

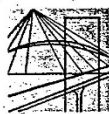
Nazwa elementu projektu	<b>PROJEKT WYKONAWCZY</b>
Nazwa zamierzenia budowlanego	<b>REMONT BUDYNKU BIUROWO – MAGAZYNOWEGO NR 15 „ZĘBIEC”</b>
Adres obiektu budowlanego	<b>02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166 Dzielnica Ursynów, pow. warszawski, woj. mazowieckie</b>
Kategoria obiektu budowlanego	<b>XVI</b>
Nazwa jednostki ewidencyjnej	<b>Ursynów</b>
Nazwa i nr obrębu ewidencyjnego	<b>1-10-12</b>
Nr działek ewidencyjnych, na których usytuowany jest obiekt	<b>113/8(fragment)</b>
Inwestor	<b>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie 02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166</b>

Zakres opracowania	Funkcja	Imię i nazwisko, rodzaj uprawnień	Nr uprawnień	Data opracowania	Podpis
Projekt Wykonawczy	Projektant Konstrukcji	<b>mgr inż. Tomasz Prokopiak</b> Uprawnienia w specjalności konstrukcyjno - budowlanej	MAZ/0244/ PWOK/07	21.05.2024 r.	

## SPIS ZAWARTOŚCI

• Uprawnienia i zaświadczenia o wpisie do izb projektanta	1
• Opis techniczny	5
• Wyniki obliczeń statycznych	17
• Rysunek płyty pod urządzenie dźwigowe	Rys 1

# 1. UPRAWNIENIA, ZAŚWIADCZENIA



MAZOWIECKA  
OKRĘGOWA  
IZBA  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA



sygn. akt. MAZ/7131-7132/ 430 /07/K

Warszawa, dnia 27 grudnia 2007r.

## DECYZJA

Na podstawie art. 11 ust. 1 i art. 24 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów, inżynierów budownictwa oraz urbanistów (Dz. U. z 2001 r. nr 5, poz. 42 z późn. zm.), art. 12 ust. 1 pkt 1-5 oraz ust. 3, art. 13 ust. 1, 3 i 4, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity: Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118 z późn. zm.) oraz § 11 ust. 1 pkt 1, § 15 i § 17 ust. 1 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. Nr 83 poz. 578), Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa stwierdza, że:

**Pan Tomasz Mikołaj Prokopiak**

magister inżynier

urodzony dnia 6 grudnia 1981 roku w Warszawie, syn Ryszarda

uzyskał

**UPRAWNIENIA BUDOWLANE**

nr MAZ/ 0244 /PWOK/07

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

## UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 Kodeksu postępowania administracyjnego odstępuje się od uzasadnienia decyzji.

Szczegółowy zakres nadanych uprawnień został opisany na odwozie niniejszej decyzji

## POUCZENIE

1. Zgodnie z art. 12 ust. 7 ustawy – Prawo budowlane, podstawę do wykonywania samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie stanowi wpis do centralnego rejestru, prowadzonego przez Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego oraz wpis na listę członków właściwej izby samorządu zawodowego.

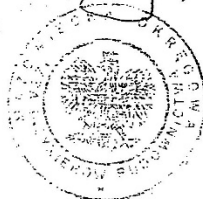
2. Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, w terminie 14 dni od dnia jej doręczenia.

Skład Orzekający

1/ mgr inż. Zygmunt Garwoliński

2/ mgr inż. Leszek Ganowicz

3/ mgr inż. Hanna Bałaj



**Szczegółowy zakres uprawnień  
do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń  
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej**

**I. Na mocy art. 12 ust. 1 pkt 1-5, art. 13 ust. 1, 3 i 4 ustawy – Prawo budowlane, w zakresie objętym wyżej wymienioną specjalnością, niniejsze uprawnienia 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 § 15 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie, niniejsze uprawnienia stanowią podstawę do:**

sporządzania projektu zagospodarowania działki lub terenu w zakresie specjalności konstrukcyjno – budowlanej.

**III. Na mocy § 17 ust. 1 w zw. z § 16 ust. 1 pkt 2 rozporządzenia Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 28 kwietnia 2006 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie, niniejsze uprawnienia stanowią podstawę do:**

projektowania obiektu budowlanego i kierowania robotami budowlanymi związanymi z obiektem budowlanym w zakresie:

- 1/ sporządzania projektu architektoniczno – budowlanego w odniesieniu do konstrukcji obiektu oraz
- 2/ kierowania robotami budowlanymi w zakresie, o którym mowa w pkt 1/ oraz w odniesieniu do architektury obiektu.



Otrzymują:

1. Pan Tomasz Mikołaj Prokopiak  
ul. Korotyńskiego 48 m. 157  
02-123 Warszawa
2. Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego
3. a/a



P O L S K A  
I Z B A  
INŻYNIERÓW  
BUDOWNICTWA

### Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:

MAZ-HFZ-G94-I8A \*

Pan TOMASZ MIKOŁAJ PROKOPIAK o numerze ewidencyjnym MAZ/BO/0030/08  
adres zamieszkania ul. KRYSZTAŁOWA 41 m. 6, 01-356 WARSZAWA  
jest członkiem Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane  
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.  
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2024-03-01 do 2024-12-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym  
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2024-02-12 roku przez:

Roman Lulis, Przewodniczący Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78<sup>1</sup> 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](http://www.piib.org.pl) lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów  
Budownictwa.



Weryfikacja poprawności danych  
w niniejszym zaświadczeniu  
możliwa jest za pomocą numeru  
weryfikacyjnego zaświadczenia  
na stronie PIIB

Zawartość sekcji:

## **2. CZĘŚĆ OPISOWA PROJEKTU WYKONAWCZEGO**

## OPIS TECHNICZNY

### ○ Podstawy opracowania

- Umowa i uzgodnienia z Zamawiającym – branżą architekturą.
- Dokumentacja archiwalna oryginalna budynku z ~ 1982 r.

### ○ Podstawowe normy projektowania

- PN-EN 1990 Podstawy projektowania konstrukcji
- PN-EN 1991-1-1 Oddziaływanie na konstrukcje. Oddziaływania ogólne
- PN-EN 1991-1-4 Oddziaływanie na konstrukcje. Oddziaływania wiatru
- PN-EN 1992-1-1 Projektowanie konstrukcji z betonu. Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1992-1-2: Projektowanie z konstrukcji z betonu. Część 1-2: Reguły Ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- PN-EN 1993-1-1 Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły ogólne i reguły dla budynków
- PN-EN 1993-1-3 Projektowanie konstrukcji stalowych. Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno
- PN-EN 1993-1-8 Projektowanie konstrukcji stalowych. Projektowanie węzłów
- PN-EN 1995-1-1 Projektowanie konstrukcji drewnianych. Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków
- PN-EN 1996-1-1. Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- PN-81-B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
- PN-83/B-03010 Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-EN 1090-2 + Ac2012 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych.
- PN-EN 13670: 2011 Wykonywanie konstrukcji z betonu.

### Literatura techniczna:

- [1] Obliczanie konstrukcji żelbetowych według Eurokodu 2. 2018. Prof. dr hab. inż. Michał Knauff. Wyd. 3. 2018 r.
- [2] „Poradnik Majstra Budowlanego”, Arkady Sp. z o.o. Warszawa, 2009 r.
- [3] Przykłady obliczania konstrukcji żelbetowych – zarysowanie. Prof. dr hab. inż. Michał Knauff, Bartosz Grzeszykowski, Agnieszka Golubińska. 2021 r.

○ Podstawowe obciążenia

- Obciążenie użytkowe wg PN-EN 1991-1-1  $\rightarrow q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$
- Śnieg, II strefa
- Wiatr, I strefa. Kategoria terenu II. Wysokość nad poziom morza,  $A = \sim 95 \text{ m}$ .

○ Podstawowe materiały konstrukcyjne – elementy nowe

- Stal dla elementów zimnogiętych S350GD
- Dla profili: Stal S235JR
- Pręty kotwiące i śruby, pręty gwintowane: klasa 8.8, nakrętki klasy 8.
- Stal zbrojeniowa B500SP lub inna o  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ , spawalna i o ciągliwość klasy „C”, jako zbrojenie główne oraz zbrojenie poprzeczne (strzemiona).
- Beton C25/30

Beton na kruszywie kwarcytowym, cement typu N (CEM I 42,5N lub CEM III 42,5N),  
dodatek dla fundamentów W8.  $D_g, D_{\max} = 16 \text{ mm}$ .

W okresie niższych temperatur (od +5 do +10 st. C) stosować cement typu R.

Przy wysokich temperaturach (od +25 st. C) stosować cement typu S.

○ Opis konstrukcji obiektu

**Opis ogólny**

Budynek w konstrukcji stalowej ramowej. Profile ram wykonane z elementów walcowanych o przekrojach dwuteowych. Elementy oryginalne skręcane na budowie. Konstrukcja ram trójnawowa, z wąską (korytarzową) częścią środkową. Posadowienie bezpośrednie na stopach fundamentowych. Pomiędzy stopami, pod ścianami zewnętrznymi wykonano belkę fundamentową podwalinową. Strop i dach wykonany z blachy stalowej na którym ułożono izolację. Stabilizację postaciową zapewniają płyty obudowy ściennej i sztywność połączeń skręcanych ram. Schody wewnętrzne stalowe.

**Zakres zmian wprowadzonych podczas remontu:**

1. Docieplenie dachu lekkimi płytami PIR
2. Montaż sufitów i instalacji podwieszonych na dodatkowych belkach
3. Montaż płyt obudowy ścian.
4. Montaż urządzenia windowego: zaprojektowano fundament (w stadium wykonawczym) i pośrednie punkty mocowania do stropu. Zmiana położenia belki stropowej w związku z instalacją windy.
5. Dodanie elementów do daszku stalowego przed wejściem.
6. Wytyczne dla montażu urządzeń zewnętrznych

Cały projekt wykonano na podstawie dostępnej dokumentacji archiwalnej. Nie wykonano odkrywek czy wizji lokalnej. W przypadku niezgodności, nie jest to odpowiedzialność projektanta. Po demontaż elementów sprawdzić stan techniczny, czy nie występują uszkodzenia korozyjne lub przeciążeniowe. W przypadku ich stwierdzenia należy skonsultować się z projektantem na zasadzie nadzoru autorskiego (nadzór autorski pełniony na odrębnych zasadach rozliczeniowych).

### Dach

W dokumentacji oryginalnej nie zastosowano paroizolacji, chyba że jako paroizolację uznano blachę trapezową. Na dachu zlokalizowana tylko jedno lekkie urządzenie (do 15 kg). W przypadku otworowania w dachu wykonać wymiany pomiędzy głównymi belkami dachowymi.

Zakłada się wymianę istniejącego ocieplenia i poszycia dachu. W jego miejsce zostanie ułożona paroizolacja, nowa izolacja cieplna z lekkich płyt PIR i poszycie dachowej z papy lub membrany dachowej. Nowe poszycie będzie lżejsze od obecnego. Wymiarowanie przeprowadzono wg poprzednich obciążeń. Płyty poszycia kotwione mechanicznie łącznikami dedykowanymi do blachy poszycia. Rozstaw dopasować do wytycznych dostawcy i zagęścić w okolicy naroży i okapów.

		CHAR. [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G, \gamma_Q$
Zmienne			
Śnieg, II strefa + worki śniegowe. $\psi_0 = 0,5$ ; $\psi_1 = 0,2$ ; $\psi_2 = 0,0$ $C_t = 1,0$ . $C_e = 1,0$	$S_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$ , $\mu = 0,8$ ( $0,9 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,8$ )	0,72	1,5
Stałe			
Ciężar wykończenia dachu: - 2 x papa na lepiku - 9 cm twarde płyty z wełny mineralnej ( $200 \text{ kg/m}^3$ ), - blacha stalowa 35x750x2500x0,75 mm ( $\sim 9 \text{ kg/m}^2$ )	0,12 + $0,09 \cdot 2,0$ $\text{kN/m}^3 + 0,09$ = $0,12 + 0,18 + 0,09$	0,4	1,35
Instalacje podwieszone + sufit podwieszony	0,1 + 0,15 $\text{kN/m}^2$	0,15	1,35
	$\Sigma$ Stałe	0,55 kN/m <sup>2</sup>	
Ciężar własny płatwi		0,1	1,35
	$\Sigma$	2,20 kN/m <sup>2</sup>	

## Strop nad +0

### Wartości obciążeń

		CHAR. [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_G, \gamma_Q$
Zmienne			
Obciążenie użytkowe, zmienne $\psi_0 = 0,7; \psi_1 = 0,5; \psi_2 = 0,3$	$Q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$	1,5	1,5
	$\Sigma$ Zmienne	1,5	
Stałe			
Ciężar wykończenia podłogi: - Wykładzina PCV lub gumoleum, - płyta pilśniowa twarda 1 cm, izolacja (do 1200 kg/m <sup>3</sup> ), - 8 cm twarde płyty z wełny mineralnej (200 kg/m <sup>3</sup> ), - blacha stalowa 35x750x2500x0,75 mm (~ 9 kg/m <sup>2</sup> )	$0,05 + 0,01 \cdot 12 + 0,08 \cdot 2,0 \text{ kN/m}^3 + 0,09 = 0,05 + 0,12 + 0,16 + 0,09$	0,42	1,35
Instalacje podwieszone, sufit podwieszony (~ 0,05 kN/m <sup>2</sup> )	$0,1 + 0,05 = 0,15 \text{ kN/m}^2$	0,15	1,35
	$\Sigma$ Stałe	0,57	
Ciężar własny płatwi stropowych		0,1	1,35
	$\Sigma$	2,17 kN/m <sup>2</sup>	

Ściany działowe na +1 znajdują się w korytarzu. Nie dopuszcza się lokalizacji ścianek na samej blasze trapezowej stropu. Ściany g-k mają dużą sztywność postaciową, której nie uwzględnia się w obliczeniach.

Ścianki działowe g-k, h = ~2,8 m, dwustronne płytywanie Masa: Płyty $0,18 \cdot 2 + \text{stelaż } 0,03 + \text{wełna } 0,06 = 0,45 \text{ kN/m}^2$ Masa: 1,26 kN/mb (masa od 1,0 do 2,0 kN/mb)	0,8	0,8	1,5
--	-----	-----	-----

Poziom wierzchu wykończonej podłogi + 3,06 m.

W ramach remontu zostaną usunięte wszystkie warstwy podłogowe do blachy stalowej i ułożone zostaną nowe warstwy (licząc od góry):

- wykładzina dywanowa (pokoje i korytarze) lub posadzka epoksydowa (w pomieszczeniach mokrych). Masa do 0,03 kN/m<sup>2</sup>.
- suchy jastrych z płyty Knauf BRIO 23 mm (masa do 0,29 kN/m<sup>2</sup>).
- warstwę XPS 40 - 45 mm

- folię PE, płytę OSB 18 mm (masa do 0,12 kN/m<sup>2</sup>).

- oryginalna blacha stalowa.

Ciężar nowych warstwy (0,46 kN/m<sup>2</sup>) jest mniejszy niż zakładany pierwotnie w obliczeniach statycznych.

Po odsłonięciu blach stropowych i dachowych należy sprawdzić czy wszystkie krawędzie są ze sobą połączone. W przypadku braków uzupełnić łączenie blach wkrętami co 20 cm. W przypadku odkształceń blach stosować dodatkowe nakładki, po konsultacji z konstruktorem.

### Blacha stalowa w stropie nad +0.

Rozpiętość 1,6 m. Układ pozytywny.

blacha trapezowa T35E

BELKA JEDNOPRZĘŚŁOWA							POZYTYW					
Grubość mm	Ciężar kN/m <sup>2</sup>	Moment bezw. cm <sup>4</sup> (min./max)	Dopuszczalne obciążenie ciągłe równomiernie rozłożone w kN/m <sup>2</sup> przy rozpiętości podpór L (m)									
			1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	
0,50	0,045	6,640	1	4,57	3,52	2,44	1,79	1,37	1,09	0,88	0,73	0,61
			2	4,57	3,52	2,06	1,31	0,88	0,62	0,46	0,34	0,27
		6,920	3	4,57	2,69	1,57	1,00	0,67	0,47	0,35	0,26	0,20
0,60	0,054	8,390	1	6,55	4,76	3,30	2,43	1,86	1,47	1,19	0,98	0,83
			2	6,55	4,51	2,64	1,68	1,13	0,80	0,58	0,44	0,34
		8,840	3	6,55	3,44	2,01	1,27	0,86	0,61	0,44	0,33	0,26
0,70	0,063	10,350	1	8,85	6,18	4,29	3,15	2,41	1,91	1,54	1,28	1,07
			2	8,85	5,56	3,26	2,07	1,40	0,99	0,72	0,55	0,42
		11,010	3	8,14	4,25	2,49	1,58	1,07	0,75	0,55	0,42	0,32
0,80	0,072	12,510	1	11,47	7,54	5,24	3,85	2,95	2,33	1,89	1,56	1,31
			2	11,47	6,73	3,95	2,51	1,70	1,20	0,88	0,67	0,51
		13,380	3	9,88	5,15	3,02	1,92	1,29	0,91	0,67	0,50	0,39
0,90	0,081	14,830	1	13,71	8,78	6,09	4,48	3,43	2,71	2,19	1,81	1,52
			2	13,71	7,97	4,68	2,98	2,01	1,42	1,04	0,79	0,61
		15,860	3	11,74	6,11	3,58	2,27	1,53	1,08	0,79	0,60	0,46

Maksymalne ugięcia blachy do L/150.

Dla SG zastosowano współczynniki wg PN-EN

SGN:  $1,5 \cdot 1,5 + 0,57 \cdot 1,35 = 2,25 + 0,77 = 3,02 \text{ kN/m}^2 < 3,5 \text{ kN/m}^2$  średnia dla grubości 0,75 mm (3,15+3,85).

SGU:  $2,07 \text{ kN/m}^2 < 2,29 \text{ kN/m}^2$  średnia dla grubości 0,75 mm (2,07+2,51).

W obliczeniach nie uwzględnia się pozytywnych usztywnień: płytami podłogi oraz możliwej pracy wieloprzęsłowej blachy.

W przypadku zaobserwowania zgniotów blachy na podporach (od docisku podpór) lub w środku rozpiętości (od przeciążenia), blachy należy wzmocnić przez nakładki lub dolne profile wzmacniające (jak dla instalacji podwieszonych).

### Belka poprzeczna P-I<sup>x</sup> (C140E) w stropie nad +0.

Rozstaw co 1,6 m, rozpiętość 3,6 m. W wykazie stali jest śruba M20 (10.9)

Przyjęto iż belka jest stabilizowana poszyciem przeciw zwichrzeniu.

Bez obciążenia ściankami działowymi SGU ugięć (L/250) jest wykorzystany na 62%,  
SGN:100%.

P-1 (C120E) jest umieszczona w części środkowej w korytarzu, obok belek B-7

Belka poprzeczna B-7 (C160E) i (skrajna B-2: C200P) w stropie nad +0.

Belka obciążona ścianami działowymi korytarza.

Półka B-7 to 64 mm. Połączenie na 2xM24 (5.6)

Rozstaw co 1,6 m, rozpiętość 3,6 m.

Rama główna. Rama R-I<sup>x</sup> (dolna) + R-4 (górna)

Rozstaw co 3,6 m.

$$A = (0,57 + 0,1 + 0,8) \cdot 3,6 = 5,3 \text{ kN/mb}$$

$$U = 2 \cdot 3,6 = 7,2 \text{ kN/mb}$$

$$S = 0,72 \cdot 3,6 = 2,6 \text{ kN/mb}$$

$$W = 0,56 \cdot 3,6 = 2,1 \text{ kN/mb}$$

Bez obciążenia ściankami działowymi SGU ugięć (L/250) jest wykorzystany na 50%,  
SGN:88%.

Platow dachowa P-3 (C120E)

Rozstaw co 2,4 m, rozpiętość 3,6 m. W wykazie stali jest śruba M20 (10.9). Przyjęto iż belka jest stabilizowana poszyciem przeciw zwichrzeniu.

SGU ugięć (L/250) jest wykorzystany na 54%, SGN:73%.

$$A = 0,55 \cdot 2,4 = 1,32 \text{ kN/mb}$$

$$S = 0,72 \cdot 2,4 = 1,73 \text{ kN/mb}$$

### **Belki poprzeczne dla sufitów i instalacji podwieszanych**

Nie dopuszcza się montowania cięższych instalacji do blachy trapezowej.

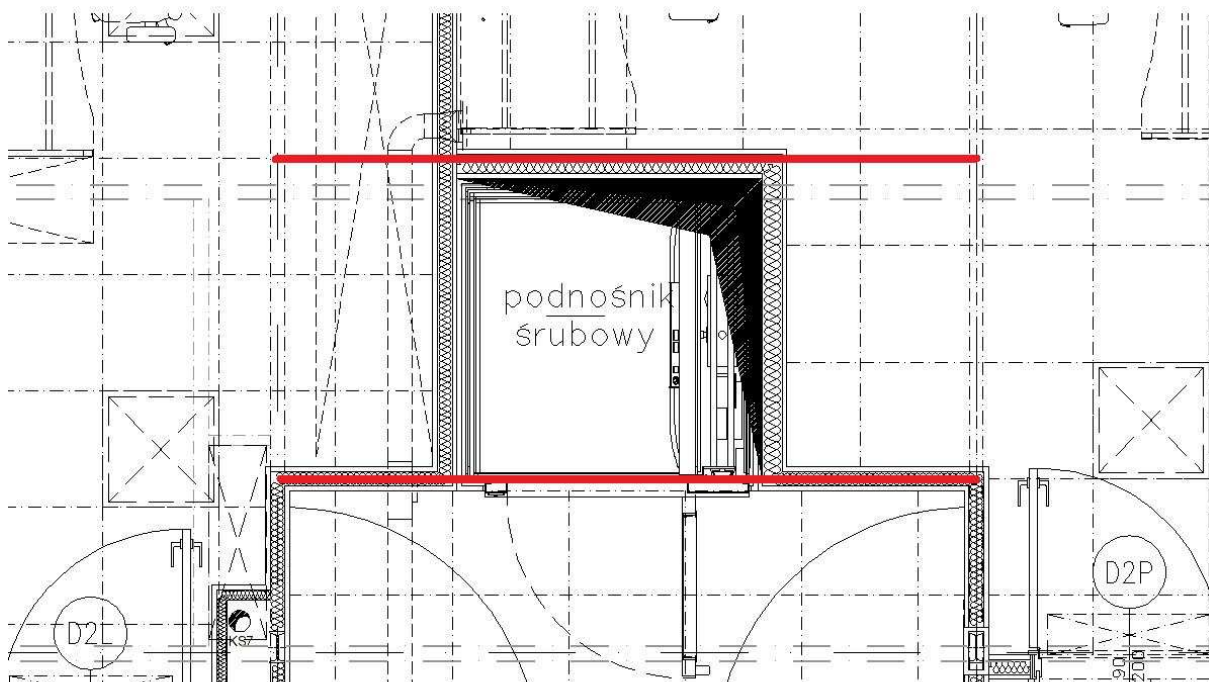
Należy montować dodatkowe belki pomiędzy istniejącymi belkami stropowymi. Mogą być spawane na montażu (np. RHS 40x3,0) lub zimnogięte (typu "C"). Belki zimnogięte (C100x60x1,5 z zagiętymi dwustronnie półkami) domierza się, docina się na końcach (obcina półki), zagina środnik, wkłada pomiędzy istniejące belki i mocuje na 4-6 wkręty samowierzące (środnik do środnika). Takie belki wzmocnią też przy okazji blachę stropową. Górną półkę belek mocować do blachy trapezowej stropu / dachu na nity w każdej fałdzie. Takie belki można wykonać w każdym miejscu stropu i jest to rozwiązanie uniwersalne. Planuje się usunięcie istniejących kominów wentylacyjnych. Należy sprawdzić czy wokół kominów na całym obwodzie zastosowano wymiany. W przypadku ich braku wykonać wymiany z RHS 80x80x4,0

### **Urządzenie windowe**

Wymiary podszybia: 1500 x 1560 mm. Zagłębienie 50 mm wykonane na zasadzie nadlewki kotwionej na klej chemiczny ( $\varnothing 4$  w kształcie „U” co 15 cm, gł. zakotwienia 7 cm + 2 pręty  $\varnothing 6$ ) podłużne głównej płyty.

Wykonanie otworu w stropie windowego nad +0 wymaga rozcięcia jednej belki istniejącej i obsadzenia dwóch belek RHS80x80x4,0 (S235). Do tych belek można zakotwić szyby windowy przekazujący obciążenie poziome do 250 N. Łączenie belek przez spawanie do istniejących ram.

Przed rozpoczęciem wykonania fundamentów, wymiary potwierdzić z dostawcą urządzenia.



Rysunek nr 1. Lokalizacja nowych belek w stropie nad +0 na otwór windowy. Do usunięcia jedna istniejąca belka przecięta otworem na windę.

Fundament pod urządzenie: zaprojektowano płytę fundamentową krzyżowo zbrojoną z betonu C25/30 o wymiarach: 2,0 x 2,4 x 0,45 m. Do poziomu -1,0 m wybrać wszystkie grunty wysadzinowe (jeśli takie są). Podbudowa pod płytą gr. 30 cm z piasku różnoziarnistego lub kłębka zagęszczona do  $I_s > 0,99$ . Grunt pod podbudową zagęszczony do  $I_s > 0,98$ . Rzędna fundamentu dopasować do urządzenia.

Wokół fundamenty stosować dylatację obwodową od podłogi parteru.

### **Rygle ścienne**

Płyty ścienne w układzie poziomym.

Rygle ścienne poziome RHS80x80x4,0 (S235) w rozstawie maksymalnym co 3,5 m.

Rygle łączone przez spawanie do istniejącej konstrukcji. Elementy zimnogięte nie należy stosować, bo je można łączyć tylko na śruby.

Pod stolarkę zaprojektowano wymiany składające się z dwóch belek poprzecznych (parapetowa + nadprożowa) oraz dwóch słupków. Słupki spawane do istniejącej konstrukcji lub kotwione do podwaliny dołem na 2 kotwy M12 (5.8). W miejscu montaż słupków do belek stalowych, obsadzić jedną belkę stropową w płaszczyźnie dachu / stropu (analogiczną jak dla podwieszeń, pomiędzy belkami stropowymi). Belka ta przekaże obciążenia poziome na tarcze stropu / dachu.

Przed montażem płyt i elementów stalowych oczyścić elewację i wyznaczyć jednolitą płaszczyznę ścian.

### **Daszek nad wejściem**

Daszek podwiesza się dodatkowo na 4 pręty M12 (S235). Pręty z naciąganiem śrubą rzymską, zakotwione do ramiaków pod okna.

W poziomie stropu umieścić 2 elementy stalowe z pręta M16 (8.8) łączące strop z ramkami daszku. Pręty mają za zadanie przejąć siły poprzeczne generowane przez ściągi. Przejścia prętów i ściągów przez elewację estetycznie uszczelnić.

### **Podłoga na +0**

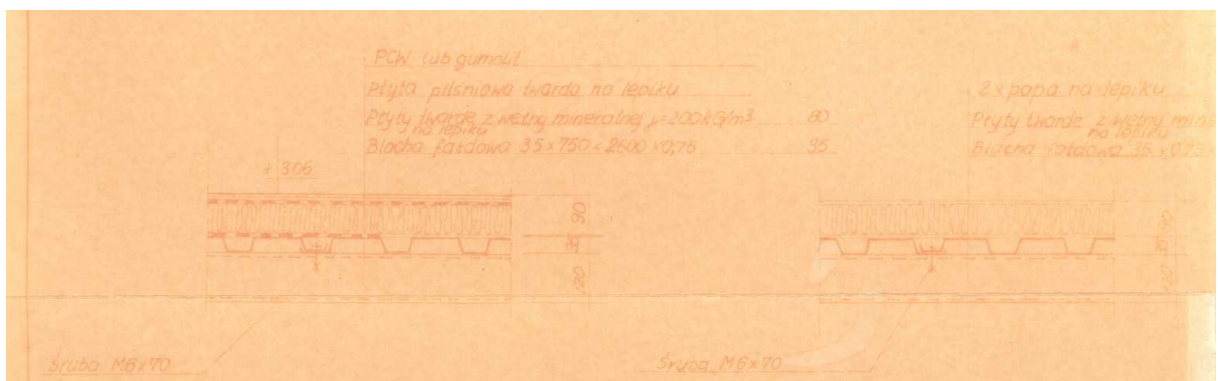
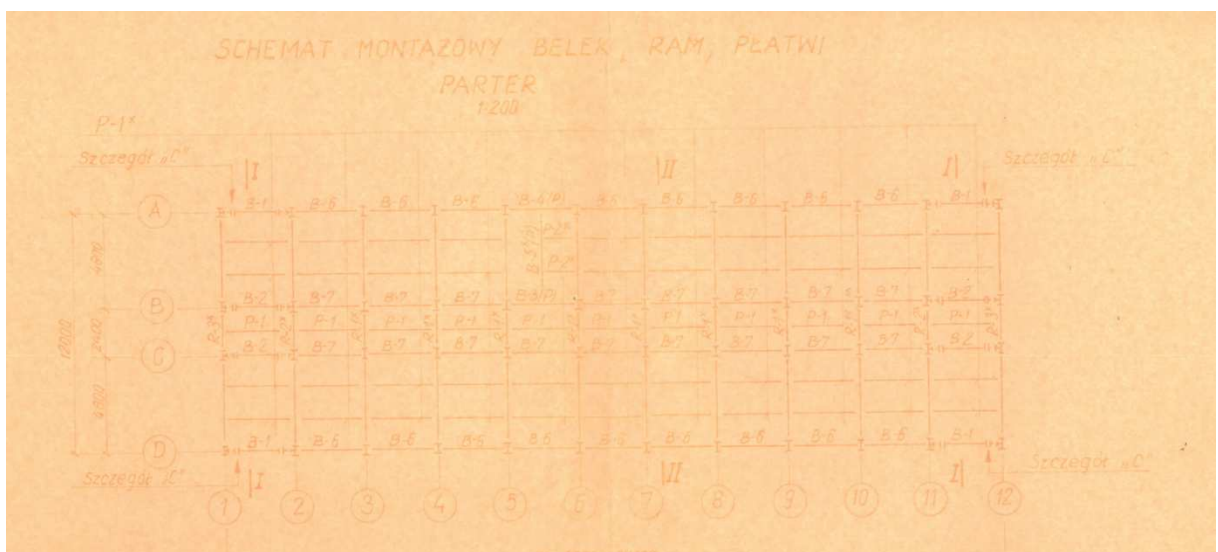
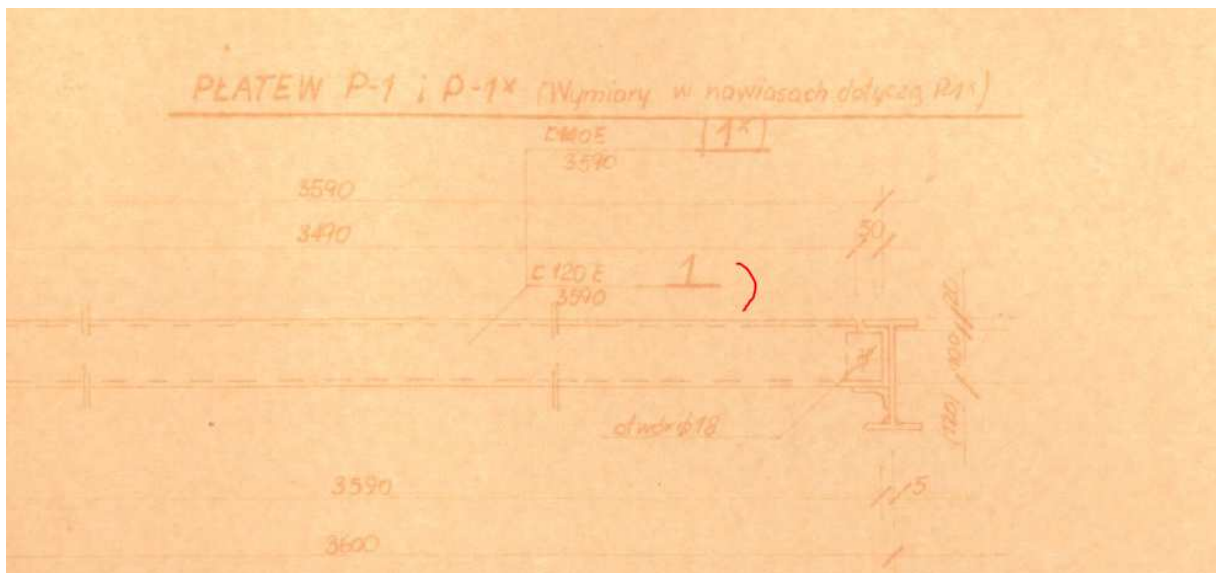
Pod warstwą betonu podkładowego grunt (piaski drobne / średnie / grube) zagęścić do  $I_s > 0,98$  na grubości warstwy 30 cm.

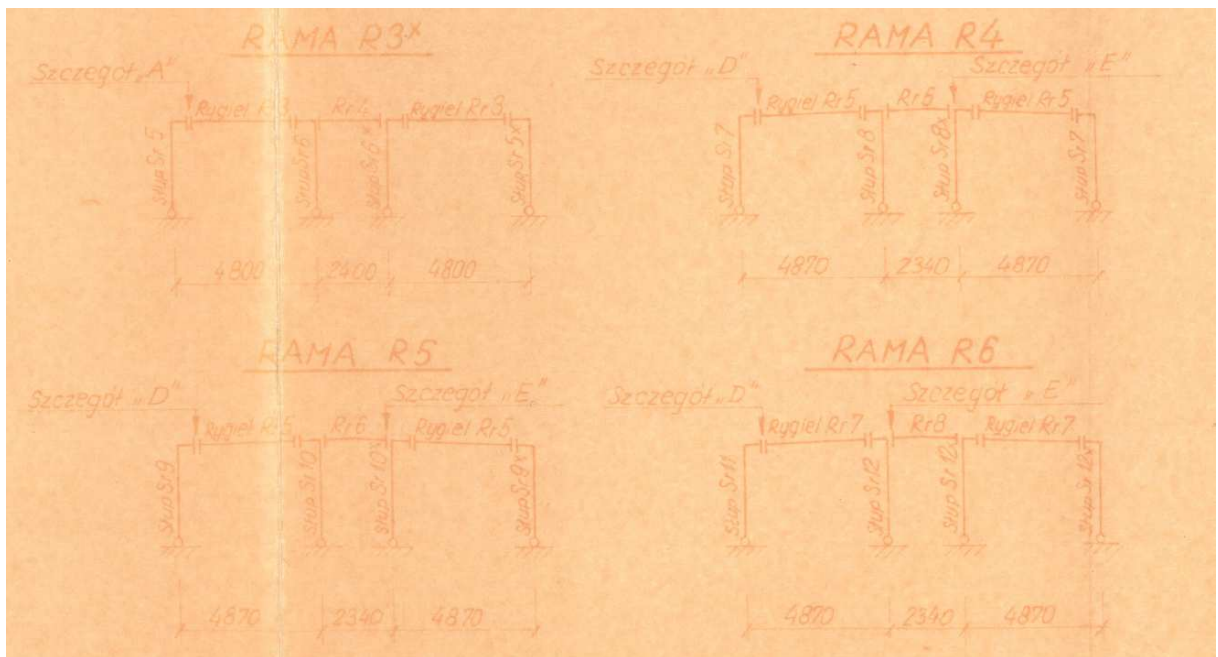
### **Cokoły pod pomost stalowy na urządzenia zewnętrzne**

Lokalizacja cokołów na +0 przy osi 12-D. Głębokość posadowienia 1,0 m. Cokoły wykonane z bloczków betonowych M15 na zaprawie cementowej klasy M10. Bloczki posadowiać na betonie podkładowym gr. 20 cm. Wymiar cokołów ~ 24 x 50 cm. Wysokość dopasować do urządzeń i rusztu. W przypadku obciążeń dynamicznych zastosować w całości cokoły żelbetowe zbrojone 4 x Ø10 w narożach + strzemiona Ø8 co 25 cm, otulina 3,5 cm. Cokoły od góry zabezpieczyć przez izolację papową.

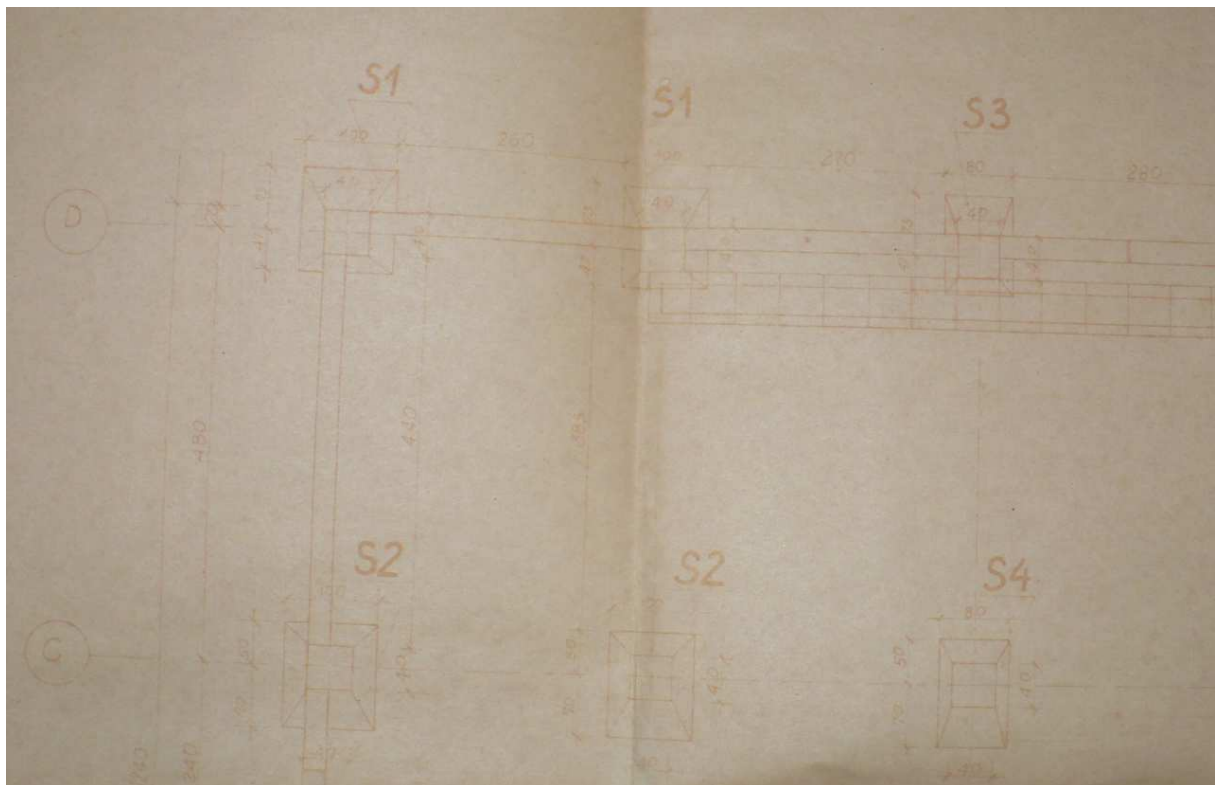
### **Wyciąg z dokumentacji archiwalnej**

Cała oryginalna dokumentacja archiwalna jest dostępna. Sporządzono także fotokopię.

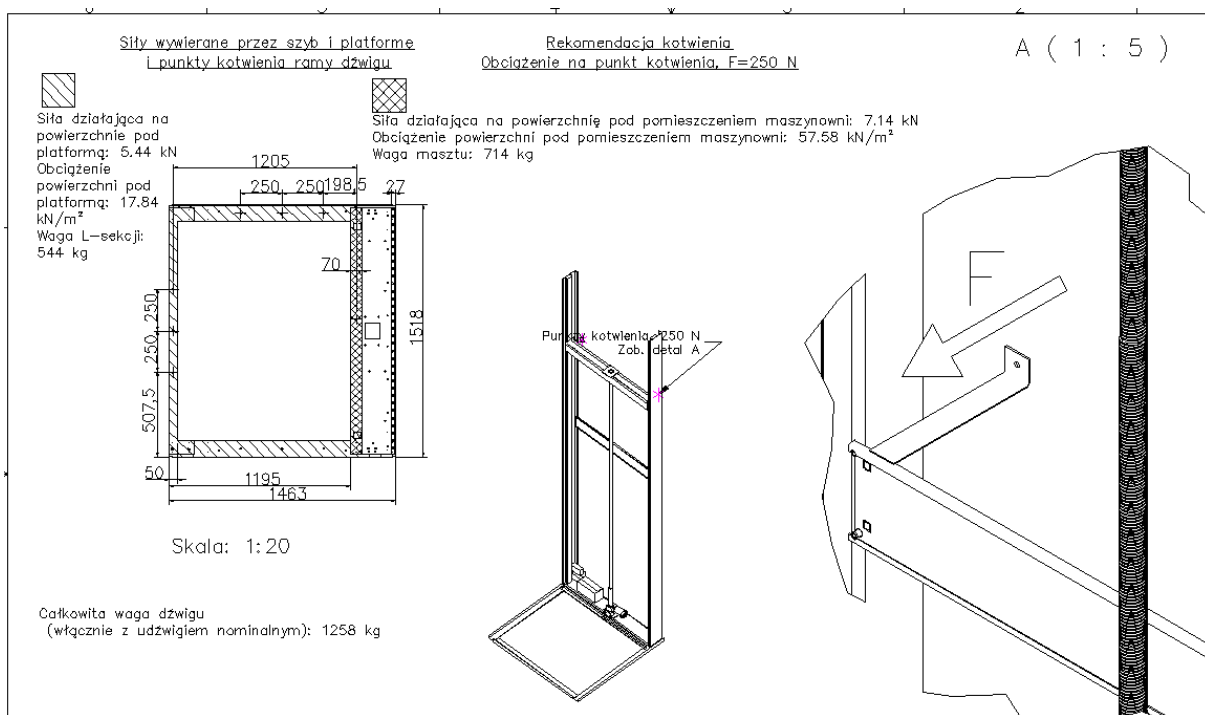




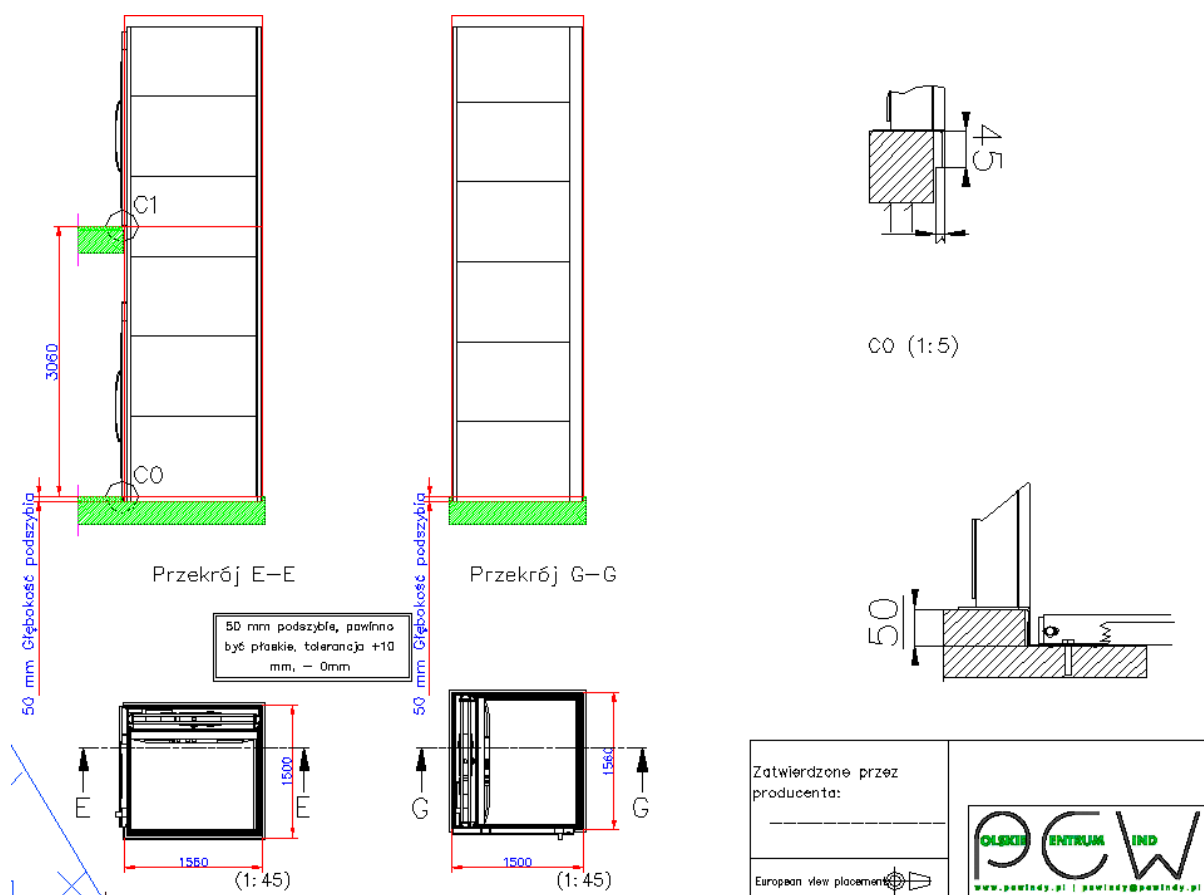
Wyciąg nr 3. Ramy szczytowe w osi 1 i 12: R3x (dolna) i R6 (górna)



Wyciąg nr 4. Widoczne belki podwalinowe fundamentowe – do nich należy kotwić nowe ramiaki stalowe.



Dokumentacja windy – wyciąg nr 1. Obciążenia podszybia.



Dokumentacja windy – wyciąg nr 2. Podszybie geometria.

## Wytyczne realizacyjne

### Prace ziemne

- Wszystkie wykopy należy wykonywać ręcznie, ze względu na bardzo duże prawdopodobieństwo natrafienia na podziemne instalacje
- Podczas prac ziemnych i łączeniu nowej konstrukcji do istniejącej zachodzi duże prawdopodobieństwo wystąpienia robót dodatkowych / nieprzewidzianych.
- Jako podbudowę pod beton podkładowy w pomieszczeniach użytkowych stosować grunt niewysadzinowy, piasek średni zagęszczony do  $I_s > 0,98$ . W przypadku braku możliwości uzyskania powyższego parametru grunt stabilizować cementem w celu uzyskania równoważnych parametrów.

#### *Ogólne*

- Cięcie elementów zimnogiętych wyłącznie piłami - tzw. "lisim ogonem". Nie dopuszcza się cięcia szlifierkami kątowymi.
- Podczas prac spawalniczych i cięcia szlifierkami kątowymi zachować szczególną ostrożność ze względów pożarowych.
- W przypadku podwieszenia pod konstrukcję dachu większych obciążeń (np. ciężkich instalacji) niż jest to założone w projekcie, należy zamontować dodatkowe wzmocnienia, wymiany konstrukcyjne, lub ponownie przeprowadzić sprawdzające obliczenia statyczne wybranych elementów.
- Podczas montażu elementów należy przestrzegać wytycznych producenta materiałów
- Wszystkie wymiary zweryfikować z natury
- Wykonawca jest zobowiązany sprawdzać położenie elementów konstrukcyjnych oraz otworów (na stolarkę, technologicznych, etc.) z projektem architektonicznym, przed ich wykonaniem
- Stolarkę mocować do konstrukcji na łącznikach umożliwiających swobodne ugięcie konstrukcji bez obciążenia stolarki. Ugięcia konstrukcji można bezpiecznie oszacować jako  $L/250$ , gdzie L – rozpiętość nadproża.
- Stosować izolację wg projektu architektonicznego
- Wymiary ramiaków pod akcesoria (okna, wrota, drzwi, świetliki, etc.) sprawdzić i potwierdzić z dostawcą akcesoriów
- Wykonawca przed wyceną prac musi wykonać wizję lokalną i zapoznać się z miejscowymi warunkami i szczegółowo z projektem
- Przy łączeniu konstrukcji nowej do istniejącej naturalną rzeczą jest przycinanie elementów na odpowiedni wymiar, lokalne dopasowywanie, spawanie na miejscu montażu, dodawanie blach łącznikowych, szlifowanie, wiercenie otworów na budowie, późniejsze wykonanie uciąglenia powłok antykorozyjnych. Wykonawca musi uwzględnić te czynności w wycenie prac.

## **Eksploatacja obiektu**

1. Podczas usuwania śniegu z dachu nie można dopuścić do koncentracji zgarnianego śniegu w hałdy
2. Należy zapewnić drożność rynien i rur spustowych
3. Podczas prac wykonywanych na dachu należy zachować odpowiednie środki techniczne w celu ochrony poszycia dachowego przed uszkodzeniem oraz BHP.
4. Podczas obowiązkowych przeglądów corocznych obiektu z wpisem do dziennika obiektu, należy sprawdzać stan powłok malarskich konstrukcji stalowej, a w przypadku wystąpienia uszkodzeń uzupełnić braki.
5. Należy nie dopuścić do zmiany konsystencji podłoża gruntowego, zwłaszcza do nawodnienia gruntów spoistych, np. przez niewłaściwe odprowadzenie wody deszczowej do gruntu w okolicy fundamentów
6. Obiekt należy użytkować zgodnie z założeniami przyjętymi w projekcie.

××× koniec opisu technicznego ×××

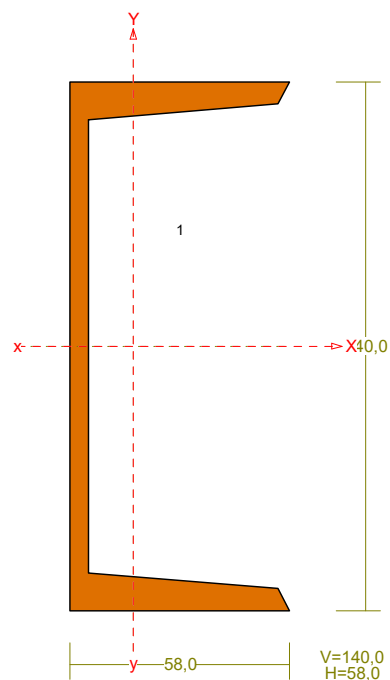
## **Wyniki obliczeń statycznych**

RM\_Win v. 11.130    licencja nr 41491

NAZWA: P1

**PRZEKRÓJ Nr: 1**

**Nazwa: "U 140 E"**



Skala 1:2

CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

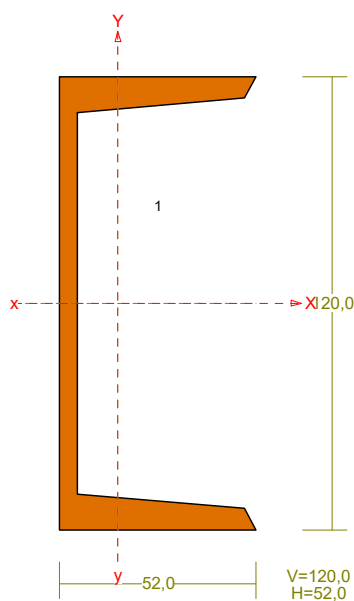
Materiał: 2 S 235

Gł.centrosie bezwładn.[cm]:	Xc=	1,7	Yc=	7,0
			alfa=	0,0
Momenty bezwładności [cm4]:	Jx=	491,0	Jy=	45,4
Moment dewiacji [cm4]:			Dxy=	0,0
Gł.momenty bezwładn. [cm4]:	Ix=	491,0	Iy=	45,4
Promienie bezwładności [cm]:	ix=	5,6	iy=	1,7
Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:	Wx=	70,1	Wy=	11,0
	Wx=	-70,1	Wy=	-27,2
Powierzchnia przek. [cm2]:			F=	15,6
Masa [kg/m]:			m=	12,2
Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:			Jzg=	491,0

Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]
1	U 140 E	0	0,00	0,00	0,0	0,0	15,6

PRZEKRÓJ Nr: 2

Nazwa: "U 120 E"



Skala 1:2

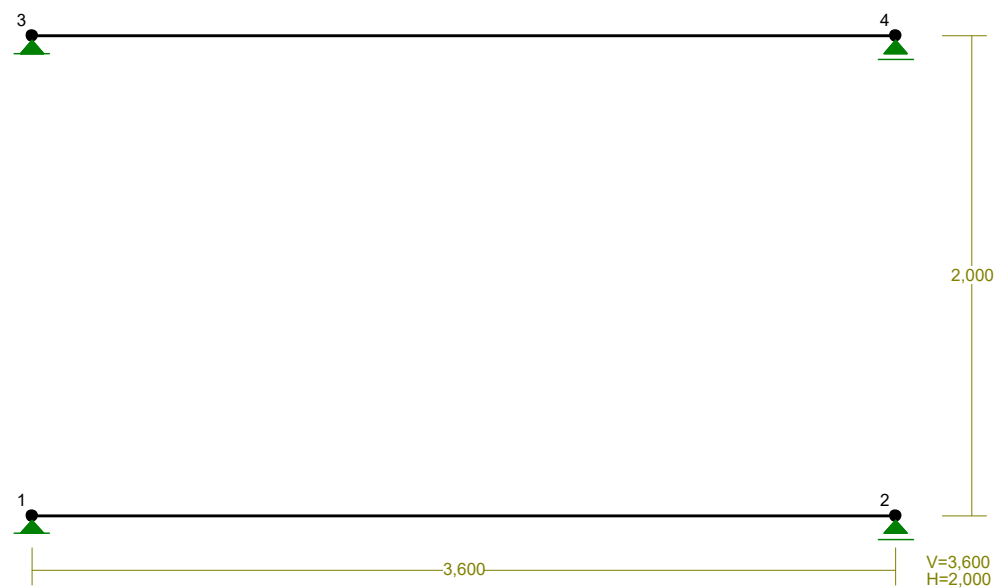
CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

Materiał: 2 S 235

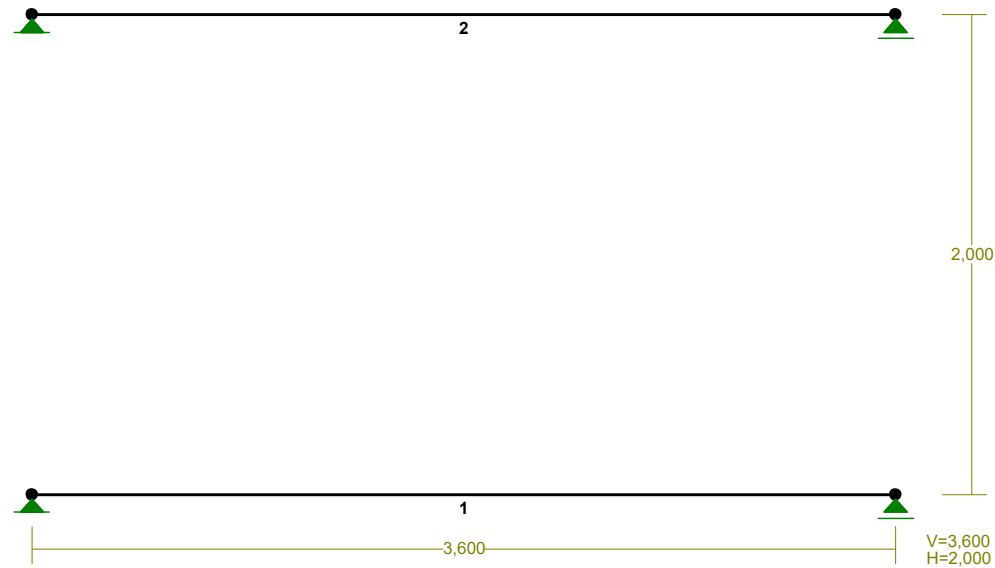
Gł.centrosie bezwładn.[cm]:	Xc=	1,5	Yc=	6,0
			alfa=	0,0
Momenty bezwładności [cm4]:	Jx=	304,0	Jy=	31,2
Moment dewiacji [cm4]:			Dxy=	0,0
Gł.momenty bezwładn. [cm4]:	Ix=	304,0	Iy=	31,2
Promienie bezwładności [cm]:	ix=	4,8	iy=	1,5
Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:	Wx=	50,7	Wy=	8,5
	Wx=	-50,7	Wy=	-20,3
Powierzchnia przek. [cm2]:			F=	13,3
Masa [kg/m]:			m=	10,4
Moment bezwładn.dla zginania w płaszcz.ukł. [cm4]:			Jzg=	304,0

Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]
1	U 120 E	0	0,00	0,00	0,0	0,0	13,3

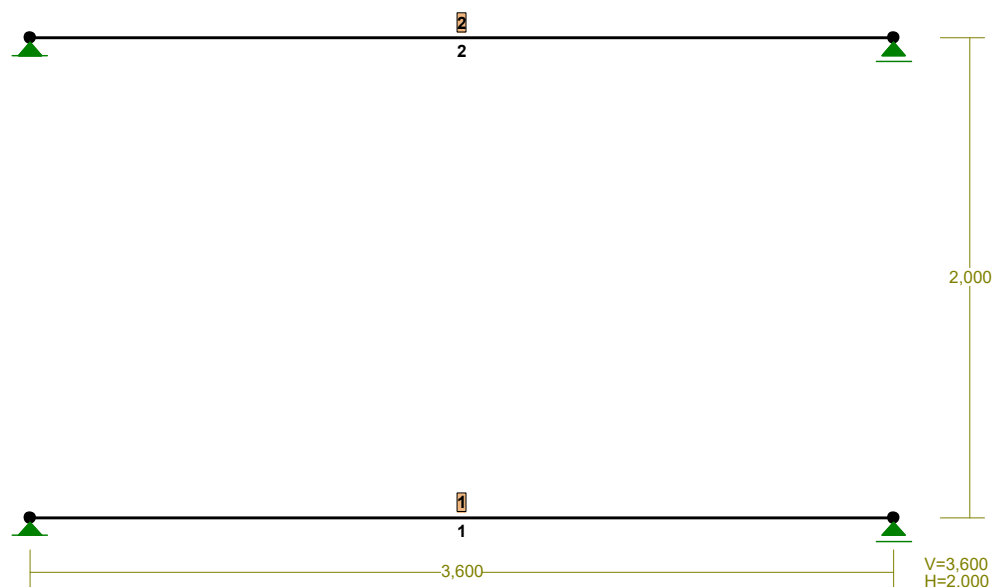
WEZŁY:



PRĘTY:



# 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	1	3,600	0,000	3,600	1,000	1 U 140 E
2	00	2	3	3,600	0,000	3,600	1,000	2 U 120 E

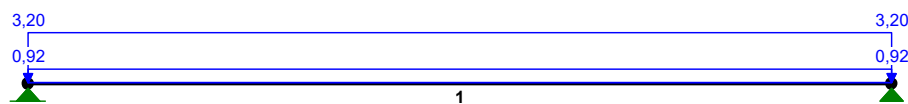
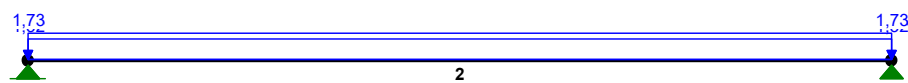
## WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	15,6	491	45	70	70	14,0	2 S 235
2	13,3	304	31	51	51	12,0	2 S 235

## STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
2 S 235	210	235,000	1,2E-5

# OBCIĄŻENIA:



## OBCIĄŻENIA:

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

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg) :	P2 (Td) :	a [m] :	b [m] :
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
Grupa:	A ""			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
1	Liniowe	0,0	0,92	0,92	0,00	3,60
2	Liniowe	0,0	1,32	1,32	0,00	3,60
Grupa:	S ""			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
2	Liniowe	0,0	1,73	1,73	0,00	3,60
Grupa:	U ""			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	3,20	3,20	0,00	3,60

W Y N I K I wg PN-EN 1990

Teoria I-go rzędu

RM\_Win v. 11.130 licencja nr 41491

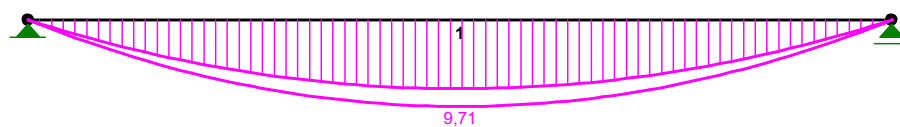
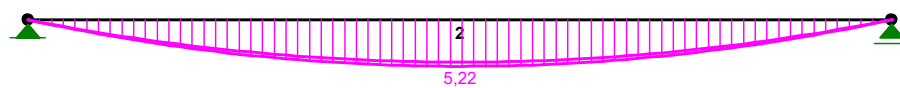
## OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\gamma$ :	$\psi_0/\psi_1/\psi_2$ :
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,35/1,00	
A -""	Stałe	1,35/1,00	

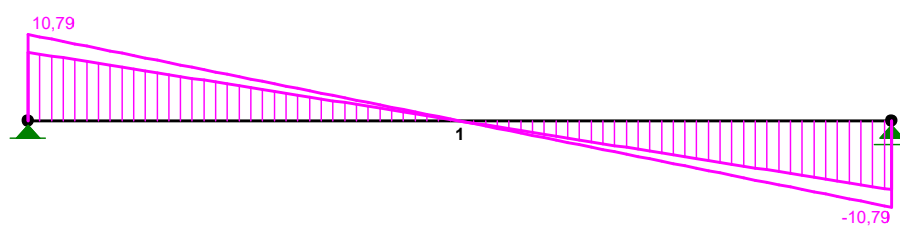
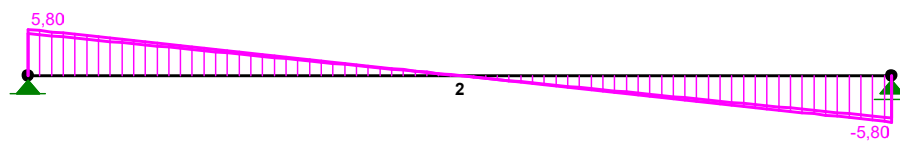
S - ""	Zmienne	1	1,50	0,5/0,2/0
U - ""	Zmienne	1	1,50	0,7/0,5/0,3

---

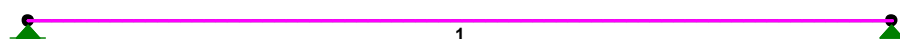
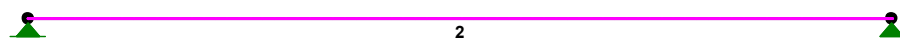
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE:



SIŁY PRZEKROJOWE:

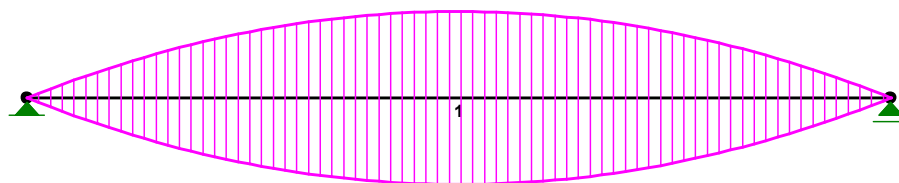
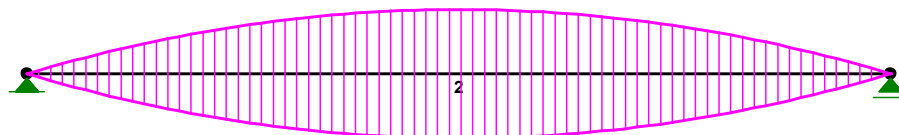
T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ASU

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	a	0,00	0,00	8,58	0,00
	b	0,00	0,00	10,79	0,00
	b	0,50	<b>9,71*</b>	0,00	0,00
	a	1,00	0,00	-8,58	0,00
	b	1,00	0,00	-10,79	0,00
2	a	0,00	0,00	5,80	0,00
	b	0,00	0,00	5,28	0,00
	a	0,50	<b>5,22*</b>	0,00	0,00
	a	1,00	0,00	-5,80	0,00
	b	1,00	0,00	-5,28	0,00

\* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:



NAPRĘŻENIA: T.I rzędu

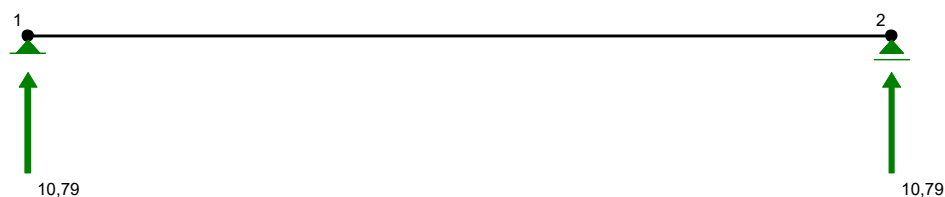
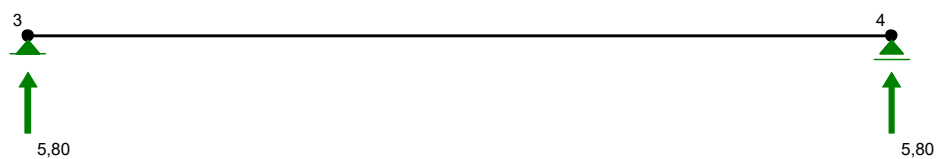
Obciążenia obl.: CW ASU

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:	
			[MPa]			
-----						
2 S 235						
1	a	0,00	0,000	0,00	0,000	
	b	0,00	0,000	0,00	0,000	
	b	0,50	1,800	-138,49	138,49	0,589*
	a	1,00	3,600	0,00	0,00	0,000
	b	1,00	3,600	0,00	0,00	0,000

2	a	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
	b	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
	a	0,50	1,800	-102,97	102,97	<b>0,438*</b>
	a	1,00	3,600	0,00	0,00	0,000
	b	1,00	3,600	0,00	0,00	0,000

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE:  
Obciążenia obl.: CW ASU

T.I rzędu

Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	a	0,00	8,58	8,58	
	b	0,00	10,79	10,79	
2	a	0,00	8,58	8,58	
	b	0,00	10,79	10,79	
3	a	0,00	5,80	5,80	
	b	0,00	5,28	5,28	
4	a	0,00	5,80	5,80	
	b	0,00	5,28	5,28	

REAKCJE PODPOROWE:  
Obciążenia char.: CW ASU

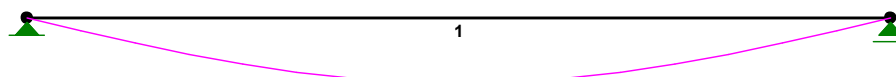
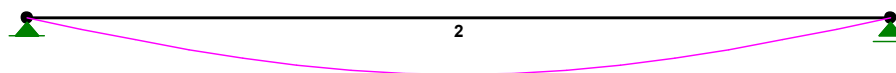
T.I rzędu

Węzeł:		H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1		0,00	7,64	7,64	
2		0,00	7,64	7,64	

3	0,00	4,12	4,12
4	0,00	4,12	4,12

---

PRZEMIESZCZENIA:



**PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:**

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW ASU

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad] ([deg]):
1	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00800 ( -0,458)
2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00800 ( 0,458)
3	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00697 ( -0,399)
4	0,00000	0,00000	0,00000	0,00697 ( 0,399)

---

**DEFORMACJE:**

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW ASU

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	FIa[deg]:	FIb[deg]:	f[m]:	L/f:
1	0,0000	0,0000	-0,458	0,458	0,0090	400,1
2	0,0000	0,0000	-0,399	0,399	0,0078	459,0

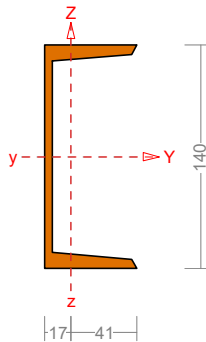
---

## Pręt nr 1

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993\_2d v. 1.58 licencja nr 41491)

Zadanie: P1

Przekrój: 1 - U 140 E



Wymiary przekroju:

$h=140,0$   $s=58,0$   $g=4,9$   $t=8,1$   $r=8,0$   $e_y=16,7$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=491,0$   $I_{zg}=45,4$   $A=15,60$   $i_y=5,6$   $i_z=1,7$   $I_w=1362,1$

$I_t=2,6$   $y_s=-3,5$   $z_s=0,0$   $i_s=6,828$   $r_z=7,7$   $b_y=-7,4$ .

Materiał: **S 235**. Granica plastyczności  $f_y=235$  MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie  $f_u = 360$  dla  $g=4,9$ .

### Obciążenia prostopadłe:

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu:

- obciążenie rozłożone  $q = 0$  kN/m,
- momenty przywęzłowe  $M_a = 0$ ,  $M_b = 0$  kNm,
- moment skręcający  $T = 0$  kNm.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi  $\gamma_f = 1$ .

### Długości wyboczeniowe pręta:

#### Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,600$$

$$l_w = 1,000 \times 3,600 = 3,600 \text{ m}$$

#### Przęsło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 1,800$$

$$l_w = 1,000 \times 1,800 = 1,800 \text{ m}$$

#### Przęsło $\omega$

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 3,600$  m. Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 3,600$  m.

### Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 491,0}{3,600^2} \times 10^{-2} = 785,23 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 45,4}{1,800^2} \times 10^{-2} = 290,42 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{6,828^2} \times \left( \frac{3,1416^2 \times 210 \times 1362,1}{3,600^2} \times 10^{-2} + 81 \times 2,62 \times 10^2 \right) = 501,42 \text{ kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,y} + N_{cr,T} - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T} (1 - \mu y_s^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu y_s^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{785,23 + 501,42 - \sqrt{(785,23 + 501,42)^2 - 4 \times 785,23 \times 501,42 \times (1 - 1,000 \times -3,50^2 / 6,828^2)}}{2 \times (1 - 1,000 \times -3,50^2 / 6,828^2)} = 395,8 \text{ kN}$$

### Zwichrzenie:

Moment krytyczny zwichrzenia ceownika walcowanego zginanego w płaszczyźnie środka wyznaczono, jak dla dwuteownika o tych samych wymiarach, dla którego

$$N_{cr,z} = 169,14 \text{ kN}, \quad N_{cr,T} = 681,92 \text{ kN}.$$

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 7,00$  cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = (-7,00)$  cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 2,500$ ,  $A_2 = 0,000$ ,  $B = 2,500$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 2,500 \times 0,00 + 0,000 \times (-7,00) = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

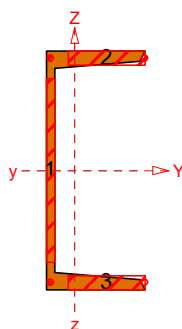
$$0,000 \times 169,14 + \sqrt{(0,000 \times 169,14)^2 + 2,500^2 \times 0,058^2 \times 169,14 \times 681,92} = 48,91 \text{ kNm}$$

### Stan graniczny nośności.

$x_a = 3,600$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S+U)$  (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe  $\gamma_M$ :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	$\alpha$	$\psi$	$k_\sigma$	(c/t) <sub>1</sub>	(c/t) <sub>2</sub>	(c/t) <sub>3</sub>	c/t	Klasa
1	107,8	4,9	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	22,003	
2	45,1	8,1	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	5,572	
3	45,1	8,1	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	5,572	

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 3,600$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S+U)$  (b)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{7,26 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 98,44 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{10,79}{98,44} = 0,110 < 1$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto  $\eta = 1,2$ .

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 107,8 / 4,9 = 22,003 < 59,717 = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,800$ ;  $x_b = 1,800$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S+U)$  (b)

Klasa przekroju **1**.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{76,30 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 17,93 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{15,60 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 366,6 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,00 / 366,6 = 0,000; \quad \text{przyjęto } n = 0,000 \leq 1;$$

Dla dowolnego przekroju przyjęto:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) = 17,93 \times (1 - 0,000) = 17,93 \text{ kNm} \quad (6.2)$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) = 4,92 \times (1 - 0,000) = 4,92 \text{ kNm} \quad (6.2)$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{9,71}{17,93} = \mathbf{0,542} < 1 \quad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{0}{366,6} + \frac{9,71}{17,93} + \frac{0}{4,92} = \mathbf{0,542} < 1 \quad (6.2)$$

**Zginanie (stateczność):**

$x_a = 1,800$ ;  $x_b = 1,800$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S+U)$  (b)

Przyjęto krzywą zwichrzenia „d”.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{76,3 \times 235}{48,91 \times 10^3}} = 0,605$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,76 \times (0,61 - 0,2) + 0,61^2] = 0,837$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^{-2}}} = \frac{1}{0,837 + \sqrt{0,837^2 - 0,605^2}} = 0,706;$$

przyjęto  $\chi_{LT} = \mathbf{0,706} \leq 1,000$  Warunek stateczności przy zginaniu:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,706 \times 76,30 \times \frac{235}{1} \times 10^{-3} = 12,66 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{9,71}{12,66} = \mathbf{0,767} < 1 \quad (6.54)$$

**Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:**

$x_a = 3,600$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S+U)$  (b)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $s_s = \mathbf{100,0}$  mm oraz typ obciążenia środnika (**a**). Dodatkowo przyjęto rozstaw żebier poprzecznych  $a = \mathbf{3,600}$  m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (107,8 / 3600,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 55,5 / (235 \times 4,9) = 11,337$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 8,1 \times (1 + \sqrt{11,337 + 0,000}) = 170,7 \quad \text{przyjęto } l_y = 170,7 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 4,9^3 / 107,8 = 1237,83 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{170,7 \times 4,9 \times 235 \times 10^3}{1237,83}} = 0,398$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,398} = 1,255 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 170,7 = 170,7 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 170,7 \times 4,9 \times 10^3}{1} = 196,55 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{10,79}{196,55} = \mathbf{0,055} < 1 \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

**Stan graniczny użytkowalności:**

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $CW+A+0,5 \cdot S+U$  Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 9,0 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = 1 / 250 = 3600 / 250 = 14,4 \text{ mm}$$

$$a_{max} = 9,0 < 14,4 = a_{gr}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

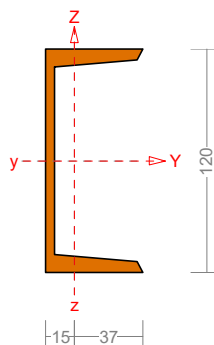
$$a = 8,998 \text{ mm}; \quad L / a = 3600,0 / 8,998 = 400,1$$

## Pręt nr 2

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993\_2d v. 1.58 licencja nr 41491)

Zadanie: P1

Przekrój: 2 - U 120 E



Wymiary przekroju:

$$h=120,0 \quad s=52,0 \quad g=4,8 \quad t=7,8 \quad r=7,5 \quad e_y=15,4.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$I_{yg}=304,0 \quad I_{zg}=31,2 \quad A=13,30 \quad i_y=4,8 \quad i_z=1,5 \quad I_w=671,0$$

$$I_t=2,1 \quad y_s=-3,2 \quad z_s=0,0 \quad i_s=5,937 \quad r_z=6,3 \quad b_y=-6,3.$$

Materiał: S 235. Granica plastyczności  $f_y=235$  MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie  $f_u = 360$  dla  $g=4,8$ .

### Obciążenia prostopadłe:

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu:

- obciążenie rozłożone  $q = 0 \text{ kN/m}$ ,
- momenty przywęzłowe  $M_a = 0, \quad M_b = 0 \text{ kNm}$ ,
- moment skręcający  $T = 0 \text{ kNm}$ .

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi  $\gamma_f = 1$ .

### Długości wyboczeniowe pręta:

#### Pręśło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,600$$

$$l_w = 1,000 \times 3,600 = 3,600 \text{ m}$$

#### Pręśło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,600$$

$$l_w = 1,000 \times 3,600 = 3,600 \text{ m}$$

#### Pręśło $\omega$

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 3,600 \text{ m}$ . Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 3,600 \text{ m}$ .

### Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 304,0}{3,600^2} \times 10^{-2} = 486,17 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 31,2}{3,600^2} \times 10^{-2} = 49,9 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{5,937^2} \times \left( \frac{3,1416^2 \times 210 \times 671,0}{3,600^2} \times 10^{-2} + 81 \times 2,08 \times 10^2 \right) = 509,13 \text{ kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{N_{cr,y} + N_{cr,T} - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4N_{cr,y}N_{cr,T}(1 - \mu y_s^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu y_s^2 / i_s^2)} =$$

$$\frac{486,17 + 509,13 - \sqrt{(486,17 + 509,13)^2 - 4 \times 486,17 \times 509,13 \times (1 - 1,000 \times -3,17^2 / 5,937^2)}}{2 \times (1 - 1,000 \times -3,2^2 / 5,937^2)} = 324,2 \text{ kN}$$

### Zwichrzenie:

Moment krytyczny zwichrzenia ceownika walcowanego zginanego w płaszczyźnie środka wyznaczono, jak dla dwuteownika o tych samych wymiarach, dla którego

$$N_{cr,z} = 29,36 \text{ kN}, \quad N_{cr,T} = 721,13 \text{ kN}.$$

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00 \text{ cm}$ . Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = 0,00 \text{ cm}$ . Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 2,500$ ,  $A_2 = 0,000$ ,  $B = 2,500$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 2,500 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

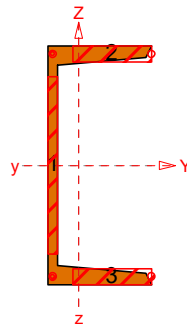
$$0,000 \times 29,36 + \sqrt{(0,000 \times 29,36)^2 + 2,500^2 \times 0,049^2 \times 29,36 \times 721,13} = 17,95 \text{ kNm}$$

### Stan graniczny nośności.

$x_a = 3,600$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S+U)$  (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe  $\gamma_M$ :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	$\alpha$	$\psi$	$k_\sigma$	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	89,4	4,8	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	18,628	
2	39,7	7,8	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	5,094	
3	39,7	7,8	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	5,094	

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 3,600$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U)$  (a)  
- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{6,15 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 83,49 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{5,80}{83,49} = \mathbf{0,069 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto  $\eta = 1,2$ .

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 89,4/4,8 = 18,628 < 59,711 = 72 \times 1,000/1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,800$ ;  $x_b = 1,800$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U)$  (a)

Klasa przekroju 1.

### Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{55,45 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 13,03 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{13,30 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 312,55 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,00 / 312,55 = 0,000; \quad \text{przyjęto } n = 0,000 \leq 1;$$

Dla dowolnego przekroju przyjęto:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) = 13,03 \times (1 - 0,000) = 13,03 \text{ kNm} \quad (6.2)$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) = 3,76 \times (1 - 0,000) = 3,76 \text{ kNm} \quad (6.2)$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{5,22}{13,03} = 0,401 < 1 \quad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{0}{312,55} + \frac{5,22}{13,03} + \frac{0}{3,76} = 0,401 < 1 \quad (6.2)$$

### Zginanie (stateczność):

$x_a = 1,800$ ;  $x_b = 1,800$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U)$  (a)

Przyjęto krzywą zwichrzenia „d”.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{55,45 \times 235}{17,95 \times 10^3}} = 0,852$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,76 \times (0,85 - 0,2) + 0,85^2] = 1,111$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,111 + \sqrt{1,111^2 - 0,852^2}} = 0,548;$$

przyjęto  $\chi_{LT} = 0,548 \leq 1,000$  Warunek stateczności przy zginaniu:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,548 \times 55,45 \times \frac{235}{1} \times 10^{-3} = 7,15 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{5,22}{7,15} = 0,730 < 1 \quad (6.54)$$

### Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 3,600$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U)$  (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $s_s = 100,0$  mm oraz typ obciążenia środnika (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych  $a = 3,600$  m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (89,4/3600,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 49,6 / (235 \times 4,8) = 10,333$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 7,8 \times (1 + \sqrt{10,333 + 0,000}) = 165,7 \quad \text{przyjęto } l_y = 165,7 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 4,8^3 / 89,4 = 1402,89 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{165,7 \times 4,8 \times 235 \times 10^3}{1402,89}} = 0,365$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\lambda_F} = \frac{0,5}{0,365} = 1,370 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 165,7 = 165,7 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 165,7 \times 4,8 \times 10^3}{1} = 186,90 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środka:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{5,80}{186,90} = 0,031 < 1 \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

#### Stan graniczny użytkowości:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+0,5·S+U Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 7,8 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = l / 250 = 3600 / 250 = 14,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 7,8 < 14,4 = a_{gr}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

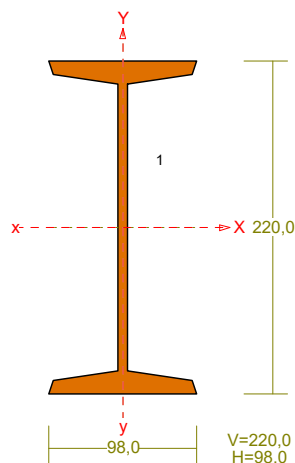
$$a = 7,843 \text{ mm}; \quad L / a = 3600,0 / 7,843 = 459,0$$

RM\_Win v. 11.130 licencja nr 41491

NAZWA: Ramal

**PRZEKRÓJ Nr: 1**

**Nazwa: "I 220 p"**



Skala 1:5

CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

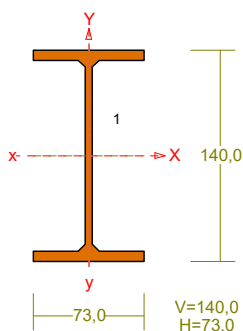
Materiał: 2 S 235

Gł.centrosie bezwładn. [cm]:	Xc=	4,9	Yc=	11,0
			alfa=	0,0
Momenty bezwładności [cm <sup>4</sup> ]:	Jx=	2940,0	Jy=	162,0
Moment dewiacji [cm <sup>4</sup> ]:			Dxy=	0,0
Gł.momenty bezwładn. [cm <sup>4</sup> ]:	Ix=	2940,0	Iy=	162,0
Promienie bezwładności [cm]:	ix=	9,1	iy=	2,1
Wskaźniki wytrzymał. [cm <sup>3</sup> ]:	Wx=	267,3	Wy=	33,1
	Wx=	-267,3	Wy=	-33,1
Powierzchnia przek. [cm <sup>2</sup> ]:			F=	35,8
Masa [kg/m]:			m=	28,1
Moment bezwładn.dla zginania w płaszcz.ukł. [cm <sup>4</sup> ]:	Jzg=	2940,0		

Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm <sup>3</sup> ]	Sy: [cm <sup>3</sup> ]	F: [cm <sup>2</sup> ]
1	I 220 p	0	0,00	0,00	0,0	0,0	35,8

PRZEKRÓJ Nr: 2

Nazwa: "I 140 PE"



Skala 1:5

## CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

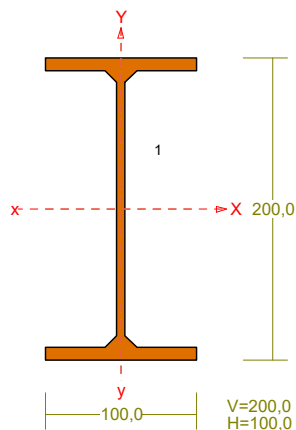
Materiał: 2 S 235

Gł.centrosie bezwładn.[cm]:	Xc=	3,6	Yc=	7,0
			alfa=	0,0
Momenty bezwładności [cm <sup>4</sup> ]:	Jx=	541,0	Jy=	44,9
Moment dewiacji [cm <sup>4</sup> ]:			Dxy=	0,0
Gł.momenty bezwładn. [cm <sup>4</sup> ]:	Ix=	541,0	Iy=	44,9
Promienie bezwładności [cm]:	ix=	5,7	iy=	1,7
Wskaźniki wytrzymał. [cm <sup>3</sup> ]:	Wx=	77,3	Wy=	12,3
	Wx=	-77,3	Wy=	-12,3
Powierzchnia przek. [cm <sup>2</sup> ]:			F=	16,4
Masa [kg/m]:			m=	12,9
Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm <sup>4</sup> ]:	Jzg=	541,0		

Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm <sup>3</sup> ]	Sy: [cm <sup>3</sup> ]	F: [cm <sup>2</sup> ]
1	I 140 PE	0	0,00	0,00	0,0	0,0	16,4

## PRZEKRÓJ Nr: 3

Nazwa: "I 200 PE"



Skala 1:5

## CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:

Materiał: 2 S 235

Gł.centrosie bezwładn.[cm]:	Xc=	5,0	Yc=	10,0
			alfa=	0,0

Momenty bezwładności [cm4]:	Jx=	1940,0	Jy=	142,0
Moment dewiacji [cm4]:			Dxy=	0,0
Gł.momenty bezwładn. [cm4]:	Ix=	1940,0	Iy=	142,0
Promienie bezwładności [cm]:	ix=	8,3	iy=	2,2
Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:	Wx=	194,0	Wy=	28,4
	Wx=	-194,0	Wy=	-28,4
Powierzchnia przek. [cm2]:			F=	28,5
Masa [kg/m]:			m=	22,4
Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:	Jzg=	1940,0		

Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]
1	I 200 PE	0	0,00	0,00	0,0	0,0	28,5

#### PRZEKRÓJ Nr: 4

Nazwa: "HKS 300-1"

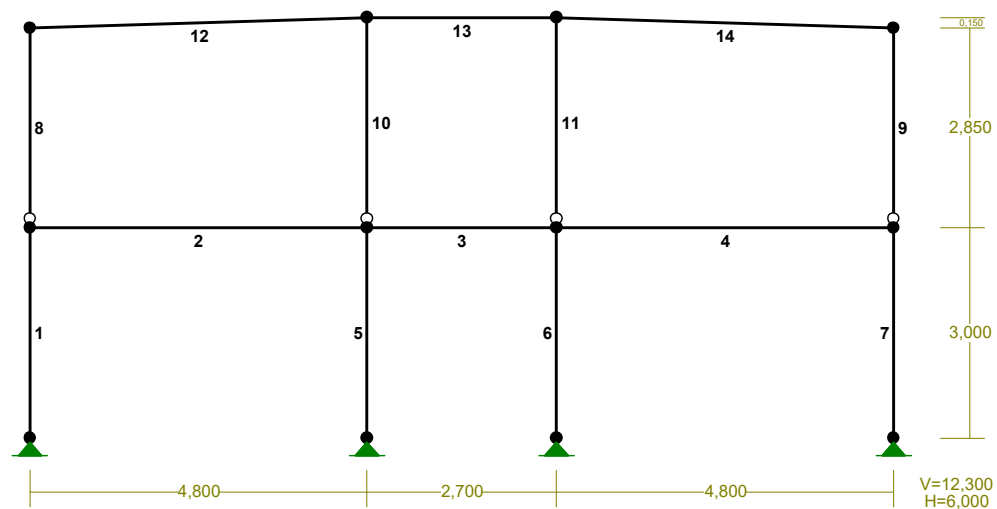
Skala 1:5

CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU: Materiał: 68 St3S (X,Y,V,W)

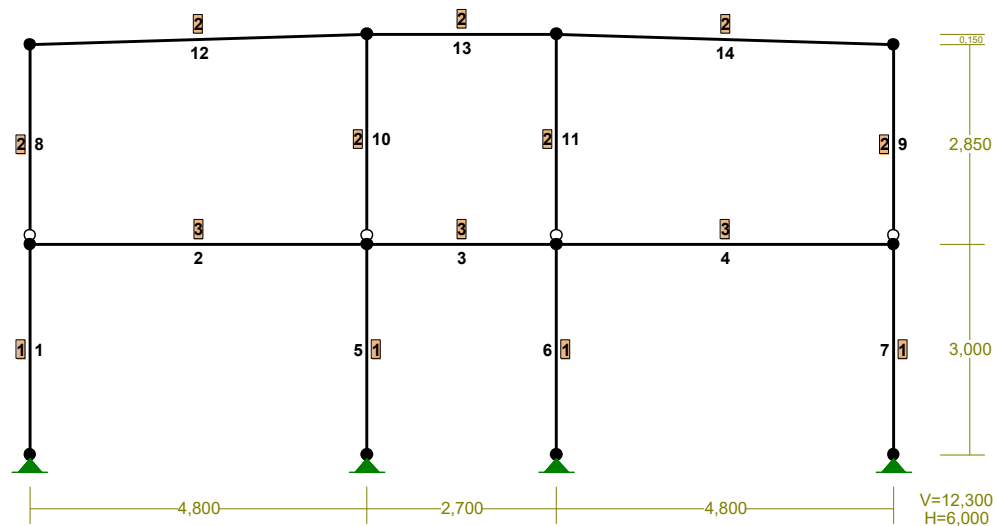
Gł.centrosie bezwładn.[cm]:	Xc=	15,0	Yc=	15,0
			alfa=	0,0
Momenty bezwładności [cm4]:	Jx=	18520,0	Jy=	6300,0
Moment dewiacji [cm4]:			Dxy=	0,0
Gł.momenty bezwładn. [cm4]:	Ix=	18520,0	Iy=	6300,0
Promienie bezwładności [cm]:	ix=	13,2	iy=	7,7
Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:	Wx=	1234,7	Wy=	420,0
	Wx=	-1234,7	Wy=	-420,0
Powierzchnia przek. [cm2]:			F=	105,8
Masa [kg/m]:			m=	83,1
Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. [cm4]:	Jzg=	18520,0		

Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]
1	S HKS- 300- 1	0	0,00	0,00	0,0	0,0	105,8

PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

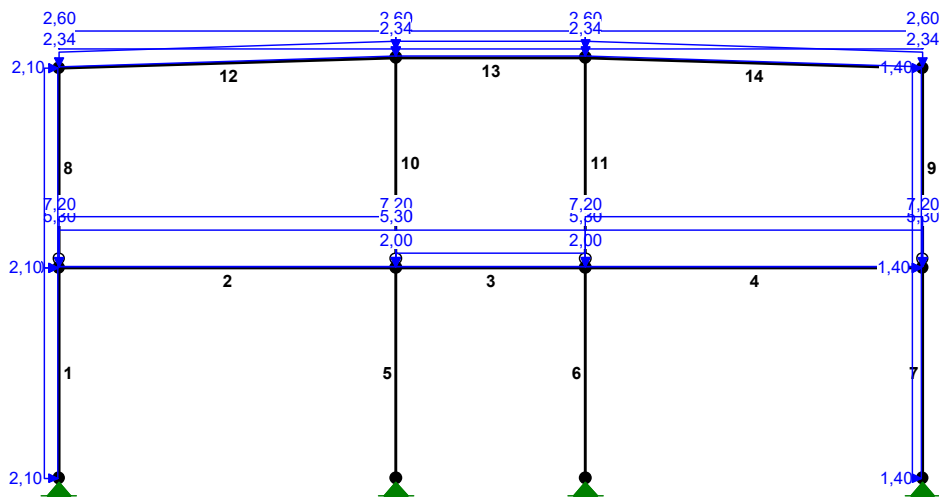
Nr.	A[cm <sup>2</sup> ]	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>g</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>d</sub> [cm <sup>3</sup> ]	h[cm]	Materiał:
1	35,8	2940	162	267	267	22,0	2 S 235

2	16,4	541	45	77	77	14,0	2 S 235
3	28,5	1940	142	194	194	20,0	2 S 235

**STAŁE MATERIAŁOWE:**

Materiał:	Moduł E: [kN/mm <sup>2</sup> ]	Napręż.gr.: [N/mm <sup>2</sup> ]	AlfaT: [1/K]
2 S 235	210	235,000	1,2E-5

**OBCIĄŻENIA:**



**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg) :	P2 (Td) :	a[m] :	b[m] :
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
Grupa:	A ""			Stałe	$\gamma_G = 1,35/1,00$	
2	Linowe	0,0	5,30	5,30	0,00	4,80
3	Linowe	0,0	5,30	5,30	0,00	2,70
4	Linowe	0,0	5,30	5,30	0,00	4,80
12	Linowe	0,0	2,34	2,34	0,00	4,80
13	Linowe	0,0	2,34	2,34	0,00	2,70
14	Linowe	0,0	2,34	2,34	0,00	4,80
Grupa:	S ""			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	
12	Linowe-Y	0,0	2,60	2,60	0,00	4,80
13	Linowe-Y	0,0	2,60	2,60	0,00	2,70
14	Linowe-Y	0,0	2,60	2,60	0,00	4,80
Grupa:	U ""			Zmienne	$\gamma_Q = 1,50$	

2	Liniowe	0,0	7,20	7,20	0,00	4,80
3	Liniowe	0,0	2,00	2,00	0,00	2,70
4	Liniowe	0,0	7,20	7,20	0,00	4,80

Grupa: W ""			Zmienne $\gamma_0 = 1,50$			
1	Liniowe	90,0	2,10	2,10	0,00	3,00
7	Liniowe	90,0	1,40	1,40	0,00	3,00
8	Liniowe	90,0	2,10	2,10	0,00	2,85
9	Liniowe	90,0	1,40	1,40	0,00	2,85

# W Y N I K I wg PN-EN 1990

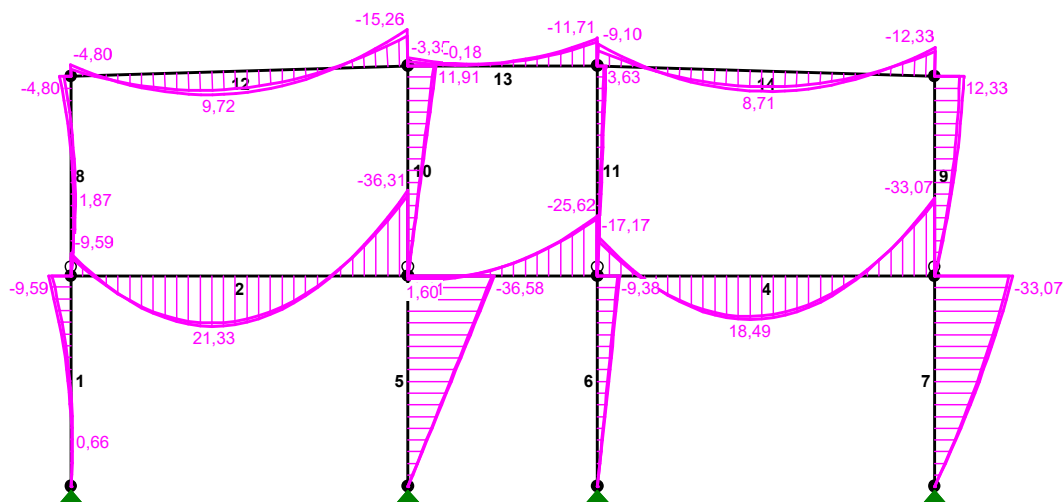
## Teoria I-go rzędu

RM\_Win v. 11.130 licencja nr 41491

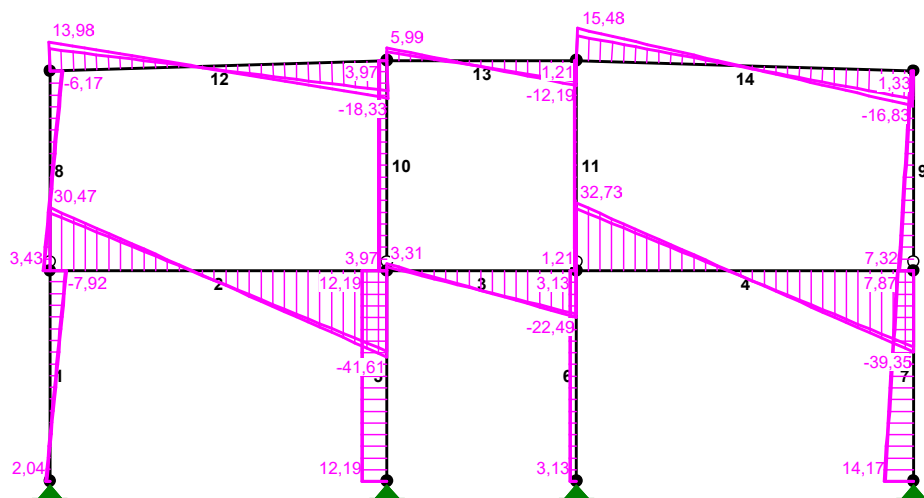
### OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\gamma$ :	$\psi_0/\psi_1/\psi_2$ :
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,35/1,00	
A -""	Stałe	1,35/1,00	
S -""	Zmienne	1 1,50	0,5/0,2/0
U -""	Zmienne	1 1,50	0,7/0,5/0,3
W -""	Zmienne	1 1,50	1/1/1

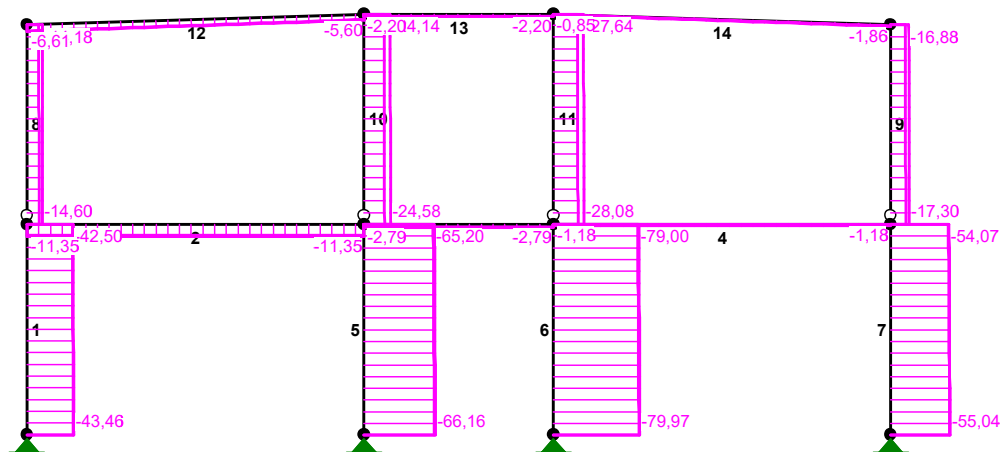
### MOMENTY:



TNAÇE :



NORMALNE :



**SIŁY PRZEKROJOWE:**

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ASUW

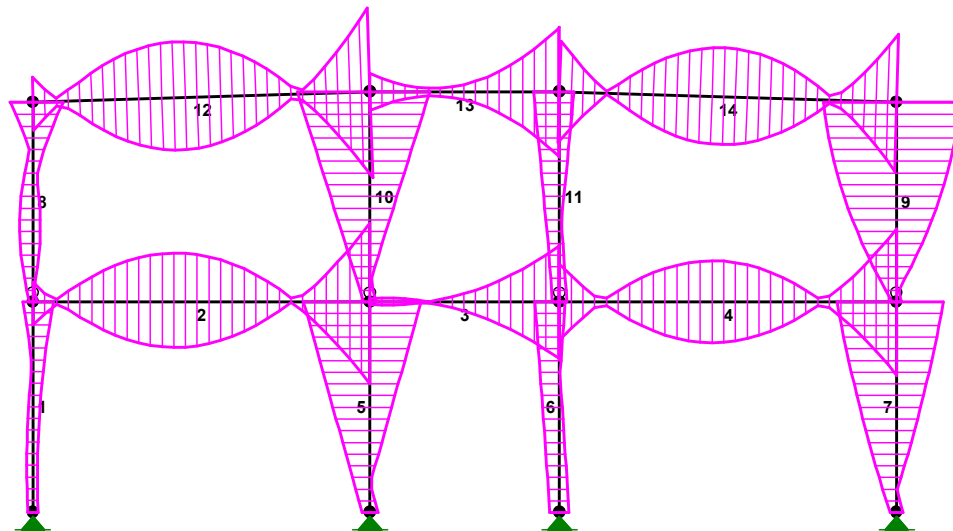
Pręt:      x/L:      x[m]:      M [kNm]:      Q [kN]:      N [kN]:

1	a	0,00	0,000	0,00	1,53	-42,96
	b	0,00	0,000	0,00	2,04	-43,46
	b	0,21	0,645	<b>0,66*</b>	0,01	-43,26
	a	1,00	3,000	-9,59	-7,92	-41,82
	b	1,00	3,000	-8,05	-7,41	-42,50
2	a	0,00	0,000	-9,59	30,47	-11,35
	b	0,00	0,000	-8,05	27,90	-10,21
	a	0,42	2,025	<b>21,33*</b>	0,06	-11,35
	b	0,42	2,006	19,96	0,02	<b>-10,21*</b>
	a	1,00	4,800	-36,31	-41,61	-11,35
	b	1,00	4,800	-34,24	-38,81	-10,21
3	a	0,00	0,000	0,27	3,31	-2,79
	b	0,00	0,000	1,41	1,80	-2,30
	b	0,08	0,211	<b>1,60*</b>	0,02	-2,30
	a	0,13	0,348	0,85	-0,02	<b>-2,79*</b>
	a	1,00	2,700	-25,62	-22,49	-2,79
	b	1,00	2,700	-24,49	-20,98	-2,30
4	a	0,00	0,000	-17,17	32,73	-1,18
	b	0,00	0,000	-15,11	29,94	-0,04
	a	0,45	2,175	<b>18,49*</b>	0,07	-1,18
	b	0,45	2,156	17,13	-0,03	<b>-0,04*</b>
	a	1,00	4,800	-33,07	-39,35	-1,18
	b	1,00	4,800	-31,53	-36,78	-0,04
5	a	0,00	0,000	-36,58	12,19	-63,98
	b	0,00	0,000	-35,65	11,88	-65,20
	a	1,00	3,000	0,00	12,19	-65,12
	b	1,00	3,000	0,00	11,88	-66,16
6	a	0,00	0,000	-8,45	2,82	-77,79
	b	0,00	0,000	-9,38	3,13	-79,00
	a	1,00	3,000	0,00	2,82	-78,92
	b	1,00	3,000	0,00	3,13	-79,97
7	a	0,00	0,000	-33,07	7,87	-53,40
	b	0,00	0,000	-31,53	7,36	-54,07
	a	1,00	3,000	0,00	14,17	-54,54
	b	1,00	3,000	0,00	13,66	-55,04
8	a	0,00	0,000	0,00	3,43	-11,35
	b	0,00	0,000	0,00	2,80	-14,60
	a	0,38	1,091	<b>1,87*</b>	0,00	-11,16
	a	1,00	2,850	-3,01	-5,55	-10,85
	b	1,00	2,850	-4,80	-6,17	-14,18
9	a	0,00	0,000	0,00	6,69	-14,05
	b	0,00	0,000	0,00	7,32	-17,30
	a	1,00	2,850	10,54	0,70	-13,55
	b	1,00	2,850	12,33	1,33	-16,88
10	a	0,00	0,000	0,00	3,63	-19,07
	b	0,00	0,000	0,00	3,97	-24,58
	a	1,00	3,000	10,90	3,63	-18,54
	b	1,00	3,000	11,91	3,97	-24,14
11	a	0,00	0,000	0,00	1,21	-22,56
	b	0,00	0,000	0,00	0,87	-28,08
	a	1,00	3,000	3,63	1,21	-22,04
	b	1,00	3,000	2,61	0,87	-27,64

12	a	0,00	0,000	-3,01	10,68	-5,88
	b	0,00	0,000	-4,80	13,98	-6,61
	b	0,43	2,082	<b>9,72*</b>	-0,03	-6,18
	a	1,00	4,802	-12,62	-14,68	-5,09
	b	1,00	4,802	-15,26	-18,33	-5,60
13	a	0,00	0,000	-1,72	4,03	-1,91
	b	0,00	0,000	-3,35	5,99	-2,20
	a	0,28	0,759	<b>-0,18*</b>	0,02	-1,91
	b	0,33	0,886	-0,68	0,03	<b>-2,20*</b>
	a	1,00	2,700	-10,08	-10,23	-1,91
	b	1,00	2,700	-11,71	-12,19	-2,20
14	a	0,00	0,000	-6,46	11,83	-0,34
	b	0,00	0,000	-9,10	15,48	-0,85
	b	0,48	2,307	<b>8,71*</b>	-0,04	-1,33
	a	1,00	4,802	-10,54	-13,53	-1,13
	b	1,00	4,802	-12,33	-16,83	-1,86

\* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:



NAPRĘŻENIA: T.I rzędu  
Obciążenia obl.: CW ASUW

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		

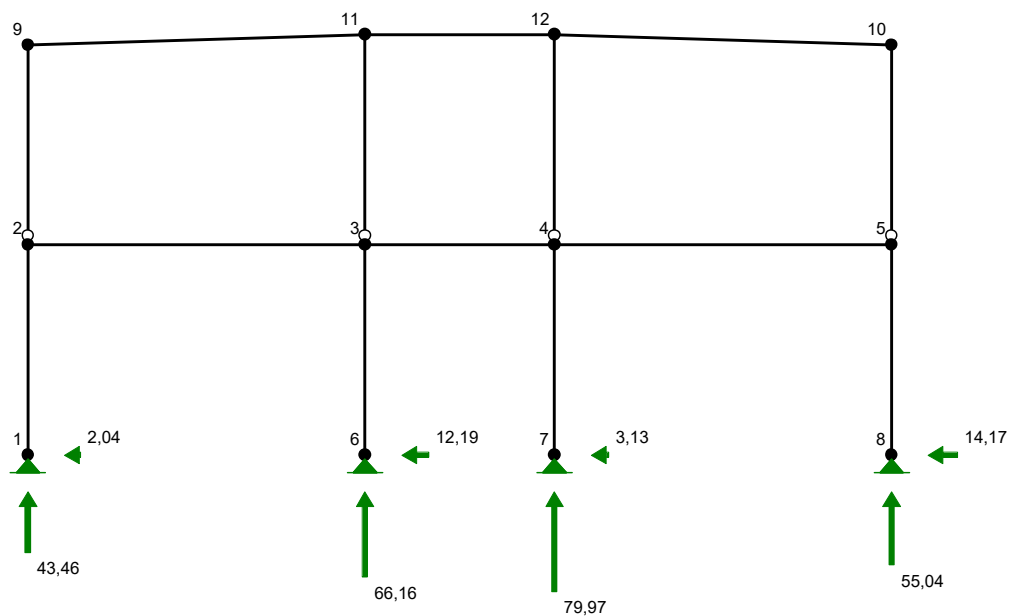
2 S 235

1	a	0,00	0,000	-12,00	-12,00	0,051
	b	0,00	0,000	-12,14	-12,14	0,052
	a	1,00	3,000	24,19	-47,55	<b>0,202*</b>
	b	1,00	3,000	18,23	-41,97	0,179

2	a	0,00	0,000	45,44	-53,40	0,227
	b	0,00	0,000	37,89	-45,06	0,192
	a	1,00	4,800	183,17	-191,13	<b>0,813*</b>
	b	1,00	4,800	172,91	-180,07	0,766
3	a	0,00	0,000	-2,40	0,44	0,010
	b	0,00	0,000	-8,07	6,46	0,034
	a	1,00	2,700	131,10	-133,06	<b>0,566*</b>
	b	1,00	2,700	125,43	-127,04	0,541
4	a	0,00	0,000	88,11	-88,94	0,378
	b	0,00	0,000	77,85	-77,88	0,331
	a	1,00	4,800	170,04	-170,87	<b>0,727*</b>
	b	1,00	4,800	162,49	-162,52	0,692
5	a	0,00	0,000	119,00	-154,74	<b>0,658*</b>
	b	0,00	0,000	115,17	-151,59	0,645
	a	1,00	3,000	-18,19	-18,19	0,077
	b	1,00	3,000	-18,48	-18,48	0,079
6	a	0,00	0,000	9,89	-53,34	0,227
	b	0,00	0,000	13,04	-57,17	<b>0,243*</b>
	a	1,00	3,000	-22,05	-22,05	0,094
	b	1,00	3,000	-22,34	-22,34	0,095
7	a	0,00	0,000	108,81	-138,64	<b>0,590*</b>
	b	0,00	0,000	102,85	-133,06	0,566
	a	1,00	3,000	-15,23	-15,23	0,065
	b	1,00	3,000	-15,37	-15,37	0,065
8	a	0,00	0,000	-6,92	-6,92	0,029
	b	0,00	0,000	-8,90	-8,90	0,038
	a	1,00	2,850	32,36	-45,60	0,194
	b	1,00	2,850	53,49	-70,78	<b>0,301*</b>
9	a	0,00	0,000	-8,57	-8,57	0,036
	b	0,00	0,000	-10,55	-10,55	0,045
	a	1,00	2,850	-144,59	128,06	0,615
	b	1,00	2,850	-169,78	149,19	<b>0,722*</b>
10	a	0,00	0,000	-11,63	-11,63	0,049
	b	0,00	0,000	-14,99	-14,99	0,064
	a	1,00	3,000	-152,30	129,69	0,648
	b	1,00	3,000	-168,83	139,39	<b>0,718*</b>
11	a	0,00	0,000	-13,76	-13,76	0,059
	b	0,00	0,000	-17,12	-17,12	0,073
	a	1,00	3,000	-60,37	33,49	<b>0,257*</b>
	b	1,00	3,000	-50,67	16,96	0,216
12	a	0,00	0,000	35,39	-42,56	0,181
	b	0,00	0,000	58,10	-66,17	0,282
	a	1,00	4,802	160,15	-166,36	0,708
	b	1,00	4,802	194,05	-200,89	<b>0,855*</b>
13	a	0,00	0,000	21,09	-23,42	0,100
	b	0,00	0,000	42,02	-44,70	0,190
	a	1,00	2,700	129,30	-131,63	0,560
	b	1,00	2,700	150,23	-152,92	<b>0,651*</b>
14	a	0,00	0,000	83,33	-83,74	0,356
	b	0,00	0,000	117,24	-118,28	0,503
	a	1,00	4,802	135,64	-137,02	0,583
	b	1,00	4,802	158,35	-160,62	<b>0,683*</b>

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW ASUW

Węzeł:		H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	a	-1,53	42,96	42,99	
	b	-2,04	43,46	43,51	
6	a	-12,19	65,12	66,25	
	b	-11,88	66,16	67,22	
7	a	-2,82	78,92	78,97	
	b	-3,13	79,97	80,03	
8	a	-14,17	54,54	56,35	
	b	-13,66	55,04	56,71	

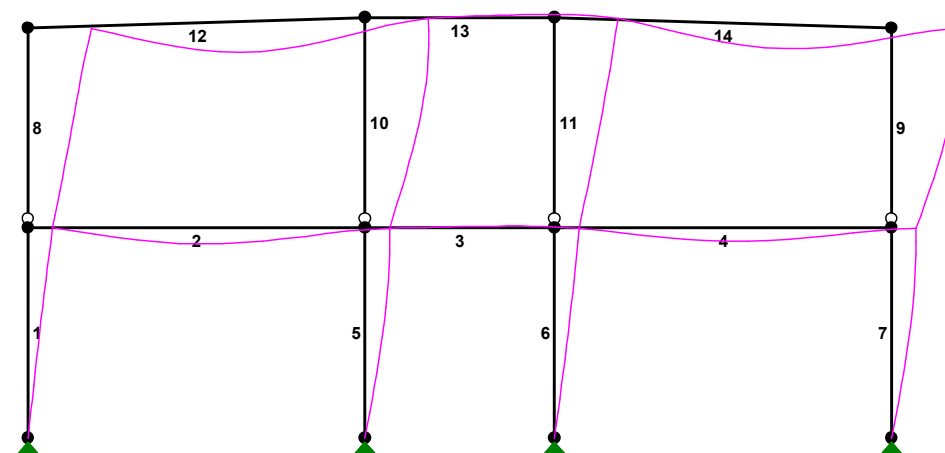
REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW ASUW

Węzeł:		H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1		-0,76	33,58	33,59	
6		-8,28	51,63	52,29	
7		-1,73	60,83	60,85	
8		-9,71	41,30	42,43	

# PRZEMIESZCZENIA:



## PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW ASUW

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad] ([deg]):
1	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00322 ( -0,185)
2	0,01026	-0,00013	0,01026	-0,00420 ( -0,240)
3	0,01020	-0,00020	0,01020	0,00062 ( 0,036)
4	0,01019	-0,00024	0,01019	-0,00256 ( -0,147)
5	0,01019	-0,00016	0,01019	0,00056 ( 0,032)
6	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00541 ( -0,310)
7	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00382 ( -0,219)
8	0,00000	0,00000	0,00000	-0,00550 ( -0,315)
9	0,02642	-0,00022	0,02642	-0,00717 ( -0,411)
10	0,02634	-0,00027	0,02634	0,00299 ( 0,172)
11	0,02636	-0,00037	0,02636	0,00196 ( 0,112)
12	0,02635	-0,00042	0,02635	-0,00421 ( -0,241)

## DEFORMACJE:

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW ASUW

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	Fia[deg]:	Fib[deg]:	f[m]:	L/f:
1	0,0000	-0,0103	-0,185	-0,240	0,0003	9042,8
2	-0,0001	-0,0002	-0,240	0,036	0,0066	729,2
3	-0,0002	-0,0002	0,036	-0,147	0,0010	2822,8
4	-0,0002	-0,0002	-0,147	0,032	0,0055	878,7
5	0,0102	0,0000	0,036	-0,310	0,0023	1292,8
6	0,0102	0,0000	-0,147	-0,219	0,0005	6197,5
7	0,0102	0,0000	0,032	-0,315	0,0024	1267,6
8	-0,0103	-0,0264	-0,333	-0,411	0,0004	7096,2
9	-0,0102	-0,0263	-0,607	0,172	0,0051	555,2
10	-0,0102	-0,0264	-0,519	0,112	0,0042	708,1

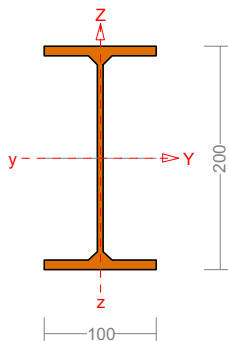
11	-0,0102	-0,0263	-0,342	-0,241	0,0007	4417,0
12	-0,0010	-0,0012	-0,411	0,112	0,0118	408,5
13	-0,0004	-0,0004	0,112	-0,241	0,0016	1705,7
14	0,0004	0,0006	-0,241	0,172	0,0105	457,4

## Pręt nr 2

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993\_2d v. 1.58 licencja nr 41491)

Zadanie: Rama1

Przekrój: 3 - I 200 PE



Wymiary przekroju:

$h=200,0$   $g=5,6$   $s=100,0$   $t=8,5$   $r=12,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_y=1940,0$   $I_z=142,0$   $A=28,50$   $i_y=8,3$   $i_z=2,2$

$I_w=12988,1$   $I_t=6,3$   $i_s=8,547$ .

Materiał: S 235. Granica plastyczności  $f_y=235$  MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie  $f_u=360$  dla  $g=5,6$ .

### Obciążenia prostopadłe:

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu:

- obciążenie rozłożone  $q = 0$  kN/m,
- momenty przywęzłowe  $M_a = 0$ ,  $M_b = 0$  kNm,
- moment skręcający  $T = 0$  kNm.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi  $\gamma_f = 1$ .

### Długości wyboczeniowe pręta:

#### Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 0,216 \quad \kappa_b = 0,122 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,541 \quad \text{dla } l_o = 4,800$$

$$l_w = 0,541 \times 4,800 = 2,597 \text{ m}$$

#### Przęsło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 1,600$$

$$l_w = 1,000 \times 1,600 = 1,600 \text{ m}$$

#### Przęsło $\omega$

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 4,800$  m. Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 4,800$  m.

### Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 1940,0}{2,597^2} \times 10^{-2} = 5962,71 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 142,0}{1,600^2} \times 10^{-2} = 1149,65 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{8,547^2} \times \left( \frac{3,1416^2 \times 210 \times 12988,1}{4,800^2} \times 10^{-2} + 81 \times 6,26 \times 10^2 \right) = 853,84 \text{ kN}$$

### Zwichrzenie:

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 10,00$  cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = (-10,00)$  cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 1,495$ ,  $A_2 = 0,000$ ,  $B = 1,495$ .

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 1,495 \times 0,00 + 0,000 \times (-10,00) = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}}$$

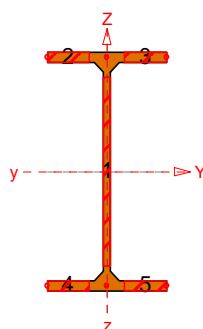
$$0,000 \times 1149,65 + \sqrt{(0,000 \times 1149,65)^2 + 1,495^2 \times 0,085^2 \times 1149,65 \times 853,84} = 126,58 \text{ kNm}$$

### Stan graniczny nośności.

$x_a = 4,800$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (S+0,7 \cdot U+W)$  (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe  $\gamma_M$ :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	$\alpha$	$\psi$	$k_\sigma$	(c/t) <sub>1</sub>	(c/t) <sub>2</sub>	(c/t) <sub>3</sub>	c/t	Klasa
1	159,0	5,6	0,525	-0,950	-	67,959	78,256	117,835	28,393	1
2	35,2	8,5	1,000	0,000	0	9,000	10,000	INF	4,141	1
3	35,2	8,5	1,000	0,000	0	9,000	10,000	INF	4,141	1
4	35,2	8,5	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	4,141	1
5	35,2	8,5	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	4,141	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

### Nośność na ściskanie:

$x_a = 4,800$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U + W)$  (a)

Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -11,35 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 28,50 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 28,50 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

$$e_{Ny} = 0,00; \quad e_{Nz} = 0,00 \text{ cm.}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{28,50 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 669,75 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{11,35}{669,75} = \mathbf{0,017} < \mathbf{1} \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "b")	Wyboczenie skrętne (krzywa "b")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{28,5 \times 235}{5962,71 \times 10}} = 0,335$ $\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] =$ $0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,335 - 0,2) + 0,335^2] = 0,570$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{28,5 \times 235}{1149,65 \times 10}} = 0,763$ $\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] =$ $0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,763 - 0,2) + 0,763^2] = 0,887$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{28,5 \times 235}{853,84 \times 10}} = 0,886$ $\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] =$ $0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,886 - 0,2) + 0,886^2] = 1,009$

$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,570 + \sqrt{0,570^2 - 0,335^2}} = 0,969$	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,887 + \sqrt{0,887^2 - 0,763^2}} = 0,747$	$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,009 + \sqrt{1,009^2 - 0,886^2}} = 0,670$
przyjęto $\chi = 0,969 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,747 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,670 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika  $\chi = 0,670$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,670 \times 28,50 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 448,99 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{11,35}{448,99} = 0,025 < 1 \quad (6.46)$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 4,800$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U+W)$  (a)  
- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{14,02 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 190,17 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{41,61}{190,17} = 0,219 < 1$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto  $\eta = 1,2$ .

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 159,0/5,6 = 28,393 < 59,721 = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 4,800$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U+W)$  (a)

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{220,41 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 51,8 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{28,50 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 669,75 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 11,35 / 669,75 = 0,017; \quad \text{przyjęto } n = 0,017 \leq 1;$$

Dla dwuteownika bisymetrycznego:

$$a = (A - 2 b t_f) / A = (28,50 - 2 \times 10,00 \times 0,85) / 28,50 = 0,404; \quad \text{przyjęto } a = 0,404 \leq 0,5;$$

– zginanie y-y

$$N_{Ed} = 11,35 < 167,44 = 0,25 \times 669,75 = 0,25 N_{pl,Rd} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} = 11,35 < 120,41 = \frac{0,5 \times 18,30 \times 0,56 \times 235}{1} \times 10^{-1} = \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.34)$$

Nie ma potrzeby redukowania nośności na zginanie ze względu na siłę osiową.

– zginanie z-z

$$N_{Ed} = 11,35 < 240,83 = \frac{18,30 \times 0,56 \times 235}{1} \times 10^{-1} = \frac{h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.35)$$

Nie ma potrzeby redukowania nośności na zginanie ze względu na siłę osiową.

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{36,31}{51,8} = 0,701 < 1 \quad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{11,35}{669,75} + \frac{36,31}{51,8} + \frac{0}{10,5} = \mathbf{0,718} < \mathbf{1} \quad (6.2)$$

### Zginanie (stateczność):

xa = 4,800; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+A)+1,5·(0,5·S+0,7·U+W) (a)  
Przyjęto krzywą zwichrzenia „b”.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{220,41 \times 235}{126,58 \times 10^3}} = 0,640$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,64 - 0,4) + 0,75 \times 0,64^2] = 0,694$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,694 + \sqrt{0,694^2 - 0,75 \times 0,640^2}} = 0,899;$$

$$\text{przyjęto } \chi_{LT} = \mathbf{0,899} \leq 1,000 = \min \{ 1; 1/\bar{\lambda}_{LT}^2 \}$$

Warunek stateczności przed zginaniem:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,899 \times 220,41 \times \frac{235}{1} \times 10^{-3} = 46,56 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{36,31}{46,56} = \mathbf{0,780} < \mathbf{1} \quad (6.54)$$

### Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+A)+1,5·(0,5·S+0,7·U+W) (a)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 \alpha_s = 0,1 - 0,8 \times 0,559 = 0,547;$$

$$\text{przyjęto } C_{my} = 0,547$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \psi = 0,6 + 0,4 \times 0,000 = 0,600;$$

$$\text{przyjęto } C_{mz} = 0,600$$

$$C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \psi = 0,6 + 0,4 \times 0,264 = 0,706;$$

$$\text{przyjęto } C_{mLT} = 0,706$$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,547 \times \left( 1 + (0,335 - 0,2) \times \frac{11,35}{0,969 \times 669,75/1} \right) = 0,549$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,549} \leq 0,555 = 0,547 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{11,35}{0,969 \times 669,75/1} \right) = C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,600 \times \left( 1 + (2 \times 0,763 - 0,6) \times \frac{11,35}{0,747 \times 669,75/1} \right) = 0,613$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,613} \leq 0,619 = 0,600 \times \left( 1 + 1,4 \times \frac{11,35}{0,747 \times 669,75/1} \right) = C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zy} = 0,6 \times 0,613 = 0,368$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0,1 \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0,1 \times 0,763}{(0,706 - 0,25) \times 0,747 \times 669,75/1} = 0,996$$

$$\text{przyjęto } k_{zy} = \mathbf{0,996} \geq 0,995 = 1 - \frac{0,1}{(0,706 - 0,25) \times 0,747 \times 669,75/1} = 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}}$$

Warunki nośności:

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} &= \frac{11,35}{0,969 \times 669,75/1} + 0,549 \times \frac{36,31 + 0}{0,899 \times 51,8/1} \\ &+ 0,368 \times \frac{0 + 0}{10,5/1} = \mathbf{0,445} < \mathbf{1} \quad (6.61) \end{aligned}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \frac{11,35}{0,747 \times 669,75/1} + 0,996 \times \frac{36,31+0}{0,899 \times 51,8/1} + 0,613 \times \frac{0+0}{10,5/1} = \mathbf{0,800} < 1 \quad (6.62)$$

### Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

xa = 4,800; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·(CW+A)+1,5·(0,5·S+0,7·U+W) (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $s_s = 100,0$  mm oraz typ obciążenia środnika (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych  $a = 4,800$  m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (159,0/4800,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 100,0 / (235 \times 5,6) = 17,857$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2}\right) = 100,0 + 2 \times 8,5 \times (1 + \sqrt{17,857 + 0,000}) = 188,8 \quad \text{przyjęto } l_y = 188,8 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 5,6^3 / 159,0 = 1252,96 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{188,8 \times 5,6 \times 235 \times 10^3}{1252,96}} = 0,445$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,445} = 1,123 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 188,8 = 188,8 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 188,8 \times 5,6 \times 10^3}{1} = 248,51 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN 1993-1-5})$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{44,92}{248,51} = \mathbf{0,181} < 1 \quad (6.14 \text{ EN 1993-1-5})$$

$$\frac{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{z,Ed} + 3 \tau_{Ed}^2}{(f_y / \gamma_{M0})^2} = \frac{144,8^2 + 80,2^2 - 144,8 \times 80,2 + 3 \times 29,7^2}{(235/1)^2} = \mathbf{0,334} < 1 \quad (6.1)$$

### Stan graniczny użyteczności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+S+0,7·U+W Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 6,6 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 4800 / 250 = 19,2 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{6,6} < \mathbf{19,2} = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

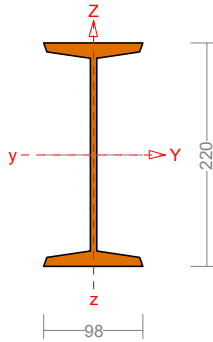
$$a = 6,587 \text{ mm}; \quad L / a = 4800,0 / 6,587 = 728,7$$

## Pręt nr 5

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993\_2d v. 1.58 licencja nr 41491)

Zadanie: Rama1

Przekrój: 1 - I 220 p



Wymiary przekroju:

$h=220,0$   $g=6,2$   $s=98,0$   $t=12,2$   $r=8,1$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=2940,0$   $I_{zg}=162,0$   $A=35,80$   $i_y=9,1$   $i_z=2,1$

$I_w=17645,2$   $I_t=17,7$   $i_s=9,308$ .

Materiał: **S 235**. Granica plastyczności  $f_y=235$  MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie  $f_u = 360$  dla  $g=6,2$ .

### Obciążenia prostopadłe:

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu:

- obciążenie rozłożone  $q = 0$  kN/m,
- momenty przywęzłowe  $M_a = 0$ ,  $M_b = 0$  kNm,
- moment skręcający  $T = 0$  kNm.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi  $\gamma_f = 1$ .

### Długości wyboczeniowe pręta:

#### Przęsło Yc

Przyjęto:

$\kappa_a = 0,466$   $\kappa_b = 1,000$  węzły przesuwne  $\Rightarrow \mu = 2,425$  dla  $l_0 = 3,000$   
 $l_w = 2,425 \times 3,000 = 7,275$  m

#### Przęsło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$\kappa_a = 1,000$   $\kappa_b = 1,000$  węzły nieprzesuwne  $\Rightarrow \mu = 1,000$  dla  $l_0 = 3,000$   
 $l_w = 1,000 \times 3,000 = 3,000$  m

#### Przęsło $\omega$

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej  $\mu_\omega = 1,000$ . Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem  $l_{\omega\omega} = 3,000$  m. Długość wyboczeniowa  $l_\omega = 3,000$  m.

### Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 2940,0}{7,275^2} \times 10^{-2} = 1151,33 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 162,0}{3,000^2} \times 10^{-2} = 373,07 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{9,308^2} \times \left( \frac{3,1416^2 \times 210 \times 17645,2}{3,000^2} \times 10^{-2} + 81 \times 17,7 \times 10^2 \right) = 2124,03$$

kN

### Zwichrzenie:

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia  $a_o = 0,00$  cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły  $a_s = 0,00$  cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia:  $A_1 = 0,000$ ,  $A_2 = 0,000$ ,  $B = 0,000$ .

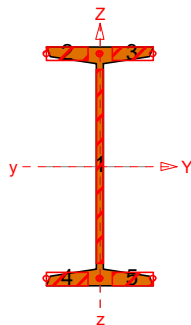
$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 0,000 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

$$0,000 \times 373,07 + \sqrt{(0,000 \times 373,07)^2 + 0,000^2 \times 0,093^2 \times 373,07 \times 2124,03} = 0 \text{ kNm}$$

### Stan graniczny nośności.

$x_a = 3,000$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (S+0,7 \cdot U+W)$  (b)  
 Przyjęto następujące współczynniki częściowe  $\gamma_M$ :  
 $\gamma_{M0} = 1$ ;  $\gamma_{M1} = 1$ ;  $\gamma_{M2} = 1,1$ .



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	$\alpha$	$\psi$	$k_\sigma$	(c/t) <sub>1</sub>	(c/t) <sub>2</sub>	(c/t) <sub>3</sub>	c/t	Klasa
1	179,4	6,2	1,000	1,000	-	33,000	38,000	42,000	28,930	1
2	37,8	12,2	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	3,094	1
3	37,8	12,2	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	3,094	1
4	37,8	12,2	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	3,094	1
5	37,8	12,2	1,000	1,000	0,431	9,000	10,000	13,792	3,094	1

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

#### Nośność na ściskanie:

$x_a = 3,000$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (S+0,7 \cdot U+W)$  (b)  
 Klasa przekroju **1**.

Siła osiowa:

$$N_{Ed} = -66,16 \text{ kN}$$

Pole powierzchni przekroju:

$$A = 35,80 \text{ cm}^2$$

Pole powierzchni przekroju efektywnego:

$$A_{eff} = 35,80 \text{ cm}^2$$

Przesunięcie środka ciężkości:

$$e_{Ny} = 0,00; \quad e_{Nz} = 0,00 \text{ cm.}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{35,80 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 841,3 \text{ kN} \quad (6.10)$$

Warunek nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{66,16}{841,3} = \mathbf{0,079 < 1} \quad (6.9)$$

Stateczność elementu ściskanego:

Wyboczenie dla osi Y (krzywa "a")	Wyboczenie dla osi Z (krzywa "b")	Wyboczenie skrętne (krzywa "b")
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{35,8 \times 235}{1151,33 \times 10}} = 0,855$ $\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] =$ $0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,855 - 0,2) + 0,855^2] = 0,934$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,934 + \sqrt{0,934^2 - 0,855^2}} =$ $0,763$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{35,8 \times 235}{373,07 \times 10}} = 1,502$ $\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] =$ $0,5 \times [1 + 0,34 \times (1,502 - 0,2) + 1,502^2] = 1,849$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,849 + \sqrt{1,849^2 - 1,502^2}} =$ $0,342$	$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{35,8 \times 235}{2124,03 \times 10}} = 0,629$ $\Phi = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] =$ $0,5 \times [1 + 0,34 \times (0,629 - 0,2) + 0,629^2] = 0,771$ $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,771 + \sqrt{0,771^2 - 0,629^2}} =$ $0,822$
przyjęto $\chi = 0,763 \leq 1$	Przyjęto $\chi = 0,342 \leq 1$	przyjęto $\chi = 0,822 \leq 1$

Przyjęto najmniejszą wartość współczynnika  $\chi = 0,342$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,342 \times 35,80 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 287,4 \text{ kN} \quad (6.47)$$

Warunek stateczności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{66,16}{287,4} = \mathbf{0,230} < \mathbf{1} \quad (6.46)$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 3,000$ ;  $x_b = 0,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U+W)$  (a)  
- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{14,59 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 197,99 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{12,19}{197,99} = \mathbf{0,062} < \mathbf{1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto  $\eta = 1,2$ .

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$h_w / t_w = 179,4/6,2 = \mathbf{28,930} < \mathbf{59,777} = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \varepsilon / \eta$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 3,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U+W)$  (a)

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{313,33 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 73,63 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{35,80 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 841,3 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 63,98 / 841,3 = 0,076; \quad \text{przyjęto } n = 0,076 \leq 1;$$

Dla dwuteownika bisymetrycznego:

$$a = (A - 2 b t_f) / A = (35,80 - 2 \times 9,80 \times 0,88) / 35,80 = 0,518; \quad \text{przyjęto } a = 0,500 \leq 0,5;$$

– zginanie y-y

$$N_{Ed} = \mathbf{63,98} < \mathbf{210,32} = 0,25 \times 841,3 = 0,25 N_{pl,Rd} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} = \mathbf{63,98} < \mathbf{147,45} = \frac{0,5 \times 20,24 \times 0,62 \times 235}{1} \times 10^{-1} = \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.34)$$

Nie ma potrzeby redukowania nośności na zginanie ze względu na siłę osiową.

– zginanie z-z

$$N_{Ed} = \mathbf{63,98} < \mathbf{294,9} = \frac{20,24 \times 0,62 \times 235}{1} \times 10^{-1} = \frac{h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.35)$$

Nie ma potrzeby redukowania nośności na zginanie ze względu na siłę osiową.

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{36,58}{73,63} = \mathbf{0,497} < \mathbf{1} \quad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{63,98}{841,3} + \frac{36,58}{73,63} + \frac{0}{14,3} = \mathbf{0,573} < \mathbf{1} \quad (6.2)$$

Zginanie (stateczność):

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 3,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U + W)$  (a)

Warunek stateczności przy zginaniu:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1,000 \times 313,33 \times \frac{235}{1} \times 10^{-3} = 73,63 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{36,58}{73,63} = \mathbf{0,497} < 1 \quad (6.54)$$

## Nośność (stateczność) pręta zginanego i ściskanego:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U + W)$  (a)

Współczynniki interakcji według metody 2:

$C_{my} = 0,9$  - przechyłowa postaci wyboczenia.

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \psi = 0,6 + 0,4 \times 0,000 = 0,600;$$

przyjęto  $C_{mz} = 0,600$

$$k_{yy} = C_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,900 \times \left( 1 + (0,855 - 0,2) \times \frac{65,12}{0,763 \times 841,30/1} \right) = 0,960$$

$$\text{przyjęto } k_{yy} = \mathbf{0,960} \leq 0,973 = 0,900 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{65,12}{0,763 \times 841,30/1} \right) = C_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = C_{mz} \left( 1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,600 \times \left( 1 + (2 \times 1,502 - 0,6) \times \frac{65,12}{0,342 \times 841,30/1} \right) = 0,927$$

$$\text{przyjęto } k_{zz} = \mathbf{0,790} \leq 0,790 = 0,600 \times \left( 1 + 1,4 \times \frac{65,12}{0,342 \times 841,30/1} \right) = C_{mz} \left( 1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yz} = 0,6 \quad k_{zy} = 0,6 \times 0,790 = 0,474$$

$k_{zy} = 0$  - zginanie jednokierunkowe.

Warunki nośności:

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} &= \frac{65,12}{0,763 \times 841,3/1} + 0,960 \times \frac{36,58+0}{1,000 \times 73,63/1} \\ &+ 0,474 \times \frac{0+0}{14,3/1} = \mathbf{0,578} < 1 \quad (6.61) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} &= \frac{65,12}{0,342 \times 841,3/1} + 0,000 \times \frac{36,58+0}{1,000 \times 73,63/1} \\ &+ 0,790 \times \frac{0+0}{14,3/1} = \mathbf{0,227} < 1 \quad (6.62) \end{aligned}$$

## Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 3,000$ ; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia:  $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot (0,5 \cdot S + 0,7 \cdot U + W)$  (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $s_s = \mathbf{100,0}$  mm oraz typ obciążenia środka (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych  $a = \mathbf{3,000}$  m. Nośność najbardziej obciążonego środka:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (179,4/3000,0)^2 = 6,01$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 98,0 / (235 \times 6,2) = 15,806$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 12,2 \times (1 + \sqrt{15,806 + 0,000}) = 221,6 \quad \text{przyjęto } l_y = 221,6 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,01 \times 210 \times 6,2^3 / 179,4 = 1508,55 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{221,6 \times 6,2 \times 235 \times 10^3}{1508,55}} = 0,463$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,463} = 1,081 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 221,6 = 221,6 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 221,6 \times 6,2 \times 10^3}{1} = 322,83 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{12,19}{322,83} = \mathbf{0,038} < \mathbf{1} \quad (6.14 \text{ EN } 1993-1-5)$$

$$\frac{\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{x,Ed} \sigma_{z,Ed} + 3 \tau_{Ed}^2}{(f_y / \gamma_{M0})^2} = \frac{93,7^2 + 19,7^2 - 93,7 \times 19,7 + 3 \times 8,4^2}{(235/1)^2} = \mathbf{0,136} < \mathbf{1} \quad (6.1)$$

#### Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+S+0,7·U+W Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 2,3 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 3000 / 250 = 12,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = \mathbf{2,3} < \mathbf{12,0} = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 2,323 \text{ mm}; \quad L / a = 3000,0 / 2,323 = 1291,5$$

××× koniec opracowania ×××