem  | 61 740,00                  | 78,94       |

### 7.3. Wybór optymalnego wariantu usprawnień termomodernizacyjnych poprawiających sprawność systemu grzewczego

#### 7.3.1. Zestawienie usprawnień systemu grzewczego, ich kosztów i efektów

| I.p. | Rodzaj usprawnienia                           | Koszt [zł] | Zmienione współczynniki sprawności   |
|------|---|------------|--|
| 1    | 2   | 3          | 4  |
| 1.   | Nowa instalacja c.o. i nowa kotłownia gazowa. | 199 646    | $\eta_g = 0,84 \rightarrow 0,95$<br>$\eta_d = 0,85 \rightarrow 0,96$<br>$\eta_e = 0,77 \rightarrow 0,88$ |

| Inwestycja:wymiana instalacji c.o. i nowa kotłownia gazowa z kotłem gazowym kondensacyjnym   | Całkowity koszt brutto zł |
|--|---------------------------|
| Grzejniki płytowe stalowe z odpowietrznikami i z zestawem montażowym 62 szt.   | 37200                     |
| Rury przyłączone o śr.15 do grzejników płytowych 62 szt.   | 2 976                     |
| Zawór termostatyczny prosty z nastawą wstępną 62 szt.  | 3 844                     |
| Głowice termostatyczne z zabezpieczeniem przed demontażem 62 szt.  | 5 270                     |
| Zawory grzejnikowe fi 15 odcinające proste z możliwością spustu wody 62 szt.   | 1 984                     |
| Izolacja pianką polietylenową o grubości zgodnej z WT  | 2 600                     |
| Zawory odpowietrzające automatyczne ze złączkami 19 szt.   | 665                       |
| Instalacja technologiczna c.o. z kształtkami (np.stal i KAN-therm Steel)   | 28 815                    |
| Zawór przelotowy prosty na odejściu do pionów 38 szt.  | 1 216                     |
| Kocioł gazowy wiszący kondensacyjny na gaz ziemny o sprawności do 98% (Hs) klasy min. A, o łącznej mocy znamionowej 51 kW, np. kocioł Vitodens 200-W o zakresie od 12-60 kW przy parametrach 50/30 st.C (znamionowe obciążenie cieplne przy eksploatacji 11,2-56,2 kW) | 39 000                    |
| Armatura odcinająca, zabezpieczająca, instalacja technologiczna, izolacja cieplna o grubości zgodnej z WT, system kominowy pompa obiegowa, detektor gazu, demontaż i montaż kotłowni, próby i uruchomienie, wentylacja nawiewno-wywiewna                               |                           |
| <b>Materiały (M)</b>   | <b>123 570</b>            |
| Robocizna 20% od M (R)   | 24 714                    |
| Koszty pośrednie Ko (64,7% od R):  | 15 990                    |
| Zysk 10,5% od R i Ko   | 4 272                     |
| Próby szczelności w budynkach niemieszkalnych  | 2 900                     |
| Płukanie instalacji w budynkach niemieszkalnych  | 3 200                     |
| Próby z dokonaniem regulacji instalacji c.o. na gorąco   | 500                       |
| Prace budowlano-demontażowe (demontaż grzejników, instalacji technologicznej, centralnej sieci odpowietrzającej...itp)   | 8 000                     |
| Przystosowanie pomieszczenia na pomieszczenie kotłowni   | 11 000                    |
| Dokumentacja techniczna  | 5 500                     |
| <b>RAZEM brutto</b>  | <b>199 646</b>            |

Przykładowy kocioł gazowy kondensacyjny(karta katalogowa):



### Dane techniczne

| Gazowy kocioł grzewczy, typ konstrukcji B i C, kategoria II <sub>2N3P</sub>  |       | Gazowy kocioł kondensacyjny |             |             |             |             |              |              |
|--|-------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Zakres znamionowej mocy cieplnej   |       |                             |             |             |             |             |              |              |
| 49 do 69,0 kW: dane wg EN ISO 15502-1.                                       |       |                             |             |             |             |             |              |              |
| 80 do 150 kW: dane wg EN 15417.  |       |                             |             |             |             |             |              |              |
| $T_v/T_R = 50/30^\circ\text{C}$ w przypadku eksploatacji na gaz ziemny       | kW    | 12,0 - 49,0                 | 12,0 - 60,0 | 20,0 - 69,0 | 20,0 - 80,0 | 20,0 - 99,0 | 32,0 - 120,0 | 32,0 - 150,0 |
| $T_v/T_R = 80/60^\circ\text{C}$ w przypadku eksploatacji na gaz ziemny       | kW    | 10,9 - 45,0                 | 10,9 - 55,2 | 18,2 - 65,8 | 18,2 - 74,1 | 18,2 - 90,9 | 29,1 - 110,9 | 29,0 - 136,0 |
| $T_v/T_R = 50/30^\circ\text{C}$ w przypadku eksploatacji na gaz płynny P/G31 | kW    | 17,0 - 49,0                 | 17,0 - 60,0 | 30,0 - 69,0 | 30,0 - 80,0 | 30,0 - 99,0 | 32,0 - 120,0 | 32,0 - 150,0 |
| $T_v/T_R = 80/60^\circ\text{C}$ w przypadku eksploatacji na gaz płynny P/G31 | kW    | 15,5 - 45,0                 | 15,5 - 55,2 | 27,0 - 65,8 | 27,3 - 74,1 | 27,3 - 90,9 | 29,1 - 110,9 | 29,0 - 136,0 |
| Znamionowe obciążenie cieplne przy eksploatacji na gaz ziemny                | kW    | 11,2 - 45,7                 | 11,2 - 56,2 | 18,8 - 66,5 | 18,8 - 75,0 | 18,8 - 92,9 | 30,0 - 113,3 | 30,0 - 142,0 |
| Znamionowe obciążenie cieplne przy eksploatacji na gaz płynny P/G31          | kW    | 16,1 - 45,7                 | 16,1 - 56,2 | 28,1 - 66,5 | 28,1 - 75,0 | 28,1 - 92,9 | 30,0 - 113,3 | 30,0 - 142,0 |
| Typ  |       | B2HA                        | B2HA        | B2HA        | B2HA        | B2HA        | B2HA         | B2HA         |
| Nr identyfikacyjny produktu  |       | CE-0085CN0050               |             |             |             |             |              |              |
| Stopień ochrony  |       | IP X4 wg normy EN 60529     |             |             |             |             |              |              |
| Cisnienie na przyłączy gazu  |       |                             |             |             |             |             |              |              |
| Gaz ziemny   | mbar  | 20                          | 20          | 20          | 20          | 20          | 20           | 20           |
|  | kPa   | 2                           | 2           | 2           | 2           | 2           | 2            | 2            |
| Gaz płynny P/G31   | mbar  | 50                          | 50          | 50          | 50          | 50          | 50           | 50           |
|  | kPa   | 5                           | 5           | 5           | 5           | 5           | 5            | 5            |
| Maks. dopuszczalne ciśnienie na przyłączy gazu**                             |       |                             |             |             |             |             |              |              |
| Gaz ziemny   | mbar  | 25,0                        | 25,0        | 25,0        | 25,0        | 25,0        | 25,0         | 25,0         |
|  | kPa   | 2,5                         | 2,5         | 2,5         | 2,5         | 2,5         | 2,5          | 2,5          |
| Gaz płynny   | mbar  | 57,5                        | 57,5        | 57,5        | 57,5        | 57,5        | 57,5         | 57,5         |
|  | kPa   | 5,75                        | 5,75        | 5,75        | 5,75        | 5,75        | 5,75         | 5,75         |
| Poziom mocy akustycznej  |       |                             |             |             |             |             |              |              |
| (dane zgodnie z normą EN ISO 15036-1)  |       |                             |             |             |             |             |              |              |
| przy obciążeniu częściowym   | dB(A) | 39                          | 39          | 38          | 38          | 38          | 40           | 40           |
| przy znamionowej mocy cieplnej   | dB(A) | 58                          | 67          | 51          | 56          | 59          | 54           | 60           |
| Pobór mocy elektrycznej (w stanie fabrycznym)                                | W     | 56                          | 82          | 107         | 126         | 175         | 146          | 222          |
| Masa   | kg    | 65                          | 65          | 83          | 83          | 83          | 130          | 130          |
| Pojemność wymiennika ciepła  | l     | 7,0                         | 7,0         | 12,8        | 12,8        | 12,8        | 15,0         | 15,0         |

Koszt realizacji przedsięwzięcia modernizacyjnego wraz z niezbędną dokumentacją techniczną i pracami demontażowo – budowlanymi wyniesie około **199 646 zł**.

#### 7.3.2. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność cieplną systemu ogrzewania

$$\begin{aligned}
 Q_{0\infty} &= 440,68 \quad \text{GJ/rok} \\
 q_0 &= 0,08481 \quad \text{MW} \\
 \text{opłata za ciepło przed} &= 56,28 \text{ zł/GJ} \\
 \text{opłata za ciepło po} &= 56,28 \text{ zł/GJ} \\
 \eta_0 &= 0,5498 \\
 w_{t0} * w_{d0} &= 0,9500 \\
 w_{t1} * w_{d1} &= 0,9500
 \end{aligned}$$

| lp | Opis wariantu<br>(wykaz usprawnień)   | n1, w1 | Q1co<br>GJ/rok | ΔQrco<br>zł/rok | Nco<br>zł | SPBT<br>[lata] | NPV<br>zł |
|----|---|--------|----------------|-----------------|-----------|----------------|-----------|
| 0  | stan istniejący   | 0,5498 | 761,45         | -               | -         | -              | -         |
| 1  | Nowa kotłownia gazowa z kotłem gazowym kondensacyjnym<br>Nowa instalacja centralnego ogrzewania<br><br>η <sub>g</sub> = 0,95<br>η <sub>d</sub> = 0,96<br>η <sub>e</sub> = 0,88<br>η <sub>s</sub> = 1,00 | 0,8026 | 521,61         | 13 499          | 199 646   | 14,79          | -53 671   |

Koszt realizacji wariantu przedsięwzięcia modernizacyjnego wynosi **199 646 zł**.

### 7.3.3. Zestawienie usprawnień składających się na optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu ogrzewania

| l.p. | Rodzaj usprawnienia   | Zmiana wartości współczynników sprawności   |
|------|---|---|
| 1    | 2   | 3   |
| 1.   | Wytwarzanie ciepła<br>– zamiana starej kotłowni gazowej na nową kotłownię gazową o wyższej sprawności eksploatacyjnej | η <sub>g</sub> = 0,84 → <b>0,95</b>         |
| 2.   | Przesyłanie ciepła<br>– nowa instalacja c.o.  | η <sub>d</sub> = 0,85 → <b>0,96</b>         |
| 3.   | Regulacja i wykorzystanie systemu ogrzewania<br>- montaż zaworów termostatycznych z głowicami, regulacja hydrauliczna | η <sub>e</sub> = 0,77 → <b>0,88</b>         |
| 4.   | Akumulacji ciepła<br>– bez zmian  | η <sub>s</sub> = 1,00                       |
| 5.   | Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia<br>– bez zmian  | w <sub>t</sub> = 1,00                       |
| 6.   | Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby<br>– bez zmian  | w <sub>d</sub> = 0,95                       |
| 7.   | <b>Sprawnność całkowita systemu</b><br>$\eta = \eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s \cdot \eta_{ps}$         | $\eta = 0,5498 \rightarrow \mathbf{0,8026}$ |

### 7.4. Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

W punkcie tym zamieszczono:

1. Określenie wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych,
2. Obliczenie zdyskontowanej wartości netto NPV wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

3. Ocenę wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych pod względem spełnienia wymagań „Ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów” z dnia 21 listopada 2008 roku oraz Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku.
4. Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

#### 7.4.1. Określenie wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

W tym punkcie zastosowano skrótowe określenia dotyczące usprawnień wymienionych w pkt. 7.2.1.:

- ściany zewnętrzne nadziemna,
- strop pod nieogrzewanym poddaszem,
- okna,
- drzwi,
- montaż podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. i instalacji PV\*),
- wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.

*\*) Na cele optymalizacji c.w.u. w audycie założono instalację PV o mocy 3,72 kWp (udział 50% z instalacji PV o mocy całkowitej 7,44 kWp) do wspomagania podgrzewu c.w.u.*

Rozpatrywane są następujące warianty wymienione w tabeli poniżej.

| Nr wariantu | Skrótowy zakres prac  |
|-------------|---|
| 1           | 2   |
| 1           | strop pod nieogrzewanym poddaszem, ściany zewnętrzne nadziemna, drzwi, montaż podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. i instalacji PV, okna, wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o. |
| 2           | ściany zewnętrzne nadziemna, drzwi, montaż podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. i instalacji PV, okna, wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.                                    |
| 3           | drzwi, montaż podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. i instalacji PV, okna, wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.   |
| 4           | montaż podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. i instalacji PV, okna, wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.  |
| 5           | okna, wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.  |
| 6           | wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.  |



#### 7.4.2. Obliczenie zdyskontowanej wartości netto NPV wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

|                  | przed   | po     |        |
|------------------|---------|--------|--------|
| Oz =             | 56,28   | 56,28  | zł/GJ  |
| opt. handlowa. = | 0,00    | 0,00   | zł/m-c |
| Oz cwu =         | 116,11  | 116,11 | zł/GJ  |
| Q0co =           | 440,68  |        | GJ     |
| Q0cw =           | 41,52   |        | GJ     |
| q0co =           | 0,08481 |        | MW     |
| q0cw =           | 0,00279 |        | MW     |
| $\eta_0$ =       | 0,5498  |        |        |
| wt0*wd0 =        | 0,9500  |        |        |
| wt1*wd1 =        | 0,9500  |        |        |

$$Q_{0co}' = 761,45 \text{ GJ/rok}$$

$Q_{0r} = 47\,677 \text{ zł/rok}$  - (koszt eksploatacji budynku ustalono dla mocy obliczeniowych, warunków standardowego sezonu ogrzewczego oraz obliczeniowych wartości temperatur wewnętrznych w budynku).

**Oszczędność energii wynikająca z:**

zamontowanej istniejącej instalacji fotowoltaicznej\*): **11,61 GJ/rok**

\*) udział instalacji fotowoltaicznej przypadającej w sposób umowny na wspomaganie podgrzewu c.w.u. w podgrzewaczach elektrycznych, obliczenia punkt 7.2.2. audytu (50% PV)

$$\begin{aligned} Q_{1cw} &= 33,22 \text{ GJ} \\ Q_{1cw} + PV &= 33,22 \text{ GJ} - 11,61 \text{ GJ} = \mathbf{21,61 \text{ GJ.}} \end{aligned}$$

Wartość przyjęta do dalszych obliczeń po uwzględnieniu uzysku z instalacji PV.

| Nr war. | $Q_{1co}$<br>[GJ/rok] | $Q_{1cw}$<br>[GJ/rok] | $\eta_1$ | $Q_1$<br>[GJ/rok] | $q_{1co}$<br>[MW] | $Q_{1r}$<br>[zł/rok] | $\Delta Q_r$<br>[zł/rok] | N *<br>[zł] | SPBT<br>[lat] | NPV<br>[zł] |
|---------|-----------------------|-----------------------|----------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-------------|---------------|-------------|
| 1       | 2                     | 3                     | 4        | 5                 | 6                 | 7                    | 8                        | 9           | 10            | 11          |
| 1       | 202,28                | 21,61                 | 0,8026   | 239,43            | 0,05071           | 15 985               | 31 692                   | 681 190     | 21,49         | -338 479    |
| 2       | 210,14                | 21,61                 | 0,8026   | 248,73            | 0,05175           | 16 508               | 31 169                   | 619 450     | 19,87         | -282 395    |
| 3       | 374,44                | 21,61                 | 0,8026   | 443,21            | 0,05175           | 27 454               | 20 223                   | 403 145     | 19,93         | -184 458    |
| 4       | 382,37                | 21,61                 | 0,8026   | 452,59            | 0,07505           | 27 982               | 19 695                   | 385 625     | 19,58         | -172 647    |
| 5       | 382,37                | 41,52                 | 0,8026   | 452,59            | 0,07505           | 30 294               | 17 383                   | 351 050     | 20,20         | -163 074    |
| 6       | 440,68                | 41,52                 | 0,8026   | 521,61            | 0,08481           | 34 178               | 13 499                   | 209 646     | 15,53         | -63 671     |

\* nakład na przedsięwzięcie termomodernizacyjne powiększono o koszt wykonania audytu energetycznego, projektu termomodernizacji i nadzoru łącznej wartości **10 000 zł**.



**7.4.3. Ocena wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych pod względem spełnienia wymagań „Ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów”**

| Lp. | Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego   | Planowane koszty całkowite | Roczna oszczędność kosztów energii | Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej) | Kwota środków własnych / optymalna kwota kredytu | Premia termomodernizacyjna *) |                         |  |
|-----|---|----------------------------|------------------------------------|--|--|-------------------------------|-------------------------|--|
|     |   | [zł]                       | [zł/rok]                           | [%]  |  | 20% kredytu                   | 16% kosztów całkowitych | Dwukrotność rocznej oszczędności kosztów energii |
| 1   | 2   | 3                          | 4                                  | 5  | 6  | 7                             | 8                       | 9  |
| 1   | <ul style="list-style-type: none"> <li>— docieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem,</li> <li>— docieplenie ścian zewnętrznych kondygnacji nadziemnych,</li> <li>— wymiana drzwi wejściowych,</li> <li>— montaż podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. i instalacji PV (umowny udział 50%),</li> <li>— wymiana okien w części nadziemnej budynku,</li> <li>— wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.</li> </ul> | 681 190,00                 | 31 692,00                          | 67,49%   | 0,00 zł<br>0,0%                                  | 136 238,00                    | 108 990,40              | <u>63 384,00</u>                                 |
| 2   | <ul style="list-style-type: none"> <li>— docieplenie ścian zewnętrznych kondygnacji nadziemnych,</li> <li>— wymiana drzwi wejściowych,</li> <li>— montaż podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. i instalacji PV (umowny udział 50%),</li> <li>— wymiana okien w części nadziemnej budynku,</li> <li>— wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.</li> </ul>  | 619 450,00                 | 31 169,00                          | 66,33%   | 0,00 zł<br>0,0%                                  | 123 890,00                    | 99 112,00               | <u>62 338,00</u>                                 |

| Lp. | Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego  | Planowane koszty całkowite | Roczna oszczędność kosztów energii | Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej) | Kwota środków własnych / optymalna kwota kredytu | Premia termomodernizacyjna *) |                         |  |
|-----|--|----------------------------|------------------------------------|--|--|-------------------------------|-------------------------|--|
|     |  | [zł]                       | [zł/rok]                           | [%]  | $\frac{[zł]}{[%]}$                               | 20% kredytu                   | 16% kosztów całkowitych | Dwukrotność rocznej oszczędności kosztów energii |
| 1   | 2  | 3                          | 4                                  | 5  | 6  | 7                             | 8                       | 9  |
| 3   | — wymiana drzwi wejściowych,<br>— montaż podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. i instalacji PV(umowny udział 50%),<br>— wymiana okien w części nadziemnej budynku,<br>— wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o. | 403 145,00                 | 20 223,00                          | 42,11%   | 0,00 zł<br>0,0%<br>403 145,00 zł<br>100,0%       | 80 629,00                     | 64 503,20               | <u>40 446,00</u>                                 |
| 4   | — montaż podgrzewaczy elektrycznych c.w.u. i instalacji PV(umowny udział 50%),<br>— wymiana okien w części nadziemnej budynku,<br>— wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.                                 | 385 625,00                 | 19 695,00                          | 40,94%   | 0,00 zł<br>0,0%<br>385 625,00 zł<br>100,0%       | 77 125,00                     | 61 700,00               | <u>39 390,00</u>                                 |
| 5   | — wymiana okien w części nadziemnej budynku,<br>— wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.   | 351 050,00                 | 17 383,00                          | 38,46%   | 0,00 zł<br>0,0%<br>351 050,00 zł<br>100,0%       | 70 210,00                     | 56 168,00               | <u>34 766,00</u>                                 |
| 6   | — wykonanie nowej kotłowni gazowej i instalacji c.o.   | 209 646,00                 | 13 499,00                          | 29,87%   | 0,00 zł<br>0,0%<br>209 646,00 zł<br>100,0%       | 41 929,20                     | 33 543,36               | <u>26 998,00</u>                                 |

\* wysokość premii termomodernizacyjnej wyznacza się jako minimum z wartości w kolumnach 7, 8, 9.

Optymalnym wariantem, spełniającym wszystkie warunki stawiane przez *Ustawę z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów* oraz uwzględniającym życzenie **inwestora** jest **wariant nr 1**

#### 7.4.4. Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Optymalnym wariantem jest **wariant nr 1**, obejmujący następujące usprawnienia:

- docieplenie ścian zewnętrznych części nadziemnej budynku,
- docieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem,
- wymianę okien w części nadziemnej budynku,
- wymianę drzwi wejściowych do budynku,
- montaż nowych pojemnościowych podgrzewaczy elektrycznych wspomaganych instalacją PV\*),
- wymiana kotłowni gazowej, likwidacja sieci między budynkami, nowa instalacja c.o.

*\*) umowny podział mocy instalacji PV o całkowitej mocy 7,44 kWp wyłącznie do celów optymalizacji wariantu modernizacyjnego c.w.u.. Przyjęta moc instalacji PV do wspomagania podgrzewu c.w.u. za pomocą elektrycznych podgrzewaczy c.w.u. wynosi 3,72 kWp.*

### 8. OPIS TECHNICZNY OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO PRZEWIDZIANEGO DO REALIZACJI

#### 8.1. Opis robót

W ramach **wariantu 1** przedsięwzięcia termomodernizacyjnego należy wykonać następujące prace:

1. Ocieplić ściany zewnętrzne kondygnacji nadziemnych budynku warstwą izolacji termicznej o oporze cieplnym  $R = 4,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (np. metodą ETICS /BSO/, dawniej „lekką-mokłą” z warstwą styropianu grubości 17 cm o  $\lambda = 0,04 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ). Koszt docieplenia  $672,80 \text{ m}^2$  ścian zewnętrznych wyniesie **216 305 zł**.
2. Ocieplić strop nad ostatnią kondygnacją, warstwą izolacji termicznej o oporze cieplnym  $R = 2,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  (np. matami z wełny mineralnej o grubości 8 cm o  $\lambda = 0,04 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ ). Koszt ocieplenia  $497,90 \text{ m}^2$  stropu wyniesie **61 740 zł**.
3. Wymienić okna w części nadziemnej budynku na nowe o współczynniku przenikania ciepła  $U=0,90 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$  z napływem powietrza zewnętrznego w ilości niezbędnej dla potrzeb wentylacyjnych przez urządzenia nawiewne umieszczane w oknach lub innych częściach przegród zewnętrznych. Koszt wymiany  $153,70 \text{ m}^2$  okien wyniesie **141 404 zł**.
4. Wymienić drzwi wejściowe do budynku na nowe o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,30 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ . Koszt wymiany  $14,60 \text{ m}^2$  drzwi wyniesie **17 520 zł**.
5. Wykonać nową kotłownię gazową z kotłem gazowym kondensacyjnych. Wykonać nową instalację c.o. w budynku z grzejnikami płytowymi wyposażonymi w zawory termostaticzne z głowicami w układzie dwururowym, z rozdziałem dolnym i częściowo górnym ze stali węglowej np. Kan-therm Stell.  
*Układ technologiczny kotłowni gazowej i materiał oraz rodzaj instalacji c.o. - ostateczna decyzja należy od projektanta. Audyt energetyczny nie może zastąpić projektów technicznych źródła ciepła, ani instalacji centralnego ogrzewania.*  
Koszt wykonania nowej kotłowni gazowej w budynku oraz wykonanie nowej instalacji c.o. wraz z niezbędnymi pracami budowlano - montażowymi wyniesie około **199 646 zł**.
6. Wykonać modernizację instalacji c.w.u. obejmującą: wymianę starych pojemnościowych podgrzewaczy elektrycznych na nowe pojemnościowe podgrzewacze c.w.u. o wyższej sprawności eksploatacyjnej wspomaganych instalacją fotowoltaiczną przy umownym po-



dziale mocy w wysokości 50%. Moc zainstalowanej instalacji PV wspomagającej podgrzew c.w.u., a tym samym zmniejszającą zużycie energii elektrycznej z sieci PGE wynosi 3,72 kWp. Koszt wymiany podgrzewaczy z instalacją PV (50%) wyniesie około **34 575 zł**.

Wysokość budynku liczona do górnej powierzchni ostatniego ocieplanego ustroju nie przekracza 12 m.

Po ustaleniach z Inwestorem przyjęto wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród zgodne z warunkami technicznymi, które będą obowiązywały od **1 stycznia 2021 r.** W przypadku materiałów przyjmowanych do ocieplenia o lepszych lub gorszych parametrach cieplnych należy przeliczyć grubość warstwy ocieplającej. **Przyjęty w audycie rodzaj materiału docieplającego przy szczegółowej inwentaryzacji można ewentualnie zamienić na inny, ale spełniający wymaganą minimalną wartość oporu cieplnego po termomodernizacji.**

#### Uwagi:

1. Do wymienionych wyżej kosztów termomodernizacji należy dodać koszt wykonania audytu energetycznego, koszt projektu termomodernizacji oraz nadzoru w **łącznej wysokości 10 000 zł brutto**.
2. Podane kwoty przedsięwzięć termomodernizacyjnych **zawierają podatek VAT**.

### 8.2. Charakterystyka finansowa

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Kalkulowany koszt robót wyniesie .....   | 6781 190,00 zł           |
| Udział środków własnych inwestora .....  | 0,00 zł (0,00 %)         |
| Kredyt bankowy .....   | 681 190,00 zł (100,00 %) |
| Przewidywana premia termomodernizacyjna (przy korzystaniu z kredytu termomodernizacyjnego w ramach „Ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów”) ..... | 63 384,00 zł             |
| Zdyskontowana wartość netto NPV dla pełnego wariantu przedsięwzięć termomodernizacyjnych.....  | (-338 479) zł            |

### 8.3. Dalsze działania inwestora

**przy korzystaniu z kredytu termomodernizacyjnego w ramach „Ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów”:**

1. Złożenie wniosku kredytowego i podpisanie umowy kredytowej,
2. Zorganizowanie przetargu (zapytania o cenę) na wykonanie niezbędnych projektów – brak w przypadku ich posiadania,
3. Zorganizowanie przetargu na wykonanie robót budowlanych i instalacyjnych,
4. Zawarcie umowy z wykonawcą projektu i robót,
5. Realizacja robót i odbiór techniczny,
6. Ocena rezultatów przedsięwzięcia,
7. Wystąpienie o premię termomodernizacyjną po wykonaniu inwestycji,
8. Spłata pozostałej części kredytu po odliczeniu uzyskanej premii lub dotacji.



# **ZAŁĄCZNIK 1**

## **Dane do audytu energetycznego**

- Z 1.1 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych**
- Z 1.2 Zapotrzebowanie na ciepło i moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej**
- Z 1.3 Jednostkowe koszty energii cieplnej**





Z 1.1 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych, strumienia powietrza wentylacyjnego i stref temperaturowych w budynku

| Symbol  | D      | Opis materiału                           | $\lambda$       | $\rho$   | cp                | R               | Rcor            | $\delta$                     | $\mu$ | Z                 | Zcor              | Uwagi |
|---|--------|--|-----------------|----------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-------|-------------------|-------------------|-------|
|   | m      |  | $W/(m \cdot K)$ | $kg/m^3$ | $kJ/(kg \cdot K)$ | $m^2 \cdot K/W$ | $m^2 \cdot K/W$ | $\mu g/(m \cdot h \cdot Pa)$ |       | $m^2h \cdot Pa/g$ | $m^2h \cdot Pa/g$ |       |
| PNG   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Podłoga na gruncie  |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Rodzaj przegrody: Podłoga na gruncie, Warunki wilgotności: Średnio wilgotne           |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Ściana przy podłodze: SZN   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Różnica wysokości podłogi i wody gruntowej Zgw: 3,50 m                                |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Poziomą izol. krawędziowa: o grubości dnh = m i długości Dh = m                       |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Pionową izol. krawędziowa: o grubości dnv = m i długości Dv = m                       |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| LASTRIKO  | 0,0200 |  | 0,720           | 1600     | 0,920             | 0,028           | 0,028           | 75,00                        | 10    | 266,7             | 266,7             |       |
| BET-CHUDY   | 0,1500 | Podkład z betonu chudego.                | 1,050           | 1900     | 0,840             | 0,143           | 0,143           | 50,00                        | 14    | 3000,0            | 3000,0            |       |
| Równoważny opór gruntu wraz z oporami przejmowania Rg, $[m^2 \cdot K/W]$ :            |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Suma oporów przejmowania i przewodzenia R, $[m^2 \cdot K/W]$ :                        |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Współczynnik przenikania ciepła U, $[W/(m^2 \cdot K)]$ :                              |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| 0,425   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| STRN  |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Stropodach niewentylowany   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Rodzaj przegrody: Strop pod nieogrz. poddaszem, Warunki wilgotności: Średnio wilgotne |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| STYROPIA N  | 0,2000 | Styropian - inne przypadki.              | 0,045           | 30       | 1,460             | 4,444           | 4,444           | 12,00                        | 60    | 16666,7           | 16666,7           |       |
| STR-AKER22  | 0,2200 | Strop gęstożebrowy z wypełnieniem pustak |                 | 1300     | 0,840             | 0,260           | 0,260           | 57,20                        | 13    | 3846,0            | 3846,0            |       |
| Opór przejmowania wewnątrz Ri, $[m^2 \cdot K/W]$ :                                    |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| 0,100   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Opór przejmowania na zewnątrz Re, $[m^2 \cdot K/W]$ :                                 |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| 0,100   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Suma oporów przejmowania i przewodzenia R, $[m^2 \cdot K/W]$ :                        |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| 4,904   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Współczynnik przenikania ciepła U, $[W/(m^2 \cdot K)]$ :                              |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| 0,204   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| SZN   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Ściana zewnętrzna   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Rodzaj przegrody: Ściana zewnętrzna, Warunki wilgotności: Średnio wilgotne            |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| TYNK-CEM  | 0,0150 | Tynk lub gładź cementowa.                | 1,000           | 2000     | 0,840             | 0,015           | 0,015           | 45,00                        | 16    | 333,3             | 333,3             |       |
| PŁ-WIÓ-CE6  | 0,0200 | Płyty wiórkowo-cementowe - gęstość 600 k | 0,150           | 600      | 2,090             | 0,133           | 0,133           | 300,00                       | 2     | 66,7              | 66,7              |       |
| CEGLA-PEN   | 0,3800 | Mur z cegły ceramicznej pełnej na zapraw | 0,770           | 1800     | 0,880             | 0,494           | 0,494           | 105,00                       | 7     | 3619,0            | 3619,0            |       |
| TYNK-CW   | 0,0150 | Tynk lub gładź cementowo-wapienna.       | 0,820           | 1850     | 0,840             | 0,018           | 0,018           | 45,00                        | 16    | 333,3             | 333,3             |       |
| Opór przejmowania wewnątrz Ri, $[m^2 \cdot K/W]$ :                                    |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| 0,130   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Opór przejmowania na zewnątrz Re, $[m^2 \cdot K/W]$ :                                 |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| 0,040   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Suma oporów przejmowania i przewodzenia R, $[m^2 \cdot K/W]$ :                        |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| 0,830   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| Współczynnik przenikania ciepła U, $[W/(m^2 \cdot K)]$ :                              |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |
| 1,205   |        |  |                 |          |                   |                 |                 |                              |       |                   |                   |       |

| Wyniki - Zestawienie pomieszczeń |         |                        |        |         |            |                         |                                       |  |                                     |
|----------------------------------|---------|------------------------|--------|---------|------------|-------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Symbol                           | Opis    | θ <sub>int</sub><br>°C | A      | V       | n50<br>1/h | n <sub>min</sub><br>1/h | V <sub>min</sub><br>m <sup>3</sup> /h | V <sub>infv</sub><br>m <sup>3</sup> /h | V <sub>v</sub><br>m <sup>3</sup> /h |
| POM NAD                          | POM NAD | 19,20                  | 907,25 | 2903,20 | 2          | 0,98                    | 2836,00                               | 348,40                                 | 2 836,00                            |

| Symbol | Opis                       | d<br>m | Ri<br>m <sup>2</sup> ·K/W | Re<br>m <sup>2</sup> ·K/W | R<br>m <sup>2</sup> ·K/W | U<br>W/m <sup>2</sup> ·K | A <sub>s</sub><br>m <sup>2</sup> | AGI<br>m <sup>2</sup> | A      |
|--------|----------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------|--------|
| DZ0    | Drzwi zewnętrzne           |        |                           |                           |                          | 2,500                    | 2,08                             | 0,00                  | 2,08   |
| DZ1    | Drzwi zewnętrzne           |        |                           |                           |                          | 2,500                    | 2,59                             | 0,00                  | 5,17   |
| DZ2    | Drzwi zewnętrzne           |        |                           |                           |                          | 2,500                    | 3,60                             | 0,00                  | 3,60   |
| DZ3    | Drzwi zewnętrzne           |        |                           |                           |                          | 2,500                    | 3,75                             | 0,00                  | 3,75   |
| ONS1   | Okno (świetlik) zewnętrzne |        |                           |                           |                          | 2,000                    | 0,60                             | 0,36                  | 1,20   |
| ONS2   | Okno (świetlik) zewnętrzne |        |                           |                           |                          | 2,000                    | 1,61                             | 0,97                  | 1,61   |
| ONS3   | Okno (świetlik) zewnętrzne |        |                           |                           |                          | 2,000                    | 2,36                             | 1,41                  | 150,88 |
| PNG    | Podłoga na gruncie         | 0,170  | 2,180                     |                           | 2,350                    | 0,425                    |                                  |                       | 497,90 |
| STPN   | Stropodach niewentylowany  | 0,420  | 0,100                     | 0,100                     | 4,904                    | 0,204                    |                                  |                       | 497,90 |
| SZN    | Ściana zewnętrzna          | 0,430  | 0,130                     | 0,040                     | 0,830                    | 1,205                    |                                  |                       | 560,69 |

### Obliczenia strumienia powietrza wentylacyjnego

| Opis strefy  | Strumień<br>powietrza wentylacyjnego<br>[m <sup>3</sup> /h] |                             |
|--|---|-----------------------------|
|  | 1   | 2                           |
| <b>Strefa I – pomieszczenia nadziemna ogrzewane śr. do tem. 19,20 °C</b> |   |                             |
| – 1 wymiana w ciągu godziny<br>1 × 2 076,83 m <sup>3</sup>               |   | 2 077                       |
| – 0,5 wymiany (komunikacja)<br>0,5 × 602,54 m <sup>3</sup>               |   | 301                         |
| – 30 m <sup>3</sup> /h – WC (1 × 30 m <sup>3</sup> /h)                   |   | 30                          |
| – 50 m <sup>3</sup> /h – łazienka (2 × 50 m <sup>3</sup> /h)             |   | 100                         |
| – 70 m <sup>3</sup> /h – kuchnia (1 × 70 m <sup>3</sup> /h)              |   | 70                          |
|  | <b>Razem strefa I</b>                                       | <b>2 578 × 1,10 = 2 836</b> |
|  | <b>RAZEM strefa I</b>                                       | <b>2 836</b>                |

## Z 1.2 Zapotrzebowanie na ciepło i moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej

|   |   |
|---|---|
| – powierzchnia ogrzewana budynek UG przyjęta do obliczeń                        | 718,95 m <sup>2</sup> *)  |
| *)-bez korytarzy  |   |
| – zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie 1 m <sup>3</sup> wody                      | $Q_{cwj} = c_w \times \rho \times (t_c - t_z)$<br>$Q_{cwj} = 4,19 \times 1\,000 \times (55 - 10) =$<br>$= 188\,550 \text{ kJ/m}^3 = 0,189 \text{ GJ/m}^3$ |
| – czas użytkowania  | $t_{uz} = 365 \text{ dni}$  |
| – jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.                                    | 0,55 dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> dzień)  |
| – współczynnik korekcyjny kr  | 0,80  |
| – zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.                             | <b>21,68 GJ/rok**)</b>  |
| – sprawność wytwarzania ciepła  | $\eta_{w,g} = 0,82$   |
| – sprawność przesyłu ciepłej wody   | $\eta_{w,d} = 0,80$   |
| – sprawność akumulacji ciepła   | $\eta_{w,s} = 0,80$   |
| – sprawność wykorzystania   | $\eta_{w,g} = 1,00$   |
| – sprawność całkowita   | $\eta_{w,tot} = 0,5222$   |
| – zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w. ze sprawnością całkowitą c.w. | 41,52 GJ/rok  |
| – moc zainstalowanych podgrzewaczy cwu  | 7,00 kW   |
| – opłata za 1 GJ podgrzewu c.w.   | 116,11 zł/GJ  |
| – koszt podgrzewu c.w.  | 4 821 zł  |
| – ilość zużywanej c.w.u. (obliczona)**)   | 115,0 m <sup>3</sup>  |
| – średni koszt podgrzewu 1m <sup>3</sup> c.w.                                   | 41,92 zł/m <sup>3</sup> .   |

### Po modernizacji (wymiana podgrzewaczy elektrycznych i współpraca z instalacją fotowoltaiczną)

|   |  |
|---|--|
| – zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.   | <b>21,68 GJ/rok**)</b>                     |
| – sprawność wytwarzania ciepła  | $\eta_{w,g} = 0,96$                        |
| – sprawność przesyłu ciepłej wody   | $\eta_{w,d} = 0,80$                        |
| – sprawność akumulacji ciepła   | $\eta_{w,s} = 0,85$                        |
| – sprawność wykorzystania   | $\eta_{w,g} = 1,00$                        |
| – sprawność całkowita   | $\eta_{w,tot} = 0,6528$                    |
| – zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w. ze sprawnością całkowitą c.w.   | 32,22 GJ/rok                               |
| - energia cieplna „darmowa” z instalacji fotowoltaicznej (udział 50 % z 7,44 kWp)   |  |
| prognozowo  | <b>11,61 GJ/rok</b>                        |
| – zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w. ze sprawnością całkowitą c.w. po uwzględnieniu „darmowej” energii wyprodukowanej w instalacji fotowoltaicznej | 32,22 GJ/rok – 11,61 GJ/rok = 21,61 GJ/rok |
| – moc zainstalowanych podgrzewaczy cwu  | 7,00 kW                                    |
| – opłata za 1 GJ podgrzewu c.w.   | 116,11 zł/GJ                               |
| – koszt podgrzewu c.w.  | 2 509 zł                                   |
| – ilość zużywanej c.w.u. (obliczona)**)   | 115,0 m <sup>3</sup>                       |
| – średni koszt podgrzewu 1m <sup>3</sup> c.w.   | 21,82 zł/m <sup>3</sup> .                  |

\*\*) Średnie roczne zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u. bez uwzględnienia sprawności systemu i ilość zużytej c.w.u. wyliczone zostało zgodnie z metodologią podaną w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3 czerwca 2014 r. wraz ze zmianami.



## Z1.4 Jednostkowe koszty energii cieplnej

Opłaty ponoszone przez odbiorcę energii cieplnej, na podstawie dostarczonych faktur za paliwo gazowe. Średnia cena gazu uwzględniająca wszystkie opłaty: opłatę za paliwo gazowe, opłatę dystrybucyjną zmienną, opłatę dystrybucyjną stałą, opłatę handlową zgodnie z taryfą BW-5 wynosi 1,9361 zł/m<sup>3</sup> brutto.

| Miesiąc                          | Zużycie gazu [m3] | Koszt [zł brutto] |
|----------------------------------|-------------------|-------------------|
| styczeń                          | 4852              | 8446,84           |
| luty                             | 4645              | 8046,47           |
| marzec                           | 4885              | 8338,22           |
| kwiecień                         | 667               | 1837,5            |
| maj                              | 24                | 870,58            |
| czerwiec                         | 5                 | 487,92            |
| lipiec                           | 20                | 864,58            |
| sierpień                         | 18                | 881,42            |
| wrzesień                         | 154               | 1199,99           |
| październik                      | 2693              | 5279,51           |
| listopad                         | 3674              | 6471              |
| grudzień                         | 4559              | 7994,53           |
| <b>Razem</b>                     | <b>26196</b>      | <b>50718,56</b>   |
| <b>Średnia cena gazu [zł/m3]</b> |                   | <b>1,9361</b>     |

\* cena zawiera opłatę za paliwo gazowe, opłatę dystrybucyjną zmienną, opłatę dystrybucyjną stałą, opłatę handlową zgodną z taryfą BW-5

Stąd koszt produkcji 1 GJ energii cieplnej wytwarzanej w kotłowni gazowej z uwzględnieniem sprawności wytwarzania **wynosi 67,00 zł/GJ brutto**.

Koszt produkcji 1 GJ energii cieplnej wytwarzanej w kotłowni gazowej bez uwzględnienia sprawności wytwarzania **wynosi 56,28 zł/GJ brutto**.

### 3. Energia cieplna uzyskiwana w elektrycznym podgrzewaczu c.w.u.

Na podstawie dostarczonych faktur rozliczenie za energię elektryczną było na podstawie taryfy C11.

Średnia cena energii elektrycznej wynosi 0,4180 zł/kWh brutto = 116,11 zł/GJ.

#### Moc 4,0 kW i moc 15 kW Energia elektryczna C11

|                             | Miesiąc      | Zużycie energii elektrycznej [kWh] | Koszt [zł brutto] | zł/kWh        |
|-----------------------------|--------------|------------------------------------|-------------------|---------------|
| od 28.11.2018 do 29.01.2019 | styczeń      | 4062                               | 1499,51           | 0,3692        |
| od 29.01.2019 do 27.03.2019 | marzec       | 3207                               | 1322,05           | 0,4122        |
| od 27.03.2019 do 30.05.2019 | maj          | 662                                | 1343,02           |               |
| od 30.05.2019 do 24.07.2019 | lipiec       | 1902                               | 775,33            | 0,4076        |
| od 24.07.2019 do 26.09.2019 | wrzesień     | 2745                               | 937,14            | 0,3414        |
| od 26.09.2019 do 28.11.2019 | listopad     | 4504                               | 1263,2            | 0,2805        |
|                             | <b>Razem</b> | <b>17082</b>                       | <b>7140,25</b>    | <b>0,4180</b> |

cena energii elektrycznej [zł/GJ] **116,11**



## **ZAŁĄCZNIK 2**

### **Wydruk obliczeń zapotrzebowania na ciepło i moc**



## Z 2.1. Zapotrzebowanie na ciepło i moc grzewczą w stanie istniejącym budynku

|   |                  |           |
|---|------------------|-----------|
| Podstawowe informacje:  |                  |           |
| Nazwa projektu:   | Budynek szkoły   |           |
| Miejscowość:  | Karolew          |           |
| Adres:  | Karolew          |           |
| Normy:  |                  |           |
| Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:                              | PN-EN ISO 6946   |           |
| Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:                        | PN-EN 12831:2006 |           |
| Norma na obliczanie E:  | PN-EN ISO 13790  |           |
| Dane klimatyczne:   |                  |           |
| Strefa klimatyczna:   | III              |           |
| Projektowa temperatura zewnętrzna $\theta_e$ :                            | -20              | °C        |
| Średnia roczna temperatura zewnętrzna $\theta_{m,e}$ :                    | 7,6              | °C        |
| Stacja meteorologiczna:   | Warszawa Okęcie  |           |
| Grunt:  |                  |           |
| Rodzaj gruntu:  | Piasek lub żwir  |           |
| Pojemność cieplna:  | 2,000            | MJ/(m³·K) |
| Głębokość okresowego wnikania ciepła $\delta$ :                           | 3,167            | m         |
| Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_g$ :                            | 2,0              | W/(m·K)   |
| Podstawowe wyniki obliczeń budynku:                                       |                  |           |
| Powierzchnia ogrzewana budynku $A_H$ :                                    | 907,3            | m²        |
| Kubatura ogrzewana budynku $V_H$ :  | 2903,2           | m³        |
| Projektowa strata ciepła przez przenikanie $\Phi_T$ :                     | 47007            | W         |
| Projektowa wentylacyjna strata ciepła $\Phi_V$ :                          | 37798            | W         |
| Całkowita projektowa strata ciepła $\Phi$ :                               | 84805            | W         |
| Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH}$ :                                      | 0                | W         |
| Projektowe obciążenie cieplne budynku $\Phi_{HL}$ :                       | 84805            | W         |
| Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:                                   |                  |           |
| Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do powierzchni $\Phi_{HL,A}$ :            | 93,5             | W/m²      |
| Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do kubatury $\Phi_{HL,V}$ :               | 29,2             | W/m³      |
| Wyniki obliczeń wentylacji na potrzeby projektowego obciążenia cieplnego: |                  |           |
| Powietrze infiltrujące $V_{infv}$ :                                       | 174,2            | m³/h      |
| Powietrze dodatkowo infiltrujące $V_{m,infv}$ :                           |                  | m³/h      |
| Wymagane powietrze nawiewane mech. $V_{su,min}$ :                         |                  | m³/h      |
| Powietrze nawiewane mech. $V_{su}$ :                                      |                  | m³/h      |
| Wymagane powietrze usuwane mech. $V_{ex,min}$ :                           |                  | m³/h      |
| Powietrze usuwane mech. $V_{ex}$ :  |                  | m³/h      |
| Średnia liczba wymian powietrza $n$ :                                     | 1,0              |           |
| Dopływające powietrze wentylacyjne $V_v$ :                                | 2836,0           | m³/h      |
| Średnia temperatura dopływającego powietrza $\theta_v$ :                  | -20,0            | °C        |
| Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię wg PN-EN ISO 13790  |                  |           |
| Stacja meteorologiczna:   | Warszawa Okęcie  |           |
| Sezonowe zapotrzebowanie na energię na ogrzewanie                         |                  |           |
| Strumień powietrza wentylacyjnego-ogrzewanie $V_v,H$ :                    | 2836,0           | m³/h      |
| Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :                       | 440,68           | GJ/rok    |
| Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :                       | 122411           | kWh/rok   |
| Powierzchnia ogrzewana budynku $A_H$ :                                    | 907              | m²        |

|   |                    |        |               |
|---|--------------------|--------|---------------|
| Kubatura ogrzewana budynku  | VH:                | 2903,2 | m3            |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie   | EAH:               | 485,7  | MJ/ (m2·rok)  |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie   | EAH:               | 134,9  | kWh/ (m2·rok) |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie   | EVH:               | 151,8  | MJ/ (m3·rok)  |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie   | EVH:               | 42,2   | kWh/ (m3·rok) |
| Parametry obliczeń projektu:  |                    |        |               |
| Obliczanie przenikania ciepła przy min. $\Delta\theta_{min}$ :                      |                    | 4,0    | K             |
| Wariant obliczeń strat ciepła do pomieszczeń w sąsiednich grupach:                  |                    |        |               |
| Obliczaj zgodnie z EN 12831:2006  |                    |        |               |
| Obliczaj straty do pomieszczeń w sąsiednich budynkach tak jak by były nieogrzewane: |                    | Nie    |               |
| Obliczanie automatyczne mostków cieplnych:  |                    | Tak    |               |
| Obliczanie mostków cieplnych metodą uproszczoną:                                    |                    | Nie    |               |
| Domyślne dane do obliczeń:  |                    |        |               |
| Typ budynku:  | Szkolny            |        |               |
| Typ konstrukcji budynku:  | Średnia            |        |               |
| Typ systemu ogrzewania w budynku:   | Konwekcyjne        |        |               |
| Oslabienie ogrzewania:  | Bez osłabienia     |        |               |
| Regulacja dostawy ciepła w grupach:   | Centralna reg.     |        |               |
| Stopień szczelności obudowy budynku:  | Średni             |        |               |
| Krotność wymiany powietrza wewn. n50:   | 3,5                | 1/h    |               |
| Klasa osłonięcia budynku:   | Średnie osłonięcie |        |               |
| Domyślne dane dotyczące wentylacji:   |                    |        |               |
| System wentylacji:  | Naturalna          |        |               |
| Temperatura powietrza nawiewanego $\theta_{su}$ :                                   |                    | °C     |               |
| Temperatura powietrza kompensacyjnego $\theta_c$ :                                  | 20,0               | °C     |               |
| Domyślne dane dotyczące rekuperacji i recyrkulacji:                                 |                    |        |               |
| Temperatura dopływającego powietrza $\theta_{ex,rec}$ :                             | 20,0               | °C     |               |
| Projektowa sprawność rekuperacji $\eta_{recup}$ :                                   | 70,0               | %      |               |
| Sezonowa sprawność rekuperacji $\eta_{E,recup}$ :                                   | 49,0               | %      |               |
| Projektowy stopień recyrkulacji $\eta_{recir}$ :                                    |                    | %      |               |
| Sezonowy stopień recyrkulacji $\eta_{E,recir}$ :                                    |                    | %      |               |
| Geometria budynku:  |                    |        |               |
| Rzędna poziomowi terenu:  | 0,00               | m      |               |
| Domyślna rzędna podłogi Lf:   |                    | m      |               |
| Rzędna wody gruntowej:  | -3,50              | m      |               |
| Domyślna wysokość kondygnacji H:  |                    | m      |               |
| Domyślna wys. pomieszczeń w świetle stropów Hi:                                     |                    | m      |               |
| Pole powierzchni podłogi na gruncie Ag:   | 478,20             | m2     |               |
| Obwód podłogi na gruncie w świetle ścian zewn. Pg:                                  | 102,60             | m      |               |
| Obrót budynku:  | Bez obrotu         |        |               |
| Statystyka budynku:   |                    |        |               |
| Liczba kondygnacji:   | 0                  |        |               |
| Liczba stref budynku:   |                    |        |               |
| Liczba grup pomieszczeń:  | 1                  |        |               |
| Liczba pomieszczeń:   | 1                  |        |               |



## Z 2.2 Zapotrzebowanie na ciepło i moc grzewczą w poszczególnych wariantach termomodernizacji budynku

### WARIANT 1 - OPTYMALNY

|   |                  |           |
|---|------------------|-----------|
| Podstawowe informacje:  |                  |           |
| Nazwa projektu:   | Budynek szkoły   |           |
| Miejscowość:  | Karolew          |           |
| Adres:  | Karolew          |           |
| Normy:  |                  |           |
| Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:                              | PN-EN ISO 6946   |           |
| Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:                        | PN-EN 12831:2006 |           |
| Norma na obliczanie E:  | PN-EN ISO 13790  |           |
| Dane klimatyczne:   |                  |           |
| Strefa klimatyczna:   | III              |           |
| Projektowa temperatura zewnętrzna $\theta_e$ :                            | -20              | °C        |
| Średnia roczna temperatura zewnętrzna $\theta_{m,e}$ :                    | 7,6              | °C        |
| Stacja meteorologiczna:   | Warszawa Okęcie  |           |
| Grunt:  |                  |           |
| Rodzaj gruntu:  | Piasek lub żwir  |           |
| Pojemność cieplna:  | 2,000            | MJ/(m3·K) |
| Głębokość okresowego wnikania ciepła $\delta$ :                           | 3,167            | m         |
| Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_g$ :                            | 2,0              | W/(m·K)   |
| Podstawowe wyniki obliczeń budynku:                                       |                  |           |
| Powierzchnia ogrzewana budynku $A_H$ :                                    | 907,3            | m2        |
| Kubatura ogrzewana budynku $V_H$ :  | 2903,2           | m3        |
| Projektowa strata ciepła przez przenikanie $\Phi_T$ :                     | 16352            | W         |
| Projektowa wentylacyjna strata ciepła $\Phi_V$ :                          | 34360            | W         |
| Całkowita projektowa strata ciepła $\Phi$ :                               | 50712            | W         |
| Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH}$ :                                      | 0                | W         |
| Projektowe obciążenie cieplne budynku $\Phi_{HL}$ :                       | 50712            | W         |
| Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:                                   |                  |           |
| Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do powierzchni $\phi_{HL,A}$ :            | 55,9             | W/m2      |
| Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do kubatury $\phi_{HL,V}$ :               | 17,5             | W/m3      |
| Wyniki obliczeń wentylacji na potrzeby projektowego obciążenia cieplnego: |                  |           |
| Powietrze infiltrujące $V_{infv}$ :                                       | 174,2            | m3/h      |
| Powietrze dodatkowo infiltrujące $V_{m,infv}$ :                           |                  | m3/h      |
| Wymagane powietrze nawiewane mech. $V_{su,min}$ :                         |                  | m3/h      |
| Powietrze nawiewane mech. $V_{su}$ :                                      |                  | m3/h      |
| Wymagane powietrze usuwane mech. $V_{ex,min}$ :                           |                  | m3/h      |
| Powietrze usuwane mech. $V_{ex}$ :  |                  | m3/h      |
| Średnia liczba wymian powietrza $n$ :                                     | 0,9              |           |
| Dopływające powietrze wentylacyjne $V_v$ :                                | 2578,0           | m3/h      |
| Średnia temperatura dopływającego powietrza $\theta_v$ :                  | -20,0            | °C        |
| Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię wg PN-EN ISO 13790  |                  |           |
| Stacja meteorologiczna:   | Warszawa Okęcie  |           |
| Sezonowe zapotrzebowanie na energię na ogrzewanie                         |                  |           |
| Strumień powietrza wentylacyjnego-ogrzewanie $V_v,H$ :                    | 2578,0           | m3/h      |

|  |                    |        |              |
|--|--------------------|--------|--------------|
| Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie                             | QH,nd:             | 202,28 | GJ/rok       |
| Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie                             | QH,nd:             | 56189  | kWh/rok      |
| Powierzchnia ogrzewana budynku                                     | AH:                | 907    | m2           |
| Kubatura ogrzewana budynku   | VH:                | 2903,2 | m3           |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EAH:               | 223,0  | MJ/(m2·rok)  |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EAH:               | 61,9   | kWh/(m2·rok) |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EVH:               | 69,7   | MJ/(m3·rok)  |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EVH:               | 19,4   | kWh/(m3·rok) |
| Parametry obliczeń projektu:                                       |                    |        |              |
| Obliczanie przenikania ciepła przy min. Δθmin:                     | 4,0                | K      |              |
| Wariant obliczeń strat ciepła do pomieszczeń w sąsiednich grupach: |                    |        |              |
| Obliczaj zgodnie z EN 12831:2006                                   |                    |        |              |
| Obliczaj straty do pomieszczeń w sąsiednich                        |                    |        |              |
| budynkach tak jak by były nieogrzewane:                            | Nie                |        |              |
| Obliczanie automatyczne mostków cieplnych:                         | Tak                |        |              |
| Obliczanie mostków cieplnych metodą uproszczoną:                   | Nie                |        |              |
| Domyślne dane do obliczeń:   |                    |        |              |
| Typ budynku:   | Szkolny            |        |              |
| Typ konstrukcji budynku:   | Średnia            |        |              |
| Typ systemu ogrzewania w budynku:                                  | Konwekcyjne        |        |              |
| Oslabienie ogrzewania:   | Bez osłabienia     |        |              |
| Regulacja dostawy ciepła w grupach:                                | Centralna reg.     |        |              |
| Stopień szczelności obudowy budynku:                               | Średni             |        |              |
| Krotność wymiany powietrza wewn. n50:                              | 3,5                | 1/h    |              |
| Klasa osłonięcia budynku:  | Średnie osłonięcie |        |              |
| Domyślne dane dotyczące wentylacji:                                |                    |        |              |
| System wentylacji:   | Naturalna          |        |              |
| Temperatura powietrza nawiewanego θsu:                             |                    | °C     |              |
| Temperatura powietrza kompensacyjnego θc:                          | 20,0               | °C     |              |
| Domyślne dane dotyczące rekuperacji i recyrkulacji:                |                    |        |              |
| Temperatura dopływającego powietrza θex,rec:                       | 20,0               | °C     |              |
| Projektowa sprawność rekuperacji ηrecup:                           | 70,0               | %      |              |
| Sezonowa sprawność rekuperacji ηE,recup:                           | 49,0               | %      |              |
| Projektowy stopień recyrkulacji ηrecir:                            |                    | %      |              |
| Sezonowy stopień recyrkulacji ηE,recir:                            |                    | %      |              |
| Geometria budynku:   |                    |        |              |
| Rzędna poziomu terenu:   | 0,00               | m      |              |
| Domyślna rzędna podłogi Lf:  |                    | m      |              |
| Rzędna wody gruntowej:   | -3,50              | m      |              |
| Domyślna wysokość kondygnacji H:                                   |                    | m      |              |
| Domyślna wys. pomieszczeń w świetle stropów Hi:                    |                    | m      |              |
| Pole powierzchni podłogi na gruncie Ag:                            | 478,20             | m2     |              |
| Obwód podłogi na gruncie w świetle ścian zewn. Pg:                 | 102,60             | m      |              |
| Obrót budynku:   | Bez obrotu         |        |              |
| Statystyka budynku:  |                    |        |              |
| Liczba kondygnacji:  | 0                  |        |              |
| Liczba stref budynku:  |                    |        |              |
| Liczba grup pomieszczeń:   | 1                  |        |              |
| Liczba pomieszczeń:  | 1                  |        |              |



## WARIANT 2

|   |                  |           |
|---|------------------|-----------|
| Podstawowe informacje:  |                  |           |
| Nazwa projektu:   | Budynek szkoły   |           |
| Miejscowość:  | Karolew          |           |
| Adres:  | Karolew          |           |
| Normy:  |                  |           |
| Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:                              | PN-EN ISO 6946   |           |
| Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:                        | PN-EN 12831:2006 |           |
| Norma na obliczanie E:  | PN-EN ISO 13790  |           |
| Dane klimatyczne:   |                  |           |
| Strefa klimatyczna:   | III              |           |
| Projektowa temperatura zewnętrzna $\theta_e$ :                            | -20              | °C        |
| Średnia roczna temperatura zewnętrzna $\theta_{m,e}$ :                    | 7,6              | °C        |
| Stacja meteorologiczna:   | Warszawa Okęcie  |           |
| Grunt:  |                  |           |
| Rodzaj gruntu:  | Piasek lub żwir  |           |
| Pojemność cieplna:  | 2,000            | MJ/(m3·K) |
| Głębokość okresowego wnikania ciepła $\delta$ :                           | 3,167            | m         |
| Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_g$ :                            | 2,0              | W/(m·K)   |
| Podstawowe wyniki obliczeń budynku:                                       |                  |           |
| Powierzchnia ogrzewana budynku AH:  | 907,3            | m2        |
| Kubatura ogrzewana budynku VH:  | 2903,2           | m3        |
| Projektowa strata ciepła przez przenikanie $\Phi_T$ :                     | 17390            | W         |
| Projektowa wentylacyjna strata ciepła $\Phi_V$ :                          | 34360            | W         |
| Całkowita projektowa strata ciepła $\Phi$ :                               | 51749            | W         |
| Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH}$ :                                      | 0                | W         |
| Projektowe obciążenie cieplne budynku $\Phi_{HL}$ :                       | 51749            | W         |
| Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:                                   |                  |           |
| Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do powierzchni $\phi_{HL,A}$ :            | 57,0             | W/m2      |
| Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do kubatury $\phi_{HL,V}$ :               | 17,8             | W/m3      |
| Wyniki obliczeń wentylacji na potrzeby projektowego obciążenia cieplnego: |                  |           |
| Powietrze infiltrujące $V_{infv}$ :                                       | 174,2            | m3/h      |
| Powietrze dodatkowo infiltrujące $V_{m,infv}$ :                           |                  | m3/h      |
| Wymagane powietrze nawiewane mech. $V_{su,min}$ :                         |                  | m3/h      |
| Powietrze nawiewane mech. $V_{su}$ :                                      |                  | m3/h      |
| Wymagane powietrze usuwane mech. $V_{ex,min}$ :                           |                  | m3/h      |
| Powietrze usuwane mech. $V_{ex}$ :  |                  | m3/h      |
| Średnia liczba wymian powietrza n:  | 0,9              |           |
| Dopływające powietrze wentylacyjne $V_v$ :                                | 2578,0           | m3/h      |
| Średnia temperatura dopływającego powietrza $\theta_v$ :                  | -20,0            | °C        |
| Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię wg PN-EN ISO 13790  |                  |           |
| Stacja meteorologiczna:   | Warszawa Okęcie  |           |
| Sezonowe zapotrzebowanie na energię na ogrzewanie                         |                  |           |
| Strumień powietrza wentylacyjnego-ogrzewanie $V_v,H$ :                    | 2578,0           | m3/h      |
| Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :                       | 210,14           | GJ/rok    |
| Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :                       | 58373            | kWh/rok   |
| Powierzchnia ogrzewana budynku AH:  | 907              | m2        |

|  |                    |        |               |
|--|--------------------|--------|---------------|
| Kubatura ogrzewana budynku   | VH:                | 2903,2 | m3            |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EAH:               | 231,6  | MJ/ (m2·rok)  |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EAH:               | 64,3   | kWh/ (m2·rok) |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EVH:               | 72,4   | MJ/ (m3·rok)  |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EVH:               | 20,1   | kWh/ (m3·rok) |
| Parametry obliczeń projektu:                                       |                    |        |               |
| Obliczanie przenikania ciepła przy min. Δθmin:                     | 4,0                | K      |               |
| Wariant obliczeń strat ciepła do pomieszczeń w sąsiednich grupach: |                    |        |               |
| Obliczaj zgodnie z EN 12831:2006                                   |                    |        |               |
| Obliczaj straty do pomieszczeń w sąsiednich                        |                    |        |               |
| budynkach tak jak by były nieogrzewane:                            | Nie                |        |               |
| Obliczanie automatyczne mostków cieplnych:                         | Tak                |        |               |
| Obliczanie mostków cieplnych metodą uproszczoną:                   | Nie                |        |               |
| Domyślne dane do obliczeń:   |                    |        |               |
| Typ budynku:   | Szkolny            |        |               |
| Typ konstrukcji budynku:   | Średnia            |        |               |
| Typ systemu ogrzewania w budynku:                                  | Konwekcyjne        |        |               |
| Oslabienie ogrzewania:   | Bez osłabienia     |        |               |
| Regulacja dostawy ciepła w grupach:                                | Centralna reg.     |        |               |
| Stopień szczelności obudowy budynku:                               | Średni             |        |               |
| Krotność wymiany powietrza wewn. n50:                              | 3,5                | 1/h    |               |
| Klasa osłonięcia budynku:  | Średnie osłonięcie |        |               |
| Domyślne dane dotyczące wentylacji:                                |                    |        |               |
| System wentylacji:   | Naturalna          |        |               |
| Temperatura powietrza nawiewanego θsu:                             |                    | °C     |               |
| Temperatura powietrza kompensacyjnego θc:                          | 20,0               | °C     |               |
| Domyślne dane dotyczące rekuperacji i recyrkulacji:                |                    |        |               |
| Temperatura dopływającego powietrza θex,rec:                       | 20,0               | °C     |               |
| Projektowa sprawność rekuperacji ηrecup:                           | 70,0               | %      |               |
| Sezonowa sprawność rekuperacji ηE,recup:                           | 49,0               | %      |               |
| Projektowy stopień recyrkulacji ηrecir:                            |                    | %      |               |
| Sezonowy stopień recyrkulacji ηE,recir:                            |                    | %      |               |
| Geometria budynku:   |                    |        |               |
| Rzędna poziomowi terenu:   | 0,00               | m      |               |
| Domyślna rzędna podłogi Lf:  |                    | m      |               |
| Rzędna wody gruntowej:   | -3,50              | m      |               |
| Domyślna wysokość kondygnacji H:                                   |                    | m      |               |
| Domyślna wys. pomieszczeń w świetle stropów Hi:                    |                    | m      |               |
| Pole powierzchni podłogi na gruncie Ag:                            | 478,20             | m2     |               |
| Obwód podłogi na gruncie w świetle ścian zewn. Pg:                 | 102,60             | m      |               |
| Obrót budynku:   | Bez obrotu         |        |               |
| Statystyka budynku:  |                    |        |               |
| Liczba kondygnacji:  | 0                  |        |               |
| Liczba stref budynku:  |                    |        |               |
| Liczba grup pomieszczeń:   | 1                  |        |               |
| Liczba pomieszczeń:  | 1                  |        |               |



### WARIANT 3

|   |                  |           |
|---|------------------|-----------|
| Podstawowe informacje:  |                  |           |
| Nazwa projektu:   | Budynek szkoły   |           |
| Miejscowość:  | Karolew          |           |
| Adres:  | Karolew          |           |
| Normy:  |                  |           |
| Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:                              | PN-EN ISO 6946   |           |
| Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:                        | PN-EN 12831:2006 |           |
| Norma na obliczanie E:  | PN-EN ISO 13790  |           |
| Dane klimatyczne:   |                  |           |
| Strefa klimatyczna:   | III              |           |
| Projektowa temperatura zewnętrzna $\theta_e$ :                            | -20              | °C        |
| Średnia roczna temperatura zewnętrzna $\theta_{m,e}$ :                    | 7,6              | °C        |
| Stacja meteorologiczna:   | Warszawa Okęcie  |           |
| Grunty:   |                  |           |
| Rodzaj gruntu:  | Piasek lub żwir  |           |
| Pojemność cieplna:  | 2,000            | MJ/(m3·K) |
| Głębokość okresowego wnikania ciepła $\delta$ :                           | 3,167            | m         |
| Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_g$ :                            | 2,0              | W/(m·K)   |
| Podstawowe wyniki obliczeń budynku:                                       |                  |           |
| Powierzchnia ogrzewana budynku $A_H$ :                                    | 907,3            | m2        |
| Kubatura ogrzewana budynku $V_H$ :  | 2903,2           | m3        |
| Projektowa strata ciepła przez przenikanie $\Phi_T$ :                     | 39693            | W         |
| Projektowa wentylacyjna strata ciepła $\Phi_V$ :                          | 34360            | W         |
| Całkowita projektowa strata ciepła $\Phi$ :                               | 74052            | W         |
| Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH}$ :                                      | 0                | W         |
| Projektowe obciążenie cieplne budynku $\Phi_{HL}$ :                       | 74052            | W         |
| Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:                                   |                  |           |
| Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do powierzchni $\phi_{HL,A}$ :            | 81,6             | W/m2      |
| Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do kubatury $\phi_{HL,V}$ :               | 25,5             | W/m3      |
| Wyniki obliczeń wentylacji na potrzeby projektowego obciążenia cieplnego: |                  |           |
| Powietrze infiltrujące $V_{infv}$ :                                       | 174,2            | m3/h      |
| Powietrze dodatkowo infiltrujące $V_{m,infv}$ :                           |                  | m3/h      |
| Wymagane powietrze nawiewane mech. $V_{su,min}$ :                         |                  | m3/h      |
| Powietrze nawiewane mech. $V_{su}$ :                                      |                  | m3/h      |
| Wymagane powietrze usuwane mech. $V_{ex,min}$ :                           |                  | m3/h      |
| Powietrze usuwane mech. $V_{ex}$ :  |                  | m3/h      |
| Średnia liczba wymian powietrza $n$ :                                     | 0,9              |           |
| Dopływające powietrze wentylacyjne $V_v$ :                                | 2578,0           | m3/h      |
| Średnia temperatura dopływającego powietrza $\theta_v$ :                  | -20,0            | °C        |
| Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię wg PN-EN ISO 13790  |                  |           |
| Stacja meteorologiczna:   | Warszawa Okęcie  |           |
| Sezonowe zapotrzebowanie na energię na ogrzewanie                         |                  |           |
| Strumień powietrza wentylacyjnego-ogrzewanie $V_v,H$ :                    | 2578,0           | m3/h      |
| Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :                       | 374,44           | GJ/rok    |
| Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :                       | 104010           | kWh/rok   |
| Powierzchnia ogrzewana budynku $A_H$ :                                    | 907              | m2        |

|   |                    |        |               |
|---|--------------------|--------|---------------|
| Kubatura ogrzewana budynku  | VH:                | 2903,2 | m3            |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie   | EAH:               | 412,7  | MJ/ (m2·rok)  |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie   | EAH:               | 114,6  | kWh/ (m2·rok) |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie   | EVH:               | 129,0  | MJ/ (m3·rok)  |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie   | EVH:               | 35,8   | kWh/ (m3·rok) |
| Parametry obliczeń projektu:  |                    |        |               |
| Obliczanie przenikania ciepła przy min. Δθmin:                                      |                    | 4,0    | K             |
| Wariant obliczeń strat ciepła do pomieszczeń w sąsiednich grupach:                  |                    |        |               |
| Obliczaj zgodnie z EN 12831:2006  |                    |        |               |
| Obliczaj straty do pomieszczeń w sąsiednich budynkach tak jak by były nieogrzewane: |                    | Nie    |               |
| Obliczanie automatyczne mostków cieplnych:  |                    | Tak    |               |
| Obliczanie mostków cieplnych metodą uproszczoną:                                    |                    | Nie    |               |
| Domyślne dane do obliczeń:  |                    |        |               |
| Typ budynku:  | Szkolny            |        |               |
| Typ konstrukcji budynku:  | Średnia            |        |               |
| Typ systemu ogrzewania w budynku:   | Konwekcyjne        |        |               |
| Oslabienie ogrzewania:  | Bez osłabienia     |        |               |
| Regulacja dostawy ciepła w grupach:   | Centralna reg.     |        |               |
| Stopień szczelności obudowy budynku:  | Średni             |        |               |
| Krotność wymiany powietrza wewn. n50:   | 3,5                | 1/h    |               |
| Klasa osłonięcia budynku:   | Średnie osłonięcie |        |               |
| Domyślne dane dotyczące wentylacji:   |                    |        |               |
| System wentylacji:  | Naturalna          |        |               |
| Temperatura powietrza nawiewanego θsu:  |                    | °C     |               |
| Temperatura powietrza kompensacyjnego θc:   | 20,0               | °C     |               |
| Domyślne dane dotyczące rekuperacji i recyrkulacji:                                 |                    |        |               |
| Temperatura dopływającego powietrza θex,rec:  | 20,0               | °C     |               |
| Projektowa sprawność rekuperacji ηrecup:  | 70,0               | %      |               |
| Sezonowa sprawność rekuperacji ηE,recup:  | 49,0               | %      |               |
| Projektowy stopień recyrkulacji ηrecir:   |                    | %      |               |
| Sezonowy stopień recyrkulacji ηE,recir:   |                    | %      |               |
| Geometria budynku:  |                    |        |               |
| Rzędna poziomu terenu:  | 0,00               | m      |               |
| Domyślna rzędna podłogi Lf:   |                    | m      |               |
| Rzędna wody gruntowej:  | -3,50              | m      |               |
| Domyślna wysokość kondygnacji H:  |                    | m      |               |
| Domyślna wys. pomieszczeń w świetle stropów Hi:                                     |                    | m      |               |
| Pole powierzchni podłogi na gruncie Ag:   | 478,20             | m2     |               |
| Obwód podłogi na gruncie w świetle ścian zewn. Pg:                                  | 102,60             | m      |               |
| Obrót budynku:  | Bez obrotu         |        |               |
| Statystyka budynku:   |                    |        |               |
| Liczba kondygnacji:   | 0                  |        |               |
| Liczba stref budynku:   |                    |        |               |
| Liczba grup pomieszczeń:  | 1                  |        |               |
| Liczba pomieszczeń:   | 1                  |        |               |



## WARIANT 4

|   |                  |           |
|---|------------------|-----------|
| Podstawowe informacje:  |                  |           |
| Nazwa projektu:   | Budynek szkoły   |           |
| Miejscowość:  | Karolew          |           |
| Adres:  | Karolew          |           |
| Normy:  |                  |           |
| Norma na obliczanie wsp. przenikania ciepła:                              | PN-EN ISO 6946   |           |
| Norma na obliczanie projekt. obciążenia cieplnego:                        | PN-EN 12831:2006 |           |
| Norma na obliczanie E:  | PN-EN ISO 13790  |           |
| Dane klimatyczne:   |                  |           |
| Strefa klimatyczna:   | III              |           |
| Projektowa temperatura zewnętrzna $\theta_e$ :                            | -20              | °C        |
| Średnia roczna temperatura zewnętrzna $\theta_{m,e}$ :                    | 7,6              | °C        |
| Stacja meteorologiczna:   | Warszawa Okęcie  |           |
| Grunt:  |                  |           |
| Rodzaj gruntu:  | Piasek lub żwir  |           |
| Pojemność cieplna:  | 2,000            | MJ/(m3·K) |
| Głębokość okresowego wnikania ciepła $\delta$ :                           | 3,167            | m         |
| Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda_g$ :                            | 2,0              | W/(m·K)   |
| Podstawowe wyniki obliczeń budynku:                                       |                  |           |
| Powierzchnia ogrzewana budynku AH:  | 907,3            | m2        |
| Kubatura ogrzewana budynku VH:  | 2903,2           | m3        |
| Projektowa strata ciepła przez przenikanie $\Phi_T$ :                     | 40380            | W         |
| Projektowa wentylacyjna strata ciepła $\Phi_V$ :                          | 34666            | W         |
| Całkowita projektowa strata ciepła $\Phi$ :                               | 75046            | W         |
| Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH}$ :                                      | 0                | W         |
| Projektowe obciążenie cieplne budynku $\Phi_{HL}$ :                       | 75046            | W         |
| Wskaźniki i współczynniki strat ciepła:                                   |                  |           |
| Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do powierzchni $\phi_{HL,A}$ :            | 82,7             | W/m2      |
| Wskaźnik $\Phi_{HL}$ odniesiony do kubatury $\phi_{HL,V}$ :               | 25,8             | W/m3      |
| Wyniki obliczeń wentylacji na potrzeby projektowego obciążenia cieplnego: |                  |           |
| Powietrze infiltrujące $V_{infv}$ :                                       | 174,2            | m3/h      |
| Powietrze dodatkowo infiltrujące $V_{m,infv}$ :                           |                  | m3/h      |
| Wymagane powietrze nawiewane mech. $V_{su,min}$ :                         |                  | m3/h      |
| Powietrze nawiewane mech. $V_{su}$ :                                      |                  | m3/h      |
| Wymagane powietrze usuwane mech. $V_{ex,min}$ :                           |                  | m3/h      |
| Powietrze usuwane mech. $V_{ex}$ :  |                  | m3/h      |
| Średnia liczba wymian powietrza $n$ :                                     | 0,9              |           |
| Dopływające powietrze wentylacyjne $V_v$ :                                | 2601,0           | m3/h      |
| Średnia temperatura dopływającego powietrza $\theta_v$ :                  | -20,0            | °C        |
| Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na energię wg PN-EN ISO 13790  |                  |           |
| Stacja meteorologiczna:   | Warszawa Okęcie  |           |
| Sezonowe zapotrzebowanie na energię na ogrzewanie                         |                  |           |
| Strumień powietrza wentylacyjnego-ogrzewanie $V_v,H$ :                    | 2601,0           | m3/h      |
| Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :                       | 382,37           | GJ/rok    |
| Zapotrzebowanie na ciepło - ogrzewanie $Q_{H,nd}$ :                       | 106213           | kWh/rok   |
| Powierzchnia ogrzewana budynku AH:  | 907              | m2        |

|  |                    |        |               |
|--|--------------------|--------|---------------|
| Kubatura ogrzewana budynku   | VH:                | 2903,2 | m3            |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EAH:               | 421,5  | MJ/ (m2·rok)  |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EAH:               | 117,1  | kWh/ (m2·rok) |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EVH:               | 131,7  | MJ/ (m3·rok)  |
| Wskaźnik zapotrzebowania - ogrzewanie                              | EVH:               | 36,6   | kWh/ (m3·rok) |
| Parametry obliczeń projektu:                                       |                    |        |               |
| Obliczanie przenikania ciepła przy min. Δθmin:                     | 4,0                | K      |               |
| Wariant obliczeń strat ciepła do pomieszczeń w sąsiednich grupach: |                    |        |               |
| Obliczaj zgodnie z EN 12831:2006                                   |                    |        |               |
| Obliczaj straty do pomieszczeń w sąsiednich                        |                    |        |               |
| budynkach tak jak by były nieogrzewane:                            | Nie                |        |               |
| Obliczanie automatyczne mostków cieplnych:                         | Tak                |        |               |
| Obliczanie mostków cieplnych metodą uproszczoną:                   | Nie                |        |               |
| Domyślne dane do obliczeń:   |                    |        |               |
| Typ budynku:   | Szkolny            |        |               |
| Typ konstrukcji budynku:   | Średnia            |        |               |
| Typ systemu ogrzewania w budynku:                                  | Konwekcyjne        |        |               |
| Oslabienie ogrzewania:   | Bez osłabienia     |        |               |
| Regulacja dostawy ciepła w grupach:                                | Centralna reg.     |        |               |
| Stopień szczelności obudowy budynku:                               | Średni             |        |               |
| Krotność wymiany powietrza wewn. n50:                              | 3,5                | 1/h    |               |
| Klasa osłonięcia budynku:  | Średnie osłonięcie |        |               |
| Domyślne dane dotyczące wentylacji:                                |                    |        |               |
| System wentylacji:   | Naturalna          |        |               |
| Temperatura powietrza nawiewanego θsu:                             |                    | °C     |               |
| Temperatura powietrza kompensacyjnego θc:                          | 20,0               | °C     |               |
| Domyślne dane dotyczące rekuperacji i recyrkulacji:                |                    |        |               |
| Temperatura dopływającego powietrza θex,rec:                       | 20,0               | °C     |               |
| Projektowa sprawność rekuperacji ηrecup:                           | 70,0               | %      |               |
| Sezonowa sprawność rekuperacji ηE,recup:                           | 49,0               | %      |               |
| Projektowy stopień recyrkulacji ηrecir:                            |                    | %      |               |
| Sezonowy stopień recyrkulacji ηE,recir:                            |                    | %      |               |
| Geometria budynku:   |                    |        |               |
| Rzędna poziomu terenu:   | 0,00               | m      |               |
| Domyślna rzędna podłogi Lf:  |                    | m      |               |
| Rzędna wody gruntowej:   | -3,50              | m      |               |
| Domyślna wysokość kondygnacji H:                                   |                    | m      |               |
| Domyślna wys. pomieszczeń w świetle stropów Hi:                    |                    | m      |               |
| Pole powierzchni podłogi na gruncie Ag:                            | 478,20             | m2     |               |
| Obwód podłogi na gruncie w świetle ścian zewn. Pg:                 | 102,60             | m      |               |
| Obrót budynku:   | Bez obrotu         |        |               |
| Statystyka budynku:  |                    |        |               |
| Liczba kondygnacji:  | 0                  |        |               |
| Liczba stref budynku:  |                    |        |               |
| Liczba grup pomieszczeń:   | 1                  |        |               |
| Liczba pomieszczeń:  | 1                  |        |               |



**ZAŁĄCZNIK 3**  
**MODERNIZACJA OŚWIETLENIA**



Modernizacja oświetlenia w budynku nie wpłynie na zużycie energii cieplnej na potrzeby centralnego ogrzewania i podgrzewu ciepłej wody użytkowej, natomiast ma bezpośredni wpływ na zużycie energii elektrycznej.

Przedsięwzięcie modernizacyjne dotyczące oświetlenia nie podlega warunkom określonym w Ustawie z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów – Dz. U. Nr 223, poz. 1459, dlatego nie rozpatrywano go w zasadniczej części audytu energetycznego, lecz jako osobny załącznik, wychodzący poza zapisy Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346) z późniejszą zmianą z dnia 3 września 2015 r. (Dz. U. 2015 poz. 1606).

Zestawienie oświetlenia w stanie istniejącym budynku (według danych dostarczonych przez Inwestora) przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Zestawienie oświetlenia w stanie istniejącym budynku

| TYP OŚWIETLENIA | IŁOŚĆ | MOC<br>JEDNOSTKOWA | MOC<br>ZAINSTALOWANA |
|-----------------|-------|--------------------|----------------------|
|                 | szt.  | W                  | W                    |
| Żarówka 60 W    | 4     | 60                 | 240                  |
| Żarówka 75 W    | 2     | 75                 | 150                  |
| Świetlówka 18 W | 66    | 18                 | 1 188                |
| Świetlówka 36 W | 78    | 36                 | 2 808                |
| Żarówki LED     | 14    | 4                  | 56                   |
| Żarówki LED     | 7     | 18                 | 126                  |
|                 |       | SUMA               | <b>4 568</b>         |

Moc zainstalowanego oświetlenia w stanie istniejącym wynosi: **4 568 W**.

Możliwa jest modernizacja istniejącego oświetlenia, polegająca na wymianie istniejącego oświetlenia żarowego oraz oświetlenia tzw. jarzeniowego na nowoczesne oświetlenie energooszczędne np. typu LED: tzw. liniowe – świetlówki LED oraz żarówki LED.

W celu zapewnienia odpowiednich wymaganych parametrów natężenia oświetlenia, wskaźnika oślnienia, oddawania barw i klasy oświetlenia poszczególnych typów pomieszczeń należy wykonać dokładne obliczenia (PN-EN 12464-1 – Technika Świetlna – Oświetlenie miejsc pracy – Część 1: Miejsca pracy wewnątrz pomieszczeń).

Kalkulacje przedstawione poniżej mają jedynie charakter orientacyjny.

Zestawienie oświetlenia po modernizacji przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Zestawienie oświetlenia po modernizacji

| TYP OŚWIETLENIA   | ILOŚĆ | MOC<br>JEDNO<br>STKOWA | MOC<br>ZAINSTA<br>LOWANA | CENA<br>JEDNO<br>STKOWA<br>BRUTTO | NAKŁADY<br>ŁĄCZNIE |
|---|-------|------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------|
|   | szt.  | W                      | W                        | zł/szt.                           | zł                 |
| Żarówki energooszczędne, np.: żarówki LED 10W (zamiennik 60W)       | 4     | 10                     | 40                       | 26,0                              | 16 113,80          |
| Żarówki energooszczędne, np.: żarówki LED 12W (zamiennik 75W)       | 2     | 12                     | 24                       | 24,9                              |                    |
| Świetlówki energooszczędne, np.: świetlówki LED 9W (zamiennik 18W)  | 66    | 9                      | 594                      | 100,0                             |                    |
| Świetlówki energooszczędne, np.: świetlówki LED 18W (zamiennik 36W) | 78    | 18                     | 1404                     | 120,0                             |                    |
| Żarówki LED   | 14    | 4                      | 56                       |                                   |                    |
| Żarówki LED   | 7     | 18                     | 126                      |                                   |                    |
| SUMA  |       |                        | <b>2 244</b>             |                                   |                    |
| Niezbędne prace   |       |                        |                          |                                   | 16 113,80          |
| SUMA  |       |                        |                          |                                   | <b>32 227,60</b>   |

Moc oświetlenia po modernizacji wyniesie: **2 244 W.**

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, zapotrzebowanie na energię na potrzeby oświetlenia należy wyznaczać w oparciu o polskie normy, czyli normę PN-EN 15193 : 2010P Charakterystyka energetyczna budynków – Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia. Najważniejszym parametrem, jaki trzeba wyznaczyć jest tzw. liczbowy wskaźnik energii oświetlenia **LENI** (ang. Lighting Energy Numeric Factor) w [kWh/(m<sup>2</sup> × rok)].

Roczne jednostkowe zużycie energii do oświetlenia **LENI** oblicza się na podstawie wzoru:

$$\text{LENI} = [F_C \times P_N / 1000 \times ((t_D \times F_O \times F_D) + (t_N \times F_O))] + m + n \times [5 / t_y \times (t_y - (t_D + t_N))]$$



| WYSZCZEGÓLNIENIE     |   | Jednostka                  | Stan przed termomodernizacją | Stan po termomodernizacji |
|----------------------|---|----------------------------|------------------------------|---------------------------|
| <b>P<sub>N</sub></b> | jednostkowa moc opraw oświetlenia podstawowego w budynku                          | W/m <sup>2</sup>           | 2,85                         | 1,40                      |
| <b>F<sub>C</sub></b> | współczynnik uwzględniający obniżenie natężenia oświetlenia do poziomu wymaganego | -                          | 1                            | 1                         |
| <b>F<sub>D</sub></b> | współczynnik uwzględniający wykorzystanie światła dziennego w oświetleniu         | -                          | 1                            | 1                         |
| <b>F<sub>O</sub></b> | współczynnik uwzględniający nieobecność użytkowników w miejscu pracy              | -                          | 1                            | 1                         |
| <b>t<sub>D</sub></b> | roczny czas użytkowania oświetlenia w ciągu dnia                                  | h/rok                      | 1 800                        | 1 800                     |
| <b>t<sub>N</sub></b> | roczny czas użytkowania oświetlenia w ciągu nocy                                  | h/rok                      | 200                          | 200                       |
| <b>t<sub>Y</sub></b> | czas równy 8760 h (rok odniesienia)   | h                          | 8 760                        | 8 760                     |
| <b>m</b>             | m=1, gdy stosowane jest oświetlenie awaryjne; w przeciwnym razie m=0              | -                          | 0                            | 0                         |
| <b>n</b>             | n=1, gdy stosowane jest sterowanie opraw; w przeciwnym razie n=0                  | -                          | 0                            | 0                         |
|                      | <b>LENi</b>   | kWh/(m <sup>2</sup> × rok) | 5,71                         | 2,80                      |
|                      | <b>Af - POWIERZCHNIA OŚWIETLANA W BUDYNKU</b>                                     | m <sup>2</sup>             | 1 600,10                     | 1 600,10                  |
|                      | <b>Ei = LENi × Af</b>   | kWh/rok                    | 9 136,00                     | 4 488,00                  |

Biorąc pod uwagę standardowe godziny rocznego czasu użytkowania oświetlenia zapotrzebowanie na energię elektryczną wynosi:

- dla stanu istniejącego: 9 136,00 kWh/rok,
- dla stanu po modernizacji: 4 488,00 kWh/rok,

Stąd oszczędności wyniosą:  $9\,136,00 - 4\,488,00 = 4\,648,00 \text{ kWh/rok}$ .

Wg faktury za energię elektryczną udostępnionej przez Inwestora, koszt jednostkowy opłaty za energię elektryczną wynosi: 0,4180 zł/kWh brutto

Oszczędności finansowe związane z wymianą oświetlenia wyniosą:

$$4\,648,00 \text{ kWh} \times 0,4180 \text{ zł/kWh} = 1\,942,86 \text{ zł/rok}$$

Natomiast SPBT wyniesie:

$$32\,227,60 / 1\,942,86 = 16,59 \text{ lat}$$



## **ZAŁĄCZNIK 4**

### **WSKAŹNIKI**

## Oszczędność energii cieplnej w budynku po modernizacji [GJ/rok]

Przed termomodernizacją i po termomodernizacji czynnik grzewczy na potrzeby centralnego ogrzewania dostarczany jest i będzie z kotłowni wyposażonej w kocioł gazowy.

Zużycie energii cieplnej na cele grzewcze przed termomodernizacją wynosi **761,45 GJ/rok**, zaś po termomodernizacji, zgodnie z KARTĄ AUDYTU, wynosić będzie **239,43 GJ/rok**. Zatem zmniejszenie zużycia energii na cele grzewcze to **522,02 GJ/rok**.

## Ilość zaoszczędzonej energii elektrycznej [MWh/rok]

W budynku zrealizowano modernizację oświetlenia. Modernizacja oświetlenia **nie** wpłynie na zużycie energii cieplnej na potrzeby ogrzewania i podgrzewu ciepłej wody użytkowej, natomiast ma bezpośredni wpływ na zużycie energii elektrycznej.

Biorąc pod uwagę standardowe godziny rocznego czasu użytkowania oświetlenia, roczne jednostkowe zużycie energii do oświetlenia wyliczone na podstawie wzoru:

**$LENI = [F_C \times P_N / 1000 \times ((t_D \times F_O \times F_D) + (t_N \times F_O))] + m + n \times [5 / t_y \times (t_y - (t_D + t_N))]$**   
wynosi:

- dla stanu istniejącego: 9 136,00 kWh/rok (32,89 GJ/rok),
- dla stanu po modernizacji: 4 488,00 kWh/rok (16,16 GJ/rok)

Stąd oszczędności wyniosą:  $9\,136,00 - 4\,488,00 = 4\,648,00$  kWh/rok (16,73 GJ/rok).

Ciepła woda użytkowa przed termomodernizacją i po termomodernizacji przygotowywana była i jest w elektrycznych podgrzewaczach. Zużycie energii elektrycznej na cele podgrzewu ciepłej wody przed termomodernizacją i po termomodernizacji wynosi **41,52 GJ/rok – 33,22 GJ/rok = 8,3 GJ/rok (2 305,56 kWh/rok)**.

Energia pozyskiwana przez instalację fotowoltaiczną – **23,22 GJ/rok (6 449,10 kWh/rok)**

Całkowita oszczędność energii elektrycznej wraz z potraktowaniem energii pozyskanej przez instalację fotowoltaiczną jako „oszczędność”:

**$4\,648,00 + 2\,305,56 + 6\,449,10 = 13\,402,66$  kWh/rok = 13,40 MWh/rok**

Całkowita oszczędność energii elektrycznej bez traktowania jako „oszczędność” energii pozyskanej przez instalację fotowoltaiczną:

**$4\,648,00 + 2\,305,56 = 6\,953,56$  kWh/rok = 6,95 MWh/rok**



## **Zmniejszenie zużycia energii końcowej w wyniku realizacji projektów [GJ/rok].**

Energia końcowa przed termomodernizacją wynosi  $(761,45 + 41,52 + 32,89)$  GJ/rok, zaś po termomodernizacji, wynosić będzie  $(239,43 + 33,22 + 16,16 - 23,22)$  GJ/rok. Zatem zmniejszenie zużycia energii końcowej w wyniku realizacji projektu wraz z uwzględnieniem produkcji energii przez instalację fotowoltaiczną  $(23,22)$  GJ to  $570,27$  GJ/rok.

Natomiast zmniejszenie zużycia energii końcowej w wyniku realizacji projektu bez uwzględniania produkcji energii przez instalację fotowoltaiczną to  $547,05$  GJ/rok.

## **Zmniejszenie rocznego zużycia energii pierwotnej w budynkach publicznych [kWh/rok]**

W celu wyznaczenia zmniejszenia zużycia energii pierwotnej po termomodernizacji przyjęto wartości energii końcowej oraz wartości współczynników nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii dla systemów technicznych z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.

Zużycie energii pierwotnej przed termomodernizacją wynosi:

- na cele grzewcze –  $761,45 \text{ GJ/rok} \times 1,10 = 837,60$  [GJ/rok],

Zużycie energii pierwotnej po termomodernizacji wynosi:

- na cele grzewcze –  $239,43 \text{ GJ/rok} \times 1,10 = 263,37$  [GJ/rok],

Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej na cele grzewcze to  $574,23$  GJ/rok  
 $(159\,508,33 \text{ kWh/rok})$

Zużycie energii pierwotnej przed termomodernizacją wynosi:

- na oświetlenie –  $32,89 \text{ [GJ/rok]} \times 3,00 = 98,67 \text{ [GJ/rok]}$
- na podgrzew ciepłej wody –  $41,52 \text{ [GJ/rok]} \times 3,00 = 124,56 \text{ [GJ/rok]}$

Zużycie energii pierwotnej po termomodernizacji wynosi:

- na oświetlenie –  $(16,16 - 11,61) \text{ [GJ/rok]} \times 3,00 = 13,65 \text{ [GJ/rok]}$
- na podgrzew ciepłej wody –  $(33,22 - 11,61) \text{ [GJ/rok]} \times 3,00 = 64,83 \text{ [GJ/rok]}$

Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej na oświetlenie oraz z podgrzew ciepłej wody to  $144,75$  GJ/rok  $(40\,208,33 \text{ kWh/rok})$

Zatem zmniejszenie zużycia energii pierwotnej na cele grzewcze, podgrzew ciepłej wody użytkowej i oświetlenie wynosi: **718,98 GJ/rok = 199 716,66 kWh/rok**

## Szacowany roczny spadek emisji gazów cieplarnianych (tony równoważnika CO<sub>2</sub>)

Redukcja emisji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) rozumiana jako realizacja przedsięwzięcia ograniczającego zużycie energii chemicznej zawartej w paliwach kopalnych została wyznaczona w oparciu o:

- 1) wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> (WE) w roku 2017 do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2020 zalecane do stosowania przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE),
- 2) wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub> dla energii elektrycznej za rok 2018 określone na podstawie raportów przekazanych przez podmioty do Krajowej Bazy o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji publikowane przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE),

Zestawienie wielkości obliczeniowego zapotrzebowania na energię końcową przed i po termomodernizacji oraz wielkości emisji wraz z redukcją w [MgCO<sub>2</sub>/rok]

| NOŚNIK ENERGII                           | WSKAŹNIK EMISJI<br>[kgCO <sub>2</sub> /GJ]<br>lub [MgCO <sub>2</sub> /MWh] | Obliczeniowy stan przed termomodernizacją    |   |  | Obliczeniowy stan po termomodernizacji       |   |  | Redukcja emisji<br>MgCO <sub>2</sub> /rok |
|--|--|--|---|--|--|---|--|---|
|  |  | Zapotrzebowanie na energię końcową (MWh/rok) | Zapotrzebowanie na energię końcową (GJ/rok) | Wielkość emisji MgCO <sub>2</sub> /rok | Zapotrzebowanie na energię końcową (MWh/rok) | Zapotrzebowanie na energię końcową (GJ/rok) | Wielkość emisji MgCO <sub>2</sub> /rok |   |
| <b>Gaz ziemny (c.o.)</b>                 | 55,41  |  | 761,45                                      | 42,19                                  |  | 239,43                                      | 13,27                                  | 28,92                                     |
| <b>Energia elektryczna (c.w.u.)</b>      | 0,765  | 9,14   |   | 6,99                                   | 4,49   |   | 3,43                                   | 3,56                                      |
| <b>Energia elektryczna (oświetlenie)</b> | 0,765  | 11,53  |   | 8,82                                   | 9,22   |   | 7,05                                   | 1,77                                      |
| <b>Energia elektryczna PV</b>            | 0,00   |  |   |  | 6,45   |   | 0,00                                   | 0,00                                      |
|  |  |  |   | <b>58,00</b>                           |  |   | <b>23,75</b>                           | <b>34,25<br/>59,05%</b>                   |

Szacowany roczny spadek emisji gazów cieplarnianych ( tony równoważnika CO<sub>2</sub>) **34,25**  
[MgCO<sub>2</sub>/rok]

Dodatkowa zdolność wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych [MW]:

- Dodatkowa zdolność wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych [MWe]  
 $3,72 \text{ kWe} = 0,00372 \text{ MWe}$
- Dodatkowa zdolność wytwarzania energii cieplnej ze źródeł odnawialnych [MWt] – *nie jest wytwarzana*

Produkcja energii cieplnej z nowo wybudowanych instalacji wykorzystujących OZE [MWht/rok] – *nie jest wytwarzana*

Produkcja energii cieplnej z nowych mocy wytwórczych instalacji wykorzystujących OZE [MWht/rok] – *nie jest wytwarzana*

Produkcja energii elektrycznej z nowo wybudowanych instalacji wykorzystujących OZE [MWhe/rok] –  $6449,1 \text{ kWh} = 6,4491 \text{ MWh}$

Produkcja energii elektrycznej z nowych mocy wytwórczych instalacji wykorzystujących OZE [MWhe/rok] – *nie dotyczy*

Moc zainstalowana energii elektrycznej i cieplnej [MW]

– w stanie istniejącym  $(84,81 + 7,00 + 4,57) \text{ kW} = 96,38 \text{ kW} = 0,096 \text{ MW}$

– w stanie po modernizacji bez uwzględnienia instalacji PV  $(50,71 + 7,00 + 2,24) \text{ kW} = 59,95 \text{ kW} = 0,060 \text{ MW}$

– w stanie po modernizacji i przy uwzględnieniu instalacji PV  $(50,71 + 7,00 + 2,24 + 7,44) \text{ kW} = 67,39 \text{ kW} = 0,067 \text{ MW}$

Dodatkowa zdolność wytwarzania energii elektrycznej w warunkach wysokosprawnej kogeneracji [MWe] – *nie dotyczy*

Dodatkowa zdolność wytwarzania energii cieplnej w warunkach wysokosprawnej kogeneracji [MWt] – *nie dotyczy*





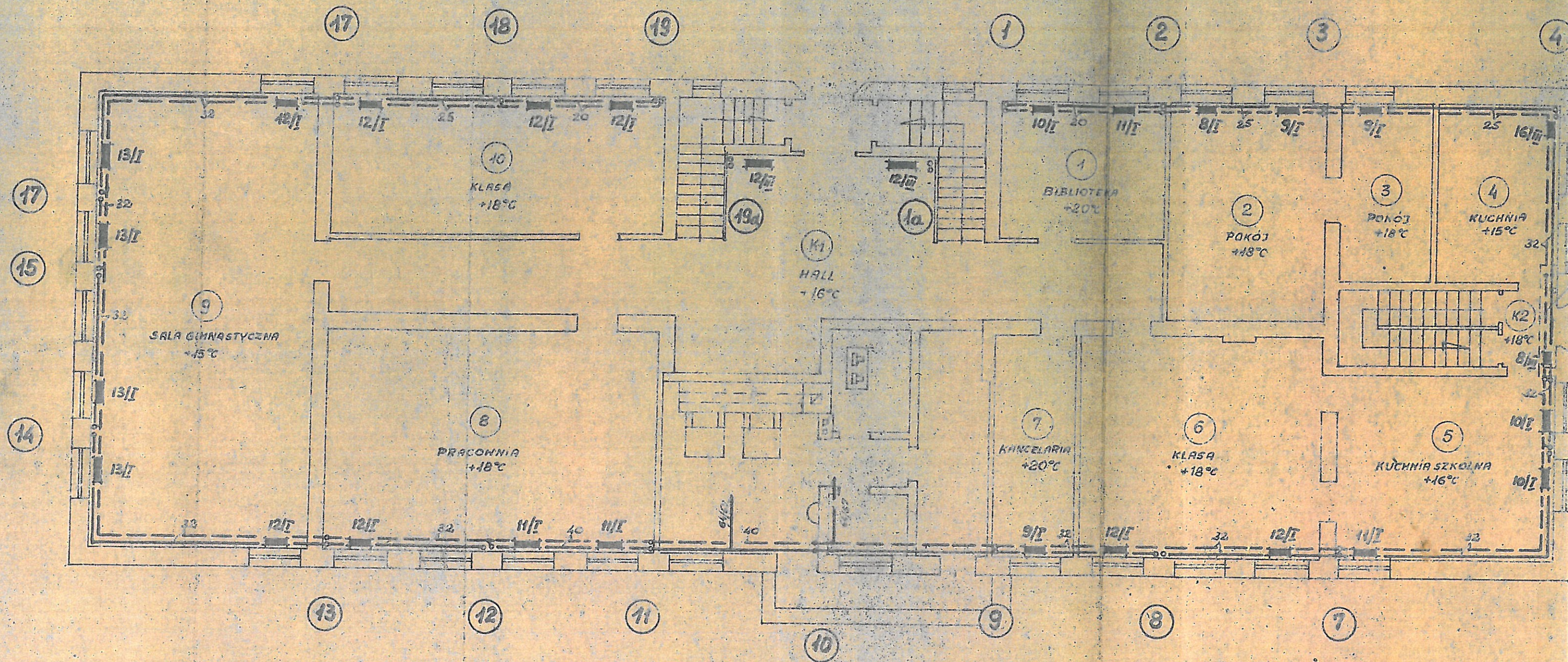
## **ZAŁĄCZNIK 5**

### **Rzuty i przekroje budynku**

- Z 5.1** Rzut parteru w skali 1:100,
- Z 5.2** Rzut piętra w skali 1:100,
- Z 5.3** Przekrój pionowy w skali 1:100.





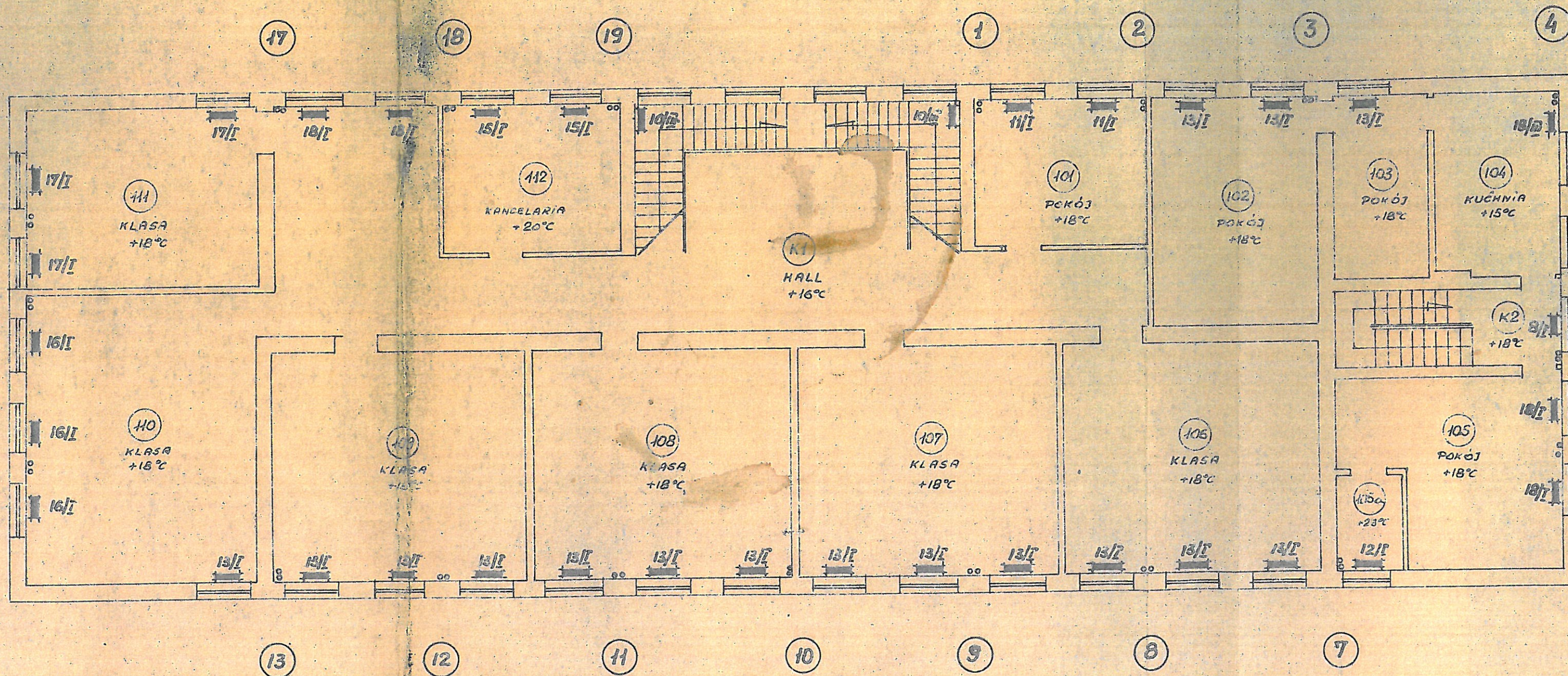


RZUT PARTERU









RZUT PIĘTRA

PROJEKT INST. CE

RZUTY

SKALA 1:100

RYS. NR. 2







3.10  
7.20  
3.10  
0.00

10x16  
20x26  
10x16

CEGLA PIŁOWANA  
GLINA  
STROP ARKADY

3.20

PARKIET  
SZLIKTA NYRLOWA  
STROP ARKADY

0.12 0.74 0.26 0.38 0.26

0.30 4.00 0.25 1.20 0.10

0.30 4.40

3.20

LASHICO 0.02  
GRUZOBEZOSTOIS

+0.40

1.60  
-0.50  
-1.20

PRZEMKROJ POPRZECZNY 1:50.



