

EKSPERTYZA TECHNICZNA

Spi s tre ści

Nazwa inwestycji

Projekt instalacji fotowoltaicznej na budynku basenu AGH

Nazwa projektu

Ekspertyza techniczna dachu dla instalacji fotowoltaicznej na potrzeby budynku basenu AGH

Inwestor

**Akademia Górniczo-Hutnicza
Im. Stanisława Staszica
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków**

Adres inwestycji

**Ul. Jana Buszka 4
30-150 Kraków**

Branża

Konstrukcyjna

Autor

**mgr inż. Barbara Łabuzek
uprawnienia nr. MAP/0640/PWBKb/19**

Data opracowania

październik 2022

mgr inż. Barbara Łabuzek
upr. bud. nr MAP/0640/PWBKb/19
tel. 516 838 279

Łabuzek

1.

PRZ
ED
MIO
T,
CEL
I
ZAK
RES
OP
RA
CO
WA
NIA

3

2.

PO
DST
AW
Y
FO
RM
ALN
E I
ME
RYT
OR
YCZ

NE OPRACOWANIA	3
3. OGÓLNY OPIS BUDYNKU.....	4
4. OGÓLNY OPIS KONSTRUKCYJNY.....	5
5. PROJEKTOWANY UKŁAD INSTALACJI PV	6
6. ANALIZA OBLICZENIOWA.....	7
6.1. Zestawienie obciążeń	7
6.2. Analiza statyczno-wytrzymałościowa wybranych elementów.....	11
7. OKREŚLENIE DOPUSZCZALNEJ GRUBOŚCI POKRYWY ŚNIEŻNEJ.....	17
8. WNIOSKI I ZALECENIA.....	18

Załączniki

Załącznik 1 – Dokumenty formalno-prawne

1. PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest ekspertyza konstrukcyjna w sprawie możliwości posadowienia instalacji PV (instalacji fotowoltaicznej) na dachubudynku basenu Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica zlokalizowanego przy ulicy Jana Buszka 4 w Krakowie.

Zakres opracowania obejmuje:

- opis ogólny budynku,
- opis ogólny konstrukcji budynku,
- opis projektowanej instalacji PV,
- analiza obciążeń i ocena możliwości posadowienia instalacji na dachu budynku,
- opracowanie wniosków i zaleceń.

2. PODSTAWY FORMALNE I MERYTORYCZNE OPRACOWANIA

- [1] Zlecenie Firmy Projektowo Usługowej ELARS S.C.
- [2] Ekspertyza konstrukcyjna dotycząca dachu nad basenem AGH, pod kątem montażu na nim paneli fotowoltaicznych opracowana przez mgr inż. Piotr Kubatko w marcu 2022 r.
- [3] Projekt dla zadania; „Wykonanie remontu pokrycia dachu Pawilonu U-11, Basen AGH” opracowany przez mgr inż. arch. Rafał Grzywaczyk w czerwcu 2022 r.
- [4] Projekt instalacji fotowoltaicznej – Rozmieszczenie modułów opracowany w lipcu 2022 r.
- [5] Detal montażowy mocowania modułów do blachy na rąbek.
- [6] PN EN 1990 październik 2004: Eurokod 0: Podstawy projektowania konstrukcji.
- [7] PN EN 1991-1-1 październik 2004: Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- [8] PN EN 1991-1-3 październik 2005: Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem.
- [9] PN EN 1991-1-4: Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru.

3. OGÓLNY OPIS BUDYNKU

Przedmiotem opracowania jest określenie możliwości posadowienia instalacji PV na dachu budynku basenu Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica zlokalizowanego przy ulicy Jana Buszka 4 w Krakowie. Widok budynku pokazano na rysunku 3.1.

Obiekt rozplanowano na rzucie prostokąta o wymiarach ok. 45,60×73,70 m (po obrysie). Maksymalna wysokość części łukowej wynosi 11,50 m, a części środkowej 14,80 m (powyżej terenu).

Zgodnie z projektem instalacji fotowoltaicznej [4] moduły rozmieszczono w części środkowej. Część środkowa do segment o wymiarach rzutu 12,40×41,65 m pokryta dachem jednospadowym o spadku 6°.



Rys. 3.1 Widok budynku basenu Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica (źródło GoogleMaps).

Budynek basenu został zrealizowany 13 lat temu jako obiekt piętrowy podpiwniczony, w konstrukcji słupowo-ryglowej żelbetowej monolitycznej. Obiekt posadowiono na płycie fundamentowej. Ściany zewnętrzne osłonowe. Stropy wykonano jako płytowe żelbetowe. Budynek przekryty stropodachem w kształcie łuku. W części środkowej budynku stropodach jednospadowy. Stropodachy kryte blachą płaską tytanowo-cynkową. Budynek posiada dwie dylatacje poprzeczne przy części środkowej obiektu i jedną dylatację podłużną

4. OGÓLNY OPIS KONSTRUKCYJNY

Konstrukcję nośną stropodachów łukowych stanowią poprzeczne dźwigary z drewna klejonego w rozstawie osiowym co 6,0 m. Dylatacja podłużna budynku rozdziela dźwigary na dwa rodzaje: dźwigar łukowy ze ściągiem o rozpiętości 27,5m i dźwigar łukowy bez ściągu o rozpiętości 13,0 m z podporą pośrednią dzielącą rozpiętość na odcinki 9,0 m i 4,0 m. Rzut konstrukcji dachu wraz z przekrojem pokazano na rysunku 4.1.

Dźwigary ze ściągiem posiadają przekrój 20×80 cm i 22×80 cm w części dachu obciążonej workiem śnieżnym. Dźwigary łukowe bez ściągu posiadają przekrój 20×56 cm. Ściagi stalowe z prętów okrągłych odpowiednio 2×Ø42 mm i 2×Ø45 mm. Dźwigary wykonane są z drewna klejonego klasy GL28h, a ściągi ze stali S355.

Płatwie stropodachu łukowego wykonano o przekroju 12×28 cm i 16×28 cm przy otworach oraz miejscowo ze względu na wymagania p.poż. Płatwie wykonano z drewna klejonego klasy GL24h.

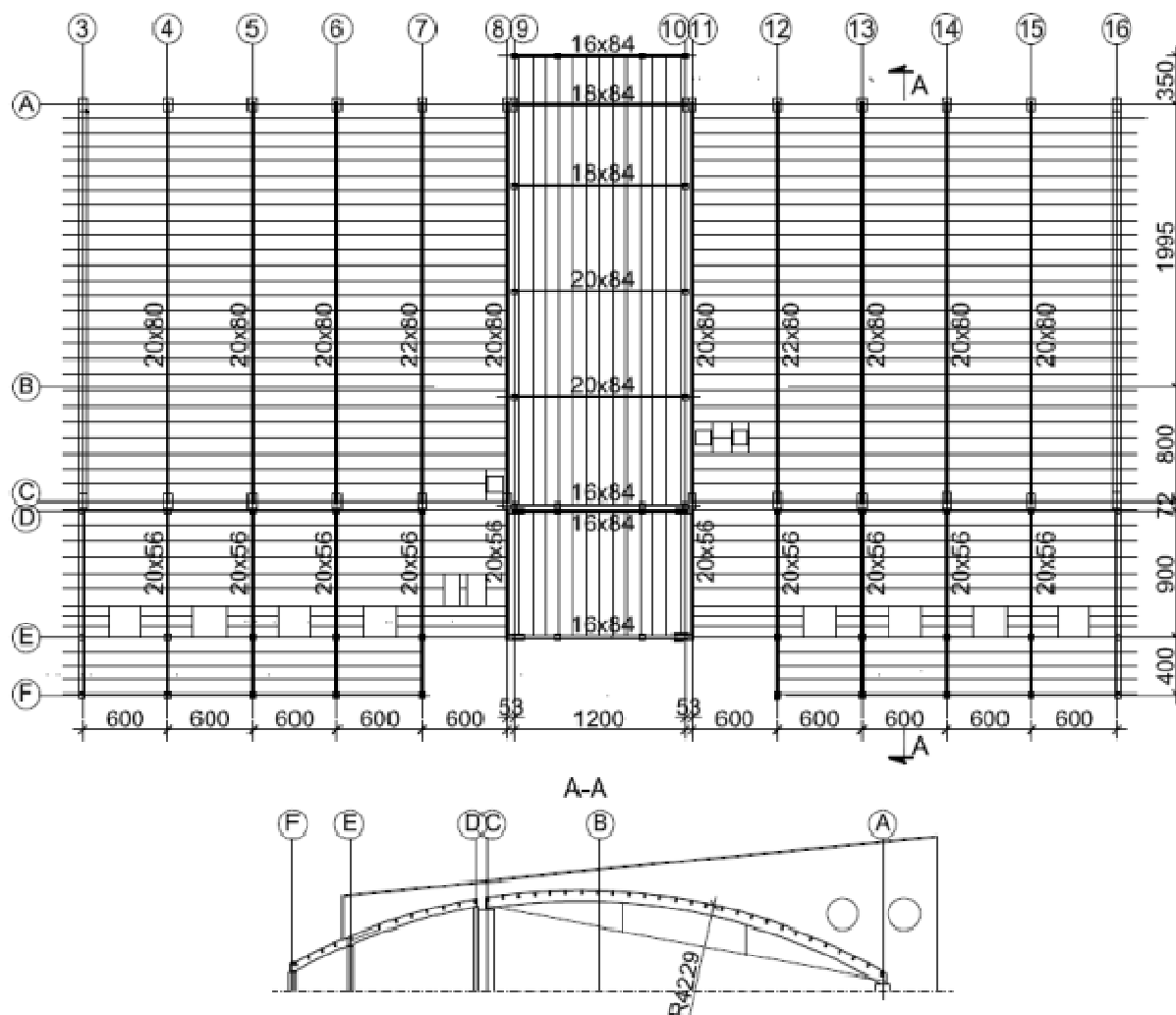
Środkowa, wyższa część budynku jest przekryta stropodachem płaskim opartym na dźwigarach prostych o rozpiętości 12,0 m, z drewna klejonego GL28h o przekrojach 16×84 cm, 18×84 cm i 20×84 cm w zależności od rozstawu dźwigarów.

Płatwie stropodachu płaskiego o przekrojach 12×24 cm, 12×32 cm, 12×36 cm zależnie od rozpiętości. Płatwie wykonano z drewna klejonego klasy GL24h.

Na konstrukcji dachu aktualnie istnieją następujące warstwy: sufit z desek o grubości 25-32 mm, papa asfaltowa, izolacja termiczna – płyty dachowe Rockwool Dachrock o grubości 20 cm, folia izolacyjna, pełne deskowanie z płyt OSB o grubości 25 mm na ruszcie drewnianym. Na wymienionych warstwach aktualnie znajduje się pokrycie z blachy tytanowo-cynkowej.

Warstwa blachy zgodnie z projektem [3] zostanie zdjęta, a na dachu przyjęto następujące warstwy: deskowanie z płyty OSB o grubości 23 mm (płyty FireStop), mata strukturalna pod blachę cynkowo-tytanową na rąbek o grubości 0,8 mm.

Połacie dachu są zaopatrzone w płotki przeciwnieęgowe.



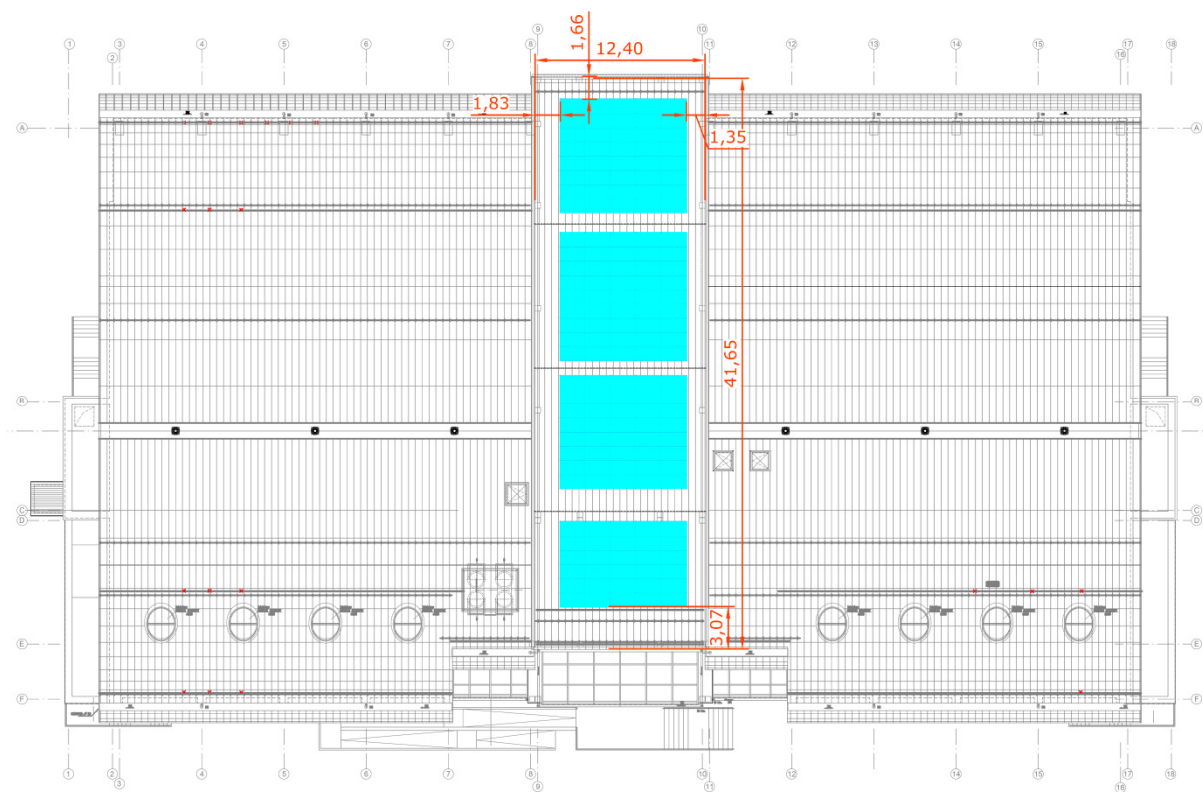
Rys. 4.1 Rzut konstrukcji dachu wraz z przekrojem [2].

5. PROJEKTOWANY UKŁAD INSTALACJI PV

Obiekt zostanie wyposażony w instalację fotowoltaiczno-samo odśnieżającą zintegrowaną z budynkiem.

Projekt instalacji PV zakłada montaż 155 sztuk paneli fotowoltaicznych samo odśnieżających o wymiarach 1,835×1,016 m o mocy 320 Wp. Panele zlokalizowano na dachu środkowego (jednospadowego) segmentu budynku. Lokalizację paneli

pokazano na rysunku 5.1. Montaż paneli projektuje się za pośrednictwem elementów mocujących podkonstrukcję do rąbków blachy tytanowo-cynkowej.



Rys. 5.1 Rozmieszczenie paneli PV.

6. ANALIZA OBLICZENIOWA

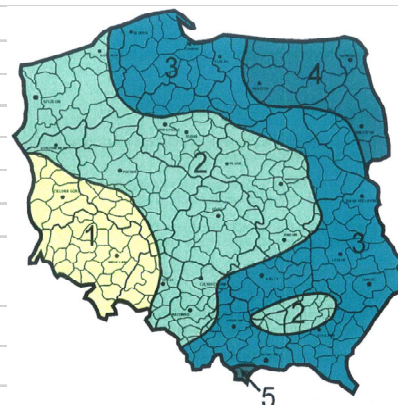
6.1. Zestawienie obciążeń

Ze względu na zmianę warstw pokrycia dachowego oraz projektowane posadowienie na istniejącej konstrukcji dachusamo odśnieżającej instalacjiPV przeprowadzono analizę istniejących i nowoprojektowanych obciążeń.

Obciążenia, które należy uwzględnić w ocenie możliwości posadowienia instalacji na dachu to: obciążenie śniegiem dla III strefy śniegowej, obciążenie wiatrem dla I strefy wiatrowej, obciążenie ciężarem warstw orazciężar instalacji PV33 kg/m².Do obliczeń przyjęto ciężary zgodnie z [7]. W tablicy 6.2 zamieszczono zestawienie obciążeń dla dachu w aktualnym stanie, a w tablicy 6.3 zestawienie dla nowoprojektowanych warstw oraz ciężaru instalacji PV wraz z uwzględnieniem samo odśnieżania.

Obciążenie śniegiem – III strefa obciążenia śniegiem:

Zestawienie śniegu wg PN-EN 1991-3		
Miejscowość	Kraków	
Nachylenie [deg]	6	
a [m]	212	wysokość nad poziomem morza
Strefa	3	strefa obciążenia śniegiem
μ	0,8	współczynnik kształtu dachu
s_k	1,2	wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu w Polsce (Tab. NB.1)
C_e	1	współczynnik ekspozycji
C_t	1	współczynnik termiczny
s	0,96	wartość obciążenia śniegiem w sytuacji trwałej i przejściowej



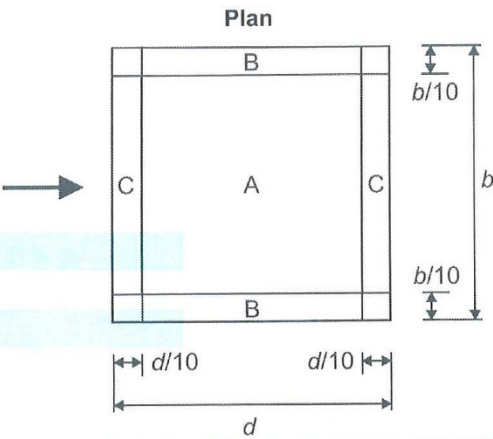
Obciążenie wiatrem – I strefa obciążenia wiatrem:

Zestawienie wiatru wg PN-EN 1991-4		
Miejscowość	Kraków	
Kategoria terenu	4	
a [m]	212	wysokość nad poziomem morza
Strefa	1	strefa obciążenia wiatrem
H [m]	14,8	maksymalna wysokość budynku
L [m]	41,65	długość budynku
B [m]	12,4	szerokość budynku
C_{dir}	1	współczynnik kierunkowy
C_{season}	1	współczynnik sezonowy
$z_{0,II}$ [m]	0,05	(kategoria terenu II, Tab. 4.1, PN-EN-1991-4)
$v_{b,0}$ [m/s]	22	wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (Tab. NB.1, PN-EN-1991-4)
Z_0 [m]	1	parametr zależny od kategorii terenu (Tab. 4.1, PN-EN-1991-4)
Z_{min} [m]	10	wysokość minimalna (Tab. 4.1, PN-EN-1991-4)
Z [m]	14,8	wysokość maksymalna
k_1	1	współczynnik turbulencji
$c_0(z)$	1	współczynnik rzeźby terenu (pkt. 4.3.3, PN-EN-1991-4)
$I_v(z)$	0,371	intensywność turbulencji (wz. 4.7, PN-EN-1991-4)
ρ [kg/m ³]	1,25	gęstość powietrza
k_r	0,234	(wz. 4.5, PN-EN-1991-4)
$c_r(z)$	0,631	współczynnik chropowatości (pkt. 4.3.2, PN-EN-1991-4)
v_b [m/s]	22	bazowa prędkość wiatru (wz. 4.1, PN-EN-1991-4)
v_m [m/s]	13,89	średnia prędkość wiatru na wysokości (wz. 4.3, PN-EN-1991-4)
$q_p(z)$ [kN/m ²]	0,43	wartość szczytowa ciśnienia prędkości (wz. 4.8, PN-EN-1991-4)



Współczynniki ciśnienia przyjęto jak dla wiaty, pod którą nic nie zlokalizowano.

Tab. 6.1 Współczynniki ciśnienia dla wiaty jednospadowej wg [9]

			Współczynniki ciśnienia netto $c_{p,net}$ Plan 		
Kąt spadku α	Współczynnik blokowania φ	Globalny współczynnik siły c_f	Pole A	Pole B	Pole C
0°	Maksimum, wszystkie φ	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,8	+ 1,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,5	- 0,6	- 1,3	- 1,4
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 1,8	- 2,2
5°	Maksimum, wszystkie φ	+ 0,4	+ 0,8	+ 2,1	+ 1,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,7	- 1,1	- 1,7	- 1,8
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,2	- 2,5
10°	Maksimum, wszystkie φ	+ 0,5	+ 1,2	+ 2,4	+ 1,6
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,9	- 1,5	- 2,0	- 2,1
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 2,1	- 2,6	- 2,7

Współczynniki ciśnienia $c_{pe,10}$ wynoszą odpowiednio (ssanie) :

- -1,1 dla pola A
- -1,7 dla pola B
- -1,8 dla pola C

stąd obciążenie od ssania wiatru wynosi dla poszczególnych pól:

- $0,43 \times (-1,1) = -0,47 \text{ kN/m}^2$ dla pola A (ssanie)
- $0,43 \times (-1,7) = -0,73 \text{ kN/m}^2$ dla pola B (ssanie)
- $0,43 \times (-1,80) = -0,77 \text{ kN/m}^2$ dla pola C (ssanie).

Współczynniki ciśnienia $c_{pe,10}$ wynoszą odpowiednio (parcie) :

- +0,8 dla pola A
- +2,1 dla pola B

- +1,3 dla pola C

stąd obciążenie od parcia wiatru wynosi dla poszczególnych pól:

- $0,43 \times (+0,8) = +0,34 \text{ kN/m}^2$ dla pola A (parcie)
- $0,43 \times (+2,1) = +0,90 \text{ kN/m}^2$ dla pola B (parcie)
- $0,43 \times (+1,3) = +0,56 \text{ kN/m}^2$ dla pola C (parcie).

Ze względu na lokalizację paneli fotowoltaicznych w centralnej części dachu w analizie uwzględniono obciążenie od parcia wiatrem dla strefy A (+0,34 kN/m²). Natomiast ze względu na odciążający charakter obciążenia wiatrem dla przypadku ssania nie uwzględniono go w analizie obciążeń działających na konstrukcję dachu. Obciążenie to należy uwzględnić w analizie mocowania paneli do dachu.

W tablicy 6.2 zamieszczono zestawienie obciążeń istniejących, a w tablicy 6.3 zestawienie obciążeń nowoprojektowanych. Ze względu na możliwą ewentualną awarię systemu samo odśnieżającego w analizie uwzględniono obciążenie od śniegu.

Tab. 6.2 Zestawienie obciążeń istniejących.

Obciążenia na [m ²] dachu - obciążenia istniejące				
L.p.	Obciążenie	Wartość charakterystyczna	Współczynnik bezpieczeństwa	Wartość charakterystyczna
		g_k, q_k		g_k, q_k
		[kN/m ²]		[kN/m ²]
1	Blacha tytanowo-cynkowa	0,08	1,35	0,11
2	Pełne deskowanie z płyt OSB o gr. 25 mm	0,16	1,35	0,22
3	Płyty dachowe termoizolacyjne gr. 20 cm	0,24	1,35	0,32
4	Papa asfaltowa - 2 warstwy	0,12	1,35	0,16
5	Sufit z desek o grubości 25-32 mm	0,19	1,35	0,26
SUMA		0,79		1,07
6	Śnieg	0,96	1,50	1,44
SUMA		1,44		2,09

Tab. 6.3 Zestawienie obciążeń nowoprojektowanych.

Obciążenia na [m ²] dachu - obciążenia projektowane				
L.p.	Obciążenie	Wartość charakterystyczna	Współczynnik bezpieczeństwa	Wartość charakterystyczna
		g_k, q_k	γ_f	g_k, q_k
		[kN/m ²]	[-]	[kN/m ²]
1	Panele PV samo odśnieżające	0,33	1,35	0,45
2	Blacha tytanowo-cynkowa	0,08	1,35	0,11
3	Mata strukturalna pod blachę	0,005	1,35	0,01
4	Deskowanie z płyt FireStop gr. 23 mm	0,10	1,35	0,14
5	Pełne deskowanie z płyt OSB o gr. 25 mm	0,16	1,35	0,22
6	Płyty dachowe termoizolacyjne gr. 20 cm	0,24	1,35	0,32
7	Papa asfaltowa - 2 warstwy	0,12	1,35	0,16
8	Sufit z desek o grubości 25-32 mm	0,19	1,35	0,26
	SUMA	1,23		1,65
9	Obciążenie śnieg	0,96	1,50	1,44
10	Obciążenie wiatr	0,34	1,50	0,51

6.2. Analiza statyczno-wytrzymałościowa wybranych elementów

- Płatew 12×32 cm i L=7,6 m

Płatew o przekroju 12×32 cm i rozpiętości 7,6 m rozmieszczono co 0,95 m. Płatew wykonano z drewna klejonego GL24h o następujących parametrach:

$k_{mod} = 0,8$ – współczynnik modyfikujący efekt czasu trwania obciążenia i zmiany wilgotności,

$f_{mgk} = 24$ MPa – wytrzymałość charakterystyczna na zginanie,

$f_{mgd} = \frac{f_{mgk}}{1,25} = 15,36$ MPa – wytrzymałość obliczeniowa na zginanie,

$W_y = 2\,048$ cm³ – wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie,

Analizę przeprowadzono dla obciążeń stałych dodatkowych oraz obciążenia wiatrem z uwzględnieniem współczynnika jednoczesności występowania obciążeń (0,6), a następnie wyznaczono maksymalne dopuszczalne obciążenie śniegiem dachu.

Maksymalny dopuszczalny moment zginający dla płatwi wynosi:

$$M_y = f_{m,gd} \times W_y = 31,46 \text{ kNm}$$

Moment zginający dla obciążeń stałych i obciążenia od wiatru o wartościach obliczeniowych wynosi:

$$M_{Ed} = \frac{(1,17 \times 1,35 + 0,19 \times 1,50) \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times (7,6 \text{ m})^2}{8} = 13,46 \text{ kNm}$$

Dla nośności płatwi $M_{Rd} = 31,46 \text{ kNm}$, co dla uzyskanego momentu zginającego $M_{Ed} = 13,46 \text{ kNm}$ stanowi $\frac{13,46 \text{ kNm}}{31,36 \text{ kNm}} = 43\%$ wyężenia elementu w stanie SGN od obciążeń stałych i wiatru jest spełniona. Wyznaczono maksymalną dopuszczalną grubość pokrywy śnieżnej.

Moment zginający dla obciążenia jednostkowego o wartościach obliczeniowych wynosi:

$$M_{1,Ed} = \frac{1,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 0,95 \text{ m} \times (7,6 \text{ m})^2}{8} = 6,86 \text{ kNm}$$

Maksymalne dopuszczalne obciążenie dodatkowe wynosi:

$$\frac{M_{Rd} - M_{Ed}}{M_{1,Ed}} = \frac{31,46 \text{ kNm} - 13,46 \text{ kNm}}{6,86 \text{ kNm} \times 1,5} = 1,75$$

Dopuszczalne obciążenie śniegiem (o wartości charakterystycznej) jakie można przyłożyć do płatwi wynosi $1,75 \text{ kN/m}^2$, co odpowiada pokrywie śnieżnej o grubości 175 cm dla śniegu świeżego oraz 71 cm dla śniegu zleżającego (ciężar śniegu zleżającego $2,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$). **Wystąpienie takiej pokrywy śnieżnej w naszych warunkach klimatycznych jest niemal niemożliwe.**

- Płatew 12×36 cm i L=9,0 m

Płatew o przekroju 12×36 cm i rozpiętości 9,0 m rozmieszczono co 0,95 m. Płatew wykonano z drewna klejonego GL24h o następujących parametrach:

$k_{mod} = 0,8$ – współczynnik modyfikujący efekt czasu trwania obciążenia i zmiany wilgotności,

$f_{m,gk} = 24 \text{ MPa}$ – wytrzymałość charakterystyczna na zginanie,

$f_{mgd} = \frac{f_{mgk}}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$ – wytrzymałość obliczeniowa na zginanie,

$W_y = 2\,592 \text{ cm}^3$ - wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie,

Analizę przeprowadzono dla obciążeń stałych dodatkowych oraz obciążenia wiatrem z uwzględnieniem współczynnika jednoczesności występowania obciążeń (0,6), a następnie wyznaczono maksymalne dopuszczalne obciążenie śniegiem dachu.

Maksymalny dopuszczalny moment zginający dla płatwi wynosi:

$$M_y = f_{mgd} \times W_y = 39,81 \text{ kNm}$$

Moment zginający dla obciążeń stałych i obciążenia od wiatru o wartościach obliczeniowych wynosi:

$$M_{Ed} = \frac{(1,17 \times 1,35 + 0,19 \times 1,50) \frac{\text{kN}}{\text{m}} \times (9,0 \text{ m})^2}{8} = 18,88 \text{ kNm}$$

Dla nośności płatwi $M_{Rd} = 39,81 \text{ kNm}$, co dla uzyskanego momentu zginającego $M_{Ed} = 18,88 \text{ kNm}$ stanowi $\frac{18,88 \text{ kNm}}{39,81 \text{ kNm}} = 47\%$ wyężenia elementu w stanie SGN od obciążeń stałych i wiatru jest spełniona. Wyznaczono maksymalną dopuszczalną grubość pokrywy śnieżnej.

Moment zginający dla obciążenia jednostkowego o wartościach obliczeniowych wynosi:

$$M_{1,Ed} = \frac{1,00 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \times 0,95 \text{ m} \times (9,0 \text{ m})^2}{8} = 9,62 \text{ kNm}$$

Maksymalne dopuszczalne obciążenie dodatkowe wynosi:

$$\frac{M_{Rd} - M_{Ed}}{M_{1,Ed}} = \frac{39,81 \text{ kNm} - 18,88 \text{ kNm}}{9,62 \text{ kNm} \times 1,5} = 1,45$$

Dopuszczalne obciążenie śniegiem (o wartości charakterystycznej) jakie można przyłożyć do płatwi wynosi $1,45 \text{ kN/m}^2$, co odpowiada pokrywie śnieżnej o grubości 145 cm dla śniegu świeżego oraz 59 cm dla śniegu zleżającego (ciężar śniegu zleżającego $2,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$). **Wystąpienie takiej pokrywy śnieżnej w naszych warunkach klimatycznych jest niemal niemożliwe.**

- Dźwigar 20×84 cm i L=12,0 m

Dźwigar o przekroju 20×84 cm i rozpiętości 12,0 m rozmieszczono co 7,55 m. Dźwigar wykonano z drewna klejonego GL28h o następujących parametrach:

$k_{mod} = 0,8$ – współczynnik modyfikujący efekt czasu trwania obciążenia i zmiany wilgotności,

$f_{m,gk} = 28 \text{ MPa}$ – wytrzymałość charakterystyczna na zginanie,

$f_{m,gd} = \frac{f_{m,gk}}{1,25} = 17,92 \text{ MPa}$ – wytrzymałość obliczeniowa na zginanie,

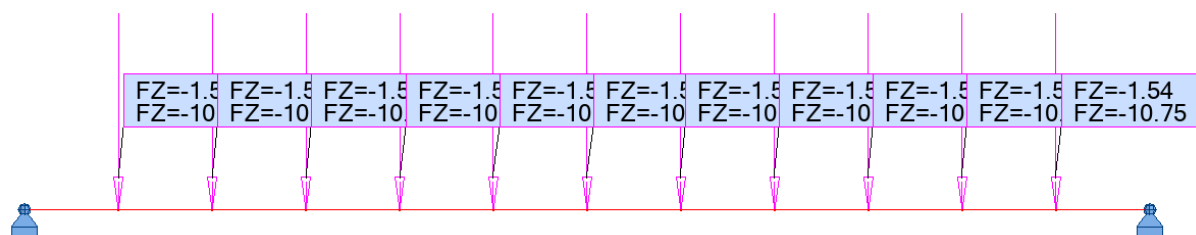
$W_y = 23\,520 \text{ cm}^3$ - wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie,

Analizę przeprowadzono dla obciążeń stałych dodatkowych oraz obciążenia wiatrem z uwzględnieniem współczynnika jednoczesności występowania obciążeń (0,6), a następnie wyznaczono maksymalne dopuszczalne obciążenie śniegiem dachu.

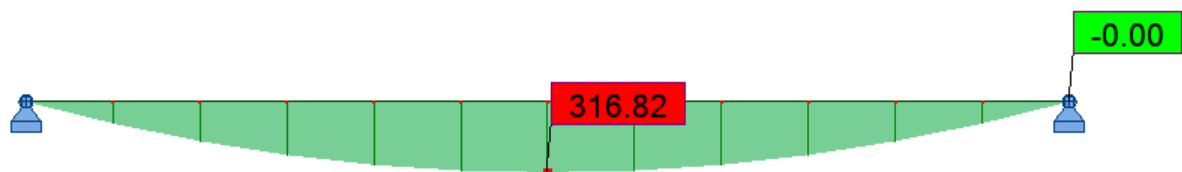
Maksymalny dopuszczalny moment zginający dla płatwi wynosi:

$$M_y = f_{m,gd} \times W_y = 421,5 \text{ kNm}$$

Na rysunku 6.1 zamieszczono schemat statyczny wraz z obciążeniem od ciężaru własnego i wiatru (wartości charakterystyczne), na rysunku 6.2 wykres momentów od ww obciążeń dla wartości obliczeniowych.

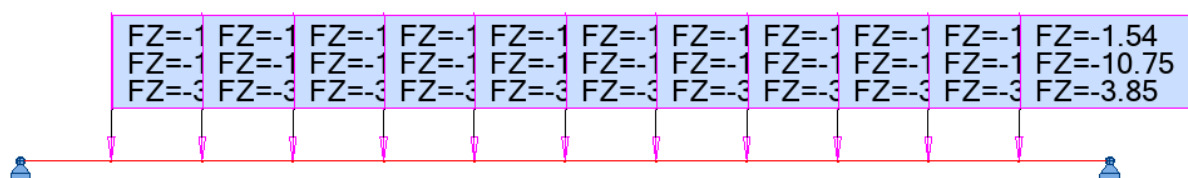


Rys. 6.1 Schemat statyczny i obciążenia (wartości charakterystyczne).

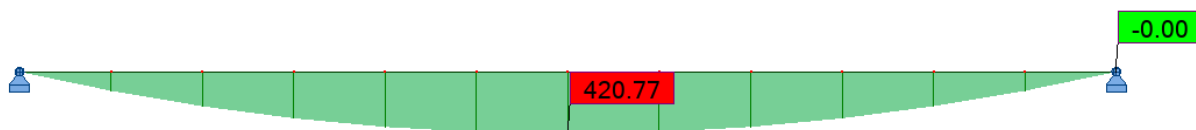


Rys. 6.2 Wykres momentu zginającego od obciążeń stałych i wiatru (wartości obliczeniowe).

Uwzględniając ciężar własny oraz dodatkowe obciążenia stałe wartość momentu zginającego wynosi $M_{Ed} = 316,82 \text{ kNm}$, dla wyznaczonej nośności $M_{Rd} = 421,5 \text{ kNm}$ wyęcie dźwigara wynosi $\frac{316,82 \text{ kNm}}{421,5 \text{ kNm}} = 75\%$. Iteracyjnie wyznaczono maksymalne dopuszczalne obciążenie. Na rysunku 6.3 zamieszczono schemat statyczny wraz z dodatkowym obciążeniem od śniegu (wartości charakterystyczne), a na rysunku 6.4 wykres momentów zginających z dodatkowym obciążeniem od śniegu.



Rys. 6.3 Schemat statyczny i obciążenia stałe, wiatr oraz dopuszczalny śnieg (wartości charakterystyczne).



Rys. 6.4 Wykres momentu zginającego od obciążeń stałych, wiatru i śniegu (wartości obliczeniowe).

Dopuszczalne obciążenie śniegiem (o wartości charakterystycznej) jakie można przyłożyć do dźwigara wynosi $0,50 \text{ kN/m}^2$, co odpowiada pokrywie śnieżnej o grubości 50 cm dla śniegu świeżego oraz 20 cm dla śniegu zleżalego (ciężar śniegu zleżalego $2,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$).

- Dźwigar $18 \times 84 \text{ cm}$ i $L=12,0 \text{ m}$

Dźwigar o przekroju $18 \times 84 \text{ cm}$ i rozpiętości $12,0 \text{ m}$ rozmieszczono co $6,60 \text{ m}$. Dźwigar wykonano z drewna klejonego GL28h o następujących parametrach:

$k_{mod} = 0,8$ – współczynnik modyfikujący efekt czasu trwania obciążenia i zmiany wilgotności,

$f_{m,gk} = 28 \text{ MPa}$ – wytrzymałość charakterystyczna na zginanie,

$f_{m,gd} = \frac{f_{m,gk}}{1,25} = 17,92 \text{ MPa}$ – wytrzymałość obliczeniowa na zginanie,

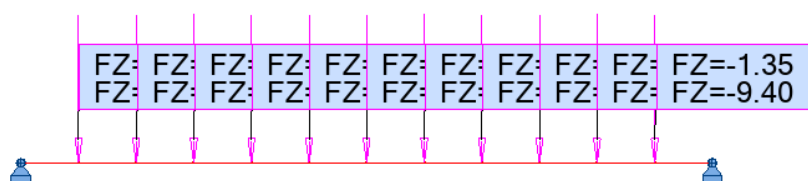
$W_y = 21\,168\text{ cm}^3$ - wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie,

Analizę przeprowadzono dla obciążeń stałych dodatkowych oraz obciążenia wiatrem z uwzględnieniem współczynnika jednoczesności występowania obciążeń (0,6), a następnie wyznaczono maksymalne dopuszczalne obciążenie śniegiem dachu.

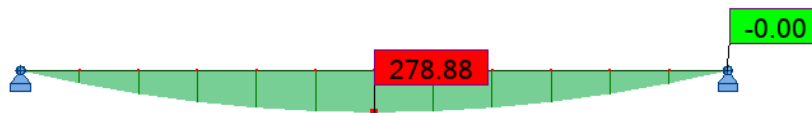
Maksymalny dopuszczalny moment zginający dla płatwi wynosi:

$$M_y = f_{mgd} \times W_y = 379,33\text{ kNm}$$

Na rysunku 6.5 zamieszczono schemat statyczny wraz z obciążeniem od ciężaru własnego i wiatru (wartości charakterystyczne), na rysunku 6.6 wykres momentów od ww obciążeń dla wartości obliczeniowych.

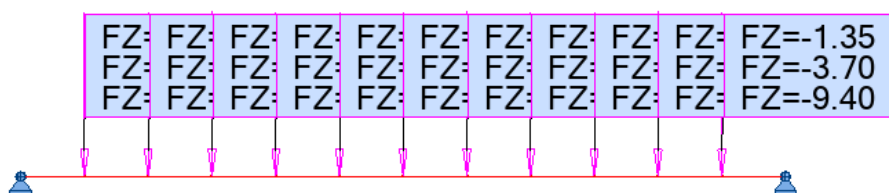


Rys. 6.5 Schemat statyczny i obciążenia (wartości charakterystyczne).

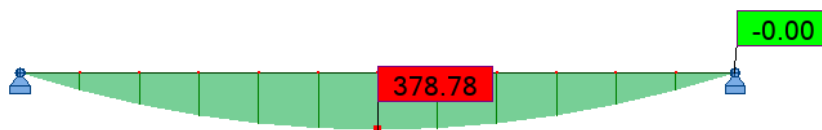


Rys. 6.6 Wykres momentu zginającego od obciążeń stałych i wiatru (wartości obliczeniowe).

Uwzględniając ciężar własny oraz dodatkowe obciążenia stałe wartość momentu zginającego wynosi $M_{Ed} = 278,88\text{ kNm}$, dla wyznaczonej nośności $M_{Rd} = 379,33\text{ kNm}$ wyężenie dźwigara wynosi $\frac{278,88\text{ kNm}}{379,33\text{ kNm}} = 74\%$. Iteracyjnie wyznaczono maksymalne dopuszczalne obciążenie. Na rysunku 6.7 zamieszczono schemat statyczny wraz z dodatkowym obciążeniem od śniegu (wartości charakterystyczne), a na rysunku 6.8 wykres momentów zginających z dodatkowych obciążeniem od śniegu.



Rys. 6.7 Schemat statyczny i obciążenia stałe, wiatr oraz dopuszczalny śnieg (wartości charakterystyczne).



Rys. 6.8 Wykres momentu zginającego od obciążeń stałych, wiatru i śniegu (wartości obliczeniowe).

Dopuszczalne obciążenie śniegiem (o wartości charakterystycznej) jakie można przyłożyć do dźwigara wynosi $0,56 \text{ kN/m}^2$, co odpowiada pokrywie śnieżnej o grubości 56 cm dla śniegu świeżego oraz 22 cm dla śniegu zleżającego (ciężar śniegu zleżającego $2,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$).

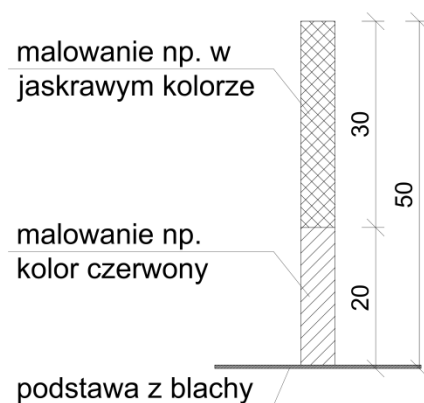
7. OKREŚLENIE DOPUSZCZALNEJ GRUBOŚCI POKRYWY ŚNIEŻNEJ

W opracowaniu przeprowadzono analizę wytrzymałościową konstrukcji dachu z uwzględnieniem obciążeń od: ciężaru własnego, nowoprojektowanych warstw, ciężaru instalacji PV oraz obciążenia od wiatru. Ze względu na ewentualną możliwość awarii systemu samoodśnieżającego paneli PV wyznaczono dopuszczalną maksymalną grubość pokrywy śnieżnej zalegającej na dachu. Grubość pokrywy rozróżniono na śnieg świeży (o ciężarze $1,0 \text{ kN/m}^3$) oraz śnieg zleżały (o ciężarze $2,45 \text{ kN/m}^3$). Przyjmuje się, że śnieg zleżały to śnieg, który utrzymuje się na dachu conajmniej 5 dni.

Analiza statyczno-wytrzymałościowa wykazała, że maksymalne dopuszczalne obciążenie śniegiem wynosi $0,50 \text{ kN/m}^2$, co odpowiada pokrywie śnieżnej o grubości 50 cm dla śniegu świeżego oraz 20 cm dla śniegu zleżającego (ciężar śniegu zleżającego $2,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$).

Do obserwacji grubości pokrywy śnieżnej zaleca się wykorzystać paliki. Palik taki skonstruować można z profilu zamkniętego np. okrągłego przyspawanego do blachy, którą następnie należy przykręcić do konstrukcji dachu. Przykładowy schemat palika pokazano na rysunku 7.1. Wysokość takiego palika powinna być równa dopuszczalnej grubości pokrywy śnieżnej dla śniegu świeżego. Na paliku należy zamontować dwa znaczniki: znacznik dla śniegu świeżego na szczycie palika oraz śniegu zleżającego na odpowiedniej wysokości lub oznaczenia kolorystyczne.

8. W przypadku awarii systemu samoodśnieżającego odśnieżanie paneli należy rozpocząć, w przypadku gdy stwierdzi się, że cały palik zostanie zasypany śniegiem. W przypadku, gdy niższy wskaźnik będzie pod śniegiem dłużej niż 5 dni, oznaczać to będzie, że grubość pokrywy zleżalej przekroczyła dopuszczalną wartość i dach również należy odśnieżyć. Można również zastosować maszt odgromowy o wysokości 1,2 malowany poprzecznie pasami farby o kontrastowych kolorach szerokości 10 cm. Maszt mocowany na rąbek.



Rys. 7.1 Proponowany palik.

9. WNIOSKI I ZALECENIA

Analiza udostępnionej dokumentacji oraz analiza działających obciążeń na konstrukcję pozwoliły stwierdzić, że montaż samoodśnieżającej instalacji PV o ciężarze $0,33 \text{ kN/m}^2$ jest dopuszczalny. Schemat rozmieszczenia paneli PV pokazano na rysunku 5.1.

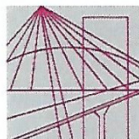
Ze względu na niewystarczającą nośność konstrukcji dachu w przypadku nowoprojektowanych obciążeń oraz normowego obciążenia wiatrem i śniegiem wyznaczono maksymalne dopuszczalne obciążenie śniegiem, które może wystąpić w przypadku awarii systemu samoodśnieżania.

Maksymalne dopuszczalne obciążenie śniegiem wynosi $0,50 \text{ kN/m}^2$, co odpowiada pokrywie śnieżnej o grubości 50 cm dla śniegu świeżego oraz 20 cm dla śniegu zleżalego. Grubość pokrywy śnieżnej zaleca się monitorować za pomocą palików rozmieszczonych na dachu budynku. Dopuszcza się zastosowanie innych systemów pomiarowych.

Projektowana zmiana jest bezpieczna dla dalszej eksploatacji konstrukcji. Należy jednak pamiętać, aby montaż paneli i ewentualnych podkonstrukcji nie wpłynął negatywnie na szczelność pokrycia.

Załącznik 1

Dokumenty formalno-prawne



MAŁOPOLSKA
OKRĘGOWA
IZBA
INŻYNIERÓW
BUDOWNICTWA

Kraków, dnia 30 grudnia 2019 r.

Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna
Sygn. akt MAP OIIB/KK/0054-0588/19

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (*tekst jednolity: Dz. U. z 2019 r., poz. 1117*), art. 12 ust. 2 i ust. 3, ust. 4c pkt 3, art. 14 ust. 1 pkt 2, art. 15a ust. 1 i ust. 4 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (*tekst jednolity: Dz. U. z 2019 r., poz. 1186 z późn. zm.*), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym

Pani Barbara Joanna Łabuzek

magister inżynier

kierunek: Budownictwo

ur. dnia 02.06.1991 r. w Krzeszowicach

otrzymuje

UPRAWNIENIA BUDOWLANE

numer ewidencyjny MAP/0640/PWBKb/19

**do projektowania i kierowania robotami budowlanymi
w specjalności konstrukcyjno – budowlanej
bez ograniczeń.**

Uprawnienia budowlane nadane niniejszą decyzją:

I. Na mocy art. 12 ust. 1 pkt 1 - 5, art. 13 ust. 1, 3 i 4 ustawy - Prawo budowlane (*tekst jednolity: Dz. U. z 2019 r., poz. 1186 z późn. zm.*) stanowią podstawę do:

- 1) projektowania, sprawdzania projektów architektoniczno-budowlanych i sprawowania nadzoru autorskiego,
- 2) kierowania budową lub innymi robotami budowlanymi,
- 3) kierowania wytwarzaniem konstrukcyjnych elementów budowlanych oraz nadzoru i kontroli technicznej wytwarzania tych elementów,
- 4) wykonywania nadzoru inwestorskiego,
- 5) sprawowania kontroli technicznej utrzymania obiektów budowlanych.

II. Na mocy art. 15a ust. 4 ustawy - Prawo budowlane (*tekst jednolity: Dz. U. z 2019 r., poz. 1186 z późn. zm.*), uprawniają do:

Do projektowania konstrukcji obiektu i kierowania robotami budowlanymi w odniesieniu do konstrukcji oraz architektury obiektu.

Zgodnie z art. 15 a ust. 1 w/w ustawy uprawnienia budowlane do projektowania w odpowiedniej specjalności uprawniają do sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu, w zakresie tej specjalności.

UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. – Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2018 r. poz. 2096, z późn. zm.), zwanej dalej „K.p.a.”, odstępuje się od uzasadnienia decyzji.

Pouczenie

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.

Zgodnie z treścią art. 127a K.p.a.:

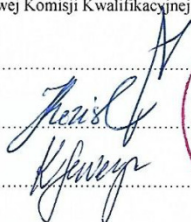
§ 1. W trakcie biegu terminu do wniesienia odwołania strona może zrzec się prawa do wniesienia odwołania wobec organu administracji publicznej, który wydał decyzję.

§ 2. Z dniem doręczenia organowi administracji publicznej oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do wniesienia odwołania przez ostatnią ze stron postępowania, decyzja staje się ostateczna i prawomocna.

W przypadku złożenia przez stronę oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do odwołania od decyzji (określonego w § 2) stronie nie przysługuje prawo do odwołania się ani skargi do sądu administracyjnego.

Skład Orzekający
Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:

1. Przewodniczący Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej
dr inż. Marian Plachecki
2. Członek Składu Orzekającego
dr inż. Krzysztof Kosiński
3. Członek Składu Orzekającego
mgr inż. Krzysztof Seweryn



Otrzymują:

1. Pani Barbara Łabuzek
ul. Niecała 35
32-067 Tenczynek
2. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
3. a/a



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

MAP-TSP-7T9-2ZJ *

Pani Barbara Joanna Łabuzek o numerze ewidencyjnym MAP/BO/0498/20
adres zamieszkania ul. Wojciecha Weissa 20/31, 31-339 Kraków
jest członkiem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2022-08-01 do 2023-01-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-07-19 roku przez:

Mirosław Boryczko, Przewodniczący Rady Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78¹ K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarcza złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów
Budownictwa.





Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

MAP-V55-1PX-XYX *

Pani Barbara Joanna Łabuzek o numerze ewidencyjnym MAP/BO/0498/20
adres zamieszkania ul. Wojciecha Weissa 20/31, 31-339 Kraków
jest członkiem Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2023-02-01 do 2023-07-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2023-01-30 roku przez:

Mirosław Boryczko, Przewodniczący Rady Małopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78¹ K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarczy złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów
Budownictwa.

