

Opinia techniczna
Dotyczące możliwości instalacji paneli
fotowoltaicznych na dachu budynku
hali produkcyjno-magazynowej nr A i B w firmie
Ekomer Sp. z o.o. w Toruniu

Obiekt: Hala produkcyjno-magazynowa A i B
Inwestor: Ekomer Sp. z o.o.
Ul. Lipnowska 21-23; 87-100 Toruń

Funkcja	Imię i nazwisko	Podpis
Projektant Branża konst.-budow.	mgr inż. Dorota Adamczyk specjalność konstrukcyjno – budowlana do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń KUP/0050/PWBKb/16	

Toruń, wrzesień 2024r.

1. Obliczenia statyczno – wytrzymałościowe

1.1 Normy

- obciążenia wg: PN-EN 1990; Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji
PN-EN 1991-1-1; Eurokod 1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
PN-EN 1991-1-3; Eurokod 1: Oddziaływanie na konstrukcję. Część 1-3: Oddziaływanie ogólne. Oddziaływanie śniegiem;
PN-EN 1991-1-4; Eurokod 1: Oddziaływanie na konstrukcję. Część 1-4: Oddziaływanie ogólne. Oddziaływanie wiatrem;
- konstrukcje żelbetowe wg: PN-EN 1992-1-1; Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu
- konstrukcje stalowe wg: PN-EN 1992-1-1; Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych
- konstrukcje murowe wg: PN-EN 1996-1-1; Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych
- fundamenty wg: PN-EN 1997-1-1; Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne

1.2 Założenia dla obiektu:

Hala produkcyjno-magazynowa „A”

- Wysokość budynku „H”: około 5,0m
- Szerokość budynku „B”: 21,50m
- Długość budynku „L”: 72,50m
- Lokalizacja: Toruń – przyjęto I strefę obciążenia wiatrem oraz II strefę obciążenia śniegiem;

Hala produkcyjno-magazynowa „B”

- Wysokość budynku „H”: około 11,0m
- Szerokość budynku „B”: 18,50m
- Długość budynku „L”: 70,40m
- Lokalizacja: Toruń – przyjęto I strefę obciążenia wiatrem oraz II strefę obciążenia śniegiem;

1.3. Układ konstrukcyjny obiektu

Projektuje się wykonanie instalacji fotowoltaicznej na dachu dwóch budynków firmy Ekomer Sp. z o.o.

Hala produkcyjno – magazynowa ozn. jako „A” wybudowana na planie prostokąta, jednokondygnacyjna, niepodpiwniczona. Konstrukcja szkieletowa, żelbetowa, prefabrykowana, z murowanym wypełnieniem ścian. Konstrukcja dachu składa się z prefabrykowanych żelbetowych płyt panwiowych o wymiarach 30x149x587cm typ E101 z katalogu KB-I-31.6.3/12 ułożonych na prefabrykowanych dźwigarach żelbetowych. Dźwigary żelbetowe, prefabrykowane, rozpiętości 9,0m i wysokości 50cm, typ SB-I-50/9 wg katalogu KB-I-31.6.1(5)-69. Dźwigary oparto w sposób przegubowy na słupach, żelbetowych, prefabrykowanych o przekroju 30x50cm. Dach płaski, jednospadowy, o kącie nachylenia 2st. Pokrycie wykonane z papy. W ostatnich latach pokrycie dachu zostało poddane remontowi i na istniejącej warstwie papy ułożono styropapę gr. 20cm.

Hala produkcyjno – magazynowa ozn. jako „B” wybudowana na planie prostokąta, jednokondygnacyjna, niepodpiwniczona. Konstrukcja szkieletowa, żelbetowa, prefabrykowana, z murowanym wypełnieniem ścian. Konstrukcja dachu składa się z

prefabrykowanych żelbetowych płyt panwiowych o wymiarach 30x149x587cm typ E101 z katalogu KB-I-31.6.3/12 ułożonych na prefabrykowanych dźwigarach żelbetowych. Dźwigary żelbetowe, prefabrykowane, dwutrapezowe, rozpiętości 18,0m. Wysokość dźwigara w kalenicy 140cm, na podporze 90cm., typ SBS-90/18 wg katalogu KB-I-31.6.1/35-69. Dźwigary oparto w sposób przegubowy na słupach, żelbetowych, prefabrykowanych o przekroju 40x70cm. Dach płaski, dwuspadowy, o kącie nachylenia 2st. Pokrycie wykonane z papy. W ostatnich latach pokrycie dachu zostało poddane remontowi i na istniejącej warstwie papy ułożono styropapę gr. 20cm.

W obliczeniach sprawdzono jedynie konstrukcję dachu w obu budynkach ze względu na pomijalnie małe dodatkowe obciążenie instalacji fotowoltaicznej na konstrukcję ścienną.

2. Ocena możliwości instalacji fotowoltaicznej na dachu budynku

2.1. Zebranie obciążeń

2.1.1 Obciążenia stałe:

- Dach obu budynków „A” i „B”

LP	warstwa	grubość [cm]	obc. charakt.		obc. char.	wsp. bezp.	obc. obl.
			kN/m ²	kN/m ³	kN/m ²		kN/m ²
1	Styropapa		0,18		0,18	1,35	0,24
2	Papa x2		0,12		0,12	1,35	0,16
3	Wylewka cementowa	2		19	0,38	1,35	0,77
4	Styropian	4		0,5	0,02	1,35	0,027
5	Płyty panwiowe żeberkowego		1,36		1,36	1,35	2,06
					2,06		2,78

2.1.2 Obciążenia zmienne:

- Przyjęto obciążenie użytkowe dachu od podwieszonych instalacji oraz osoby będącej na dachu: **0,10kN/m²**;
- Obciążenie dachu instalacją fotowoltaiczną: **0,40kN/m²**;

- Obciążenie śniegiem** przyjęto dla II strefy śniegowej: $Q_k = 0,9 \frac{kN}{m^2}$

- Współczynnik kształtu dachu dla kąta pochylenia połacią 2°:

$$\mu_1 = 0,8$$

- Obciążenie śniegiem:

$$S_{k1} = 0,9 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,8 = 0,72 \frac{kN}{m^2}; \gamma_f = 1,5$$

$$S_{d1} = 1,08 \frac{kN}{m^2}$$

- Obciążenie wiatrem** przyjęto dla I strefy wiatrowej:

Lokalizacja: Toruń

Kategoria terenu: III;

Wysokość z=11,0m;

- Podstawowa bazowa prędkość wiatru dla strefy II: $V_{b,0} = 22 \frac{m}{s}$

- teren kategorii: III

$$\begin{aligned}z_0 &= 0,03m \\ z_{min} &= 5,0m \\ z_{0,II} &= 0,05m\end{aligned}$$

- współczynnik rzeźby terenu: $c_0(z) = 1,0$;

- współczynnik terenu: $k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \left(\frac{0,03}{0,05}\right)^{0,07} = 0,22$;

- współczynnik chropowatości: $c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,22 \cdot \ln\left(\frac{11,0}{0,03}\right) = 0,73$;

- współczynnik kierunkowy: $c_{dir} = 1,0$;

- współczynnik sezonowy: $c_{season} = 1,0$;

- bazowa prędkość wiatru: $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 22 = 22 \frac{m}{s}$;

- średnia prędkość wiatru: $v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,73 \cdot 1 \cdot 22 = 16,12 \frac{m}{s}$;

- współczynnik turbulencji: $k_t = 1,0$;

- odchylenie standardowe: $\sigma_v = k_r \cdot v_b \cdot k_1 = 0,22 \cdot 22 \cdot 1 = 4,74 \frac{m}{s}$;

- intensywność turbulencji: $I_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{11,0}{0,03}\right)} = 0,29$;

- gęstość powietrza: $\rho = 1,25 \frac{kg}{m^3}$;

- **szczytowe ciśnienie:**

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = [1 + 7 \cdot 0,29] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 16,12^2 = 0,50 \frac{kN}{m^2}$$

- wymiary budynku:

$$d=18,50m; \quad b=70,40m; \quad h=11,0m; \quad e=22,0m$$

➤ Obciążenie wiatrem na powierzchnie dachu płaskiego budynku

- **wartości współczynnika ciśnienia zewnętrznego:**

h/d	F	G	H	I
1,20	-1,8	-1,2	-0,7	+0,2/-0,2

- **ciśnienie wiatru na powierzchnie:**

Pole:	F	G	H	
$w_e [kN/m^2]$	-0,9	-0,6	-0,35	+0,1/-0,1

2.2. Wymiarowanie konstrukcji

2.2.1 Płyta stropowa żeberkowa gr. 30cm typu E-101 wg katalogu KB-I-31.6.3/12

Dopuszczalne obciążenie na płytę panwiową wraz z ciężarem własnym płyty:

$$Q_{k,dop} = 3,30 kN/m^2$$

Obciążenie charakterystyczne przypadające na płyty stropowe:

$$Q_k = 3,28 kN/m^2 < Q_{k,dop} = 3,30 kN/m^2$$

Wniosek:

Dopuszczalne obciążenie przypadające na płyty żeberkowe wys.30cm typu E-101 nie zostanie przekroczone po montażu instalacji fotowoltaicznej, jednakże przy pełnym obciążeniu dachu dopuszczalne obciążenie płyt panwiowych jest w granicach obciążenia dopuszczalnego. Należy zwrócić szczególną uwagę aby dodatkowo nie obciążać płyt stropowych.

2.2. Dźwigar żelbetowy prefabrykowany typu SBS-50/9 (hala „A”)

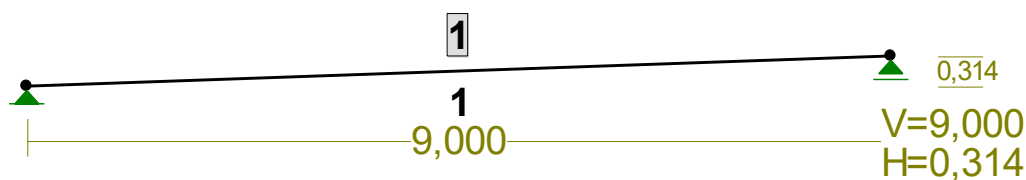
Rozpiętość dźwigara: 9,0m.

Rozstaw dźwigarów: 6,0m

Wysokość dźwigara: 24x50cm

Schemat statyczny: belka wolnopodparta

PRZEKROJE PRĘTÓW:



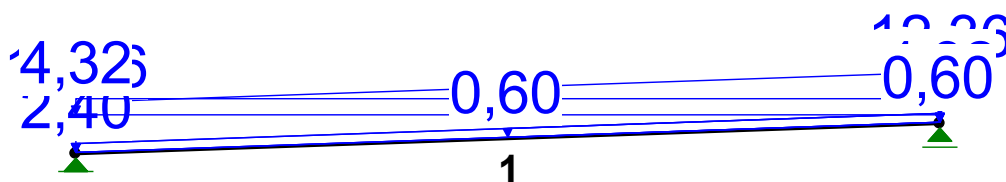
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	822,0	226753	27913	9070	9070	50,0	92 B30

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
92 B30	31	16,700	1,0E-5

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_f = 1,10$	
Grupa:	A "Pokrycie"			Zmienne	$\gamma_f = 1,35$	
1	Liniowe	0,0	12,36	12,36	0,00	9,01
Grupa:	B "Technologiczne"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	0,60	0,60	0,00	9,01
Grupa:	C "Fotowoltaika"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	2,40	2,40	0,00	9,01
Grupa:	D "Śnieg"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe-Y	0,0	4,32	4,32	0,00	9,01
Grupa:	E "Wiatr"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	2,0	0,60	0,60	4,50	9,01

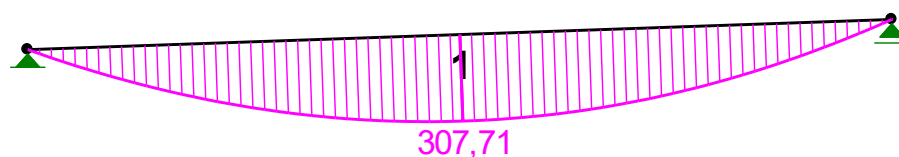
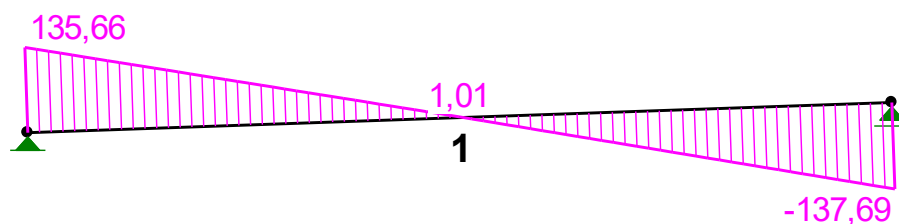
W Y N I K I wg PN 82/B-02000

Teoria I-go rzędu

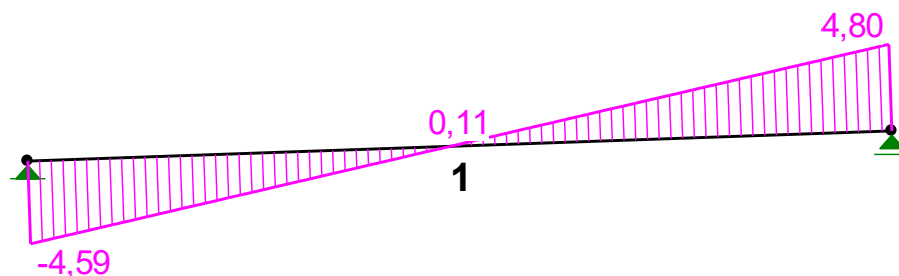
RM_Win v. 11.132 licencja nr 37931

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ_f :	ψ_d :
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A -"Pokrycie"	Zmienne	1 1,35	1,00
B -"Technologiczne"	Zmienne	1 1,50	1,00
C -"Fotowoltaika"	Zmienne	1 1,50	1,00
D -"Śnieg"	Zmienne	1 1,50	1,00
E -"Wiatr"	Zmienne	1 1,50	1,00

MOMENTY:**TNĄCE:**

NORMALNE:



SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABCDE

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	0,00	135,66	-4,59
	0,50	4,503	307,71*	1,01	0,11
	1,00	9,005	0,00	-137,69	4,80

* = Wartości ekstremalne

Dźwigar żelbetowy SBS-50/9, (z uwagi na brak danych dotyczących zbrojenia dźwigara przyjęto najmniejsze katalogowe zbrojenie),
wg katalogu KB1-31.6.1.(5)-69; Rozpiętość dźwigara L=9,0m,

Minimalny moment niszczący przekroju zespolonego wg karty katalogowej elementu:

$$M_{n,min}=35,8Tm= M_{Rd}=350,84kNm$$

Maksymalny moment zginający występujący w dźwigarze z dodatkowym obciążeniem:

$$M_d=307,7kNm$$

$$M_{Rd}=350,84kNm > M_d=307,7kNm$$

Wniosek:

Dopuszczalne obciążenie przypadające na dźwigar żelbetowy typu SBS-50/9 nie zostanie przekroczone po montażu instalacji fotowoltaicznej.

2.3. Dźwigar żelbetowy prefabrykowany typu SBS-90/18 (hala „B”)

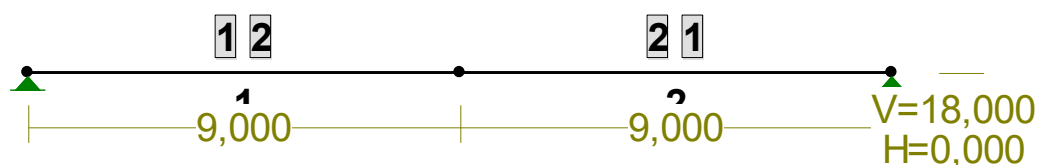
Rozpiętość dźwigara: 18,0m.

Rozstaw dźwigarów: 6,0m

Wysokość dźwigara: 27x90/140cm

Schemat statyczny: belka wolnopodparta

PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	0	2	9,000	0,000	9,000	1,000	1-2
2	00	2	1	9,000	0,000	9,000	1,000	2-1

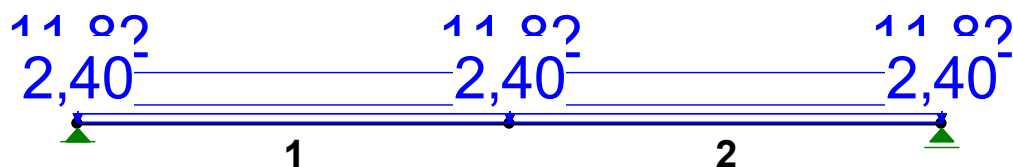
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	1207,0	1162644	40935	23459	28750	90,0	91 B25
2	1607,0	3692170	43068	48527	57767	140,0	91 B25

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
91 B25	30	13,300	1,0E-5

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA:

([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	γf= 1,10	
Grupa:	A "Pokrycie"			Zmienne	γf= 1,35	

1	Liniowe	0,0	11,82	11,82	0,00	9,00
2	Liniowe	0,0	11,82	11,82	0,00	9,00
Grupa: B "Technologiczne"						
				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	1,20	1,20	0,00	9,00
2	Liniowe	0,0	1,20	1,20	0,00	9,00
Grupa: C "Snieg"						
				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	4,32	4,32	0,00	9,00
2	Liniowe	0,0	4,32	4,32	0,00	9,00
Grupa: D "Fotowoltaika"						
				Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	2,40	2,40	0,00	9,00
2	Liniowe	0,0	2,40	2,40	0,00	9,00

W Y N I K I wg PN 82/B-02000

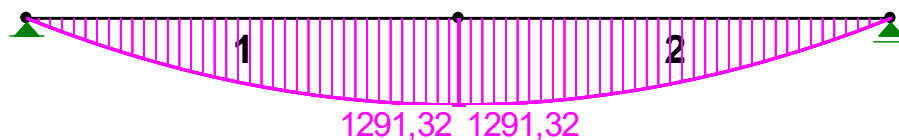
Teoria I-go rzędu

RM_Win v. 11.121 licencja nr 37931

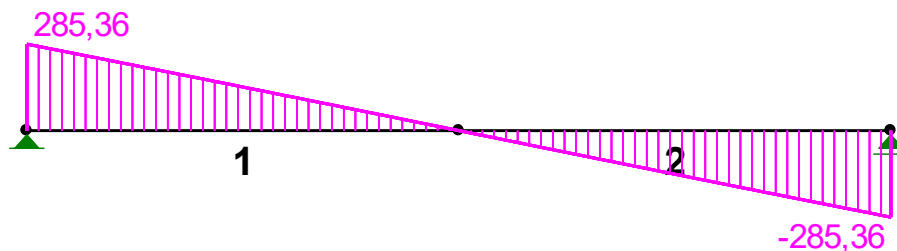
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ_f :	ψ_d :
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,10	
A-"Pokrycie"	Zmienne	1 1,35	1,00
B-"Technologiczne"	Zmienne	1 1,50	1,00
C-"Snieg"	Zmienne	1 1,50	1,00
D-"Fotowoltaika"	Zmienne	1 1,50	1,00

MOMENTY:



TNĄCE:



SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ABCD

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	0,00	285,36	0,00
	1,00	9,000	1291,32	0,00	0,00

2	0,00	0,000	1291,32	0,00	0,00
	1,00	9,000	0,00	-285,36	0,00

* = Wartości ekstremalne

Dźwigar żelbetowy SBS-90/18, (z uwagi na brak danych dotyczących zbrojenia dźwigara przyjęto najmniejsze katalogowe zbrojenie),
wg katalogu KB1-31.6.1.(35)-69; Rozpiętość dźwigara L=18,0m,

Minimalny moment niszczący przekroju zespolonego wg karty katalogowej elementu:
M_{n,min}=203,15Tm= M_{Rd}=1.992,9kNm

Maksymalny moment zginający występujący w dźwigarze z dodatkowym obciążeniem:
M_d=1291,32kNm

$$M_{Rd}=1992,9kNm > M_d=1291,32kN$$

Wniosek:

Dopuszczalne obciążenie przypadające na dźwigar żelbetowy typu SBS-90/18 nie zostanie przekroczone po montażu instalacji fotowoltaicznej.

Wnioski ogólne:

Na dachu budynków produkcyjno – magazynowych „A” i „B” w firmie Ekomer Sp. z o.o., zlokalizowanej przy ul. Lipnowskiej 21-23 w Toruniu zakłada się równomierny rozkład instalacji fotowoltaicznej. Stan techniczny istniejącej konstrukcji dachów obu hal jest dobry – brak widocznego zużycia materiałów, brak widocznych ugięć konstrukcji, rys, czy spękań betonu.

Przyjęte dodatkowe obciążenie dachu od instalacji fotowoltaicznej wynosi 0,40kN/m². Sprawdzono pod względem wytrzymałościowym główne elementy konstrukcji dachu, takie jak dachowe płyty panwiowe rozpiętości 6,0m oraz prefabrykowane dźwigary żelbetowe rozpiętości 9,0m i 18,0m. Połączenie dachowe obciążono ciężarem pokrycia, obciążeniem technologicznym, instalacją fotowoltaiczną, wiatrem oraz śniegiem. Dopuszczalne obciążenie płyty panwiowej nie zostanie przekroczone, dopuszczalny moment niszczący dźwigar żelbetowy także nie zostanie przekroczone po instalacji paneli fotowoltaicznych na dachu obu budynków.

Nie ma przeciwwskazań do montażu instalacji fotowoltaicznej na dachu hali produkcyjno-magazynowej „A” i „B” firmy Ekomer Sp. z o.o. w Toruniu.

Toruń, wrzesień.2024r

mgr inż. Dorota Adamczyk
Nr upr. KUP/0050/PWBKb/16
W specj. konstrukcyjno - budowlanej