

**Weryfikacja dokumentacji technicznej dla zadania pn.:
„Budowa energooszczędnego budynku przedszkola przy ul. Meliorantów
w Wyszowie”
pod kątem spełnienia wymogów ogłoszonego przez Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej programu priorytetowego LEMUR -
Energooszczędne Budynki Użyteczności Publicznej**

RAPORT KOŃCOWY

dla

Urząd Miasta Wyszów

Sporządził:
Dariusz Koc

Warszawa, dnia 15 grudnia 2014 r.

1. Wstęp

- Raport sporządzono na podstawie projektu budowlanego i projektów branżowych, których wersję elektroniczną projektant udostępnił 23.11.2014 oraz na poprawionych rysunków architektonicznych udostępnionych 26.11.2014 r.

2. Założenia do obliczeń i wyniki symulacji

1. Harmonogram użytkowania

- Harmonogram użytkowania założono na podstawie projektu architektoniczno – budowlanego. Dane te przedstawiono w Załączniku 2. Przyjęto (zgodnie z przeznaczeniem budynku) że obiekt nie jest użytkowany podczas weekendów, okresu wakacyjnego, świąt okolicznościowych oraz przerw i ferii świątecznych i zimowych. Łącznie daje to w roku 183 dni użytkowania w godzinach od 6.00 rano do 18.00 po południu (12 godzin dziennie – 11 godzin zajęć plus 1 godzina na przewietrzenie pomieszczeń rano).
Na podstawie powyższych założeń określono współczynniki intensywności użytkowania pomieszczeń, w tym współczynniki intensywności pracy układów wentylacyjnych, ilość godzin pracy podstawowego oświetlenia.
W obliczeniach nie zakładano stosowania obniżenia temperatury wewnętrznej poza okresami użytkowania. Obliczenia przeprowadzone zgodnie z normą nie powodują zmniejszenia w związku z tym zapotrzebowania na ciepło w sezonie grzewczym.
- Budynek, zgodnie z zasadami określonymi w normie PN-EN-13790, z uwagi na wysoki stopień różnorodności funkcji, wymagań temperaturowych i wentylacyjnych wymodelowano w podziale na 9 stref funkcjonalnych. Poddasze użytkowe wymodelowano jako strefę nieogrzewaną.

2. Założenia dotyczące obliczeń zapotrzebowania na energię na potrzeby wentylacji

- Budynek wymodelowano na potrzeby obliczeń zapotrzebowania na ciepło do celów ogrzewania jako jedną grupę z pomieszczeniami podzielonymi na 9 stref wentylowanymi w różny sposób oraz posiadającymi różne wewnętrzne temperatury obliczeniowe.
- Założono, że z wydajnością nominalną, układ wentylacyjny i system grzewczy będą pracowały przez 183 dni w roku podstawowych zajęć. W czasie zajęć przez 12 godzin dziennie od poniedziałku do piątku wentylacja pracuje z wydajnością 100%. W pozostałych okresach, kiedy szkoła nie będzie użytkowana wentylacja będzie wyłączona. Daje to współczynnik jednoczesności pracy w wysokości 0,251 przy założeniu pracy instalacji wentylacyjnej przez 8760 h w roku.
- Łazienki wentylowane są strumieniem powietrza wentylacyjnego w wysokości od 4 do 5 wymian na godzinę w okresie użytkowania j.w. W łazienkach i niektórych pomieszczeniach gospodarczych/technologicznych stosuje się wentylację nawiewno – wywiewną z odzyskiem ciepła z powietrza wentylacyjnego. W pomieszczeniach WC, kotłowni i wybranych pomieszczeniach gospodarczych zastosowano wentylację nawiewno – wywiewną bez odzysku ciepła z uwagi na wymagania higieniczne.
- Podstawowy strumień powietrza wentylacyjnego do obliczeń zapotrzebowania na ciepło przyjęto na podstawie projektu zgodnie z Załącznikiem 2.
- Założono, że zastosowane w rozwiązaniach projektowych układy automatyki sterującej pracą wentylacji umożliwiają realizację powyższego harmonogramu. Harmonogram ten i wynikające z niego współczynniki intensywności pracy układów wentylacji znajdują odzwierciedlenie w danych dot. wielkości strumienia powietrza wentylacyjnego w poszczególnych pomieszczeniach w programie obliczeniowym.

- Centrale zostały dobrane w taki sposób, że całkowity dla wszystkich central współczynnik nakładu energii elektrycznej nie przekroczył $0,5 \text{ Wh/m}^3$ łącznie dla wentylatorów nawiewnych i wywiewnych. Przy strumieniu powietrza wentylacyjnego $8896 \text{ m}^3/\text{h}$ daje to łączną znamionową moc zainstalowaną w napędach i urządzeniach central wentylacyjnych w wysokości 4448 W . Przy łącznej powierzchni obiektu $1437,4 \text{ m}^2$ daje to na potrzeby obliczeń zapotrzebowania na energię pomocniczą w wysokości $4448/1437,4 = 3,09 \text{ W/m}^2$. Z uwagi na konieczność wymodelowania napędów jednym wskaźnikiem, średni wskaźnik dla całego budynku wyniesie (z uwzględnieniem intensywności użytkowania) $3,09 \cdot 0,251 = 0,777 \text{ W/m}^2$ przy założeniu użytkowania pomieszczeń na potrzeby obliczeń zapotrzebowania na energię pomocniczą w ilości 8760 h/rok
- Średnioroczną sprawność odzysku ciepła w centralach wentylacyjnych w budynku ocenianym założono zgodnie z informacją od projektanta na poziomie 84% w budynku projektowanym, (określonych dla centrali dla jednego z zakresów zgodnie z normą PN EN 380). W budynku referencyjnym sprawność tę przyjęto na poziomie 50% zgodnie z warunkami technicznymi.
- Szczelność budynku przyjęto do obliczeń w wysokości $n_{50} = 1,0 \text{ w/h}$ dla budynku projektowanego, spełniającego wymagania LEMUR i $n_{50} = 1,5 \text{ w/h}$ dla budynku referencyjnego.

3. Założenia dotyczące obliczeń zapotrzebowania na energię przez przenikanie

- Wymiary do obliczeń powierzchni przegród do obliczania strat ciepła przyjęto po obrysie zewnętrznym. Wartości liniowych współczynników mostków cieplnych Ψ określono dla takiego sposobu wymiarowania powierzchni przegród do obliczeń strat ciepła. Dla tak przyjętego sposobu wymiarowania pomieszczeń do strat ciepła wartości liniowych współczynników mostków cieplnych Ψ przyjmują najczęściej wartości ujemne z uwagi na duży przyrost powierzchni do obliczeń strat ciepła związany z dużymi grubościami izolacji cieplnych. Niektóre wartości Ψ z uwagi na niską wartość i znak ujemny pominięto w obliczeniach, jako nieistotnie wpływające na wynik, nieznacznie zmniejszające wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło.
- Współczynniki przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych określono na podstawie danych z projektu budowlanego przy założeniu, że wszędzie będzie zastosowany materiał izolacyjny o współczynniku przewodzenia λ nie większym niż $0,034 \text{ mK/W}$.

4. Założenia dotyczące instalacji

- Do obliczeń zapotrzebowania na energię pomocniczą przyjęto, że:
 - na potrzeby pracy układu c.o. w rozbudowywanej części budynku pracuje 1 pompa Magna 3 25-100 o mocy nominalnej 163 W , co daje wskaźnik zapotrzebowania na moc w wysokości $163/1437,4 = 0,113 \text{ W/m}^2$.
 - na potrzeby instalacji c.w.u. na podstawie projektu branżowego założono:
 - pracę pompy Alpha 2 25-60 Grundfoss o mocy nominalnej 18 W ,
 - pracę pompy podgrzewu c.w.u. od instalacji solarnej Magna 3 25-80 o mocy nominalnej 124 W ,
 - do obiegu medium kolektorów słonecznych o mocy nominalnej 36 W ,
 - powyższe wartości dają wskaźnik zapotrzebowania na moc w wysokości $(18+124+36)/1437,4 = 0,124 \text{ W/m}^2$
 - Dla budynku ocenianego przyjęto wartość zapotrzebowania na energię elektryczną kotła jak dla budynku referencyjnego (przy założeniu, że gorszych rozwiązań obecnie się nie stosuje).
- Parametry czynnika grzewczego $60/45^\circ \text{C}$.

- Liczbę godzin pracy pomp obiegowych w układzie grzewczym z mocą nominalną określono na podstawie obliczeń komputerowych algorytmem zgodnym z przepisami rozporządzenia w sprawie charakterystyki energetycznej dla parametru L_H .
- Liczbę godzin pracy pomp obiegowych w układzie c.w.u. z mocą nominalną określono na podstawie harmonogramu użytkowania wg Załącznika 2 przy założeniu pracy przez 183 dni po 12 h dziennie.
- Wskaźniki nakładu na nieodnawialną energię pierwotną przyjęto na podstawie rozporządzenia w sprawie wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej.
- Wewnętrzne zyski ciepła określono zgodnie z wytycznymi do programu LEMUR na podstawie rozporządzenia w sprawie świadectw charakterystyki energetycznej w identycznej wysokości dla budynku projektowanego i referencyjnego.
- Do obliczeń słonecznych zysków ciepła przyjęto w budynku referencyjnym okna $U = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ i współczynnika $g = 0,64$. W budynku projektowanym przyjęto okna o $U = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ i współczynnika $g = 0,64$.

5. Założenia dotyczące oświetlenia

- Dla oświetlenia dla budynku referencyjnego przyjęto $14,6 \text{ W/m}^2$ oraz na podstawie danych dostarczonych przez projektantów $12\,973 / 1437,4 = 9,03 \text{ W/m}^2$ dla budynku projektowanego.
- Okres użytkowania przyjęto na podstawie Załącznika 2. Założono, że w podstawowym okresie użytkowania 183 dni w roku oświetlenie przy założeniu 100% wykorzystania mocy znamionowej jest wykorzystane przez 6 godzin dziennie, czyli łącznie w roku przez $183 \cdot 6 = 1098 \text{ h/rok}$.
- Założono, że w dniach użytkowania oświetlonych przez jedną godzinę dodatkowo 20% obiektu jednocześnie na potrzeby sprzątnięcia, co łącznie daje dodatkowych 36,6 h oświetlenia 100% obiektu w nocy w całym roku.
- Dla spełnienia wymogów WT2014 w budynku referencyjnym założono wskaźnik mocy zainstalowanej w pomieszczeniach w wysokości $14,6 \text{ W/m}^2$.
- W budynku projektowanym system oświetleniowy oparty jest na energooszczędnych oprawach oświetleniowych, statecznikach i źródłach światła. Zaplanowano zastosowanie czujników ruchu, które powoduje automatyczne wyłączanie i włączanie oświetlenia w zależności od przebywania osób w pomieszczeniu. Przyłączenie czujników światła tworzy układ oświetleniowy automatycznie regulujący się względem oświetlenia naturalnego doświetlającego pomieszczenia poprzez okna. W pomieszczeniach w których nie zostanie zastosowany system sterowania zostaną zaprojektowane oprawy typu LED które w znacznym stopniu pozwalają na oszczędność energii elektrycznej. W związku z powyższym do obliczeń w budynku projektowanym zastosowano współczynniki redukcyjne $F_0 = 0,9$ i $F_D = 1,00$.

6. Założenia dotyczące obliczeń zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową

- Przyjęto, że zużycie ciepłej wody na jedną osobę dla podstawowych potrzeb higienicznych wynosi 8 l wody ciepłej (wody zimnej w analizach nie uwzględnia się). Do obliczeń zapotrzebowania na c.w.u. założono zgodnie z projektem 177 użytkowników. Pominięto zapotrzebowania na c.w.u. w kuchni z uwagi na możliwość zakwalifikowania tego zapotrzebowania, jako ciepło technologiczne, którego nie uwzględnia się w bilansie (z uwagi na możliwość porównania tego typu budynku dla zestandaryzowanych warunków użytkowania z obiektami przedszkoli, które nie są wyposażone w kuchnie oraz brak wytycznych dotyczących sposobu obliczania zapotrzebowania na c.w.u. w kuchniach przy przedszkolnych). Dobowe zapotrzebowania na c.w.u. wynosi w takim przypadku $177 \cdot 0,008 = 1,416 \text{ m}^3/\text{dobę}$.

- Dla oceny zasadności przyjęcia takich założeń dokonano porównania wyników obliczeń zapotrzebowania na ciepło na potrzeby c.w.u. dla powyższych założeń z wynikami obliczeń zgodnie z obecnie obowiązującą metodyką dla świadectw charakterystyki obliczeń. Dla przyjętych założeń:
 - zapotrzebowanie na energię użytkową na przygotowanie ciepłej wody użytkowej wyniesie:
 $8 \cdot 177 \cdot 4,19 \cdot 1000 \cdot (55-10) \cdot 1,00 \cdot 183 / (1000 \cdot 3600) = 13\,571,8 \text{ kWh/rok}$
 - zapotrzebowanie na energię użytkową na przygotowanie ciepłej wody użytkowej zgodnie z aktualnie obowiązującą metodyką dla budynków szkolnych wyniesie:
 $0,8 \cdot 1437,4 \cdot 4,19 \cdot 1,00 \cdot (55-10) \cdot 0,55 \cdot 360 / 3600 = 12\,098,6 \text{ kWh/rok}$

Z uwagi na to, że obliczenia zgodnie z obowiązującą obecnie metodyką zaniżają wielkość zapotrzebowania na ciepło, do obliczeń przyjęto zapotrzebowanie zgodnie z założeniami projektowymi dla zapotrzebowania na c.w.u. w wysokości 8 l/użytkownika.

Założenia powyższe prowadzą do wskaźnika zużycia wody na 1 m² pow. użytkowej w wysokości $V_{wi} = 0,985 \text{ dm}^3/(\text{m}^2\text{dzień})$ przy 183 dniach użytkowania, co z kolei daje współczynnik redukcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu ciepłej wody użytkowej $k_R = 183/365 = 0,501$. Należy zauważyć, że założenia te generują znacznie wyższy wskaźnik zużycia wody oraz zbliżoną wartość współczynnika redukcyjnego w stosunku do rozporządzenia dotyczącym zasad wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej ($V_{wi} = 0,80 \text{ dm}^3/(\text{m}^2\text{dzień})$ i $k_R = 0,55$ do 0,50, co oznacza, że obliczeniach zapotrzebowania na ciepłą wodę wykonano z dużym zapasem po bezpiecznej stronie.

- Wskaźniki nakładu na nieodnawialną energię pierwotną przyjęto na podstawie rozporządzenia w sprawie wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej.
- Składowe sprawności instalacji c.o. i c.w.u. dla budynku projektowanego określono na podstawie projektu wg metodyki zgodnej z metodyką świadectw. Założono o 2% wyższą sprawność wytwarzania energii w kondensacyjnym kotle gazowym w stosunku do wymagań dla budynku referencyjnego. Wymagania te należy umieścić w projekcie, jako wytycznej dla wykonawcy robót budowlanych.

7. Założenia dotyczące obliczeń zapotrzebowania chłód

- Budynek nie jest wyposażony w instalację chłodzenia.

8. Założenia dot. obliczeń współczynników przenikania ciepła elementów obudowy zewnętrznej

- Dla budynku referencyjnego wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych przyjęto z uwagi na konieczność spełniania wymagań, jakie budynek referencyjny musi spełnić względem cząstkowych wartości U dla poszczególnych przegród oraz granicznych wartości wskaźnika EP przy zastosowaniu wytycznych programu LEMUR.
- Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych dla budynku projektowanego określono na podstawie danych i informacji zawartych w projekcie budowlanym.
- Obliczenia współczynników przenikania ciepła dla okien wykonano na podstawie założeń projektowych dla $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, natomiast dla budynku referencyjnego dla $U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

9. Sprawności instalacji i systemów energetycznych w budynku

- Dla budynku referencyjnego określono na podstawie wytycznych programu LEMUR i przepisów rozporządzenia w sprawie wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej,
- Dla budynku ocenianego składowe sprawności określono lub obliczono na podstawie danych z projektu i informacji od projektantów dotyczących jakości i wydajności urządzeń przy użyciu metodyki dla świadectw charakterystyki energetycznej.

10. Oprogramowanie

- Do obliczeń wykorzystano program Audytor OZC 6.5 Pro.

11. Wyniki obliczeń i symulacji

a. Budynek referencyjny

- W budynku referencyjnym przeanalizowano budynek identyczny co do funkcji, kształtu i sposobu użytkowania jak budynek projektowany, przy założeniu, że jest zasilany przez standardową (określoną w regulaminie programu LEMUR) instalację grzewczą zasilaną z sieci ciepłowniczej.
- Wymagania dot. granicznej wartości wskaźnika EP dla budynku referencyjnego spełnione zostały dla maksymalnych dopuszczalnych wartości współczynników przenikania ciepła zgodnie z warunkami technicznymi oraz przy założeniu zastosowaniu sprawności odzysku ciepła (z pomieszczeń, gdzie zastosowanie takiego odzysku przewidziano w projekcie) w wysokości 82% oraz przy założeniu harmonogramu użytkowania, głównie układu wentylacji, jak opisano powyżej w niniejszym załączniku.
- Zapotrzebowaniu na energię pierwotną na cele c.o., wentylacji i c.w.u. łącznie w budynku referencyjnym wynosi 65,0 kWh/(m2rok) i jest równe maksymalnej odpuszczalnej wartości wynoszącej 65 kWh/(m2rok). Wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną na wszystkie cele łącznie wynosi 114,9 kWh/(m2 rok) i jest niższy od dopuszczalnego w wysokości 115 kWh/(m2rok).
- Częstkowe wymagania w zakresie izolacyjności cieplnej i inne założenia jakie musi spełnić budynek referencyjny, aby spełnić wymagania $EP \leq 115 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$, są następujące:
 - i. Wsp. przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych $U = 0,250 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
 - ii. Wsp. przenikania ciepła dla dachu $U = 0,200 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
 - iii. Wsp. przenikania ciepła dla podłóg na gruncie $U = 0,299 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
 - iv. Okna o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ stolarka drzwiowa o $U = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
 - v. Współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego $g = 0,64$ dla zestawów szybowych stolarki okiennej.
 - vi. Sprawność odzysku ciepła - 82%,
 - vii. Strumień powietrza do obliczeń – 8 896 m³/h
 - viii. Współczynnik jednoczesności pracy układu wentylacji - 0,251 (dla założonego harmonogramu użytkowania),
 - ix. Szczelność budynku $n_{50} = 1,5 \text{ w/h}$

b. Budynek projektowany

- Częstkowe wymagania w zakresie izolacyjności cieplnej i inne założenia jakie musi spełnić budynek projektowany, aby spełnić wymagania dla uzyskania dofinansowania w klasie A, są następujące:
 - i. Wsp. przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych $U = 0,113 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (30 cm ocieplenia materiałem izolacyjnym o $\lambda \leq 0,036 \text{ mK/W}$),
 - ii. Wsp. przenikania ciepła dla dachu $U = 0,117 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, (30 cm ocieplenia materiałem izolacyjnym o $\lambda \leq 0,036 \text{ mK/W}$),
 - iii. Wsp. przenikania ciepła dla stropu poddasza $U = 0,114 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, (30 cm ocieplenia materiałem izolacyjnym o $\lambda \leq 0,036 \text{ mK/W}$),
 - iv. Wsp. przenikania ciepła dla podłóg na gruncie $U = 0,123 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, (20 cm ocieplenia materiałem izolacyjnym o $\lambda \leq 0,036 \text{ mK/W}$),
 - v. Ściany oddzielające pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych i ściany na strychu $U = 0,162 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, (20 cm ocieplenia materiałem izolacyjnym o $\lambda \leq 0,036 \text{ mK/W}$),
 - vi. Stolarka okienna o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$,
 - vii. Stolarka drzwiowa o $U = 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$,
 - viii. Współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego nie mniejszy niż $g = 0,64$ dla zestawów szybowych stolarki okiennej,
 - ix. Sprawność odzysku ciepła - 84%,
 - x. Strumień powietrza do obliczeń – 8 896 m³/h
 - xi. Współczynnik jednoczesności pracy układu wentylacji - 0,251 (dla założonego harmonogramu użytkowania),
 - xii. Szczelność budynku $n_{50} = 1,0 \text{ w/h}$.
- c. W obliczeniach uwzględniono instalację kolektorów słonecznych zgodnie z opisem w projekcie instalacyjnym.
- d. Dla każdego z wariantów przeanalizowanych w analizie wariantowej w pkt. 0 poniżej dołączono w wersji elektronicznej (z uwagi na objętość) wydruki charakterystyki energetycznej.
- e. Do raportu dołączono pliki wsadowe do obliczeń do programu Audytor OZC 6.5.

3. Podsumowanie

Wariant 1

W wariantcie 1 wykonano obliczenia dla budynku projektowanego zgodnie z opisem w pkt. 11, lit. b oraz porównano z budynkiem referencyjnym zgodnie z opisem w pkt. 11. Lit. a.

<i>BUDYNEK</i>	<i>Energia użytkowa E_U [kWh/m²*rok]</i>	<i>Energia pierwotna E_P [kWh/m²*rok]</i>
PROJEKTOWANY		
- ogrzewanie	2,20	4,80
- ciepła woda	9,40	7,60
- wentylacja mech. i nawilżanie	0,80	21,60
- chłodzenie		
- oświetlenie wbudowane	9,20	27,70
łącznie	21,60	61,70
REFERENCYJNY		65,30
- ogrzewanie	25,00	35,70
- ciepła woda	9,40	15,50
- wentylacja mech. i nawilżanie	4,50	14,10
- chłodzenie	0,00	0,00
- oświetlenie wbudowane	16,50	49,60
łącznie	55,40	114,90
ZMNIJSZENIE ZAPOTRZEBOWANIA %	61,0	46,30
KLASA BUDYNKU	A	A

Budynek zaprojektowany, po potwierdzeniu zgodności rozwiązań z opisami w niniejszym raporcie spełnia wymagania dla klasy A zgodnie z wymaganiami programu LEMUR.

Kwota pożyczki: 1 437 400,00 zł

Kwota umorzenia pożyczki (70% wielkości pożyczki): 1 006 180,00 zł