

PRACOWNIA PROJEKTOWO – KONSTRUKCYJNA
Hieronim Pawłowski
65 -119 ZIELONA GÓRA ul. Sulechowska 8 tel.: (068) 452-17-05

* REGON: 970438573 *

* NIP: 929-105-31-63 *

ZLECENIODAWCA: Dyrektor Gimnazjum w Jasieniu Pani Joanna Stachowiak
ul. Podmokła 1, 68-320 Jasień.

ZAMAWIAJĄCY: j.w.

ZNAK I DATA ZAMÓWIENIA: 15.06.2012.

RODZAJ OPRACOWANIA:

EKSPERTYZA TECHNICZNA

PRZEDMIOT OPRACOWANIA:

**EKSPERTYZA TECHNICZNA
DACHU SALI GIMNASTYCZNEJ GIMNAZJUM
W JASIENIU PRZY UL. PODMOKŁEJ 1
POD KĄTEM ZAWILGOCEŃ POWSTAŁYCH NA
POWIERZCHNIACH WEWNĘTRZNYCH DACHU SALI**

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA :

- I. ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA**
- II. EKSPERTYZA TECHNICZNA**
- III. ZAŁĄCZNIKI**

str. 2
str. 3 ÷ 16
wg spisu

stanowisko	nazwisko imię	data	podpis
OPRACOWAŁ RZECZOZNAWCA BUDOWLANY	mgr inż. Hieronim Pawłowski C.R.Rz.B 115/97	WRZESIEŃ 2012	mgr inż. HIERONIM PAWŁOWSKI rzeczoznawca budowlany w specjalności konstrukcyjno-budowlanej projektowania i wykonawstwo budowlanych Pozycja nr 2/95 Międzywojewództwa Zielonogórskiego Centralny Rejestr Rzeczoznawców Budowlanych poz. 115/97
ASYSTENT	mgr inż. Dominik Górniak upr. bud. LBS/0056/P00K/07	WRZESIEŃ 2012	<i>mgr inż. Dominik Górniak</i> upr. bud. do projektowania LBS/0056/P00K/07
ASYSTENT	mgr inż. Piotr Kramski	WRZESIEŃ 2012	<i>Piotr Kramski</i>

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

EKSPERTYZY TECHNICZNEJ DACHU SALI GIMNASTYCZNEJ GIMNAZJUM W JASIEŃKU PRZY UL. PODMOKŁEJ 1 POD KĄTEM ZAWILGOCEŃ POWSTAŁYCH NA POWIERZCHNIACH WEWNĘTRZNYCH DACHU SALI

wrzesień 2012

- **ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA** str. 2
- **EKSPERTYZA TECHNICZNA** str. 3 ÷ 16
- **ZAŁĄCZNIKI**
 - 1. Plan sytuacyjny
 - 2. Rzut parteru
 - 3. Przekrój I - I
 - 4. Szczegół pokrycia dachu Sali gimnastycznej
 - 5. Rzut konstrukcyjny dachu zaplecza
 - 6. Raport ciepłno – wilgotnościowy przegród budowlanych –
stan istniejący
 - 7. Raport ciepłno – wilgotnościowy przegród budowlanych –
stan po modernizacji
 - 8. Dokumentacja fotograficzna

EKSPERTYZA TECHNICZNA
DACHU SALI GIMNASTYCZNEJ GIMNAZJUM W JASIEIU
PRZY UL. PODMOKŁEJ 1 POD KĄTEM ZAWILGOCEŃ POWSTAŁYCH
NA POWIERZCHNIACH WEWNĘTRZNYCH DACHU SALI

1. DANE EWIDENCYJNE

- 1.1 Zleceniodawca: Dyrektor Gimnazjum w Jasieniu Pani Joanna Stachowiak.
- 1.2 Obiekt: Sala gimnastyczna Gimnazjum w Jasieniu.
- 1.3 Adres obiektu: Jasień, ul. Podmokła 1.
- 1.4 Zakres opracowania: Ekspertyza techniczna sali gimnastycznej pod kątem zawilgoceń powstałych na powierzchniach wewnętrznych dachu sali.
- 1.5 Autor opracowania: mgr inż. Hieronim Pawłowski
Rzecznik Budowlany

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

- 2.1 Zlecenie z czerwca 2012r.
- 2.2 Projekt budowlany architektury i konstrukcji „Rozbudowy gimnazjum w Jasieniu – budynku „A” – I etap” opracowany w grudniu 1999r. przez Pracownię Architektoniczną mgr inż. arch. J. Panz – Burkiewicz.
- 2.3 Wizja lokalna, dokumentacja fotograficzna.
- 2.4 Ustawa Prawo Budowlane z 7 lipca 1994r. z późn. zm.
- 2.5 Rozporządzenie M.I. z dn. 12.04.2002r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. nr 75 poz.690 z późn. zm.
- 2.6 Literatura dot. „fizyki budowli”.
- 2.7 Normy i normatywy dotyczące współczynników przenikania ciepła, mostków termicznych, właściwości cieplno – wilgotnościowych.

3. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Podstawowym celem opracowania jest ustalenie przyczyn zawilgoceń na powierzchniach wewnętrznych dachu sali gimnastycznej.

Zakres opracowania obejmuje:

- Oględziny i badanie stanu obiektu, w szczególności elementów konstrukcyjnych dachu.

- Obliczenia sprawdzające konstrukcyjne oraz współczynników przenikania ciepła przez przegrody dachowe.
- Opis i analiza poszczególnych elementów dachu i ustalenie przyczyn zawilgocień.
- Wnioski końcowe i zalecenia naprawy.

4. OPIS STANU ISTNIEJACEGO

4.1 OPIS ROZWIĄZAŃ PROJEKTOWYCH

Projekt budowlany opracowany w 1999r. (pkt.2.2) przewidywał dobudowę do istniejącego budynku szkoły nowych brył, zawierających salę sportową wraz z niezbędnym zapleczem i galerią widokową, oraz zespół sali lekcyjnych (widok zał. nr 1 plan sytuacyjny, zał. nr 2 rzut parteru i zał. nr 3 przekrój I – I).

Inwestycję podzielono na dwa etapy:

Etap I – sala sportowa z zapleczem i jednym łącznikiem.

Etap II – sale lekcyjne z drugim łącznikiem.

Inwestor zrealizował w 2001 – 2002r. tylko I etap inwestycji. Budynek oddano do użytku w czerwcu 2002r.

Dobudowę zaprojektowano w konstrukcji mieszanej:

- 1) Nad parterową salą gimnastyczną o długości 30,85m i szerokości 19,50m i wysokości $12 \div 7,1$ m zaprojektowano ramy stalowe o rozstawie osiowym 5,1m i rozpiętości 20,1m podpartych przegubowo na fundamentach. Rygiel ramy jest łukiem opisanym na okręgu 13,0m, przechodzącym w słupy pionowe o tym samym przekroju. Ramę i słupy zaprojektowano z blach gr. 7mm zespawanych w przekrój prostokątny skrzyniowy o wymiarach zewnętrznych $h=600$ mm, $b=250$ mm. Wewnątrz skrzynki wspawano przepony usztywniające z blachy gr. 7mm. Płatwie dachowe Sali zaprojektowano z rur stalowych kwadratowych 100x100x3mm w rozstawie co ok. 1,15m. Zamocowano je do górnych płaszczyzn rygla poprzez łączniki z kątownika 100x100x5mm. Pokrycie dachu – gonty papowe na folii budowlanej (lub papie) i płycie OSB gr. 12mm. Ocieplenie z wełny mineralnej gr. 15cm dachu zaprojektowano pod płatwiami na podwieszanej do płatwi i dźwigarów dachowych blasze fałdowej trapezowej T-55x188 (zał. nr 3- przekrój I – I + zał. nr 4 – szczegół pokrycia).
- 2) Zaplecze hali jest dwukondygnacyjne. Zaprojektowane zostało w konstrukcji tradycyjnej ze stropem nad parterem z płyt żelbetowych kanałowych, oraz

więźbą krokwiowo - płatwiową. Krokwie drewniane 63x160mm; płatwie z dwóch ceowników 120 zespawanych w prostokąt; słupy z rur 100x100x3mm. Pokrycie dachu – jak nad salą gimnastyczną. Ocieplenie z wełny mineralnej gr.15cm zaprojektowano w przestrzeni między krokwiami o wysokości 16cm. Sufit podwieszony z płyt gipsowo – kartonowych na ruszcie stalowym. (zał. nr 5 – rzut konstrukcyjny dachu zaplecza).

4.2 OPIS POWSTAŁYCH ZNISZCZEŃ

W trakcie wizji lokalnej stwierdziłem liczne zawilgocenia na wewnętrznych płaszczyznach dachu zarówno sali gimnastycznej jak i części zapleczewej. Wg informacji zleceńodawcy już w połowie 2003 wykonawca inwestycji (MODERNBUD) w ramach reklamacji usuwał usterki związane z przeciekami dachu.

W 2010r. wykonywane były kolejne naprawy dachu, związane z przeciekami głównie przy naświetlach. Naprawiono (lub wymieniono) kosze rynnowe i rynny.

5. OBLICZENIA KONTROLNO - SPRAWDZAJACE

A) DACH SALI GIMNASTYCZNEJ

Poz.1.1. Płyta dachowa – OSB gr.12mm.

Sprawdzenie wykonuje się dla części szczytowej, płaskiej, gdzie występuje maksymalne obciążenie śniegiem. Rozstaw płatwi wynosi ok. 1,15m.

Obciążenie

Gonty papowe + folia	0,12	x1,2	=0,14kN/m ²
Płyty OSB gr. 12mm	0,012x6,0=0,08	x1,1	=0,09kN/m ²
Śnieg I strefa	0,7x0,8=0,56	x1,5	=0,84kN/m ²
	q=0,76 kN/m ² 1,07kN/m ²		

wskazniki przekroju płyty na 1mb.

$$W_x = \frac{1,2^2 \cdot 100}{6} = 24 \text{ cm}^3 \quad I_x = \frac{1,2 \cdot 100}{12} = 14,4 \text{ cm}^4$$

Moment gnący

$$M=0,125 \times 1,07 \times 1,15^2 = 0,178 \text{ kNm/mb}$$

Naprężenia

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{0,178 \cdot 10^3}{24} = 7,4 \text{ MPa} \leq 13 \text{ MPa}$$

Ugięcie

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$q = 0,76 \text{ kN/m}^2 \quad l = 1,15 \text{ m} \quad I = 14,4 \text{ cm}^4 \quad E = 4800 \text{ N/mm}^2$$

$$f = 2,5 \text{ cm} > f_{\text{dop}} = 115/150 = 0,77 \text{ cm}$$

Wniosek:

Naprężenia dopuszczalne nie są przekroczone, lecz ugięcia przekraczają wartości dopuszczalne.

Poz.1.2. Płatew – rura kwadratowa 100x100x3mm

Rozpiętość płatwi 5,1m. Obciążenie płatwi – od płyty dachowej oraz od sufitu podwieszonego.

Obciążenie

z poz.1.1.	0,76 (1,07) x1,15	=0,87	1,23kN/m
ciężar własny		<u>=0,09 x1,1</u>	<u>0,10kN/m</u>
		0,96kN/m	1,30kN/m

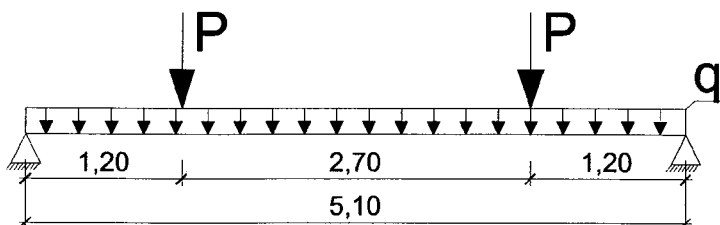
Ciężar stropu podwieszonego:

Blacha fałdowa T55	0,1	x1,1	=0,11kN/m ²
Wełna min. gr.15cm	0,15x0,8=	0,12	x1,2 =0,14kN/m ²
Folia		<u>0,05</u>	<u>x1,2 =0,06kN/m²</u>
		q=0,27kN/m ²	0,31kN/m ²

Obciążenie punktowe na płatew o rozstawie co 1,15m

$$p = g \times 1,15 \times (1,2 + 0,5 \times 2,7) \approx 0,8 \text{ kN} ; 0,91 \text{ kN}$$

Schemat obciążenia płatwi



$$q = 0,96 (1,33) \text{ kN/m}$$
$$p = 0,80 (0,91) \text{ kN/m}$$

Moment gnący od obciążeń obliczeniowych

$$M_{\max}=0,125 \times 1,33 \times 5,1^2 + 0,91 \times 1,2 = 4,32 + 1,1 = 5,42 \text{ kNm}$$

Parametry przekroju płatwi: $W_x=34,78 \text{ cm}^3$; $I_x=173,9 \text{ cm}^4$

$$M_{\text{dop}}=34,78 \times 0,215 = 7,48 \text{ kNm} > 5,42 \text{ kNm}$$

Ugięcie od obciążeń charakterystycznych

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{2 \cdot P \cdot a}{3 \cdot l \cdot E \cdot I} \cdot \left(\frac{l^2 - a^2}{3} \right)^{\frac{3}{2}}$$

Dla $E=205 \text{ GPa}$ $I=173,9 \text{ cm}^4$ $a=1,2 \text{ m}$ $l=5,1 \text{ m}$

$q=0,96 \text{ kN/m}$ $P=0,8 \text{ kN}$ otrzymujemy:

$$f_{\max}=2,37+0,83=3,2 \text{ cm} < 510/150=3,4 \text{ cm}$$

Wniosek:

Płaty dachowe spełniają warunki normatywne nośności oraz dopuszczalnych ugięć.

Wniosek końcowy do obliczeń kontrolnych dachu sali gimnastycznej.

Stany nośności w elementach konstrukcji dachu nie zostały przekroczone.

Stan użytkowania – tj. ugięcia płyt OSB w części kalenicowej są przekroczone.

B) DACH NAD GALERIĄ BOCZNĄ

Poz.1. Płyta dachowa – OSB gr. 12mm

$$\alpha=18^\circ \quad \sin \alpha=0,31 \quad \cos \alpha=0,951 \quad \tan \alpha=0,325$$

Rozstaw krokwi co 1,0m

Obciążenie – prostopadłe do płaszczyzny dachu

$$\text{a) Stałe - gonty papowe + folia} \quad 0,12 \times \cos \alpha = 0,114 \quad \times 1,1 = 0,126 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- płyty OSB} \quad \underline{0,08 \times \cos \alpha = 0,076 \quad \times 1,1 = 0,084 \text{ kN/m}^2}$$

$$g=0,19 \text{ kN/m}^2 \quad 0,21 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{b) Śnieg } C2=0,8+0,4 \times (18-15)/15=0,88$$

$$\text{Śnieg } 0,88 \times 0,7=0,62 \quad \times 1,5 = 0,93 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{c) Wiatr } C2=0,015 \times 18-0,2=0,07$$

$$\text{Wiatr } 0,3 \times 0,8 \times 0,07 \times 18=0,03 \quad \times 1,5 = 0,05 \text{ kN/m}^2$$

$$\Sigma=0,84 \text{ kN/m}^2 \quad 1,19 \text{ kN/m}^2$$

Moment gnący od obciążeń obliczeniowych

$$M_{\max}=0,125 \times 1,19 \times 1^2=0,149 \text{ kNm}$$

Naprężenia

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = 6,2 \text{ MPa} < 13 \text{ MPa}$$

Ugięcie

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$q=0,84 \text{ kN/m}^2 \quad l=1,0 \text{ m} \quad I=14,4 \text{ cm}^4 \quad E=4800 \text{ N/mm}^2$$

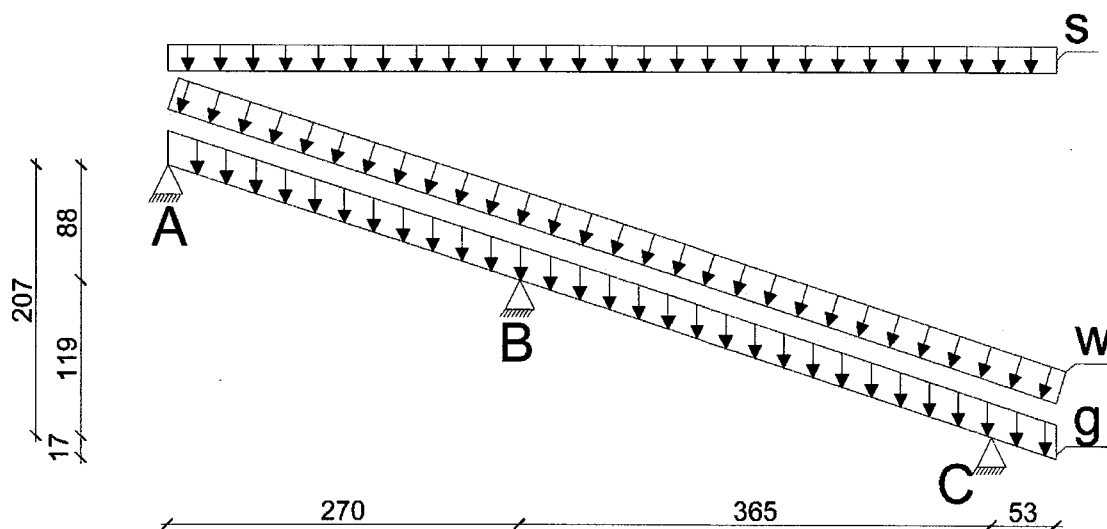
$$f=1,58 \text{ cm} > f_{\text{dop}}=100/150=0,67 \text{ cm}$$

Wniosek

Stan nośności spełniony. Stan użytkowania (ugięcia) przekroczony.

Poz.2. Krokwie drewniane 63x160mm

Schemat



Obciążenia

Stałe	$g=0,19 \text{ (0,21)} \times 1$	$=0,19$		$0,21 \text{ kN/m}$
Ciężar własny	$0,063 \times 0,16 \times 6$	$=0,06$	$\times 1,1$	$0,07 \text{ kN/m}$
		$g=0,25 \text{ kN/m}$		$0,28 \text{ kN/m}$
Śnieg	$s=0,62 \text{ (0,93)} \times 1$	$=0,62$		$0,93 \text{ kN/m}$
Wiatr	$w=0,03 \text{ (0,05)} \times 1$	$=0,03$		$0,05 \text{ kN/m}$

Obliczenia krokwi wykonano programem RM-WIN

$$M_{\max}=1,7\text{kNm}$$

$$R_A=1,1\text{kN} \quad R_B=4,9\text{kN} \quad H_B=0,5\text{kN} \quad R_C=2,6\text{kN} \quad H_C=0,1\text{kN}$$

Wskaźnik przekroju

$$W_x = \frac{6,3^2 \cdot 16}{6} = 268,8\text{cm}^3 \quad I_x = 2150\text{cm}^4$$

$$M_{\text{dop}}=3,49\text{MPa} < 1,7\text{kNm}$$

Wniosek

Krokwie przenoszą bezpiecznie obciążenia normatywne

Poz.3. Płatew skrajna w pkt.A – 2 ceowniki 120

Obciążenie

$$\text{z poz.2 } R_A = 1,1\text{kN/m}$$

$$\text{ciężar własny} \quad \underline{0,27 \times 1,1} = 0,3\text{kN/m}$$

$$q=1,4\text{kN/m}$$

Rozpiętość płatwi 5,1m

$$M_{\max}=0,125 \times 1,4 \times 5,1^2 = 4,55\text{kNm}$$

$$\text{Dwa ceowniki 120} \quad W_x=121\text{cm}^3$$

$$M_{\text{dop}}=26\text{kNm} > 4,55\text{kNm}$$

Poz.4. Płatew środkowa w pkt.B – 2 ceowniki 120

Obciążenie

$$\text{z poz.2 } R_B = 4,9\text{kN/m}$$

$$\text{ciężar własny} \quad \underline{0,27 \times 1,1} = 0,3\text{kN/m}$$

$$q=5,2\text{kN/m}$$

Obciążenie poziome $H=0,5\text{kN/m}$

Rozstaw płatwi co 4m

$$M_{\max}^x=0,125 \times 5,2 \times 4^2 = 10,4\text{kNm}$$

$$M_{\max}^y=0,125 \times 0,5 \times 4^2 = 1,0\text{kNm}$$

$$\text{Dwa ceowniki 120} \quad W_x=121\text{cm}^3 \quad W_y=110\text{cm}^3$$

Naprężenia w płatwi

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{10,4 \cdot 10^3}{121} + \frac{1,0 \cdot 10^3}{110} = 86 + 9,1 = 95,1\text{MPa} < 215\text{MPa}$$

Wniosek

Płatwie stalowe dachu przenoszą bezpiecznie obciążenia normatywne.

Wniosek końcowy do konstrukcji dachu nad galerią boczną.

Wszystkie elementy nośne dachu przenoszą bezpiecznie obciążenia zewnętrzne normatywne. Jedynie w płycie dachowej OSB przekroczony jest warunek dopuszczalnego ugięcia.

6. SPRAWDZENIE WSPÓŁCZYNNIKÓW PRZENIKANIA CIEPŁA PRZEZ PRZEGRODY ORAZ ICH ANALIZA.

Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej dachów, wyrażonej współczynnikiem przenikania ciepła „U”, na przestrzeni ostatnich lat ulegały wielokrotnym zmianom. Wg norm obowiązujących w latach 1960 ÷ 1982 wartość ta wynosiła $0,7\text{W/m}^2\text{K}$ w latach 1982 ÷ 1991 – $0,45\text{W/m}^2\text{K}$, 1991 ÷ 2008 – $0,3\text{W/m}^2\text{K}$. Obecnie wynosi $U_{\text{max}}=0,25\text{W/m}^2\text{K}$.

W okresie opracowywania projektu (1999r.) maksymalny współczynnik przenikania ciepła wynosił $U_{\text{max}}=0,3\text{W/m}^2\text{K}$. Obowiązywała wówczas norma „ciepłna” nr PN-EN ISO 6946:1998. Zgodnie z tą normą, jak również obecną PN-EN ISO 6949:2008, współczynnik przenikania ciepła uzyskuje się wprowadzając człon korekcyjny. Należało również uwzględnić przenikanie ciepła przez przegrody z mostkami cieplnymi liniowymi i punktowymi, poprzez korektę maksymalnego współczynnika przenikania ciepła.

Przegrody należało projektować również w taki sposób aby uniknąć kondensacji powierzchniowej pary wodnej.

6.1 DACH NAD SALĄ GIMNASTYCZNĄ.

W przekroju dachu nad salą gimnastyczną możemy wyodrębnić trzy różne warstwy przegrodowe.

D1- przekrój przez połąć dachową między płatwiami stalowymi z pustką powietrzną gr. 10cm.

D2- przekrój przez połąć dachową w miejscu płatwi stalowych. Brak izolacji w tym miejscu.

D3- przekrój przez połąć w miejscu dźwigarów stalowych. W miejscu tym brak izolacji termicznej.

Obliczenia przegród wykonano programem Arcadia-Termo. Wyniki obliczeń w załączniku nr 6.

Przekrój D1

Całkowity opór cieplny przegrody wynosi $R_C=4,27\text{m}^2\text{K/W}$ a współczynnik przenikania $U_C=0,234\text{W/m}^2\text{K}$ i jest mniejszy od maksymalnego współczynnika dla dachów $U_{\max}=0,25\text{W/m}^2\text{K}$.

W zaprojektowanej przegrodzie występuje wewnętrzna kondensacja pary wodnej, która nie wyparuje całkowicie w miesiącach letnich.

Przekrój D2

Całkowity opór cieplny przegrody wynosi $4,088\text{m}^2\text{K/W}$ natomiast współczynnik przenikania ciepła $0,245\text{W/m}^2\text{K}<0,25\text{W/m}^2\text{K}$.

Podobnie jak w miejscu D1 przegroda została zaprojektowana nieprawidłowo pod kątem kondensacji pary wodnej.

Przekrój D3

Całkowity opór cieplny przegrody wynosi $0,421\text{m}^2\text{K/W}$ a współczynnik przenikania ciepła wynosi $U_C=2,427\text{W/m}^2\text{K}$ i przekracza prawie 10- cio krotnie wartość dopuszczalną $U_{\max}=0,25\text{W/m}^2\text{K}$. W miejscu tym występuje więc tzw. mostek cieplny. Ponieważ płaszczyzna dźwigara od strony sali gimnastycznej jest znaczna, w miejscach tych następuje wykraplanie pary wodnej wytwarzanej w sali podczas zajęć. Przy temperaturach zewnętrznych zbliżonych do zera, na powierzchni dźwigara będzie temperatura niewiele wyższa. Przegroda ta została również źle zaprojektowana pod kątem kondensacji pary wodnej, oraz dodatkowo nieprawidłowo pod kątem rozwoju pleśni.

Nad salą zjawisko wykrapłania wystąpi więc przez większość miesięcy jesienno – zimowych, oraz wczesną wiosną. Po wprowadzeniu korekty na mostki cieplne, skorygowany współczynnik przenikania ciepła wynosi ok. $0,3\text{W/m}^2\text{K}$ i nie spełnia aktualnych obowiązujących norm.

6.1 DACH NAD CZĘŚCIĄ BOCZNĄ.

W przekroju tym możemy wyodrębnić dwie przegrody o różnych warstwach:

Przekrój przez połąć między krokwiami.

Oraz:

Przekrój przez połac w miejscu krokwi.

Dla przekroju dachu pomiędzy krokwiami całkowity opór cieplny przegrody wynosi $R_c=4,141\text{m}^2\text{K/W}$ a współczynnik przenikania ciepła $U_c=0,24\text{W/m}^2\text{K}$. Przegroda ta została zaprojektowana nieprawidłowo pod kątem kondensacji pary wodnej (załącznik nr 6).

W przekroju przez krokwie $R_c=1,294\text{ m}^2\text{K/W}$, a $U_c=0,77\text{W/m}^2\text{K}$. Podobnie jak w przekroju przez połac między krokwiami przegroda w tym miejscu jest nieprawidłowa z uwagi na kondensację pary wodnej.

Po uwzględnieniu korekty na mostki cieplne współczynnik przenikania ciepła wyniesie $0,29\text{W/m}^2\text{K}$ i również nie spełnia warunków obecnie obowiązującej normy cieplnej. Ze względu na kondensację pary wodnej przegrody te zostały również nieprawidłowo zaprojektowane i następuje systematyczne zawilgocenie izolacji z wełny mineralnej.

Wniosek końcowy do obliczeń cieplno – wilgotnościowych przegród dachowych

Zaprojektowane warstwy przegród dachowych spełniały warunek maksymalnego dopuszczalnego współczynnika przenikania ciepła $U_{\max}=0,3\text{W/m}^2\text{K}$. Jednak zostały zaprojektowane nieprawidłowo pod kątem kondensacji pary wodnej. Nad salą gimnastyczną brak izolacji termicznej dźwigara dachowego co powoduje wykraplanie się pary wodnej na powierzchni wewnętrznej.

7. PROPOZYCJE NAPRAWY.

Dla prawidłowego zaprojektowania naprawy dachu konieczna była ocena stopnia zawilgocenia izolacji z wełny gulfiber.

W dniu 7.09.2012 wykonano dwie odkrywki w płaszczyźnie dachu:

Pierwsza (1) nad salą gimnastyczną w części szczytowej (załącznik nr 8 - zdjęcie nr 11).

Druga (2) w części bocznej, nad antresolą sali (załącznik nr 8 - zdjęcie nr 10).

W odkrywce nr 1 stwierdzono iż: grubość płyty OSB wynosi 18mm (wg projektu 12mm); izolacja termiczna ma grubość 15 cm i jest sucha. Zawilgocona jest jedynie dolna płaszczyzna płyty OSB co powoduje powolną jej degradację (odspajają się płyty wiórowe płyty).

W odkrywce nr 2 stwierdzono iż: grubość płyty OSB wynosi 16mm (wg projektu 12mm); izolacja termiczna ma grubość 15cm i jest sucha. Podobnie jak w odkrywce nr 1 degradacji ulega spodnia część płyty OSB.

Zmienione grubości płyt OSB wymagają korekty obliczeń wytrzymałościowych wykonanych w pkt. 5. Natomiast nie mają większego wpływu na obliczenia współczynników ciepła – wilgotnościowych wykonanych w pkt. 6.

W trakcie wizji lokalnej stwierdzono iż na dachu wykonane zostały 4 – ry kominki wentylacyjne w kalenicy dachu (załącznik nr 8- zdjęcie nr 3). Wentylacja ta pomogła usunąć nadmiar wilgoci z przestrzeni dachowej w okresach letnich.

7.1 KOREKTA OBLICZEŃ KONTROLNO - SPRAWDZAJĄCYCH.

Część A - sala gimnastyczna

Poz.1.1 Płyta OSB gr. 18mm

Wskaźnik przekroju płyty na 1mb.

$$W_x = \frac{1,8^2 \cdot 100}{6} = 54 \text{ cm}^3 \quad I_x = \frac{1,8^3 \cdot 100}{12} = 48,6 \text{ cm}^4$$

Naprężenia w płycie

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{0,178 \cdot 10^3}{54} = 3,3 \text{ MPa} < 13 \text{ MPa}$$

Ugięcie

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$q=0,77 \text{ kN/m}^2 \quad l=1,15 \text{ m} \quad I=48,6 \text{ cm}^4 \quad E=4800 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{\max}=0,75 \text{ cm} < f_{\text{dop}}=115/150=0,77 \text{ cm}$$

Przy maksymalnym obciążeniu zewnętrznym (głównie śniegiem) płyta OSB nad salą gimnastyczną spełnia warunki użytkowania.

Część B - dach nad galerią boczną

Poz.1 Płyta OSB gr. 16mm

$$W_x=42,7 \text{ cm}^3 \quad I_x=34,1 \text{ cm}^4$$

Naprężenia w płycie

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{0,149 \cdot 10^3}{42,7} = 3,5 \text{ MPa} < 13 \text{ MPa}$$

Ugięcie

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$q=0,85\text{kN/m}^2 \quad l=1,0\text{m} \quad I=34,1\text{cm}^4 \quad E=4800\text{N/mm}^2$$

$$f_{\max}=0,67\text{cm} \leq f_{\text{dop}}=100/150=0,67\text{cm}$$

Stan nośności i użytkowania dla płyty OSB jest spełniony.

Wniosek końcowy

Wprowadzone zmiany grubości płyt OSB spowodowały iż stany użytkowania (ugięcia) płyt OSB mieszczą się w warunkach dopuszczalnych.

Pozostają do usunięcia wady ciepłno – wilgotnościowe.

7.2 PROPOZYCJA NAPRAWY.

Proponuje się nad salą gimnastyczną wypełnienie przestrzeni pomiędzy wełną mineralną a poszyciem z płyt OSB dodatkową 10 – cio centymetrową warstwą izolacji metodą wdmuchiwania materiału izolacyjnego.

Najwłaściwszym materiałem do wypełnienia byłaby wełna celulozowa „isofloc F”. Materiał ten posiada korzystne właściwości wymagane dla tego typu robót naprawczych, mianowicie lekkość (ciężar właściwy ok 40kg/m^3), ogniochronność, odporność na rozwój pleśni, nie powoduje korozji metali, dobre właściwości cieplne (współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda=0,037\text{W/m}^2\text{K}$).

W celu zlikwidowania kondensacji pary wodnej proponuje się pokryć od zewnątrz dach nad salą gimnastyczną oraz nad galeriami bocznymi 3 cm warstwą natryskową sztywną pianką poliuretanową oraz dwukrotnie malowanie farbą zabezpieczającą przed promieniowaniem UV. Warstwa ta dodatkowo uszczelni dach w miejscach nieszczelności. Ciężar właściwy pianki ok. 40kg/m^3 , współczynnik przewodzenia cieplnego $\lambda=0,023\text{W/m}^2\text{K}$. Dla proponowanych dodatkowych warstw izolacji termicznej przeprowadzono obliczenia programem Arcadia-Termo. Wyniki obliczeń – załącznik nr 7.

Nad salą w przekroju D1 uzyskano następujący wynik:

$$U_{\max}=0,121\text{W/m}^2\text{K}$$

W przekroju D2

$$U_{\max}=0,183\text{W/m}^2\text{K}$$

W przekroju D3

$$U_{\max}=0,23\text{W/m}^2\text{K}$$

Nad częścią boczną – dla przekroju przy połączeniu między krokiewiami
 $U_{\max}=0,177\text{W/m}^2\text{K}$.

Dla przekroju przez krokiew $U_{\max}=0,375\text{W/m}^2\text{K}$.

Współczynnik przenikania ciepła dachu części bocznej po redukcji mostka
wyniesie $U_{\max}=0,21\text{W/m}^2\text{K}$.

W każdym przekroju przegrody zostały zaprojektowane prawidłowo pod kątem
rozwoju pleśni i kondensacji pary wodnej.

Jak z powyższych wyliczeń wynika zaproponowane przegrody są zgodne
z aktualnie obowiązującą normą cieplną w zakresie maksymalnego
współczynnika przenikania ciepła ($U_{\max}=0,25\text{W/m}^2\text{K}$) oraz likwidacji kondensacji
pary wodnej w przegrodach.

8. WNIOSKI KOŃCOWE.

**8.1 Przyczyny zawilgoceń na płaszczyznach wewnętrznych dachu nad salą
gimnastyczną oraz nad antresolami bocznymi można podzielić na dwa
rodzaje:**

**1. Przecieki wody opadowej przez nieszczelności pokrycia, obróbek przy
oknach połaciowych i świetlikach, oraz przez uszczelki okien i świetlików.**

2. Drugą przyczyną są źle zaprojektowane przegrody dachowe.

**Najistotniejszą jest brak izolacji termicznej stalowego dźwigara dachowego
nad salą gimnastyczną. Występuje w tym miejscu tzw „mostek termiczny”
(współczynnik przenikania ciepła w tym miejscu przekracza 10 – cio krotną
wartość dopuszczalną). Przy temperaturach zewnętrznych ok zera,
powierzchnia wewnętrzna dźwigara ma niewiele wyższą temperaturę.
Następuje na niej wykraplanie pary wodnej znajdującej się w powietrzu sali.
Wykraplanie to daje wrażenie nieszczelności dachu w tym miejscu.
Dodatkową wadę zaprojektowanych przegród dachowych jest kondensacja**

pary wodnej wewnątrz przegrody (głównie na wewnętrznej płaszczyźnie płyt OSB.

8.2 W celu usunięcia przyczyn zawilgoceń proponuje się:

1. Wypełnić przestrzeń gr. 10cm w dachu sali gimnastycznej dodatkową izolacją wykonaną metodą wdmuchiwania. Proponuje się zastosować izolację z wełny celulozowej „isofloc F”. Izolacja ta pozwoli zaizolować cieplnie dźwigar dachowy i zlikwiduje zjawisko wykraplania się pary wodnej na jego wewnętrznych płaszczyznach.

2. Wykonanie dodatkowego pokrycia dachu nad salą gimnastyczną i galeriami bocznymi 3 cm warstwę natryskową pianką poliuretanową i dwukrotnie pomalowanie jej farbą zabezpieczającą przed promieniowaniem UV.

Pokrycie to poprawi warunki cieplne przegród i zlikwiduje zjawisko kondensacji pary wodnej w przegrodach. Pozwoli też usunąć nieszczelności w pokryciu dachowym i przy obróbkach okien połaciowych i naświetli.

3. Wykonać przegląd uszczelek w oknach połaciowych i naświetlach dachowych. W przypadku uszkodzeń wymienić.

Opracował:

mgr inż. Hieronim Pawłowski

Rzecznik Budowlany

mgr inż. **HIERONIM PAWŁOWSKI**
rzecznik budowlany
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
projektowanie i wykonawstwo
Decyzja nr 2198 Województwa Zielonogórskiego
Centralny Rejestr Rzeczników Budowlanych poz. 115/97