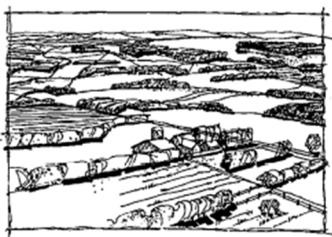




PROJEKT WYKONAWCZY KONSTRUKCJI

DWUPODPOROWA KONSTRUKCJA GRUNTOWA POD MODUŁY FOTOWOLTAICZNE

Lokalizacja	<p>Polska – do wysokości 300 m n.p.m.</p> <p>1 i 2 strefa obciążenia śniegiem wg PN-EN 1991-1-3</p> <p>1 strefa obciążenia wiatrem wg PN-EN 1991-1-4</p> <p>Kategoria terenu II</p> <p>Obszary z niską roślinnością, taką jak trawa, oraz pojedynczymi przeszkodami (drzewa, budynki) oddalonymi od siebie na odległość nie mniejszą niż 20 ich wysokości</p>		
Zleceniodawca	<p>ULAMEX Zbigniew Zientek</p> <p>Zawada 144</p> <p>97-200 Tomaszów Mazowiecki</p>		
SPECJALNOŚĆ KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANA			
Projektant	<p>mgr inż. Paweł Kowalski</p> <p>uprawnienia bud. nr ewid. SLK/7224/PBKb/17</p>		
Data	30 stycznia 2023		

SPIS TREŚCI

CZĘŚĆ OPISOWA	3
1 Podstawa formalna	3
2 Przedmiot opracowania	3
3 Materiały	3
4 Geotechniczne warunki i sposób posadowienia	3
5 Zestawienie obciążeń	4
CZĘŚĆ OBLICZENIOWA	5
Poz. 1 Słup dolny (w gruncie)	5
Poz. 2 Słup górny (ponad gruntem) wysoki	6
Poz. 3 Słup górny (ponad gruntem) niski	8
Poz. 4 Stężenie poprzeczne	9
Poz. 5 Stężenie podłużne	10
Poz. 7 Rygiel	11
Poz. 8 Płatwie	13
CZĘŚĆ RYSUNKOWA	
U1 Układ poprzeczny, elementy złączne	
U2 Pozycje: 1, 2, 3 – słupy	
U3 Pozycje: 4, 5, 6 – stężenia, łącznik	
U4 Pozycje: 71, 72, 73 – rygle	
U5 Pozycje 81, 82 – płatwie	

CZĘŚĆ OPISOWA

1 Podstawa formalna

- PN-EN 1990 – Podstawy projektowania konstrukcji
- PN-EN 1991 – Oddziaływania na konstrukcje
- PN-EN 1993 – Projektowanie konstrukcji stalowych

2 Przedmiot opracowania

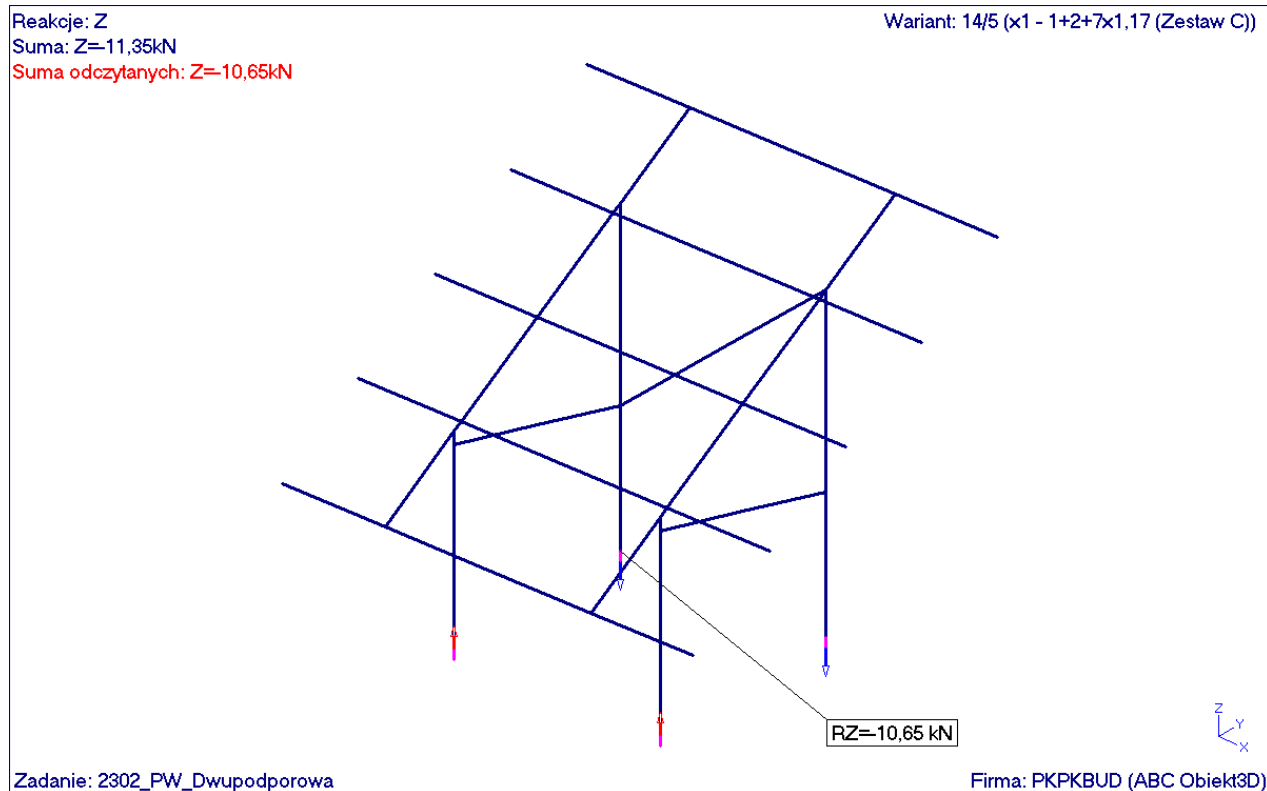
- Konstrukcja wsporcza to wolnostojąca wiata jednospadowa o kącie spadku połaci z regulacją od 20° do 30°
- Kategoria projektowego okresu użytkowania S3 (od 15 do 30 lat)
- Mnożnik KFI do współczynników częściowych = 0,9 – klasa niezawodności RC1 na podstawie klasy konsekwencji CC1 (małe lub nieznaczne konsekwencje społeczne, ekonomiczne i środowiskowe)
- Konstrukcję wykonać i montować zgodnie z PN-EN 1090 klasa EXC2 oraz dołączoną instrukcją montażu konstrukcji

3 Materiały

- Stal konstrukcyjna (profilowa) gatunku **S350GD** z powłoką Magnelis®

4 Geotechniczne warunki i sposób posadowienia

- Kategoria geotechniczna obiektu budowlanego zgodnie z projektem budowlanym
- Posadowienie bezpośrednie – wbijanie słupów w grunt na głębokość według próbnych obciążeń
- Wartości obliczeniowe nośności na wyciąganie ustalone zgodnie z PN-EN 1997-1 nie powinny przekraczać maksymalnych reakcji obliczeniowych pokazanych poniżej



Rysunek 1: Reakcje obliczeniowe w kierunku pionowym

5 Zestawienie obciążeń

Ciężar własny konstrukcji uwzględniono automatycznie w programie obliczeniowym. (Przypadek: Nr 1)

Tabela 1: Obciążenia stałe (Przypadek: Nr 2)

Opis	Wartość [kN/m ²]
Instalacja fotowoltaiczna	0,13
Razem =	0,13

Tabela 2: Obciążenie zmienne śniegiem (Przypadek: Nr 3)

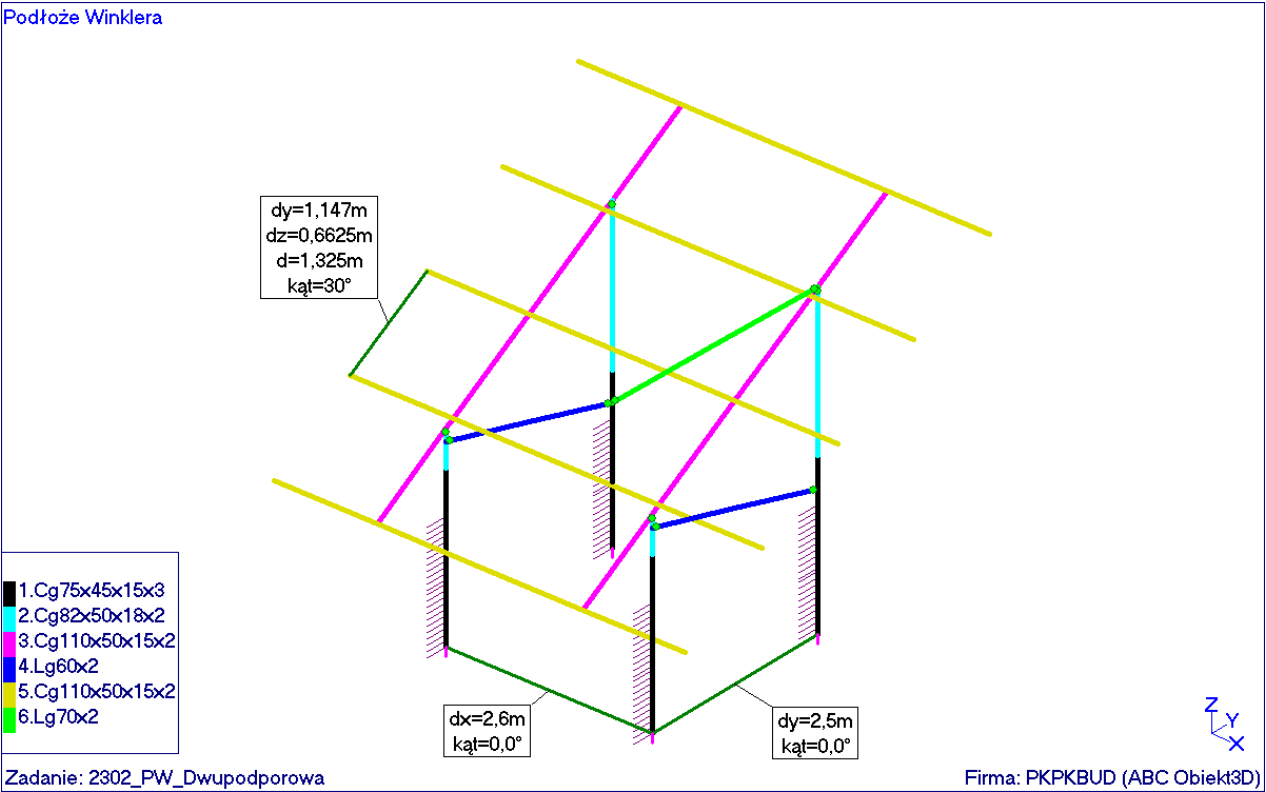
Obciążenie śniegiem gruntu (2 strefa)	$s_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$
Współczynnik ekspozycji (teren wystawiony na działanie wiatru)	$C_e = 0,8$
Współczynnik termiczny	$C_t = 1,0$
Współczynnik kształtu dachu ($\alpha = 30^\circ$)	$\mu_1 = 0,80$
Obciążenie śniegiem równomiernie rozłożone na powierzchni dachu	$s_1 = 0,58 \text{ kN/m}^2$

Tabela 3: Obciążenie zmienne wiatrem (Przypadek: Nr 4, 6 parcie ALBO Nr 5, 7 ssanie)

Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (1 strefa)		$v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$		
Współczynnik kierunkowy (ekspozycja północ-południe)		$C_{dir} = 0,8$		
Współczynnik sezonowy		$C_{season} = 1,0$		
Bazowa prędkość wiatru		$v_b = 17,6 \text{ m/s}$		
Wysokość odniesienia nad poziomem gruntu		$z = h = 3,0 \text{ m}$		
Współczynnik ekspozycji (kategoria terenu 2)		$C_e(z) = 1,72$		
Średnie (bazowe) ciśnienie prędkości		$q_b = 0,19 \text{ kN/m}^2$		
Szczytowe ciśnienie prędkości		$q_p(z) = 0,33 \text{ kN/m}^2$		
Współczynnik konstrukcyjny		$C_s C_d = 1,0$		
Globalny współczynnik siły		Obciążenie wiatrem		Pow. odniesienia
(wiatra jednospadowa $\alpha = 30^\circ$, współczynnik blokowania $\varphi = 0$)				
$C_{fi} = -1,8$	$C_{fe} = 1,2$	$F_{w-} = -32,73 \text{ kN}$	$F_{w+} = 21,82 \text{ kN}$	$A_{ref} = 55,1 \text{ m}^2$
$C_{fi} = -1,8$	$C_{fe} = 1,2$	$-0,95 \text{ kN/m}$	$0,63 \text{ kN/m}$	$I = 1,6$
$C_{fi} = -1,8$	$C_{fe} = 1,2$	$-1,60 \text{ kN/m}$	$1,07 \text{ kN/m}$	$II = 2,7$
$C_{fi} = -1,8$	$C_{fe} = 1,2$	$-0,38 \text{ kN/m}$	$0,25 \text{ kN/m}$	$III = 0,64$
$C_{fi} = -1,8$	$C_{fe} = 1,2$	$-0,19 \text{ kN/m}$	$0,13 \text{ kN/m}$	$IV = 0,32$
$C_{fi} = -1,8$	$C_{fe} = 1,2$	$-0,07 \text{ kN/m}$	$0,04 \text{ kN/m}$	$V = 0,11$

Oddziaływania termiczne przyjęto jako podniesienie lub obniżenie temperatury o 20°C . (Przypadek: Nr 8 ALBO Nr 9)

CZĘŚĆ OBLICZENIOWA



Rysunek 2: Przyjęty schemat statyczny

Wariant: 10/1 (1+2+3x0,2 (Częsta))

Nr	Mnoż.	Opis
1 (St)	1,0	Ciężar własny (F)
2 (St)	1,0	Stałe
3 (Wa)	0,2	Śnieg

Wariant: 11/2 (1+2+5x0,2 (Częsta))

Nr	Mnoż.	Opis
1 (St)	1,0	Ciężar własny (F)
2 (St)	1,0	Stałe
5 (Wa)	0,2	Ssanie wiatru Y+

Wariant: 12/3 (1+2+7x0,2 (Częsta))

Nr	Mnoż.	Opis
1 (St)	1,0	Ciężar własny (F)
2 (St)	1,0	Stałe
7 (Wa)	0,2	Ssanie wiatru Y-

Poz. 1 Słup dolny (w gruncie)

OBIEKT: Słup (Cg75x45x15x3)

Od węzła: 8 do węzła: 9 (L= 0,5 m)

Przekrój nr: 1 (Cg75x45x15x3)

Materiał: S350GD (f=350/420)

(m0=1,0 m1=1,0 m2=1,25)

Granica plastyczności fy = 350 MPa

Odległość między przekrojami < 0,5 m

UGIĘCIE WSPORNIKA (z wariantów: 10,11,12)

Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne

$$f = 2,742 \text{ mm} < 3,333 \text{ mm} \quad (2L/300)$$

KLASA PRZEKROJU: 1

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

$$\text{Pole przek.poprz.} \quad (A) = 5,04 \text{ cm}^2$$

$$\text{Pola na ścinanie} \quad (A_{vy}) = 0,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Pola na ścinanie} \quad (A_{vz}) = 0,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Wsk.na zginanie} \quad (W_{cy}) = 11,46 \text{ cm}^3 \quad (W_{cz}) = 4,656 \text{ cm}^3$$

$$\text{Wsk.na zginanie} \quad (W_{ty}) = 11,46 \text{ cm}^3 \quad (W_{tz}) = 7,76 \text{ cm}^3$$

NOŚNOŚCI OBLICZENIOWE PRZEKROJU

$$\text{Na rozciąganie} \quad (N_{Rt}) = 123,5 \text{ kN}$$

$$(\text{Osłab.przekroju otworami/mimośrodem} = 30 \%)$$

$$\text{Na ściskanie} \quad (N_{Rc}) = 176,4 \text{ kN}$$

$$\text{Na ścinanie} \quad (V_{Ry}) = 0,0 \text{ kN}$$

$$\text{Na ścinanie} \quad (V_{Rz}) = 0,0 \text{ kN}$$

$$\text{Na zginanie} \quad (M_{Ry}) = 4,01 \text{ kNm}$$

$$\text{Na zginanie} \quad (M_{Rz}) = 1,629 \text{ kNm}$$

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Warianty i siły dla maksymalnych naprężeń

Nrr:

$$1 \cdot 1,0 + 2 \cdot 1,0 + 5 \cdot 1,35 + 8 \cdot 0,81$$

$$\text{Rozciąg.} \quad (N_t) = 5,972 \text{ kN}$$

$$\text{Ścinanie} \quad (V_z) = 0,1094 \text{ kN} \quad \text{Ścinanie} \quad (V_y) = 0,006045 \text{ kN}$$

$$\text{Zginanie} \quad (M_y) = 0,9508 \text{ kNm} \quad \text{Zginanie} \quad (M_z) = 0,002712 \text{ kNm}$$

Warianty i siły dla minimalnych naprężeń

$$1 \cdot 1,04 + 2 \cdot 1,04 + 7 \cdot 1,35 + 8 \cdot 0,81$$

$$\text{Ściskanie} \quad (N_c) = 5,502 \text{ kN}$$

$$\text{Ścinanie} \quad (V_z) = 0,663 \text{ kN} \quad \text{Ścinanie} \quad (V_y) = 0,008654 \text{ kN}$$

$$\text{Zginanie} \quad (M_y) = 1,406 \text{ kNm} \quad \text{Zginanie} \quad (M_z) = 0,008226 \text{ kNm}$$

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

$$M_y/M_{Ry} + M_z/M_{Rz} = 0,36 < 1$$

$$N_c/N_{Rc} + M_y/M_{Ry} + M_z/M_{Rz} = 0,39 < 1$$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

$$\text{Dł.oblicz.pręta} \quad (L_{oy}) = 0,5 \text{ m} \quad (L_{oz}) = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Wsp.dł.wyboezen.} \quad (m_{iy}) = 2,47 \quad (m_{iz}) = 1,49$$

$$\text{Smukłość pręta} \quad (l_y) = 42,3 \quad (l_z) = 46,22$$

$$\text{Wsp.wyboezeniowy} \quad (f_{iy}) = 0,7808 \quad (f_{iz}) = 0,7432$$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

$$\text{Długość zwichrzenia} \quad (L_o) = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Wsp.zwichrzenia} \quad (f_{iL}) = 0,8$$

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

$$M_y/(f_{iL} \cdot M_{Ry}) + M_z/M_{Rz} = 0,44 < 1$$

$$N_c/(f_{iL} \cdot N_{Rc}) = 0,04 < 1$$

$$\text{Wsp.beta} \quad b_y = 1 \quad b_z = 1$$

$$\text{Poprawki} \quad D_y = 0,0 \quad D_z = 0,0$$

$$N_c/(f_{iy} \cdot N_{Rc}) + b_y \cdot M_y/(f_{iL} \cdot M_{Ry}) + b_z \cdot M_z/M_{Rz} + D_y = 0,48 < 1$$

$$N_c/(f_{iz} \cdot N_{Rc}) + b_y \cdot M_y/(f_{iL} \cdot M_{Ry}) + b_z \cdot M_z/M_{Rz} + D_z = 0,49 < 1$$

Poz. 2 Słup górny (ponad gruntem) wysoki

OBIEKT: Słup (Cg82x50x18x2)

$$\text{Od węzła: 22 do węzła: 60} \quad (L = 2,393 \text{ m})$$

Przekrój nr: 2 (Cg82x50x18x2)

Materiał: S350GD ($f = 350/420$)

$$(m_0 = 1,0 \quad m_1 = 1,0 \quad m_2 = 1,25)$$

Granica plastyczności $f_y = 350 \text{ MPa}$

$$\text{Odległość między przekrojami} < 0,5 \text{ m}$$

Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne

UGIĘCIE WSPORNIKA (z wariantów: 10,11,12)

$$f = 4,92 \text{ mm} < 15,95 \text{ mm} \quad (2L/300)$$

KLASA PRZEKROJU: 4

Brak usztywnień poprzecznych

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole przek.poprz. (A) = 4 cm²

Pola na ścinanie (A_{vy}) = 0,0 cm²

Pola na ścinanie (A_{vz}) = 0,0 cm²

Wsk.na zginanie (W_{cy}) = 10,46 cm³ (W_{cz}) = 4,72 cm³

Wsk.na zginanie (W_{ty}) = 10,46 cm³ (W_{tz}) = 7,394 cm³

NOŚNOŚCI OBLICZENIOWE PRZEKROJU

Na ściskanie (N_{Rc}) = 134,2 kN

Wsp.reduk.nośności przek. (psi_C) = 0,9588

Na ścinanie (V_{Ry}) = 0,0 kN

Na ścinanie (V_{Rz}) = 0,0 kN

Na zginanie (M_{Ry}) = 3,661 kNm

Na zginanie (M_{Rz}) = 1,652 kNm

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Warianty i siły dla maksymalnych naprężeń

N_{rr}:

$$1 \cdot 1,0 + 2 \cdot 1,0 + 5 \cdot 1,35 + 9 \cdot 0,81$$

Ściskanie (N_c) = 0,4333 kN

Ścinanie (V_z) = 0,5372 kN Ścinanie (V_y) = 0,001887 kN

Zginanie (M_y) = 1,012 kNm Zginanie (M_z) = 0,003554 kNm

Warianty i siły dla minimalnych naprężeń

$$1 \cdot 1,04 + 2 \cdot 1,04 + 3 \cdot 0,68 + 5 \cdot 1,35 + 9 \cdot 0,81$$

Ściskanie (N_c) = 3,178 kN

Ścinanie (V_z) = 0,5373 kN Ścinanie (V_y) = 0,001683 kN

Zginanie (M_y) = 1,012 kNm Zginanie (M_z) = 0,00317 kNm

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

$$M_y / M_{Ry} + M_z / M_{Rz} = 0,28 < 1$$

$$N_c / N_{Rc} + M_y / M_{Ry} + M_z / M_{Rz} = 0,3 < 1$$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Dł.oblicz.pręta (L_{oy}) = 1,893 m (L_{oz}) = 1,893 m

Wsp.dł.wyboezen. (m_{iy}) = 2,1 (m_{iz}) = 2,11

Smukłość pręta (l_y) = 121,4 (l_z) = 210,5

Wsp.wyboezeniowy (f_{iy}) = 0,256 (f_{iz}) = 0,09685

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Długość zwichrzenia (L_o) = 1,89 m

Wsp.zwichrzenia (f_{iL}) = 0,8

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

$$M_y / (f_{iL} \cdot M_{Ry}) + M_z / M_{Rz} = 0,35 < 1$$

$$N_c / (f_{iL} \cdot N_{Rc}) = 0,24 < 1$$

$$\text{Wsp.beta } b_y = 1 \quad b_z = 1$$

$$\text{Poprawki } D_y = 0,01 \quad D_z = 0,0$$

$$N_c / (f_{iz} \cdot N_{Rc}) + b_y \cdot M_y / (f_{iL} \cdot M_{Ry}) + b_z \cdot M_z / M_{Rz} + D_y = 0,45 < 1$$

$$N_c / (f_{iz} \cdot N_{Rc}) + b_y \cdot M_y / (f_{iL} \cdot M_{Ry}) + b_z \cdot M_z / M_{Rz} + D_z = 0,59 < 1$$

Poz. 2.1 Połączenie słup-rygiel

Wariant: 16/7 (1+2+3x0,5+6 (Połączenie))

Nr	Mnoż.	Opis
1(St)	1,0	Ciężar własny (F)
2(St)	1,0	Stałe
3(Wa)	0,5	Śnieg
6(Wa)	1,0	Parcie wiatru Y-

Kategoria A

Połączenie typu dociskowego

Śruba

d =	12	mm	$A_s =$	84,3	mm ²
klasa =	8.8		$f_{ub} =$	800	MPa
$\gamma_{M2} =$	1,25				

Ścinanie

$\alpha_v =$	0,6				
$F_{v,Ed} =$	9,4	kN	$\leq F_{v,Rd} =$	32,4	kN
					29,1%

Docisk

t =	2,0	mm			
$e_1 =$	55	mm			
gatunek =	S350GD		$f_u =$	420	MPa
$\alpha_b =$	1,0				
$k_t =$	1,0				
$F_{v,Ed} =$	9,4	kN	$\leq F_{b,Rd} =$	20,2	kN
					46,7%

Poz. 3 Słup górny (ponad gruntem) niski

OBIEKT: Słup (Cg82x50x18x2)

Od węzła: 24 do węzła: 58 (L= 0,45 m)

Przekrój nr: 2 (Cg82x50x18x2)

Materiał: S350GD (f=350/420)

($m_0=1,0$ $m_1=1,0$ $m_2=1,25$)

Granica plastyczności $f_y = 350$ MPa

Odległość między przekrojami < 0,5 m

UGIĘCIE WSPORNIKA (z wariantów: 10,11,12)

$f = 3,85$ mm < 6,33 mm (2L/300)

KLASA PRZEKROJU: 4

Brak usztywnień poprzecznych

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole przek.poprz. (A)= 4 cm²

Pola na ścinanie (A_{vy})= 0,0 cm²

Pola na ścinanie (A_{vz})= 0,0 cm²

Wsk.na zginanie (W_{cy})= 10,46 cm³ (W_{cz})= 4,72 cm³

Wsk.na zginanie (W_{ty})= 10,46 cm³ (W_{tz})= 7,394 cm³

NOŚNOŚCI OBLICZENIOWE PRZEKROJU

Na rozciąganie (NRt)= 98 kN

(Osłab.przekroju otworami/mimośrodem= 30 %)

Na ściskanie (NRc)= 134,2 kN

Wsp.reduk.nośności przek. (psiC)= 0,9588

Na ścinanie (V_{Ry})= 0,0 kN

Na ścinanie (V_{Rz})= 0,0 kN

Na zginanie (M_{Ry})= 3,661 kNm

Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne

Na zginanie (MRz)= 1,652 kNm

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Warianty i siły dla maksymalnych naprężeń

Nrr:

$1*1,0 + 2*1,0 + 5*1,35 + 8*0,81$

Rozciąg. (Nt)= 5,971 kN

Ścinanie (Vz)= 6,134 kN Ścinanie (Vy)= 0,01108 kN

Zginanie (My)= 0,9202 kNm Zginanie (Mz)= 0,001655 kNm

Warianty i siły dla minimalnych naprężeń

$1*1,04 + 2*1,04 + 3*0,68 + 7*1,35 + 9*0,81$

Ściskanie (Nc)= 8,196 kN

Ścinanie (Vz)= 5,839 kN Ścinanie (Vy)= 0,0145 kN

Zginanie (My)= 1,055 kNm Zginanie (Mz)= 0,006515 kNm

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

$Nt/NRt+My/MRy+Mz/MRz= 0,31 < 1$

$Nc/NRc+My/MRy+Mz/MRz= 0,35 < 1$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Dł.oblicz.pręta (Loy)= 0,45 m (Loz)= 0,45 m

Wsp.dł.wybozczen. (miy)= 1,03 (miz)= 3

Smukłość pręta (l_y)= 14,16 (l_z)= 71,14

Wsp.wybozczeniowy (fiy)= 0,9806 (fiz)= 0,5294

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Długość zwichrzenia (Lo)= 0,45 m

Wsp.zwichrzenia (fiL)= 0,8

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

$Nt/NRt+My/(fiL*MRy)+Mz/MRz= 0,38 < 1$

$Nc/(fi*NRc) = 0,12 < 1$

Wsp.beta by= 1 bz= 1

Poprawki Dy= 0,0 Dz= 0,0

$Nc/(fiy*NRc)+by*My/(fiL*MRy)+bz*Mz/MRz+Dy= 0,43 < 1$

$Nc/(fiz*NRc)+by*My/(fiL*MRy)+bz*Mz/MRz+Dz= 0,48 < 1$

Poz. 4 Stężenie poprzeczne

OBIEKT: Belka (Lg60x2)

Od węzła: 63 do węzła: 54 (L= 2,588 m)

Przekrój nr: 4 (Lg60x2)

Materiał: S350GD (f=350/420)

(m0=1,0 m1=1,0 m2=1,25)

Granica plastyczności fy = 350 MPa

Odległość między przekrojami< 0,5 m

STRZAŁKA UGIĘCIA (z wariantów: 10,11,12)

f= 2,945 mm < 12,94 mm (L/200)

KLASA PRZEKROJU: 4

Brak usztywnień poprzecznych

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole przek.poprz. (A)= 2,31 cm²

Pola na ścinanie (Avy)= 0,0 cm²

Pola na ścinanie (Avz)= 0,0 cm²

Wsk.na zginanie (Wcy)= 3,228 cm³(Wcz)= 1,512 cm³

Wsk.na zginanie (Wty)= 3,228 cm³(Wtz)= 1,591 cm³

NOŚNOŚCI OBLICZENIOWE PRZEKROJU

Na rozciąganie (NRt)= 56,59 kN

(Osłab.przekroju otworami/mimośrodem= 30 %)

Na ściskanie (NRc)= 20,5 kN

Wsp.reduk.nośności przek. (psiC)= 0,2536

Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne

Na ścinanie $(V_{Ry}) = 0,0 \text{ kN}$
 Na ścinanie $(V_{Rz}) = 0,0 \text{ kN}$
 Na zginanie $(M_{Ry}) = 1,13 \text{ kNm}$
 Na zginanie $(M_{Rz}) = 0,5293 \text{ kNm}$

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Warianty i siły dla maksymalnych naprężeń

Nrr:
 $1 \cdot 1,04 + 2 \cdot 1,04 + 5 \cdot 1,35 + 9 \cdot 0,81$
 Rozciąg. $(N_t) = 6,301 \text{ kN}$
 Ścinanie $(V_z) = 0,005371 \text{ kN}$ Ścinanie $(V_y) = 0,005371 \text{ kN}$
 Zginanie $(M_y) = 0,009323 \text{ kNm}$ Zginanie $(M_z) = 0,009323 \text{ kNm}$

Warianty i siły dla minimalnych naprężeń

$1 \cdot 1,04 + 2 \cdot 1,04 + 4 \cdot 1,35 + 8 \cdot 0,81$
 Ściskanie $(N_c) = 4,202 \text{ kN}$
 Ścinanie $(V_z) = 0,005371 \text{ kN}$ Ścinanie $(V_y) = 0,005371 \text{ kN}$
 Zginanie $(M_y) = 0,009323 \text{ kNm}$ Zginanie $(M_z) = 0,009323 \text{ kNm}$

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

$N_t / (N_{Rt} + M_y / M_{Ry} + M_z / M_{Rz}) = 0,14 < 1$
 $N_c / (N_{Rc} + M_y / M_{Ry} + M_z / M_{Rz}) = 0,23 < 1$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Dł.oblicz.pręta $(L_{oy}) = 2,588 \text{ m}$ $(L_{oz}) = 2,588 \text{ m}$
 Wsp.dł.wyoczen. $(m_{iy}) = 1$ $(m_{iz}) = 1$
 Smukłość pręta $(l_y) = 106,3$ $(l_z) = 220,2$
 Wsp.wyoczeniowy $(f_{iy}) = 0,6021$ $(f_{iz}) = 0,2606$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Długość zwichrzenia $(L_o) = 2,58 \text{ m}$
 Wsp.zwichrzenia $(f_{iL}) = 0,8$

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

$N_t / (N_{Rt} + M_y / (f_{iL} \cdot M_{Ry}) + M_z / M_{Rz}) = 0,14 < 1$
 $N_c / (f_{iL} \cdot N_{Rc}) = 0,79 < 1$
 Wsp.beta $b_y = 1$ $b_z = 1$
 Poprawki $D_y = 0,0$ $D_z = 0,0$
 $N_c / (f_{iy} \cdot N_{Rc}) + b_y \cdot M_y / (f_{iL} \cdot M_{Ry}) + b_z \cdot M_z / M_{Rz} + D_y = 0,37 < 1$
 $N_c / (f_{iz} \cdot N_{Rc}) + b_y \cdot M_y / (f_{iL} \cdot M_{Ry}) + b_z \cdot M_z / M_{Rz} + D_z = 0,81 < 1$

Poz. 5 Stężenie podłużne

OBIEKT: Belka (Lg70x2)

Od węzła: 62 do węzła: 66 $(L = 3,447 \text{ m})$

Przekrój nr: 6 (Lg70x2)

Materiał: S350GD $(f = 350/420)$

$(m_0 = 1,0 \text{ m}_1 = 1,0 \text{ m}_2 = 1,25)$

Granica plastyczności $f_y = 350 \text{ MPa}$

Odległość między przekrojami $< 0,5 \text{ m}$

STRZAŁKA UGIĘCIA (z wariantów: 10,11,12)

$f = 5,712 \text{ mm} < 17,23 \text{ mm} (L/200)$

KLASA PRZEKROJU: 4

Brak usztywnień poprzecznych

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole przek.poprz. $(A) = 2,71 \text{ cm}^2$

Wsk.na zginanie $(W_{cy}) = 4,425 \text{ cm}^3$ $(W_{cz}) = 2,094 \text{ cm}^3$

Wsk.na zginanie $(W_{ty}) = 4,425 \text{ cm}^3$ $(W_{tz}) = 2,188 \text{ cm}^3$

NOŚNOŚCI OBLICZENIOWE PRZEKROJU

Na rozciąganie $(N_{Rt}) = 66,39 \text{ kN}$

$(\text{Oslab.przekroju otworami/mimośrodem} = 30 \%)$

Na ściskanie $(N_{Rc}) = 18,79 \text{ kN}$

Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne

Wsp.reduk.nośności przek. (psiC)= 0,1981

Na zginanie (MRy)= 1,549 kNm

Na zginanie (MRz)= 0,733 kNm

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Warianty i siły dla maksymalnych naprężeń

Nrr:

$1 \cdot 1,22 + 2 \cdot 1,22 + 7 \cdot 0,81 + 9 \cdot 0,81$

Rozciąg. (Nt)= 0,01468 kN

Ścinanie (Vz)= 0,01755 kN Ścinanie (Vy)= 0,01755 kN

Zginanie (My)= 0,01993 kNm Zginanie (Mz)= 0,01993 kNm

Warianty i siły dla minimalnych naprężeń

$1 \cdot 1,22 + 2 \cdot 1,22 + 6 \cdot 0,81 + 8 \cdot 0,81$

Ściskanie (Nc)= 0,01443 kN

Ścinanie (Vz)= 0,01755 kN Ścinanie (Vy)= 0,01755 kN

Zginanie (My)= 0,01993 kNm Zginanie (Mz)= 0,01993 kNm

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

$Nt/NRt + My/MRy + Mz/MRz = 0,04 < 1$

$Nc/NRc + My/MRy + Mz/MRz = 0,04 < 1$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Dł.oblicz.pręta (Loy)= 3,447 m (Loz)= 3,447 m

Wsp.dł.wyoczen. (miy)= 1 (miz)= 1

Smukłość pręta (l_y)= 121,2 (l_z)= 249,8

Wsp.wyoczeniowy (fiy)= 0,5981 (fiz)= 0,2595

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRENIE

Długość zwichrzenia (Lo)= 3,44 m

Wsp.zwichrzenia (fiL)= 0,8

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

$Nt/NRt + My/(fiL \cdot MRy) + Mz/MRz = 0,04 < 1$

$Nc/(fi \cdot NRc) = 0 < 1$

Wsp.beta by= 1 bz= 1

Poprawki Dy= 0,0 Dz= 0,0

$Nc/(fiy \cdot NRc) + by \cdot My/(fiL \cdot MRy) + bz \cdot Mz/MRz + Dy = 0,04 < 1$

$Nc/(fiz \cdot NRc) + by \cdot My/(fiL \cdot MRy) + bz \cdot Mz/MRz + Dz = 0,05 < 1$

Poz. 7 Rygiel

Poz. 7.1 Przęsło

OBIEKT: Belka (Cg110x50x15x2)

Od węzła: 2 do węzła: 4 (L= 2,887 m)

Przekrój nr: 3 (Cg110x50x15x2)

Materiał: S350GD (f=350/420)

(m0=1,0 m1=1,0 m2=1,25)

Granica plastyczności fy = 350 MPa

Odległość między przekrojami < 0,5 m

STRZAŁKA UGIĘCIA (z wariantów: 10,11,12)

f= 5,715 mm < 14,44 mm (L/200)

KLASA PRZEKROJU: 4

Brak usztywnień poprzecznych

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole przek.poprz. (A)= 4,44 cm²

Pola na ścinanie (Avy)= 0,0 cm²

Pola na ścinanie (Avz)= 0,0 cm²

Wsk.na zginanie (Wcy)= 15,18 cm³ (Wcz)= 4,41 cm³

Wsk.na zginanie (Wty)= 15,18 cm³ (Wtz)= 9,074 cm³

NOŚNOŚCI OBLICZENIOWE PRZEKROJU

Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne

Na rozciąganie (NRt) = 108,8 kN
 (Osłab.przekroju otworami/mimośrodem = 30 %)
 Na ściskanie (NRc) = 104,2 kN
 Wsp.reduk.nośności przek. (psiC) = 0,6708
 Na ścinanie (VRy) = 0,0 kN
 Na ścinanie (VRz) = 0,0 kN
 Na zginanie (MRy) = 5,314 kNm
 Na zginanie (MRz) = 1,543 kNm

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Warianty i siły dla maksymalnych naprężeń

Nrr:

1*1,04 + 2*1,04 + 3*0,68 + 6*1,35 + 9*0,81

Rozciąg. (Nt) = 5,754 kN

Ścinanie (Vz) = 7,444 kN Ścinanie (Vy) = 0,0697 kN

Zginanie (My) = 3,734 kNm Zginanie (Mz) = 0,03884 kNm

Warianty i siły dla minimalnych naprężeń

1*1,0 + 2*1,0 + 7*1,35 + 9*0,81

Ściskanie (Nc) = 6,042 kN

Ścinanie (Vz) = 6,634 kN Ścinanie (Vy) = 0,02245 kN

Zginanie (My) = 2,89 kNm Zginanie (Mz) = 0,01432 kNm

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

$Nt/NRt + My/MRy + Mz/MRz = 0,78 < 1$

$Nc/NRc + My/MRy + Mz/MRz = 0,73 < 1$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE

Dł.oblicz.pręta (Loy) = 2,887 m (Loz) = 2,887 m

Wsp.dł.wyobczen. (miy) = 0,6 (miz) = 0,27

Smukłość pręta (l_y) = 39,94 (l_z) = 42,64

Wsp.wyobczeniowy (fiy) = 0,8671 (fiz) = 0,8483

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Długość zwichrzenia (Lo) = 2,88 m

Wsp.zwichrzenia (fiL) = 0,8

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

$Nt/NRt + My/(fiL * MRy) + Mz/MRz = 0,96 < 1$

$Nc/(fi * NRc) = 0,07 < 1$

Wsp.beta by = 1 bz = 0,4

Poprawki Dy = 0,0 Dz = 0,0

$Nc/(fiy * NRc) + by * My/(fiL * MRy) + bz * Mz/MRz + Dy = 0,89 < 1$

$Nc/(fiz * NRc) + by * My/(fiL * MRy) + bz * Mz/MRz + Dz = 0,89 < 1$

Poz. 7.2 Wspornik

OBIEKT: Belka (Cg110x50x15x2)

Od węzła: 4 do węzła: 12 (L = 1,207 m)

Przekrój nr: 3 (Cg110x50x15x2)

Materiał: S350GD (f=350/420)

(m0=1,0 m1=1,0 m2=1,25)

Granica plastyczności fy = 350 MPa

Odległość między przekrojami < 0,5 m

UGIĘCIE WSPORNIKA (z wariantów: 10,11,12)

f = 7,742 mm < 12,07 mm (2L/200)

KLASA PRZEKROJU: 4

Brak usztywnień poprzecznych

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pole przek.poprz. (A) = 4,44 cm²

Pola na ścinanie (Avy) = 0,0 cm²

Pola na ścinanie (Avz) = 0,0 cm²

Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne

Wsk.na zginanie (Wcy)= 15,18 cm³(Wcz)= 4,41 cm³
Wsk.na zginanie (Wty)= 15,18 cm³(Wtz)= 9,074 cm³
NOŚNOŚCI OBLICZENIOWE PRZEKROJU
Na ściskanie (NRc)= 104,2 kN
Wsp.reduk.nośności przek.(psiC)= 0,6708
Na ścinanie (VRy)= 0,0 kN
Na ścinanie (VRz)= 0,0 kN
Na zginanie (MRy)= 5,314 kNm
Na zginanie (MRz)= 1,543 kNm
OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE
Nrr:
1*1,04 + 2*1,04 + 3*0,68 + 6*1,35 + 9*0,81
Ściskanie (Nc)= 0,5208 kN
Ścinanie (Vz)= 3,113 kN Ścinanie (Vy)= 0,07057 kN
Zginanie (My)= 3,734 kNm Zginanie (Mz)= 0,03882 kNm
STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU
My/MRy+Mz/MRz= 0,73 < 1
Nc/NRc+My/MRy+Mz/MRz= 0,73 < 1
STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - WYBOCZENIE
Dł.oblicz.pręta (Loy)= 1,207 m (Loz)= 1,207 m
Wsp.dł.wyoczen. (miy)= 2,05 (miz)= 1,42
Smukłość pręta (l_y)= 57,06 (l_z)= 93,76
Wsp.wyoczeniowy (fiy)= 0,7383 (fiz)= 0,4744
STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE
Długość zwichrzenia (Lo)= 1,2 m
Wsp.zwichrzenia (fiL)= 0,8
STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU
My/(fiL*MRy)+Mz/MRz= 0,9 < 1
Nc/(fi*NRc) = 0,01 < 1
Wsp.beta by= 1 bz= 1
Poprawki Dy= 0,0 Dz= 0,0
Nc/(fiy*NRc)+by*My/(fiL*MRy)+bz*Mz/MRz+Dy= 0,91 < 1
Nc/(fiz*NRc)+by*My/(fiL*MRy)+bz*Mz/MRz+Dz= 0,91 < 1

Poz. 8 Płatew**Poz. 8.1 Przęsło**

OBIEKT: Rygiel (Cg110x50x15x2)
Od węzła: 3 do węzła: 18 (L= 2,6 m)
Przekrój nr: 5 (Cg110x50x15x2)
Materiał: S350GD (f=350/420)
(m0=1,0 m1=1,0 m2=1,25)
Granica plastyczności fy = 350 MPa
Odległość między przekrojami< 0,5 m
STRZAŁKA UGIĘCIA (z wariantów: 10,11,12)
f= 5,423 mm < 13 mm (L/200)
KLASA PRZEKROJU: 1(4)
CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU
Pole przek.poprz. (A)= 4,44 cm²
Pola na ścinanie (Avy)= 0,0 cm²
Pola na ścinanie (Avz)= 0,0 cm²
Wsk.na zginanie (Wcy)= 15,18 cm³(Wcz)= 4,41 cm³
Wsk.na zginanie (Wty)= 15,18 cm³(Wtz)= 9,074 cm³
NOŚNOŚCI OBLICZENIOWE PRZEKROJU
Na rozciąganie (NRt)= 108,8 kN

Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne

(Osłab.przekroju otworami/mimośrodem= 30 %)

Na ścinanie (VRy)= 0,0 kN
 Na ścinanie (VRz)= 0,0 kN
 Na zginanie (MRy)= 5,314 kNm
 Na zginanie (MRz)= 1,543 kNm

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Nrr:
 $1*1,04 + 2*1,04 + 3*1,35 + 6*0,81 + 9*0,81$
 Rozciąg. (Nt)= 0,004415 kN
 Ścinanie (Vz)= 2,536 kN Ścinanie (Vy)= 0,8137 kN
 Zginanie (My)= 1,648 kNm Zginanie (Mz)= 0,3669 kNm

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

$Nt/NRt+My/MRy+Mz/MRz = 0,55 < 1$
 $Nc/NRc+My/MRy+Mz/MRz = 0,55 < 1$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Długość zwichrzenia (Lo)= 2,6 m
 Wsp.zwichrzenia (fiL)= 0,5

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

$Nt/NRt+My/(fiL*MRy)+Mz/MRz = 0,86 < 1$

Poz. 8.2 Wspornik

OBIEKT: Rygiel (Cg110x50x15x2)

Od węzła: 18 do węzła: 37 (L= 1,3 m)
 Przekrój nr: 5 (Cg110x50x15x2)
 Materiał: S350GD (f=350/420)
 (m0=1,0 m1=1,0 m2=1,25)

Granica plastyczności fy = 350 MPa
 Odległość między przekrojami< 0,5 m

UGIĘCIE WSPORNIKA (z wariantów: 10,11,12)
 f= 6,2 mm < 13 mm (2L/200)

KLASA PRZEKROJU: 1(4)

CECHY GEOMETRYCZNE PRZEKROJU

Pola na ścinanie (Avy)= 0,0 cm²
 Pola na ścinanie (Avz)= 0,0 cm²
 Wsk.na zginanie (Wcy)= 15,18 cm³ (Wcz)= 4,41 cm³
 Wsk.na zginanie (Wty)= 15,18 cm³ (Wtz)= 9,074 cm³

NOŚNOŚCI OBLICZENIOWE PRZEKROJU

Na ścinanie (VRy)= 0,0 kN
 Na ścinanie (VRz)= 0,0 kN
 Na zginanie (MRy)= 5,314 kNm
 Na zginanie (MRz)= 1,543 kNm

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE

Warianty i siły dla maksymalnych naprężeń

Nrr:
 $1*1,04 + 2*1,04 + 3*1,35 + 6*0,81$
 Ścinanie (Vz)= 2,536 kN Ścinanie (Vy)= 0,8135 kN
 Zginanie (My)= 1,648 kNm Zginanie (Mz)= 0,5288 kNm

Warianty i siły dla minimalnych naprężeń

$1*1,0 + 2*1,0 + 7*1,35$
 Ścinanie (Vz)= 2,576 kN Ścinanie (Vy)= 0,1342 kN
 Zginanie (My)= 1,674 kNm Zginanie (Mz)= 0,08722 kNm

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI PRZEKROJU

$My/MRy+Mz/MRz = 0,65 < 1$
 $Nc/NRc+My/MRy+Mz/MRz = 0,65 < 1$

STATECZNOŚĆ OGÓLNA ELEMENTU - ZWICHRZENIE

Długość zwichrzenia (l_0) = 1,3 m

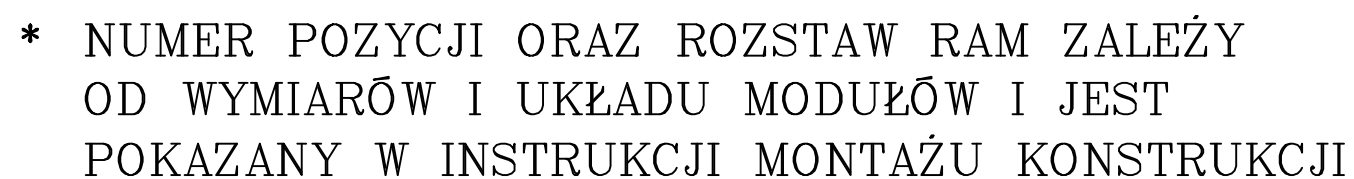
Wsp. zwichrzenia (f_{iL}) = 0,5

STOPIEŃ WYKORZYSTANIA NOŚNOŚCI ELEMENTU

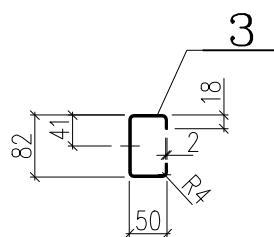
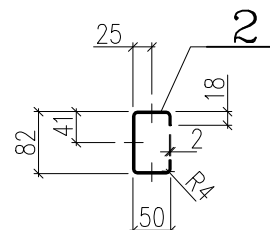
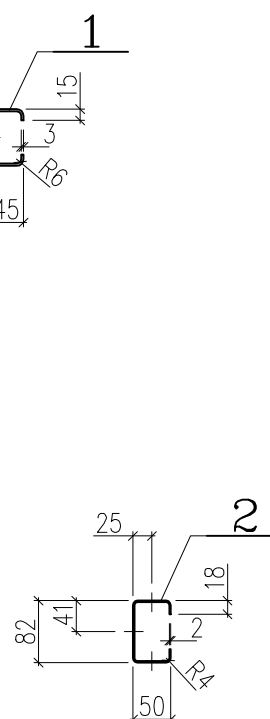
$M_y / (f_{iL} \cdot M_{Ry}) + M_z / M_{Rz} = 0,96 < 1$

mgr inż. Paweł Kowalski

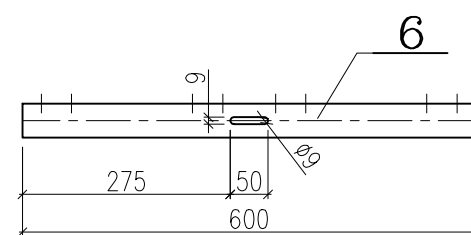
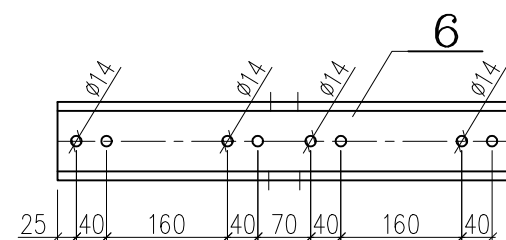
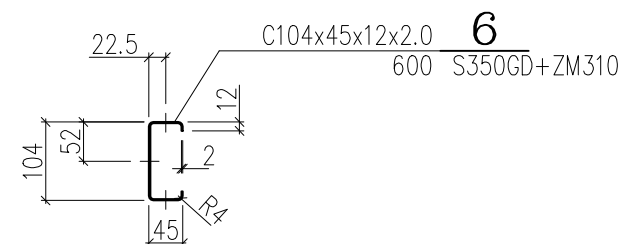
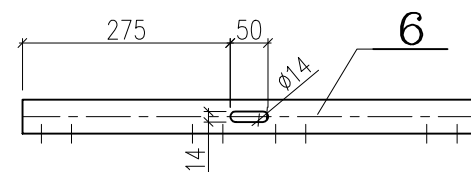
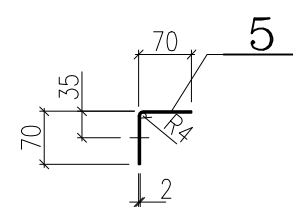
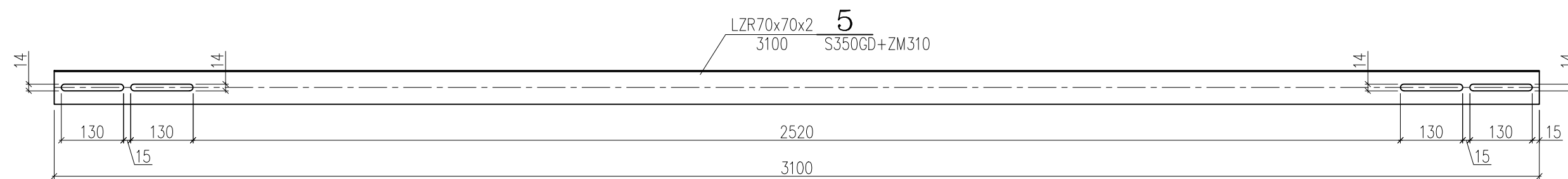
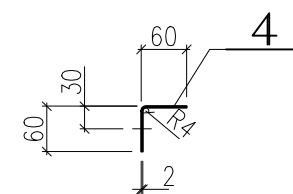
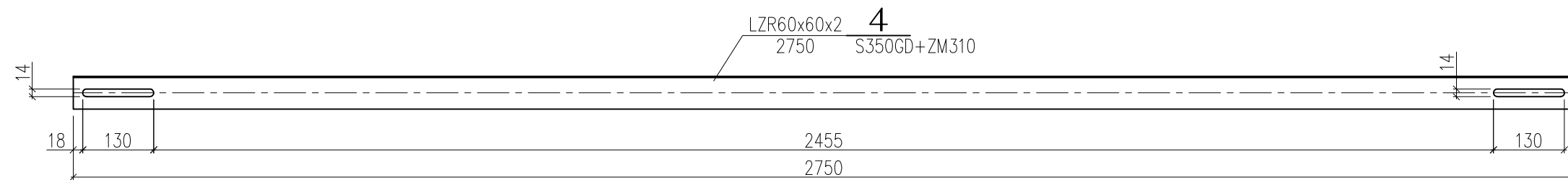
30 stycznia 2023



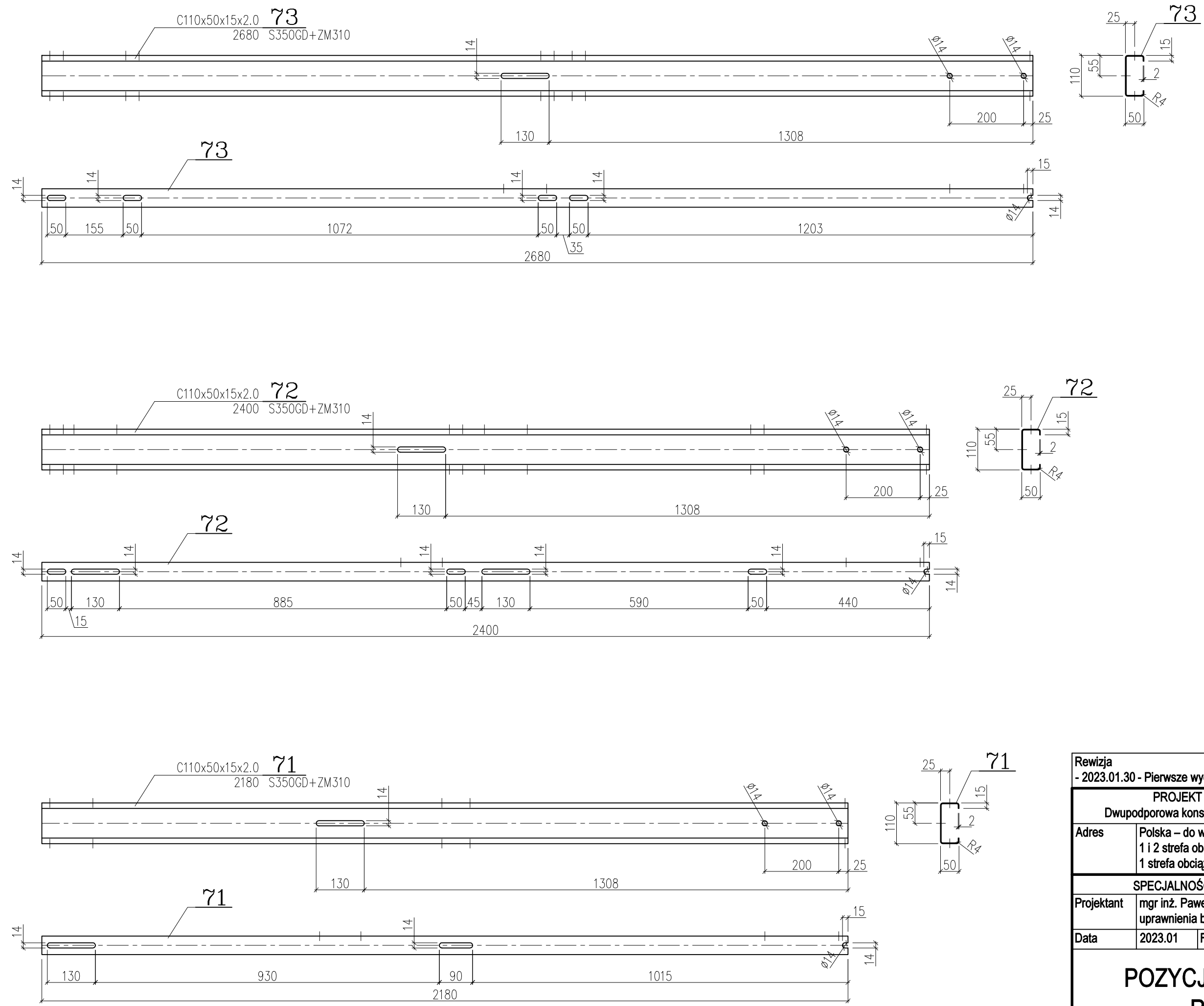
Rewizja - 2023.01.30 - Pierwsze wydanie					
PROJEKT WYKONAWCZY KONSTRUKCJI Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne					
Adres		Polska – do wysokości 300 m n.p.m. 1 i 2 strefa obciążenia śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 1 strefa obciążenia wiatrem wg PN-EN 1991-1-4			
SPECJALNOŚĆ KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANA					
Projektant		mgr inż. Paweł Kowalski uprawnienia bud. nr ewid. SLK/7224/PB Kb/17			
Data	2023.01	Format	A3	Skala	1:10
UKŁAD POPRZECZNY, ELEMENTY ZŁĄCZNE					U1



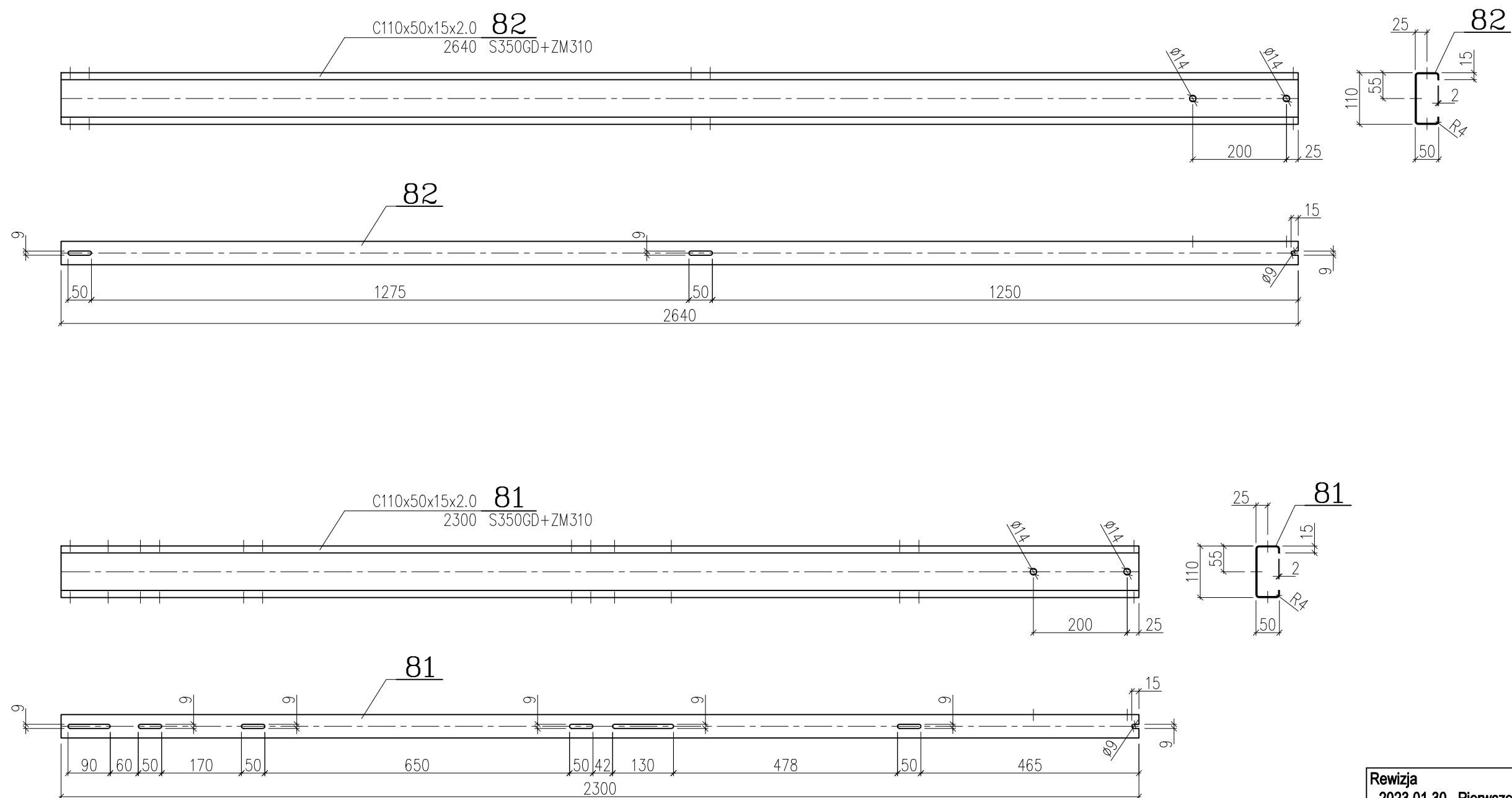
Rewizja - 2023.01.30 - Pierwsze wydanie					
PROJEKT WYKONAWCZY KONSTRUKCJI Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne					
Adres	Polska – do wysokości 300 m n.p.m. 1 i 2 strefa obciążenia śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 1 strefa obciążenia wiatrem wg PN-EN 1991-1-4				
SPECJALNOŚĆ KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANA					
Projektant	mgr inż. Paweł Kowalski uprawnienia bud. nr ewid. SLK/7224/PBKb/17				
Data	2023.01	Format	A3	Skala	1:10
POZYCJE: 1, 2, 3 SŁUPY					U2



Rewizja - 2023.01.30 - Pierwsze wydanie					
PROJEKT WYKONAWCZY KONSTRUKCJI Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne					
Adres	Polska – do wysokości 300 m n.p.m. 1 i 2 strefa obciążenia śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 1 strefa obciążenia wiatrem wg PN-EN 1991-1-4				
SPECJALNOŚĆ KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANA					
Projektant	mgr inż. Paweł Kowalski uprawnienia bud. nr ewid. SLK/7224/PBKb/17				
Data	2023.01	Format	A3	Skala	1:10
POZYCJE: 4, 5, 6 STĘŻENIA, ŁĄCZNIK					U3



Rewizja - 2023.01.30 - Pierwsze wydanie					
PROJEKT WYKONAWCZY KONSTRUKCJI Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne					
Adres	Polska – do wysokości 300 m n.p.m. 1 i 2 strefa obciążenia śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 1 strefa obciążenia wiatrem wg PN-EN 1991-1-4				
SPECJALNOŚĆ KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANA					
Projektant	mgr inż. Paweł Kowalski uprawnienia bud. nr ewid. SLK/7224/PBKb/17				
Data	2023.01	Format	A3	Skala	1:10
POZYCJE: 71, 72, 73 RYGLE					U4



Rewizja - 2023.01.30 - Pierwsze wydanie				
PROJEKT WYKONAWCZY KONSTRUKCJI Dwupodporowa konstrukcja gruntowa pod moduły fotowoltaiczne				
Adres	Polska – do wysokości 300 m n.p.m. 1 i 2 strefa obciążenia śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 1 strefa obciążenia wiatrem wg PN-EN 1991-1-4			
SPECJALNOŚĆ KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANA				
Projektant	mgr inż. Paweł Kowalski uprawnienia bud. nr ewid. SLK/7224/PBKb/17			
Data	2023.01	Format	A3	Skala 1:10
POZYCJE: 81, 82 PŁATWIE				U5