



# ANALIZA MOŻLIWOŚCI MONTAŻU PANELI FOTOWOLTANICZNYCH NA DACHU BUDYNKU URZĘDU MIASTA W ŻYWCU

## 1. DANE OGÓLNE

### 1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszej analizy statyczno wytrzymałościowej jest sprawdzenie nośności drewnianych elementów więźby dachowej budynku Urzędu Miasta. Żywiec ul. Pod Górą 11.

### 1.2. Wykonawca

Pracownia Projektowa "PIK" sp. z o.o.  
41 200 Sosnowiec  
ul. Staropogońska 51/243

### 1.3. Cel i zakres opracowania

Celem niniejszego opracowania jest sprawdzenie możliwości montażu paneli fotowoltanicznych na dachu budynku Urzędu Miasta w Żywcu. Konstrukcja nośna dachu to dwuspadowa drewniana więźba zaprojektowana w 2003 r. w ramach projektu jego przebudowy. Taka analiza jest konieczna ponieważ:

- każdy panel waży 18,2 kg,
- w 2006 roku zmieniła się norma określająca obciążenie śniegiem,
- w 2009 roku zmieniła się norma określająca obciążenie wiatrem,

Zakres opracowania obejmuje elementy więźby takie jak krokwie, płatwie i słupy.

### 1.4. Materiały wykorzystane do opracowania

Dla opracowania niniejszej analizy wykorzystano następujące źródła informacji:

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dziennik Ustaw poz. 690. ).
- Projekt archiwalny: Remont i modernizacja Ratusza w Żywcu - przebudowa oficyny ul. Pod Górą 11 - opracowany przez Biuro Architektoniczne Gronner & Rączka sp. j. w 2003 roku.
- Informacja o ciężarze i wymiarach projektowanych paneli: Datasheet Crystalline PV Module ASM6610P Series.
- Polskie normy;
  - PN - 82 / B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.
  - PN - 82 / B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
  - PN-77/B-02011/Az1 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem. Zmiana lipiec 2009.
  - PN-80/B-02010/Az1 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem. Zmiana październik 2006.
  - PN-B-03150:2000 Konstrukcje drewniane. Obliczenia stat. i projektowanie.
  - PN - 90 / B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia stat. i projektowanie.



### 1.5. Programy komputerowe

- Newkonst

### 1.6. Przyjęte założenia

Przed przystąpieniem do obliczeń przyjęto że:

- budynek a szczególnie jego więźba został przebudowany zgodnie z projektem,
- budynek jest w dostatecznym stanie technicznym,
- będzie modernizowany przez firmę z odpowiednim doświadczeniem w zakresie prac remontowo - budowlanych i nadzorowany przez uprawnione osoby,
- przed montażem paneli zostaną sprawdzone wszystkie elementy i połączenia więźby a stwierdzone ewentualne uszkodzenia zostaną naprawione,
- panele zostaną zamontowane zgodnie z instrukcją producenta.

Przyjęto do obliczeń:

- stal konstrukcyjną  $f_{yd} = 215,0 \text{ MPa}$
- drewno sosnowe kl. C 27  $f_{md} = 18,69 \text{ MPa}$

## 2. OBCIĄŻENIA I WSPÓŁCZYNNIKI

### 2.1. Przyjęte do obliczeń obciążenia stałe charakterystyczne

- ciężar własny dachu  
- dachówka i ciężar własny konstrukcji  $0,95 \text{ kN/m}^2$
- panele fotowoltaniczne  $0,12 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Obciążenia zmienne

- obciążenie śniegiem miarodajne dla 3 strefy  
dla  $z = 360 \text{ m n.p.m.}$  przyjęto  $q_k = 1,60 \text{ kN/m}^2$   
dla  $\alpha = 42^\circ$   $C_1 = 0,72$  i  $C_2 = 0,48$   
 $S_1 = 1,60 \times 0,72$   $1,15 \text{ kN/m}^2$   
 $S_2 = 1,60 \times 0,48$   $0,77 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie wiatrem miarodajne dla III strefy i terenu A  
dla  $z = 360 \text{ m n.p.m.}$  przyjęto  $q_k = 0,32 \text{ kN/m}^2$   
dla  $z = 12 \text{ m}$   $C_e = 1,1$ ;  $\beta = 1,8$   
dla  $\alpha = 42^\circ$ ,  $C_p = 0,43$  i  $C_s = 0,40$   
parcie  $w_p = 0,32 \times 0,43 \times 1,8 \times 1,1$   $0,27 \text{ kN/m}^2$   
ssanie  $w_s = 0,32 \times 0,40 \times 1,8 \times 1,1$   $0,25 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Współczynniki

- Współczynnik obciążenia

Dla otrzymania wartości obliczeniowych wartości charakterystyczne obciążenia przemnożono przez odpowiednie współczynniki  $\gamma_f$

- dla obciążeń stałych  $\gamma_f = 1.2$
- dla obciążenia śniegiem i wiatrem  $\gamma_f = 1.5$

- Współczynnik konsekwencji zniszczenia

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa przyjmowany w celu dodatkowego zwiększenia ( zmniejszenia ) bezpieczeństwa konstrukcji w zależności od stopnia zagrożenia życia ludzkiego i wielkości strat gospodarczych

- przyjęto

$$\gamma_v = 1,00$$





- Współczynnik  $k_d$

Ugięcia elementów drewnianych wyznaczono przyjmując

$$u_{fin} = u (1 + k_{def})$$

- dla obciążeń stałych  $k_{def} = 0.60$
- dla obciążeń krótkotrwałych ( śnieg, wiatr )  $k_{def} = 0.00$

#### 2.4. Kombinacje obciążeń

Do obliczeń przyjęto następujące kombinacje obciążeń wg PN-82/B-02000

- w stanach granicznych nośności ( s.g.n. ):
  - podstawową - wg pkt. 4.2.2.
- w stanach granicznych użytkowania ( s.g.u. ):
  - podstawową - wg pkt. 4.3.2.
  - obciążeń długotrwałych - wg pkt. 4.3.3.

### 3. OPIS KONSTRUKCJI DACHU

Na podstawie projektu archiwalnego przyjęto:

- krokwie o przekroju  $b \times h = 10 \times 20$  cm, rozstawione co 70 i 100 cm; oparte na mur-łatach i na płatwiach,
- płatwie pośrednie o przekroju drewna  $b \times h = 18 \times 26$  cm, wzmocnione dwoma stalowymi kątownikami  $130 \times 65 \times 10$  oparte na słupach,
- słupy o przekroju  $18 \times 18$  cm.

### 4. ANALIZA STATYCZNO - WYTRZYMAŁOŚCIOWA

#### 3.1. Krokwie

Obliczenia sprawdzające wykonano dla belki jednoprzęsłowej o rozpiętości obliczeniowej  $L = 5,1$  m, dla średniego rozstawu krokwi  $0,85$  m, na obciążenia równomiernie rozłożone prostopadłe do osi belki:  $q^{kd} = 1,62$  i  $q^o = 1,93$  kN/m; na moment maksymalny  $M = 6,27$  kNm i dla ugięcia dopuszczalnego  $f_{dop} = L / 200 = 2,55$  cm,

- > dla krokwi o przekroju  $b \times h = 10 \times 20$  cm z drewna klasy C 27,  
s.g.n:  $M : M_R = 0,566 < 1$   
s.g.u:  $f : f_{dop} = 0,729 < 1$

#### 3.2. Płatwie

Obliczenia sprawdzające wykonano dla płatwi jednoprzęsłowej o rozpiętości  $L = 4,8$  m, na obciążenia równomiernie rozłożone pionowe:  $q^{kd} = 13,96$  i  $q^o = 15,91$  kN/m; na moment maksymalny  $M = 45,82$  kNm i dla ugięcia dopuszczalnego  $f_{dop} = L / 200 = 2,4$  cm,

- > dla płatwi przekroju  $b \times h = 18 \times 26$  cm z drewna kl. C 27, wzmocnionej kątownikami
- na drewno przypada 69,80 % nośności ( sztywności ) czyli  $M_d = 31,98$  kNm  
s.g.n:  $M : M_R = 0,843 < 1$
  - na stal przypada 30,20 % nośności ( sztywności ) czyli  $M_s = 13,84$  kNm  
s.g.n:  $M : M_R = 0,840 < 1$
  - sumarycznie dla przekroju zespolonego  
s.g.u:  $f : f_{dop} = 0,925 < 1$

#### 3.3. Słupy

Obliczenia sprawdzające wykonano dla słupa na obciążenie osiową siłą pionową  $N^o = 92,3$  kN

- > dla słupa o przekroju  $b \times h = 18 \times 18$  cm z drewna kl. C 27  
s.g.n:  $N : N_R = 0,519 < 1$



#### 4. WNIOSKI

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że można na dachu bezpiecznie zamontować panele fotowoltaniczne o wadze do  $12,0 \text{ kg/m}^2$  [ panel o wadze do  $18,2 \text{ kg}$  i o wymiarach  $1654 \times 989 \text{ mm}$  ] po sprawdzeniu konstrukcji dachu a w szczególności wymiarów elementów i ich połączeń.

Na zwiększony udział wykorzystania dopuszczalnego wyłączenia elementów ma wpływ nie tylko planowana zabudowa paneli fotowoltanicznych ale zmiana normowego obciążenia śniegiem i wiatrem.

#### 5. UWAGI EKSPLOATACYJNE

Dopuszczalna grubość śniegu i lodu na dachu ( mierzona prostopadle do połaci ) w zależności od jego rodzaju:

Rodzaj śniegu lub lodu	Ciężar w $\text{kN} / \text{m}^3$	dopuszczalna grubość śniegu ( m )
- śnieg świeży	1,0	0,63
- osiadły - kilka godzin lub dni po opadach	2,0	0,32
- stary - kilka tygodni po opadach	2,5 - 3,5	0,18
- mokry	4,0	0,15
- zlodowaciały	6,0 - 7,0	0,09
- lód z zamarzniętej wody	9,0	0,07

- Ciężar śniegu wg PN-80/B-02010/Az1.
- Już przed przewidywanym przekroczeniem dopuszczalnych wartości podanych w tabeli śnieg należy usunąć z dachu. Śnieg usuwać w miarę możliwości równomiernie z połaci całego dachu.

Opracował: mgr inż. Lucjan Cylupa  
uprawnienia konstr.- budowl. nr 217 / 83