

STRONA TYTUŁOWA

ETAP	PROJEKT BUDOWLANY																						
ELEMENT:	III PROJEKT TECHNICZNY																						
NR TOMU:	Tom 8 z 10																						
TYTUŁ TOMU:	PROJEKT ZJEŹDŻALNI WODNYCH ETAP A																						
NAZWA ZAMIERZENIA BUDOWLANEGO	KOMPLEKS SPORTOWY W PIEKARACH ŚLĄSKICH, budowa basenu ze spa i strefą fitness, hali sportowej ze strzelnicą sportową i garażem podziemnym, wraz z zagospodarowaniem terenu oraz niezbędną infrastrukturą techniczną podziemną i naziemną																						
KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO	XV- budynki sportowe																						
ADRES OBIEKTU BUDOWLANEGO	ul. Solidarności, Piekary Śląskie																						
IDENTYFIKATORY DZIAŁEK EWIDENCYJNYCH	<table><tr><td>Numer działki ewidencyjnej</td><td>Identyfikator działki</td></tr><tr><td>386/215 fragment działka drogowa</td><td>247101_1.0002.AR_9-7.386/215</td></tr><tr><td>188 fragment- Bz</td><td>247101_1.0002.AR_9-7.188</td></tr><tr><td>2767/189 Bz</td><td>247101_1.0002.AR_9-7.2767/189</td></tr><tr><td>2755/189 fragment działka drogowa</td><td>247101_1.0002.AR_9-7.2755/189</td></tr><tr><td>2768/189 Bz</td><td>247101_1.0002.AR_9-7.2768/189</td></tr><tr><td>606/86 Bz</td><td>247101_1.0002.AR_11-2.606/86</td></tr><tr><td>514/86 fragment- działka drogowa</td><td>247101_1.0002.AR_11-2.514/86</td></tr><tr><td colspan="2">Jednostka ewidencyjna: Miasto Piekary Śląskie</td></tr><tr><td colspan="2">Obręb ewidencyjny: 247101_1.0002, PIEKARY WIELKIE</td></tr></table>			Numer działki ewidencyjnej	Identyfikator działki	386/215 fragment działka drogowa	247101_1.0002.AR_9-7.386/215	188 fragment- Bz	247101_1.0002.AR_9-7.188	2767/189 Bz	247101_1.0002.AR_9-7.2767/189	2755/189 fragment działka drogowa	247101_1.0002.AR_9-7.2755/189	2768/189 Bz	247101_1.0002.AR_9-7.2768/189	606/86 Bz	247101_1.0002.AR_11-2.606/86	514/86 fragment- działka drogowa	247101_1.0002.AR_11-2.514/86	Jednostka ewidencyjna: Miasto Piekary Śląskie		Obręb ewidencyjny: 247101_1.0002, PIEKARY WIELKIE	
Numer działki ewidencyjnej	Identyfikator działki																						
386/215 fragment działka drogowa	247101_1.0002.AR_9-7.386/215																						
188 fragment- Bz	247101_1.0002.AR_9-7.188																						
2767/189 Bz	247101_1.0002.AR_9-7.2767/189																						
2755/189 fragment działka drogowa	247101_1.0002.AR_9-7.2755/189																						
2768/189 Bz	247101_1.0002.AR_9-7.2768/189																						
606/86 Bz	247101_1.0002.AR_11-2.606/86																						
514/86 fragment- działka drogowa	247101_1.0002.AR_11-2.514/86																						
Jednostka ewidencyjna: Miasto Piekary Śląskie																							
Obręb ewidencyjny: 247101_1.0002, PIEKARY WIELKIE																							
INWESTOR	Gmina Piekary Śląskie ul. Bytomska 84, 41-940 Piekary Śląskie																						



SPIS ZAWARTOŚCI	Oświadczenia projektantów o wykonaniu projektu zgodnie z obow. przepisami. Decyzje o stwierdzeniu przygotowania zawodów. oraz zaświadczenia z właściwej izby. Część opisowa projektu technicznego. Część rysunkowa projektu technicznego.
DATA OPRACOWANIA	A14 02 wrzesień 2026r.

ZAŁĄCZNIK NR 1 DO STRONY TYTUŁOWEJ PROJEKTU BUDOWLANEGO
ELEMENT III – PROJEKT TECHNICZNY – LISTA PROJEKTANTÓW

GENERALNY PROJEKTANT	JSK Architekci Sp. z o.o. ul. Żwirki i Wigury 18 02-092 Warszawa e-mail: jsk@jskarchitekci.pl	biuro Wrocław ul. Św. Antoniego 2/4 brama C 50-073 Wrocław tel.: 0048 71 729 38 90
-------------------------	--	---

ZJEŹDŹALNIE WODNE

PROJEKTANT	mgr inż. Jacek Łuc nr upr.: SLK/2568/POOK/09	<i>Uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej do projektowania bez ograniczeń</i>	
SPRAWDZAJĄCY	mgr inż. Krystyna Kimel nr upr.: SLK/5692/PWOK/14	<i>Uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń</i>	

NAZWA ZAMIERZENIA BUDOWLANEGO	KOMPLEKS SPORTOWY W PIEKARACH ŚLĄSKICH, budowa basenu ze spa i strefą fitness, hali sportowej ze strzelnicą sportową i garażem podziemnym, wraz z zagospodarowaniem terenu oraz niezbędną infrastrukturą techniczną podziemną i naziemną																		
ADRES OBIEKTU BUDOWLANEGO	ul. Solidarności, Piekary Śląskie																		
IDENTYFIKATORY DZIAŁEK EWIDENCYJNYCH	<table><tr><td>Numer działki ewidencyjnej</td><td>Identyfikator działki</td></tr><tr><td>386/215 fragment działka drogowa</td><td>247101_1.0002.AR_9-7.386/215</td></tr><tr><td>188 fragment- Bz</td><td>247101_1.0002.AR_9-7.188</td></tr><tr><td>2767/189 Bz</td><td>247101_1.0002.AR_9-7.2767/189</td></tr><tr><td>2755/189 fragment działka drogowa</td><td>247101_1.0002.AR_9-7.2755/189</td></tr><tr><td>2768/189 Bz</td><td>247101_1.0002.AR_9-7.2768/189</td></tr><tr><td>606/86 Bz</td><td>247101_1.0002.AR_11-2.606/86</td></tr><tr><td>514/86 fragment- działka drogowa</td><td>247101_1.0002.AR_11-2.514/86</td></tr></table> Jednostka ewidencyjna: Miasto Piekary Śląskie Obręb ewidencyjny: 247101_1.0002, PIEKARY WIELKIE			Numer działki ewidencyjnej	Identyfikator działki	386/215 fragment działka drogowa	247101_1.0002.AR_9-7.386/215	188 fragment- Bz	247101_1.0002.AR_9-7.188	2767/189 Bz	247101_1.0002.AR_9-7.2767/189	2755/189 fragment działka drogowa	247101_1.0002.AR_9-7.2755/189	2768/189 Bz	247101_1.0002.AR_9-7.2768/189	606/86 Bz	247101_1.0002.AR_11-2.606/86	514/86 fragment- działka drogowa	247101_1.0002.AR_11-2.514/86
Numer działki ewidencyjnej	Identyfikator działki																		
386/215 fragment działka drogowa	247101_1.0002.AR_9-7.386/215																		
188 fragment- Bz	247101_1.0002.AR_9-7.188																		
2767/189 Bz	247101_1.0002.AR_9-7.2767/189																		
2755/189 fragment działka drogowa	247101_1.0002.AR_9-7.2755/189																		
2768/189 Bz	247101_1.0002.AR_9-7.2768/189																		
606/86 Bz	247101_1.0002.AR_11-2.606/86																		
514/86 fragment- działka drogowa	247101_1.0002.AR_11-2.514/86																		
INWESTOR	Gmina Piekary Śląskie , ul. Bytomska 84, 41-940 Piekary Śląskie																		

-OŚWIADCZENIE-

Na podstawie art. 34 ust. 3d pkt 3 ustawy z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo Budowlane z późniejszymi zmianami niżej podpisany projektant oświadcza, że projekt techniczny PROJEKT ZJEŹDŹALNI WODNYCH dla zamierzenia budowlanego:

'KOMPLEKS SPORTOWY W PIEKARACH ŚLĄSKICH, budowa basenu ze spa i strefą fitness, hali sportowej ze strzelnicą sportową i garażem podziemnym, wraz z zagospodarowaniem terenu oraz niezbędną infrastrukturą techniczną podziemną i naziemną'

został sporządzony zgodnie z obowiązującymi przepisami oraz zasadami wiedzy technicznej.

ZESPÓŁ PROJEKTANTÓW BIORĄCYCH UDZIAŁ W OPRACOWANIU PROJEKTU BUDOWLANEGO – **ELEMENT III** – PROJEKT TECHNICZNY, PONOSZĄCYCH ODPOWIEDZIALNOŚĆ ZAWODOWĄ ZA PROJEKTOWANE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE SWOJEJ SPECJALNOŚCI:

ZJEŹDŹALNIE WODNE

PROJEKTANT	mgr inż. Jacek Łuc nr upr.: SLK/2568/POOK/09	<i>Uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej do projektowania bez ograniczeń</i>	
SPRAWDZAJĄCY	mgr inż. Krystyna Kimel nr upr.: SLK/5692/PWOK/14	<i>Uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń</i>	

SPIS ZAWARTOŚCI – CZĘŚĆ OPISOWA

Strona tytułowa	1
Oświadczenie.....	2
Decyzje i Izby.....	3
Spis zawartości	9
CZ. I Opis techniczny	10
CZ.I.1. Podstawa opracowania	10
CZ.I.2. Zakres opracowania	10
CZ.I.3. Określenia podstawowe	10
CZ.I.4. Specyfikacja projektowanych zjeżdżalni.....	10
CZ.I.5. Opis zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych	12
CZ.I.6. Stosowane materiały	12
CZ.I.7. Zabezpieczenie antykorozyjne	17
CZ.I.8. Wymagania pożarowe/klasa odporności ogniowej.	17
CZ.I.9. Normy i wytyczne dot. projektowania i wykonania zjeżdżalni oraz konstrukcji wsporczej.	18
CZ.I.10. Uwagi dotyczące bezpieczeństwa użytkowania.....	18
Obliczenia statyczne	19
CZ.II. Zestawienie obciążeń.....	19
CZ.II.1. Ciężar własny konstrukcji	19
CZ.II.2. Ciężar zjeżdżalni.....	19
CZ.II.3. Obciążenia śniegiem zjeżdżalni.....	20
CZ.II.4. Obciążenie wiatrem zjeżdżalni	20
CZ.II.5. Obciążenie wodą	21
CZ.II.6. Obciążenia użytkowe ślizgów	22
CZ.II.7. Grupy oraz kombinacje obciążeń.....	22
CZ.II.8. Przyjęty model obliczeniowy	24
CZ.III. Wyniki.....	25
CZ.III.1. Wykresy sił wewnętrznych	25
CZ.III.1.1. Siły Fx	25
CZ.III.1.2. Siły Ty	26
CZ.III.1.3. Siły Tz	26
CZ.III.1.4. Momenty My.....	27
CZ.III.1.5. Momenty Mz.....	27
CZ.III.2. Reakcje podporowe – obwiednia	28
CZ.III.3. Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D	30
– SŁUP S1:	30
CZ.III.4. Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D	39
– SŁUP S2:	39
CZ.III.5. Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D	48

– SŁUP S3:	48
CZ.III.6. Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D	58
– SŁUP S4:	58
CZ.III.7. Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D	72
– SŁUP S5:	72

SPIS ZAWARTOŚCI - CZĘŚĆ RYSUNKOWA

Nr.	Nazwa	Skala	Format
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B01	Plan zjeżdżalni Z1	1:100	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B02	Plan zjeżdżalni Z2	1:100	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B03	Plan zakotwień	1:100	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B04	Widoki	1:100	A2
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B05	Informacja ogólna	1:10	A4
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B06	Kołycki Typ-KU800	1:10	A4
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B07	Kołycki Typ-KU1400	1:10	A4
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B08	Kołycki Typ-KO800	1:10	A4
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B09	Kołycki Typ-KO1400	1:10	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B10	Podpora Typ-A	1:10	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B11	Podpora Typ-Y	1:10	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B12	Słup Typ-S323.9x8.0	1:10	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B13	Słup Typ-S508.0x8.8	1:10	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B14	Słup Typ-S610.0x10.0	1:10	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B15	Kosz fund. Typ-KF324	1:10	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B16	Kosz fund. Typ-KF508	1:10	A3
245-PT-ZJE-EA-RZU- 00-B17	Kosz fund. Typ-KF610	1:10	A3

**Do części rysunkowej projektu przynależy „Tabela elementów typowych”,
określająca wymiary poszczególnych elementów stalowych.**

CZ. I Opis techniczny

CZ.I.1. Podstawa opracowania

- Ustawa z dnia 7 lipca 1994r. - Prawo budowlane (Dz.U. 2021 poz. 2351 z dnia 2 grudnia 2021 r. z późn. zm.)
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki oraz ich usytuowanie (Dz.U. 2022 poz. 1225)
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2022 poz. 1679)
- projekty branżowe
- wytyczne branżowe

CZ.I.2. Zakres opracowania

CZ.II. Opracowanie obejmuje projekt techniczny zjeżdżalni wodnych wraz z konstrukcją wsporczą zjeżdżalni (projekt fundamentowania w opracowaniu w Konstrukcji kubaturowej)

CZ.II.1. Określenia podstawowe

ZJEŹDŻALNIA WODNA - urządzenie będące równią pochyłą, po której ześlizguje się użytkownik pod wpływem siły ciężkości.

PODEST STARTOWY - Strefa ułatwiająca dostęp do elementu startowego .

ELEMENT STARTOWY (ES) - Strefa startu – rozpoczęcia ślizgu.

ZJEŹDŻALNIA - Strefa przewidziana do zjeżdżania.

WANNA HAMOWNIA (WH) - specjalny basen, w którym następuje wyhamowanie.

CZ.II.2. Specyfikacja projektowanych zjeżdżalni

Zjeżdżalnia: **Z1 – Pontonowa**

Przekrój: **rura Ø1400**

Kolor ślizgu (cała zjeżdżalnia – element startowy,
łuki, elementy proste oraz wanna hamowna :

biały (RAL 9010 lub zbliżony do niego,

do uzgodnienia z Architektem i Inspektorem Nadzoru Inwestorskiego po wyborze przez Wykonawcę dostawcy zjeżdżalni)

Typ wg. PN-EN-1069 : **Typ-3**

(lub równoważne):

Poziom startu: **+7,400**
Średni spadek: **9,24%**
Długość: **ES(1,73m) + 79,70m + WH(6,27m)**
Zapotrzebowanie w wodę: **2 x 60 m³/h**

PODANE POWYŻEJ PARAMETRY ZJEŹDŻALNI – DŁUGOŚCI ELEMENTÓW I SPADEK – SĄ ŚCISLE POWIĄZANE Z PROJEKTEM STALOWEJ KONSTRUKCJI WSPORCZEJ I MOGĄ ULEC ZMIANOM W ZAKRESIE +/-10% . W PRZYPADKU ZAMIARU WPROWADZENIA NA ETAPIE REALIZACJI PRZEZ WYKONAWCĘ, PRZEWIDZIANEJ WE WSKAZANYCH WIDEŁKACH PROJEKTOWYCH, ODCHYLENIA OD WYDANYCH W PROJEKCIE ROZWIĄZAŃ, WYKONAWCA WINIEN BĘDZIE PRZED REALIZACJĄ ROBÓT PRZEDSTAWIĆ DOKUMENTACJĘ PROJEKTOWĄ ZAMIENNĄ I UZYSKAĆ AKCEPTACJĘ PROJEKTANTA I PRZEDSTAWICIELA ZAMAWIAJĄCEGO NA WŁASNY KOSZT I STARANIE.

Wyposażenie zjeżdżalni Z1:

- System start-stop na fotokomórki (optobariera) na początku zjazdu w odległości około 2m od pierwszego łączenia, optobariera na końcu zjazdu przed wanną hamowną około do 2m przed początkiem wanny hamownej, semafor wyświetlający światło zielone i czerwone zamontowany nad elementem startowym, tablica wyników zamontowana nad wanną hamowną). Optobariery oraz okablowania zamontowane na zewnątrz hali basenowej.
- oświetlenie ślizgu w postaci okrągłych kłastrów LED o średnicy min. 18cm równomiernie rozłożonych na całej długości w odstępach co około 6m. Łącznie 13 punktów świetlnych o parametrach:

- światło białe minimum 100 lux
- temperatura 5000-6000K

Zjeżdżalnia: **Z2 - Bodyslide**
Przekrój: **rura Ø800**

Kolor ślizgu (cała zjeżdżalnia – element startowy,
łuki, elementy proste oraz wanna hamowna :

– kolor niebieski pastelowy (RAL 5024 lub zbliżony

**do niego, uzgodnienia z Architektem i Inspektorem Nadzoru Inwestorskiego po
wyborze przez Wykonawcę dostawcy zjeżdżalni)**

Typ wg. PN-EN-1069 : **Typ-3**
(lub równoważne):
Poziom startu: **+7,400**
Średni spadek: **10,56%**
Długość: **ES(1,10m) + 69,99m + WH(6,31m)**
Zapotrzebowanie w wodę: **90 m³/h**

PODANE POWYŻEJ PARAMETRY ZJEŹDŻALNI – DŁUGOŚCI ELEMENTÓW I SPADEK – SĄ ŚCISLE POWIĄZANE Z PROJEKTEM STALOWEJ KONSTRUKCJI WSPORCZEJ I MOGĄ ULEC ZMIANOM W ZAKRESIE +/-10% . W PRZYPADKU ZAMIARU WPROWADZENIA NA ETAPIE REALIZACJI PRZEZ WYKONAWCĘ, PRZEWIDZIANEJ WE

WSKAZANYCH WIDEŁKACH PROJEKTOWYCH, ODCHYLENIA OD WYDANYCH W PROJEKCIE ROZWIĄZAŃ, WYKONAWCA WINIEN BĘDZIE PRZED REALIZACJĄ ROBÓT PRZEDSTAWIĆ DOKUMENTACJĘ PROJEKTOWĄ ZAMIENNĄ I UZYSKAĆ AKCEPTACJĘ PROJEKTANTA I PRZEDSTAWICIELA ZAMAWIAJĄCEGO NA WŁASNY KOSZT I STARANIE.

Wypożyczenie zjeżdżalni Z2:

- System start-stop na fotokomórki (optobariera) na początku zjazdu w odległości około 2m od pierwszego łączenia, optobariera na końcu zjazdu przed wanną hamowną około do 2m przed początkiem wanny hamownej, semafor wyświetlający światło zielone i czerwone zamontowany nad elementem startowym, tablica wyników zamontowana nad wanną hamowną). Optobariery oraz okablowania zamontowane na zewnątrz hali basenowej.

- oświetlenie ślizgu w postaci okrągłych kłastrów LED o średnicy min. 18cm równomiernie rozłożonych na całej długości w odstępach co około 6m. Łącznie 11 punktów świetlnych o parametrach:

- światło białe minimum 100 lux
- temperatura 5000-6000K

Lokalizacja pionowa i pozioma elementów startowych zjeżdżalni oraz usytuowanie wanień hamownych została pokazana na rysunkach zawierającym plany zjeżdżalni.

CZ.II.3. Opis zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych

Klatka schodowa oraz podest startowy zjeżdżalni – wg projektu konstrukcyjnego hali basenowej. Konstrukcję nośną zjeżdżalni stanowią słupy okrągłe stalowe na których zamontowano podpory ślizgu. Ślizg pomiędzy kolejnymi podporami jest samonośny.

CZ.II.4. Stosowane materiały

Minimalne wymagania materiałowe / parametry techniczne dla materiałów konstrukcyjnych należy przyjmować jak niżej:

Konstrukcja stalowa:

- S235JR – na główne słupy nośne i na konstrukcję wsporczą
- Cała konstrukcja ocynkowana ogniowo zgodnie z PN-EN ISO 1461 lub równoważne – klasa C4
- Klasa wykonania EXC2

Kotwienie konstrukcji:

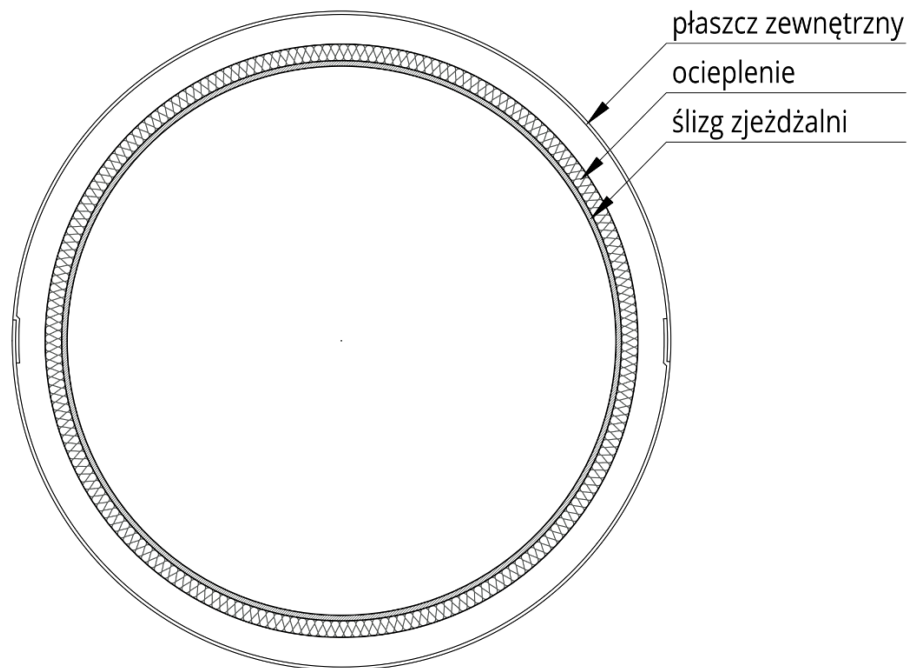
- Kosze fundamentowe klasy 8.8

Podlewki wypełniające:

- Zaprawa o krótkim czasie wiązania przeznaczona do wykonywania podlewek (po montażu słupów), nie powodująca korozji elementów metalowych,
- Baza: mieszanka cementów z wypełniaczami mineralnymi i modyfikatorami
- Klasa (wg PN- EN 1504-3 lub równoważne): R4
- Wytrzymałość na ściskanie po 24 godz. ≥ 35 MPa
(wg PN-EN 12190:200 lub równoważne) po 7 dniach ≥ 60 MPa
Po 28 dniach ≥ 70 MPa
- Przyczepność (wg PN EN 1542 lub równoważne) ≥ 2 MPa
- Moduł sprężystości (wg PN-EN 13412 lub równoważne) ≥ 20 GPa
- Absorpcja kapilarna $\leq 0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5}$ (wg PN-EN 13057 lub równoważne)
- Reakcja na ogień: klasa A1 (wg PN-EN 13501-1 lub równoważne)
- Wytrzymałość na zginanie po 24 godz. $\geq 4,5$ MPa
(wg PN-EN 196-1:2006 lub równoważne) po 28 dniach $\geq 7,0$ MPa

Zjeżdżalnie:

- Elementy ślizgu wykonane z laminatu poliestrowo-szklanego wykonanego z żywic poliestrowych zbrojonych matami z włókna szklanego.
- Krawędzie ślizgu powinny odpowiadać wymaganiom normy PN-EN 1069-1 lub równoważnej
- Laminat poliestrowo-szklany, z którego wykonane są ślizgi, musi posiadać atest PZH na kontakt z wodą pitną.
- Elementy ślizgów znajdujące się na zewnątrz hali basenowej ocieplone na bazie izolacji z kauczuku syntetycznego o zamkniętej strukturze komórek o grubości 32mm (tolerancja ± 5 mm)



- Elementy ślizgu muszą spełniać wymagania wytrzymałościowe oraz wymagania bezpieczeństwa określone w normie PN-EN 1069-1 lub równoważne
- Materiały uszczelniające złącza i konserwujące powierzchnię ślizgu muszą posiadać stosowne atesty do kontaktu z wodą pitną.
- Instalację wodną doprowadzającą wodę do zjeżdżalni wykonać z rur ciśnieniowych PVC-U łączonych metodą klejenia.
- Punkt startowy zjeżdżalni ma być wyposażony w instrukcję użytkowania zjeżdżalni w formie tablicy informacyjnej.

Wytyczne elektryczne / elektrotechniczne:

- Stalową konstrukcję wsporcze zjeżdżalni należy uziemić. Przewód uziemiający należy umieścić w pobliżu konstrukcji i przymocować do konstrukcji np. poprzez śruby fundamentowe tak aby zapewnić prawidłowe przewodzenie. Każdy element stalowy konstrukcji wsporczej który jest odseparowany od pozostałych musi być uziemiony. Każdy z 5 słupów ma być podpięty pod uziom. Natomiast elementy składowe każdego ze słupów powinny posiadać zapewnione połączenia wyrównawcze poprzez śruby montażowe (a jeśli wybrany przez Wykonawcę producent nie jest w stanie tego zapewnić, należy wykonać dodatkowe połączenia wyrównawcze pomiędzy poszczególnymi elementami poszczególnych słupów). Rezystancja omowa przewodnictwa nie może przekraczać 5 Ω .

- Całość okablowania elementów start-stop (optobarier) oraz elementów oświetlenia ślizgów poprowadzona po podporach do słupów w których łączy się w jeden ciąg kablowy wchodzący przez ścianę na podbasenie do skrzynki zasilająco sterującej technologii zjeżdżalni R-TECH-Z sprzężonej ze sterowaniem pomp zasilających zjeżdżalnię w wodę. Dedykowane zasilacze do oświetlenia rur zjeżdżalni o napięciu 12V umieszczone w skrzynkach (zalecana lokalizacja na słupach zjeżdżalni). Kompletny system start-stop dostarcza dostawca zjeżdżalni wybrany przez Wykonawcę.
- Zasilanie każdego z 8 punktów w zakresie systemu start-stop poprowadzić od punktów wskazanych w części rysunkowej do szafy zasilająco-sterującej zlokalizowanej na podbaseniu oznaczonej w opracowaniu branży elektrycznej symbolem R-TECH-Z (szafę wraz z wyposażeniem oraz okablowaniem dostarcza dostawca zjeżdżalni wybrany przez Wykonawcę, po jego stronie jest także programowanie, uruchamianie, testy, badania , protokoły itd ,. – komplet):
 - Do 2 semaforów startowych - 4x0,75mm (poziom +7,40)
 - Do 2 czujek startowych - 4x0,75mm (poziom +7,40)
 - Do 2 czujek końcowych - 4x0,75mm (poziom 0,00)
 - Do 2 tablic wyników - 4x0,75mm (poziom 0,00)
- Zasilanie oświetlania rur zjeżdżalni doprowadzić kablem 4x2,5mm w rurze ochronnej pod każdy z 5 słupów zjeżdżalni oraz zakończyć puszkami/skrzynkami hermetycznymi przyłączeniowymi o IP min. 65 w których zabudowane będą dedykowane zasilacze. Wykonawca doprowadzi kable zasilające oświetlenia rur zjeżdżalni od rozdzielnicy R-TECH_Z do słupów zjeżdżalni i pozostawi odpowiedni zapas. Pozostałe podłączenia wykona dostawca zjeżdżalni wybrany przez Wykonawcę.
- Wykonawca powinien poprowadzić dodatkowo kabel sterujący (RJ45) kat. 6A pomiędzy szafą sterującą zlokalizowaną na podbasieniu R-TECH-Z, a pomieszczeniem ratowników w celu umożliwienia sterowania zjeżdżalnią z pomieszczenia ratowników. W pomieszczeniu ratowników dostawca zjeżdżalni wybrany przez Wykonawcę zamontuje przycisk uruchamiający sekwencje włącz/ wyłącz zjeżdżalni lub pilot (3 sztuki).

Zasada działania układu Start/Stop

- Po załączeniu pompy zjeżdżalni sterowanie wykrywa otrzymany sygnał uruchomienia (przełącznik separujący zainstalowany w szafie R-TECH-Z na listwie zacisków).
- Rozpoczyna się odliczenie "Czasu na uruchomienie". Jest to czas potrzebny na napełnienie rury zjeżdżalni strumieniem wody łącznie z napełnieniem wanny hamowni. Należy go ustalić w trakcie prób rozruchowych. Czas zostaje na stałe zapisany w ustawieniach sterowania.
- W okresie tym lampa Start/Stop świeci na czerwono.
- Po upływie czasu rozruchu, gdy zjeżdżalnia jest gotowa do użytkowania, zapala się światło zielone zezwalające na zjazd.
- Światło zielone zezwala na zjazd. W momencie, kiedy czujnik optyczny wykrywa zjazd rozpoczyna liczenie czasu zjazdu, a sygnalizacji star-stop lampa świeci kolorem czerwonym.
- Zjeżdżający w rurze użytkownik w końcowym jej segmencie uruchamia drugi optyczny czujnik, którego sygnał sterowanie odbiera jako koniec zjazdu. Następuje koniec zliczania czasu zjazdu a osiągnięty wynik zostaje wyświetlony na tablicy wyników w ramce CZAS OSTATNIEGO ZJAZDU. Jeśli czas ten jest krótszy niż czas wpisany w ramce REKORD DNIA wynik zostaje skopiowany do tej ramki i zapamiętany. System z ustalonym kilkusekundowym opóźnieniem zwanym "Czasem na wyjście" uznaje, że zjeżdżalnia jest pusta i zezwala na kolejny zjazd włączając zielone światło. Cykl się powtarza.

W przypadku jakiegось zakłócenia pracy czujników, system zadziała korzystając z czasu RESET CYKLU. Czas ten jest okresem po jakim sterownik umożliwi wystawienie ponownie światła Zielonego do zjazdu mimo nie zarejestrowania przejazdu zjeżdżającego przez dolny czujnik zjazdu. Może się tak wydarzyć z kilku powodów: np. zjazd samodzielny małego dziecka bez opieki dorosłej, zjazd dwóch lub więcej osób w trakcie jednego Zielonego startu itp. By uniknąć w takiej sytuacji blokowania zjeżdżalni, ustawiony jest czas po którym system zresetuje cykl i zapali zielone światło. Jeśli zajdzie taka potrzeba użytkownik może zmienić zaprogramowany czas resetu cyklu zjazdu w sposób opisany niżej.

CZ.II.5. Zabezpieczenie antykorozyjne

Konstrukcja stalowa zabezpieczona poprzez ocynkowanie ogniowe zgodnie z PN-EN ISO 1461 lub równoważne (C4). Konstrukcja stalowa przed ocynkowaniem powinna być poddana procesowi odtłuszczenia i trawienia.

Śruby konstrukcji stalowej ocynkowane – min. kl.8.8 ocynk galwaniczny

Śruby łączące elementy ślizgów ze stali nierdzewnej – klasy A4

CZ.II.6. Wymagania pożarowe/klasa odporności ogniowej.

Nie dotyczy.

zjeżdżalnia stanowi integralną część wyposażenia rekreacyjnego basenu i nie jest klasyfikowana jako obiekt budowlany ani budynek w rozumieniu przepisów prawa budowlanego. Zgodnie z § 3 ust. 1 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2022 r. poz. 1225 z późniejszymi zm.), klasy odporności ogniowej określa się dla elementów konstrukcyjnych budynków, a nie dla urządzeń rekreacyjnych, takich jak zjeżdżalnie basenowe.

CZ.II.7. Normy i wytyczne dot. projektowania i wykonania zjeżdżalni oraz konstrukcji wsporczej.

PN-PN-EN 1990:2004 – Podstawy projektowania konstrukcji lub równoważna

PN-EN 1993-1-1:2006 – Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków lub równoważna

PN-EN 1993-1-3:2008 – Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-3: Reguły ogólne – Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno lub równoważna

PN-EN 1993-1-8:2006 – Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-8: Projektowanie węzłów lub równoważna

PN-EN 1069-1 – Zjeżdżalnie wodne o wysokości 2 m i większej – Część 1: Wymagania bezpieczeństwa i metody badań lub równoważna

PN-EN 1069-2 – Zjeżdżalnie wodne o wysokości 2 m i większej – Część 2: Instrukcje lub równoważna

PN-EN ISO 5817 (C) - Spawanie — Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązek) — Poziomy jakości dla niezgodności spawalniczych lub równoważne

PN-EN 1090-2 - Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych lub równoważne

PN-EN ISO 13920 – Tolerancje ogólne dotyczące konstrukcji spawanych lub równoważne.

Wymaga się od Wykonawcy, aby przed realizacją prac zapewnił sporządzenie dokumentacji warsztatowej oraz projekt montażu, wykonany przez osobę z uprawnieniami konstrukcyjno-budowlanymi.

CZ.II.8. Uwagi dotyczące bezpieczeństwa użytkowania

Wszystkie powierzchnie chodzenia w tym podłoga podestów, oraz pokrycia stopnic muszą być wykonane z materiału antypoślizgowego klasy C, uniemożliwiającego poślizgnięcie się bosych stóp. Podest startowy musi być wyposażony w elementy odprowadzające z niego nadmiar wody, która może zostać wychłapana przez użytkowników z elementu startowego. W zakresie wysokości balustrad w obrębie elementów startowych stosować się do pkt.7.5.5 normy PN-EN 1069-1+A1 lub równoważna.

Przy zjeżdżalni należy umieścić regulamin korzystania ze zjeżdżalni oraz instrukcję użytkowania w postaci piktogramów zgodnych z normą PN-EN 1069-2 lub równoważne. Zjeżdżalnie powinny być eksploatowane pod nadzorem przeszkolonej obsługi. Szczególną uwagę należy zwrócić na bezpieczeństwo w rejonie lądowisk zjeżdżalni.

Wszystkie dzieci znajdujące się w obrębie zjeżdżalni muszą znajdować się pod opieką rodziców lub opiekunów.

Szczegółowe informacje dotyczące bezpieczeństwa użytkowania zjeżdżalni dostarczy dostawca wybrany przez Wykonawcę. Należy się bezwzględnie stosować do zaleceń producenta wybranego przez Wykonawcę.

Obliczenia statyczne

CZ.III. Zestawienie obciążeń

CZ.III.1. Ciężar własny konstrukcji

Ciężar własny konstrukcji został przyjęty automatycznie w programie komputerowym R3D3 – Rama 3D zgodnie z PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3: czerwiec 2006

CZ.III.2. Ciężar zjeżdżalni

Ciężar ślizgu Z1 - (Ø1400)

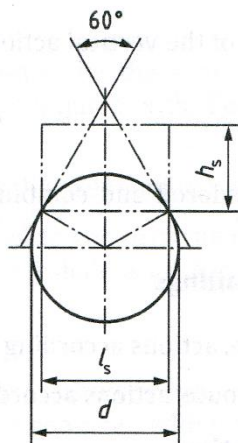
	obwód [m]	ciężar jednostkowy [kN]	ciężar mb [kN]
ślizg	4,398	0,10	0,44
ocieplenie	4,562	0,02	0,09
płaszcz	4,901	0,05	0,25
SUMA:			0,78

Ciężar ślizgu Z2 - (Ø800)

	obwód [m]	ciężar jednostkowy [kN]	ciężar mb [kN]
ślizg	2,513	0,10	0,25
ocieplenie	2,676	0,02	0,05
płaszcz	3,016	0,05	0,15
SUMA:			0,45

CZ.III.3. Obciążenia śniegiem zjeżdżalni

Przyjęto na podstawie PN-EN 1069 - 6.3.2.4



$$l_s = \frac{\sqrt{3}}{2} \times d$$

$$h_s = 0,3 \times l_s$$

$$\gamma = 2,0 \frac{kN}{m^3}$$

$$S_k = l_s \times h_s \times \gamma [kN/m]$$

Z1 - (Ø1400)

S_k=1,152 kN/m

Z2 - (Ø800)

S_k=0,450 kN/m

CZ.III.4. Obciążenie wiatrem zjeżdżalni

Z1 - (Ø1400)

- Walec kołowy o wymiarach: $b = 1,60 \text{ m}$, $l = 10,00 \text{ m}$
- Powierzchnia walca: malowana natryskowo → wartość chropowatości powierzchni $k = 0,02 \text{ mm}$
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru:
Strefa obciążenia wiatrem 1; $A = 276 \text{ m n.p.m.}$
 $v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$ (wg załącznika krajowego)
- Współczynnik kierunkowy: $c_{dir} = 1,0$
- Współczynnik sezonowy: $c_{season} = 1,00$
- Bazowa prędkość wiatru: $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22,00 \text{ m/s}$
- Kategoria terenu III → $z_0 = 0,3 \text{ m}$, $z_{min} = 5 \text{ m}$
- Wysokość odniesienia: $z_e = z_g + b = 8,60 \text{ m}$
- Współczynnik orografii: $c_o(z_e) = 1$
- Współczynnik turbulencji: $k_l = 1,0$
- Współczynnik terenu: $k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,215$
- Współczynnik chropowatości: $c_r(z_e) = k_r \cdot \ln(z_e/z_0) = 0,215 \cdot \ln(8,60/0,3) = 0,72$ (wg p.4.3.2 normy)
- Średnia prędkość wiatru: $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 15,90 \text{ m/s}$
- Intensywność turbulencji: $I_v(z_e) = k_l / (c_o(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)) = 0,298$
- Gęstość powietrza: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- Szczytowe ciśnienie prędkości: $q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 487,7 \text{ Pa} = 0,488 \text{ kPa}$
- Współczynnik konstrukcyjny: $c_s c_d = 1,000$
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e) / \rho)^{1/2} = 27,93 \text{ m/s}$
- Liczba Reynoldsa: $Re = b \cdot v(z_e) / \nu = 1,60 \text{ m} \cdot 27,93 \text{ m/s} / (15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = 2,98 \cdot 10^6$

- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} = 1,2 + [0,18 \cdot \log(10 \cdot k/b)] / [1 + 0,4 \cdot \log(R_e/10^6)] = 0,61$
- Smukłość efektywna: $\lambda = l/b = 6,25 \rightarrow$ współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0,68$
- Współczynnik siły aerodynamicznej: $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0,61 \cdot 0,68 = 0,41$
- Powierzchnia odniesienia: $A_{ref} = l \cdot b = 16,00 \text{ m}^2$

Siła oddziaływania wiatru:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1,000 \cdot 0,414 \cdot 0,488 \cdot 16,00 = \mathbf{3,23 \text{ kN}}$$

Z2 - (Ø800)

- Walec kołowy o wymiarach: $b = 1,00 \text{ m}$, $l = 10,00 \text{ m}$
- Powierzchnia walca: malowana natryskowo $\rightarrow$ wartość chropowatości powierzchni $k = 0,02 \text{ mm}$
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru:
Strefa obciążenia wiatrem 1; $A = 276 \text{ m n.p.m.}$
 $v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$ (wg załącznika krajowego)
- Współczynnik kierunkowy: $c_{dir} = 1,0$
- Współczynnik sezonowy: $c_{season} = 1,00$
- Bazowa prędkość wiatru: $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22,00 \text{ m/s}$
- Kategoria terenu III $\rightarrow z_0 = 0,3 \text{ m}$, $z_{min} = 5 \text{ m}$
- Wysokość odniesienia: $z_e = z_g + b = 8,00 \text{ m}$
- Współczynnik orografii: $c_o(z_e) = 1$
- Współczynnik turbulencji: $k_l = 1,0$
- Współczynnik terenu: $k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,215$
- Współczynnik chropowatości: $c_r(z_e) = k_r \cdot \ln(z_e/z_0) = 0,215 \cdot \ln(8,00/0,3) = 0,71$ (wg p.4.3.2 normy)
- Średnia prędkość wiatru: $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 15,56 \text{ m/s}$
- Intensywność turbulencji: $I_v(z_e) = k_l / (c_o(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)) = 0,305$
- Gęstość powietrza: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- Szczytowe ciśnienie prędkości: $q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 473,8 \text{ Pa} = 0,474 \text{ kPa}$
- Współczynnik konstrukcyjny: $c_s c_d = 1,000$
- Wartość szczytowa prędkości wiatru: $v(z_e) = (2 \cdot q_p(z_e) / \rho)^{1/2} = 27,53 \text{ m/s}$
- Liczba Reynoldsa: $R_e = b \cdot v(z_e) / \nu = 1,00 \text{ m} \cdot 27,53 \text{ m/s} / (15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) = 1,84 \cdot 10^6$
- Współczynnik oporu aerodynamicznego bez wpływu swobodnych końców: $c_{f,0} = 1,2 + [0,18 \cdot \log(10 \cdot k/b)] / [1 + 0,4 \cdot \log(R_e/10^6)] = 0,60$
- Smukłość efektywna: $\lambda = l/b = 10,00 \rightarrow$ współczynnik wpływu swobodnego końca: $\psi_\lambda = 0,70$
- Współczynnik siły aerodynamicznej: $c_f = c_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0,60 \cdot 0,70 = 0,42$
- Powierzchnia odniesienia: $A_{ref} = l \cdot b = 10,00 \text{ m}^2$

Siła oddziaływania wiatru:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref} = 1,000 \cdot 0,418 \cdot 0,474 \cdot 10,00 = \mathbf{1,98 \text{ kN}}$$

CZ.III.5. Obciążenie wodą

Dla przekrojów z dnem rurowym obciążenie na dno ślizgu – **0,2 kN/mb**

CZ.III.6. Obciążenia użytkowe ślizgów

Przyjęto na podstawie PN- EN 1069 - 6.3.3. (Tabele 1)

1,5 kN/m na odcinku 5m – obciążenie w zmiennych lokalizacjach wynikające z położenia osoby zjeżdżającej na zjeżdżalni.

CZ.III.7. Grupy oraz kombinacje obciążeń

Grupy obciążeń:

Nazwa grupy	Nr	Rodzaj obciążeń	Grupa aktywna	Oddziaływanie
Ciężar zjeżdżalni	1	Stałe	+	stałe
Ciężar własny	2	Stałe	+	stałe
Obciążenie śniegiem zjeżdżalni	3	Zmienne	+	śnieg (do 1000 m n.p.m.)
Obciążenie wodą	4	Zmienne	+	użytkowe
Wiatr x+	5	Zmienne	+	wiatr
Wiatr x-	6	Zmienne	+	wiatr
Wiatr y+	7	Zmienne	+	wiatr
Wiatr y-	8	Zmienne	+	wiatr
Użytkowe zjeżdżalni Z1	9	Zmienne	+	użytkowe
Użytkowe zjeżdżalni Z2	10	Zmienne	+	użytkowe

Oddziaływania grup obciążeń:

Oddziaływanie	γ_f, inf (min)	γ_f, sup (max)	Ψ_0 lub ξ	Wiodący ¹
stałe	1.0	1.35	0.85	
użytkowe	-	1.5	0.7	+
śnieg (do 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.5	+
śnieg (> 1000 m n.p.m.)	-	1.5	0.7	+
wiatr	-	1.5	0.6	+
temperatura	-	1.5	0.6	+

1) + Określa czy oddziaływanie zmienne ma być potencjalnie rozpatrywane jako wiodące

Kombinacje obciążeń:

W obliczeniach przyjęto mechanizm automatycznego tworzenia kombinacji przez program do analizy statyczno-wytrzymałościowej według Eurokodu PN-EN 1990 lub równoważne

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{array} \right.$$

gdzie:

Σ - oznacza „należy uwzględnić w kombinacji z”, a „+” oznacza „łączny efekt oddziaływań”,

$G_{k,i}$ – oznacza charakterystyczne oddziaływanie stałe,

$Q_{k,1}$ – oznacza charakterystyczne oddziaływanie zmienne wiodące,

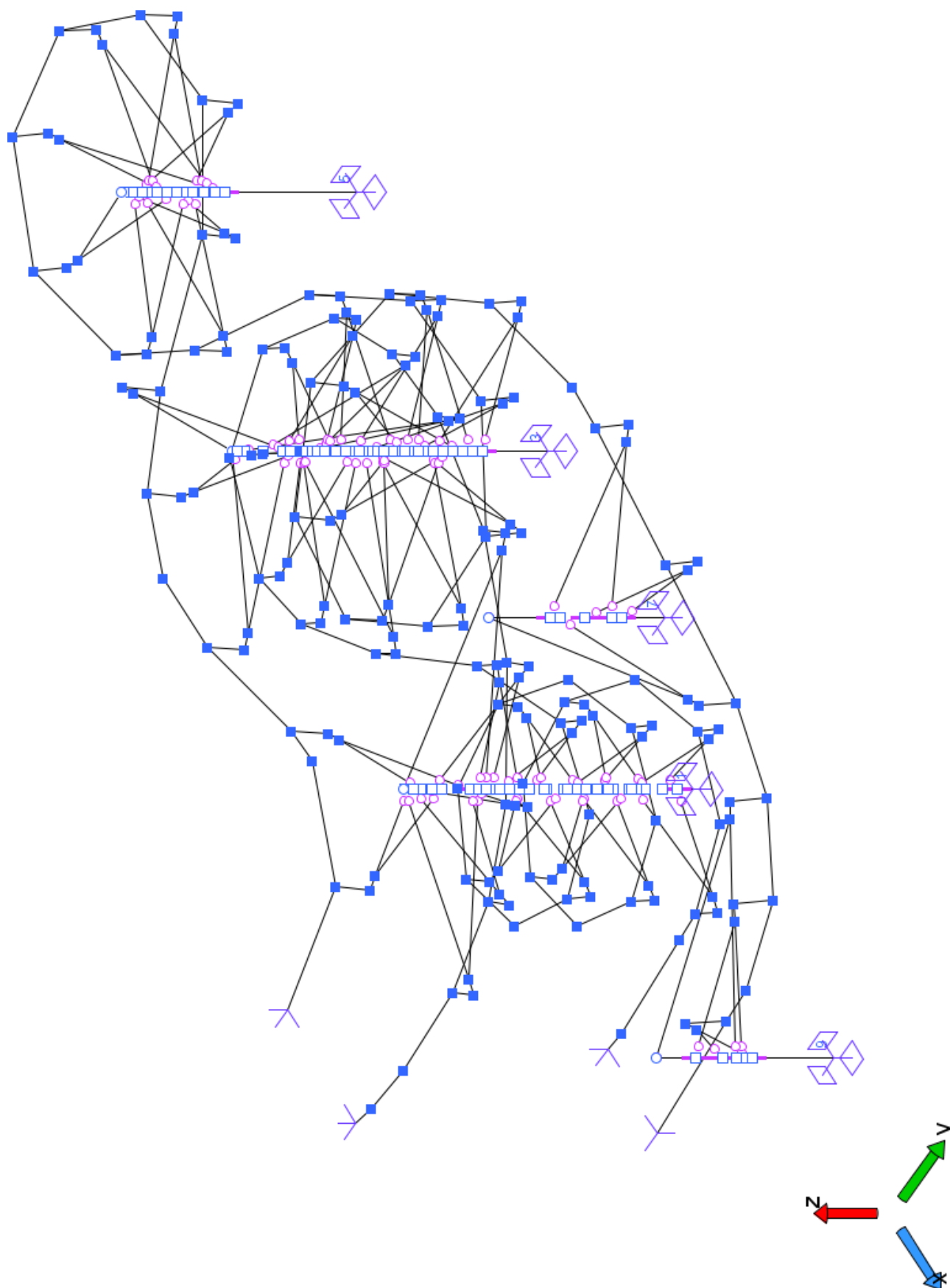
$Q_{k,i}$ – oznacza pozostałe charakterystyczne oddziaływania zmienne ,

$\gamma_{G,j}$ $\gamma_{Q,1}$ $\gamma_{Q,j}$ – oznaczają współczynniki obciążenia do oddziaływań stałych i odpowiednich zmiennych.,

$\psi_{0,1}$ – odpowiedni współczynnik kombinacyjny dla danego oddziaływania wiodącego,

$\psi_{0,i}$ – współczynniki kombinacyjne dla pozostałych oddziaływań zmiennych,

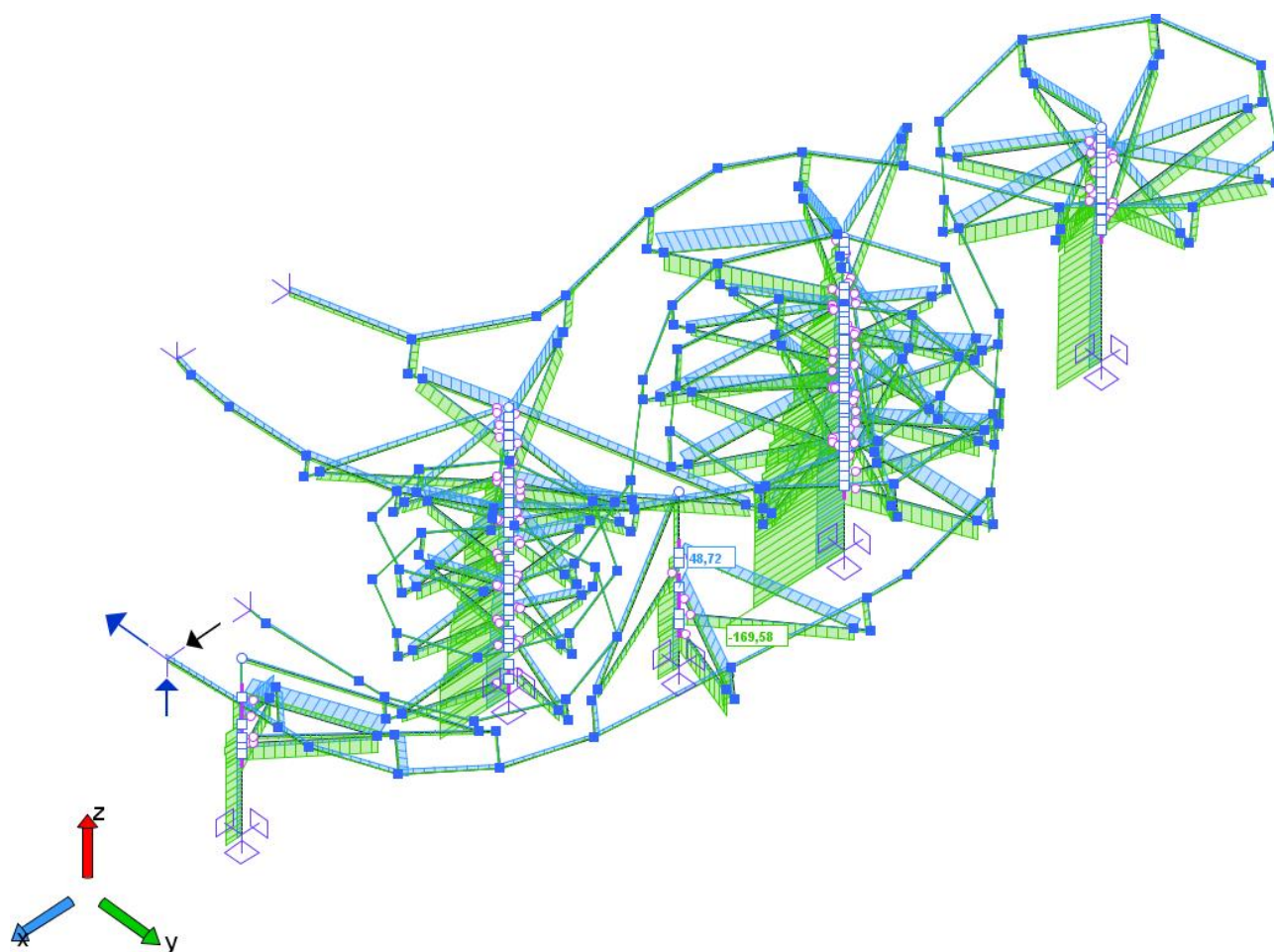
ξ - współczynnik redukcyjny dla niekorzystnych oddziaływań stałych $G_{k,j}$.

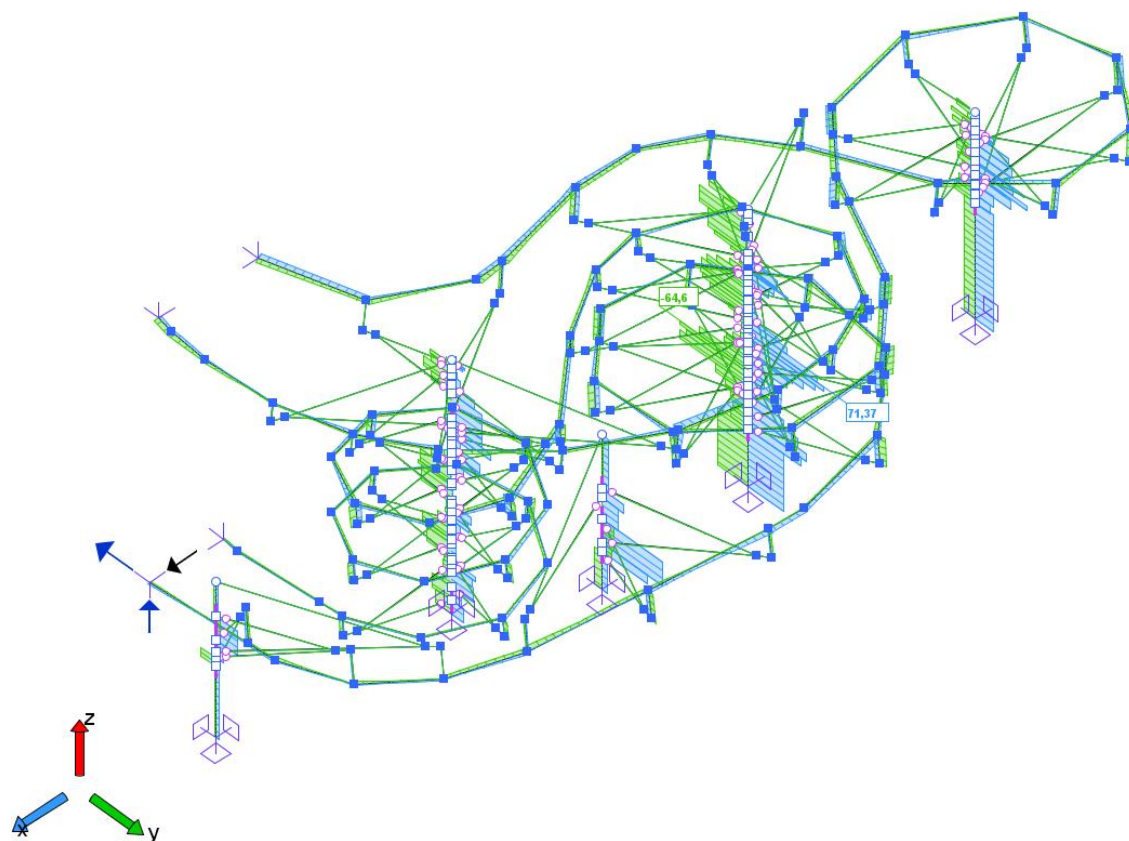
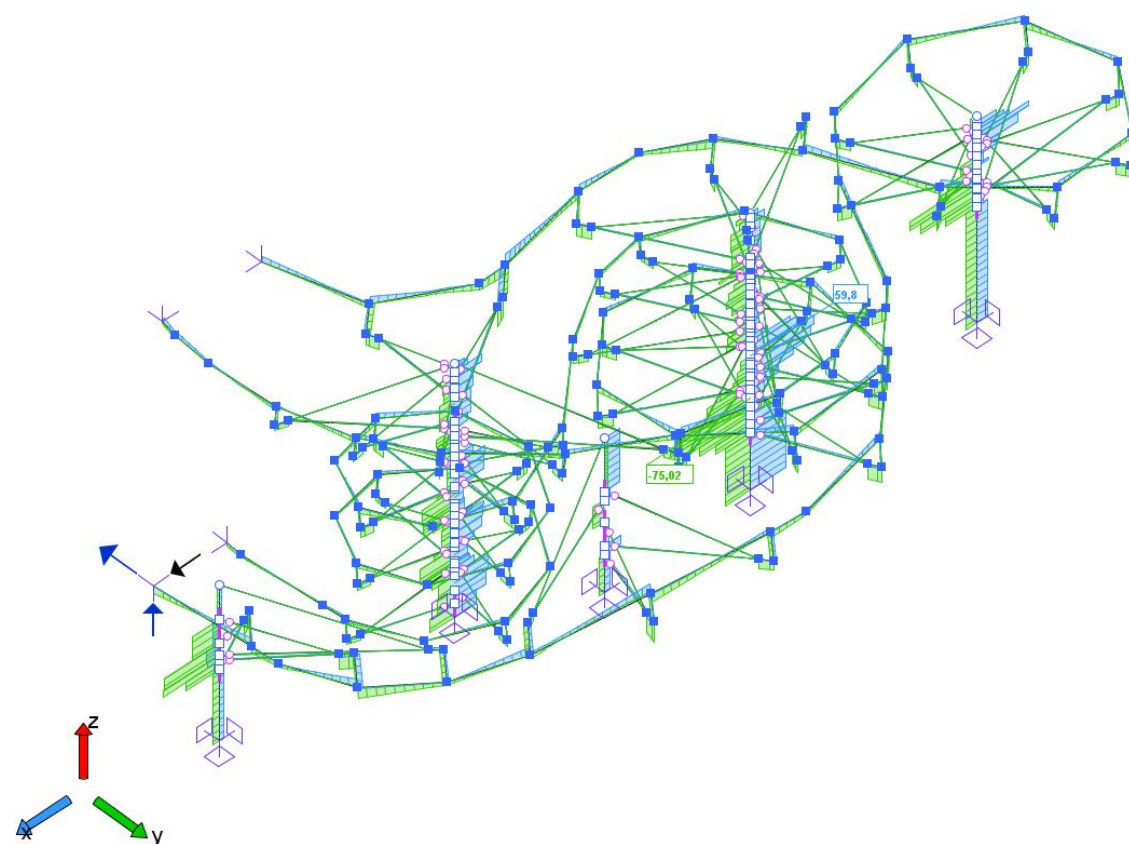
CZ.III.8. Przyjęty model obliczeniowy

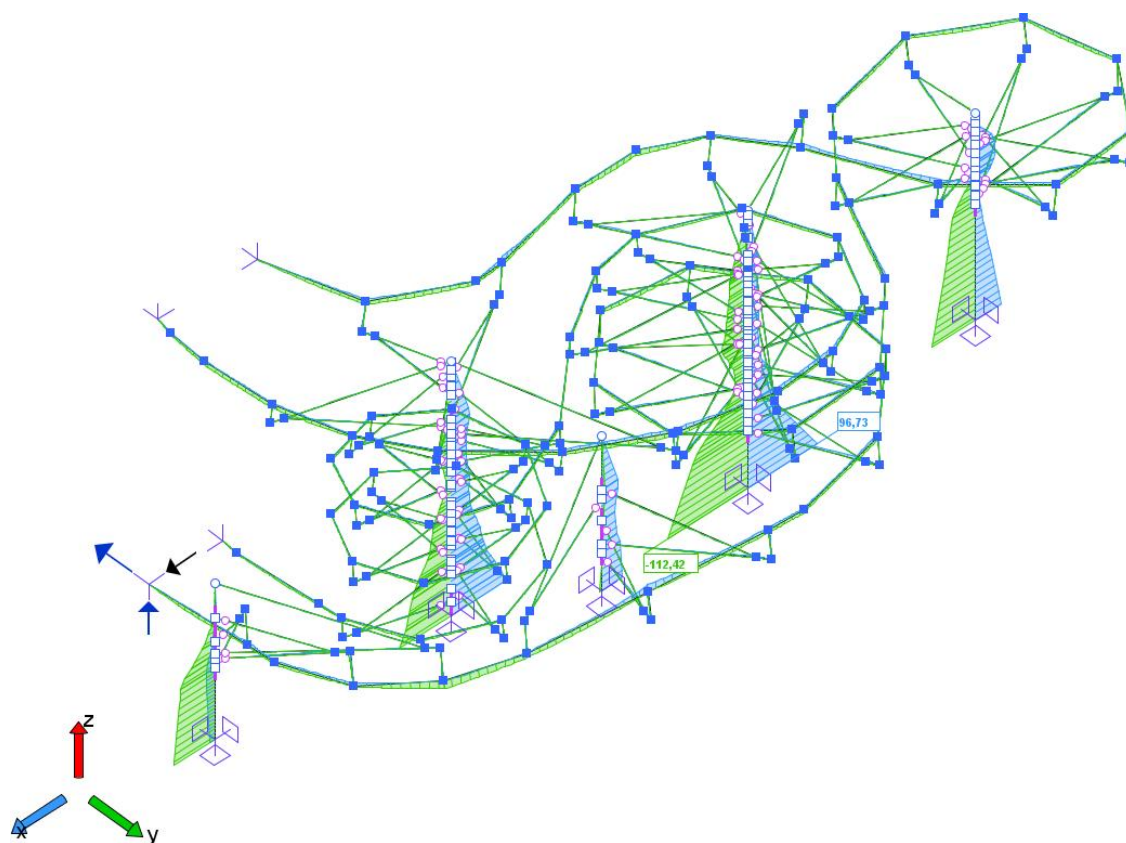
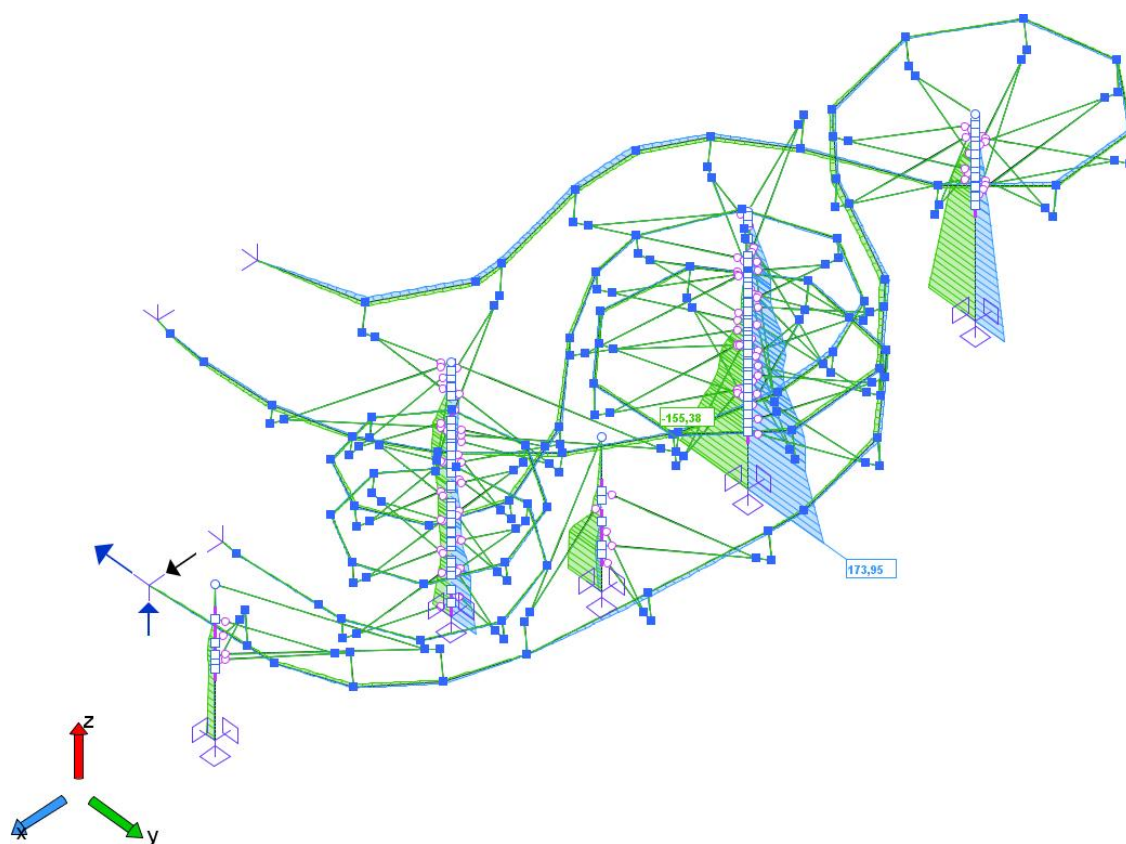
CZ.IV. Wyniki

CZ.IV.1. Wykresy sił wewnętrznych

CZ.IV.1.1. Siły F_x



CZ.IV.1.2. Siły Ty**CZ.IV.1.3. Siły Tz**

CZ.IV.1.4. Momenty M_y **CZ.IV.1.5. Momenty M_z** 

CZ.IV.2. Reakcje podporowe – obwiednia

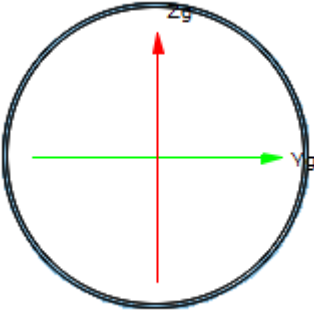
Nr	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	Numery grup(współcz.)
S1 (1)	22,84	3,51	81,26	-30,97	72,41	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 6(1,50), 10(1,05), 22(1,05)
	-20,73	0,95	66,68	2,83	-73,08	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 9(1,05), 25(1,05)
	4,85	14,72	93,38	-54,52	14,47	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 8(1,50), 12(1,05), 26(1,05)
	-2,83	-11,57	63,67	40,51	-13,61	0,00	1(1,00), 2(1,00), 7(1,50), 9(1,05), 24(1,05)
	-11,33	3,66	128,75	1,06	-49,33	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(1,50), 4(1,05), 5(0,90), 9(1,05), 20(1,05)
	21,66	2,36	41,30	-24,33	70,04	0,00	1(1,00), 2(1,00), 6(1,50), 10(1,05), 22(1,05)
	-2,83	-11,57	63,67	40,51	-13,61	0,00	1(1,00), 2(1,00), 7(1,50), 9(1,05), 24(1,05)
	5,30	14,58	92,14	-58,15	18,08	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 8(1,50), 10(1,05), 26(1,05)
	22,84	3,51	81,26	-30,97	72,41	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 6(1,50), 10(1,05), 22(1,05)
	-19,20	1,97	67,27	2,32	-77,73	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 9(1,05), 19(1,05)
S2 (3)	23,84	2,34	79,91	-25,76	103,35	0,00	1(1,00), 2(1,00), 6(1,50), 15(1,05), 22(1,05)
	-32,98	-6,05	120,23	1,28	-87,66	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 5(1,50), 14(1,05), 20(1,05)
	2,03	28,40	75,15	-164,16	28,07	0,00	1(1,00), 2(1,00), 8(1,50), 10(1,05), 23(1,05)
	-7,97	-33,22	128,04	145,60	-4,79	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 7(1,50), 13(1,05), 21(1,05)
	12,29	0,40	169,58	-40,88	95,62	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(1,50), 4(1,05), 6(0,90), 15(1,05), 22(1,05)
	-14,44	-2,84	53,70	-0,26	-34,93	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(0,90), 12(1,50), 19(1,50)
	-5,72	-32,38	73,06	155,38	-13,86	0,00	1(1,00), 2(1,00), 7(1,50), 13(1,05), 21(1,05)
	-0,22	27,55	130,12	-173,95	37,14	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 8(1,50), 10(1,05), 23(1,05)
	21,59	1,49	134,89	-35,55	112,42	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 6(1,50), 15(1,05), 22(1,05)
	-30,73	-5,20	65,25	11,06	-96,73	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 14(1,05), 20(1,05)
S3 (5)	10,58	0,57	41,05	-9,83	59,52	0,00	1(1,00), 2(1,00), 6(1,50), 12(1,05), 22(1,05)
	-9,82	-1,16	48,48	1,75	-35,46	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 5(1,50), 14(1,05), 20(1,05)
	0,45	10,73	27,87	-65,77	2,13	0,00	1(1,00), 2(1,00), 8(1,50), 10(1,05), 23(1,05)
	-2,17	-16,86	59,66	106,03	-1,60	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 7(1,50), 11(1,05), 21(1,05)
	7,12	-0,01	82,90	-11,26	48,23	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(1,50), 4(1,05), 6(0,90), 12(1,05), 22(1,05)
	-9,65	-0,93	22,85	3,32	-36,56	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 14(1,05), 20(1,05)
	-2,21	-15,40	37,55	108,53	-2,76	0,00	1(1,00), 2(1,00), 7(0,90), 11(1,50), 21(1,50)
	0,28	10,50	53,50	-67,34	3,23	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 8(1,50), 10(1,05), 23(1,05)
	10,40	0,34	66,67	-11,40	60,62	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 6(1,50), 12(1,05), 22(1,05)
	-9,65	-0,93	22,85	3,32	-36,56	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 14(1,05), 20(1,05)
S5 (7)	4,85	3,76	21,96	33,37	-4,56	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 6(1,50), 15(1,05), 22(1,05)
	-5,41	0,03	16,00	28,09	-19,60	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 17(1,05), 21(1,05)
	2,70	6,46	21,96	29,21	-8,80	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 8(1,50), 15(1,05), 22(1,05)
	-2,15	-5,67	18,36	42,18	-12,06	0,00	1(1,00), 2(1,00), 7(1,50), 16(1,05), 20(1,05)
	-2,75	-0,31	37,06	73,54	-25,55	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(1,50), 4(1,05), 5(0,90), 16(1,05), 21(1,05)
	4,73	2,39	10,59	11,66	2,04	0,00	1(1,00), 2(1,00), 6(1,50), 15(1,05), 23(1,05)
	-1,46	-1,94	37,05	76,03	-23,00	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(1,50), 4(1,05), 7(0,90), 16(1,05), 21(1,05)
	2,58	5,09	10,59	7,50	-2,20	0,00	1(1,00), 2(1,00), 8(1,50), 15(1,05), 23(1,05)
	4,67	2,37	11,04	12,91	2,83	0,00	1(1,00), 2(1,00), 6(1,50), 15(1,05), 21(1,05)
	-3,79	2,70	34,09	61,92	-30,00	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(1,50), 4(1,05), 5(0,90), 17(1,05), 23(1,05)

S4 (9)	6,17	-2,81	20,13	15,71	43,08	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(0,75), 4(1,05), 6(1,50), 16(1,05), 21(1,05)
	-3,85	1,16	14,24	4,48	14,40	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 17(1,05), 23(1,05)
	-3,85	1,16	14,24	4,48	14,40	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 17(1,05), 23(1,05)
	5,63	-2,88	24,70	16,43	49,74	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(1,50), 4(1,05), 6(0,90), 15(1,05), 21(1,05)
	4,92	-2,58	30,25	15,74	57,56	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(1,50), 4(1,05), 6(0,90), 18(1,05), 23(1,05)
	-2,72	0,90	9,47	2,05	7,39	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 11(1,05), 21(1,05)
	5,67	-2,83	25,74	18,76	52,95	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(1,50), 4(1,05), 6(0,90), 16(1,05), 21(1,05)
	-2,62	0,86	15,03	1,81	16,52	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 18(1,05), 23(1,05)
	4,95	-2,60	30,22	15,79	57,56	0,00	1(1,15), 2(1,15), 3(1,50), 4(1,05), 6(0,90), 18(1,05), 20(1,05)
	-2,72	0,90	9,47	2,05	7,39	0,00	1(1,00), 2(1,00), 5(1,50), 11(1,05), 21(1,05)

CZ.IV.3. Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D**– SŁUP S1:**

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną Y_g, a oś Z oznacza oś główną Z_g.

Geometria:

	Nazwa profilu:	ø 610.0/10.0	
	Długość pręta:	L = 7.18 m	
	Gatunek stali:	S235	
	Granica plastyczności:	f _y = 235.00 MPa	
	Pole przekroju:	A = 188.34 cm ²	
	Momenty bezwładności:	J _y = 84702.49 cm ⁴	J _z = 84702.49 cm ⁴
	Wskaźniki wytrzymałości sprężyste:	W _y = 2777.13 cm ³	W _z = 2777.13 cm ³
	Plastyczne:	W _{y,pl} = 3595.75 cm ³	W _{z,pl} = 3595.75 cm ³
	Momenty bezwładności na skręcanie:	I _t = 169693.13 cm ⁴	

1, 35, 37, 40, 137, 139, 143, 147, 150, 152, 155, 196, 200, 202, 205, 207, 210, 214, 216, 219, 221, 224, 226, 229, 231, 234, 236, 239, 241, 244, 246

Punkt nr: 0 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

N = -89.12 kN

T_y = V_y = -5.63 kNT_z = V_z = -21.17 kNM_y = -66.84 kNmM_z = 39.04 kNm**Klasa przekroju na ściskanie:**

Klasa ścianek średnika = 2

Klasa przekroju na ściskanie = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 2

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{188.34 \cdot 235}{1.00} = 4425.88 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595.75 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595.75 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989.81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 1626.74 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989.81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 1626.74 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{Vy,Rd} = M_{Cy,Rd} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{Vz,Rd} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{Cz,Rd}} = \frac{89.12}{4425.88} + \frac{66.84}{845.00} + \frac{39.04}{845.00} = 0.15$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{5.63}{1626.74} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{21.17}{1626.74} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{66.84}{845.00} + \frac{39.04}{845.00} = 0.13$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{66.84}{845.00} + \frac{39.04}{845.00} = 0.13$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{66.84}{845.00} + \frac{39.04}{845.00} = 0.13$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{66.84}{845.00} + \frac{39.04}{845.00} = 0.13$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 14.36 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 14.36 \text{ [m]}$$

Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = 8513.46 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 8513.46 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.72$$

$$l_z = 0.72$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.71 \quad \chi_z = 0.71 \quad \chi_{min} = 0.71$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanyim pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanyim pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.55$$

$$k_{zy} = 0.37$$

$$k_{zz} = 0.91$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{89.12}{0.71 \cdot 4425.88} \cdot 1.00 + 0.61 \cdot \frac{66.84}{845.00} \cdot 1.00 + 0.55 \cdot \frac{39.04}{1.00 \cdot 845.00} \cdot 1.00 = 0.10$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{\alpha} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{\alpha} \cdot \frac{M_{x,Ed} + \Delta M_{x,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{x,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{89.12}{0.71 \cdot 4425.88} \cdot 1.00 + 0.37 \cdot \frac{66.84}{845.00} \cdot 1.00 + 0.91 \cdot \frac{39.04}{1.00 \cdot 845.00} \cdot 1.00 = 0.10$$

1, 35, 37, 40, 137, 139, 143, 147, 150, 152, 155, 196, 200, 202, 205, 207, 210, 214, 216, 219, 221, 224, 226, 229, 231, 234, 236, 239, 241, 244, 246

Punkt nr: 1 na elemencie, położenie globalne na elem.: 5.11 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -51.66 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 37.38 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = -10.02 \text{ kN}$$

$$M_y = 2.38 \text{ kNm}$$

$$M_z = -30.60 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek środkowa = 2

Klasa przekroju na ściskanie = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 2

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{188.34 \cdot 235}{1.00} = 4425.88 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595.75 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595.75 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989.81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 1626.74 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989.81 [mm^2]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C_{y,Rd}} = 1626.74 [kN]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 845.00 [kNm]$$

$$M_{N,z,Rd} = 845.00 [kNm]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C_{y,Rd}} = 845.00 [kNm]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 845.00 [kNm]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 845.00 [kNm]$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 845.00 [kNm]$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C_{y,Rd}}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C_{z,Rd}}} = \frac{51.66}{4425.88} + \frac{2.38}{845.00} + \frac{30.60}{845.00} = 0.05$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C_{y,Rd}}} = \frac{37.38}{1626.74} = 0.02$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C_{z,Rd}}} = \frac{10.02}{1626.74} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C_{y,Rd}}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C_{z,Rd}}} = \frac{2.38}{845.00} + \frac{30.60}{845.00} = 0.04$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{V_y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{V_z}} = \frac{2.38}{845.00} + \frac{30.60}{845.00} = 0.04$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{N_{y,Rd}}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{N_{z,Rd}}} = \frac{2.38}{845.00} + \frac{30.60}{845.00} = 0.04$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{2.38}{845.00} + \frac{30.60}{845.00} = 0.04$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 14.36 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 14.36 \text{ [m]}$$

Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = 8513.46 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 8513.46 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.72$$

$$l_z = 0.72$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.71 \quad \chi_z = 0.71 \quad \chi_{min} = 0.71$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.54$$

$$k_{zy} = 0.36$$

$$k_{zz} = 0.91$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{51.66}{0.71 \cdot 4425.88} \cdot 1.00 +$$

$$0.61 \cdot \frac{2.38}{845.00} \cdot 1.00 + 0.54 \cdot \frac{30.60}{1.00 \cdot 845.00} \cdot 1.00 = 0.04$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{51.66}{0.71 \cdot 4425.88} \cdot 1.00 + 0.36 \cdot \frac{2.38}{845.00} \cdot 1.00$$

$$+ 0.91 \cdot \frac{30.60}{1.00 \cdot 845.00} \cdot 1.00 = 0.05$$

1, 35, 37, 40, 137, 139, 143, 147, 150, 152, 155, 196, 200, 202, 205, 207, 210, 214, 216, 219, 221, 224, 226, 229, 231, 234, 236, 239, 241, 244, 246

Punkt nr: 2 na elemencie, położenie globalne na elem.: 6.74 m**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 0.28 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = -3.44 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 8.42 \text{ kN}$$

$$M_y = 2.59 \text{ kNm}$$

$$M_z = 1.80 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek środknika = 2

Klasa przekroju na ściskanie = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 2

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{188,34 \cdot 235}{1,00} = 4425,88 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na rozciąganie

$$N_{t,Rd} = 4425,88 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595,75 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595,75 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989,81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 1626,74 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989,81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 1626,74 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{Vy,Rd} = M_{Cy,Rd} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.28}{4425.88} + \frac{2.59}{845.00} + \frac{1.80}{845.00} = 0.01$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{3.44}{1626.74} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{8.42}{1626.74} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{2.59}{845.00} + \frac{1.80}{845.00} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{2.59}{845.00} + \frac{1.80}{845.00} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{2.59}{845.00} + \frac{1.80}{845.00} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{2.59}{845.00} + \frac{1.80}{845.00} = 0.01$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 1.00$$

$$k_{yz} = 1.00$$

$$k_{zy} = 1.00$$

$$k_{zz} = 1.00$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{2.59}{845.00} \cdot 1.00 + \frac{1.80}{1.00 \cdot 845.00} \cdot 1.00 = 0.01$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

$$\text{Położenie: } x = 7.17 \text{ [m]}$$

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny

Ciężar zjeżdżalni

Obciążenie śniegiem

Obciążenie wodą

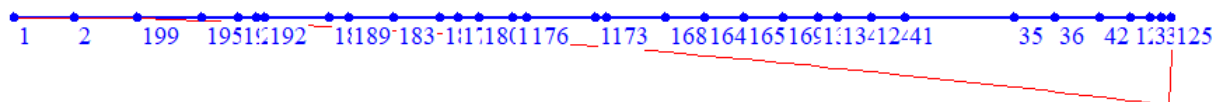
Wiatr x-

LL1.2

LL2.4

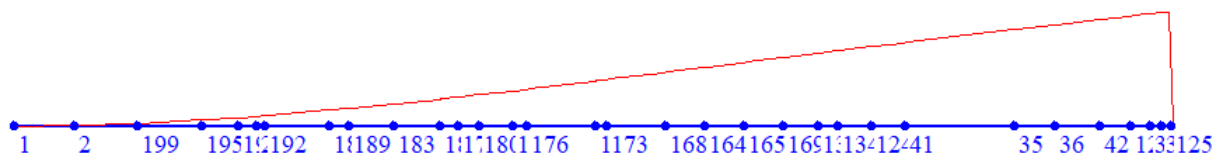
$$u_y = \sum u(i)_y = 0.284 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Y:



$$u_z = \sum u(i)_z = 0.368 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|0.284|^2 + |0.368|^2} = 0.46 \leq 2.872 [cm]$$

Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: $x = 7.17 [m]$

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny

Ciężar zjeżdżalni

Wiatr y-

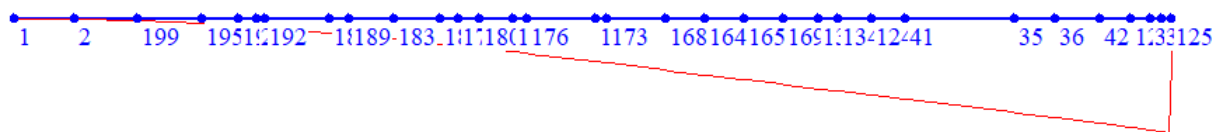
Obciążenie śniegiem

Obciążenie wodą

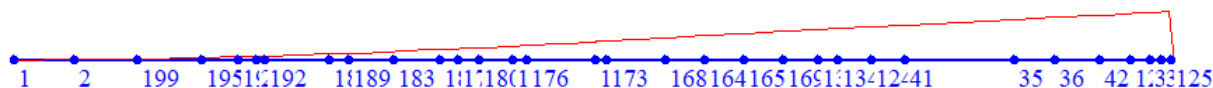
LL1.2

LL2.8

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:



Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:



$$u_b = u_{by} = 0.034 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = -0.314 [cm]$$

$$\Delta u_x = u_x - u_{bx} = 0.429 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_x^2} = \sqrt{(-0.314)^2 + (0.429)^2} = 0.532 \leq 2.872 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.045 - 0.000| = 0.045 [cm]$$

CZ.IV.4. Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D

– SŁUP S2:

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną Yg, a oś Z oznacza oś główną Zg.

Geometria:

	Nazwa profilu:		ø 610.0/10.0	
	Długość pręta:		L = 7.83 m	
	Gatunek stali:		S235	
	Granica plastyczności:		$f_y = 235.00 \text{ MPa}$	
	Pole przekroju:		$A = 188.34 \text{ cm}^2$	
	Momenty bezwładności:		$J_y = 84702.49 \text{ cm}^4$	$J_z = 84702.49 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości sprężyste:		$W_y = 2777.13 \text{ cm}^3$	$W_z = 2777.13 \text{ cm}^3$
	Plastyczne:		$W_{y,pl} = 3595.75 \text{ cm}^3$	$W_{z,pl} = 3595.75 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:		$I_t = 169693.13 \text{ cm}^4$	

2, 44, 49, 52, 54, 60, 64, 66, 70, 73, 75, 78, 80, 83, 85, 88, 90, 93, 95, 159, 163, 165, 168, 170, 173, 175, 178, 182, 186, 188, 191, 193, 249, 251

Punkt nr: 0 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -130.18 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = -27.59 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 0.17 \text{ kN}$$

$$M_y = -37.38 \text{ kNm}$$

$$M_z = 174.48 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek środkika = 2

Klasa przekroju na ściskanie = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 2

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{188,34 \cdot 235}{1,00} = 4425,88 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595,75 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595,75 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989,81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 1626,74 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989,81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 1626,74 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V_y, Rd} = M_{C_y, Rd} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V_z, Rd} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C_y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C_z,Rd}} = \frac{130.18}{4425.88} + \frac{37.38}{845.00} + \frac{174.48}{845.00} = 0.28$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C_y,Rd}} = \frac{27.59}{1626.74} = 0.02$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C_z,Rd}} = \frac{0.17}{1626.74} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C_y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C_z,Rd}} = \frac{37.38}{845.00} + \frac{174.48}{845.00} = 0.25$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{37.38}{845.00} + \frac{174.48}{845.00} = 0.25$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{37.38}{845.00} + \frac{174.48}{845.00} = 0.25$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{37.38}{845.00} + \frac{174.48}{845.00} = 0.25$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 15.66 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 15.66 \text{ [m]}$$

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = 7156.83 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 7156.83 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.79$$

$$l_z = 0.79$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.67 \quad \chi_z = 0.67 \quad \chi_{min} = 0.67$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskany pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskany pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.62$$

$$k_{yz} = 0.55$$

$$k_{zy} = 0.37$$

$$k_{zz} = 0.92$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{130.18}{0.67 \cdot 4425.88} \cdot 1.00 +$$

$$0.62 \cdot \frac{37.38}{845.00} \cdot 1.00 + 0.55 \cdot \frac{174.48}{1.00 \cdot 845.00} \cdot 1.00 = 0.19$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{130.18}{0.67 \cdot 4425.88} \cdot 1.00 + 0.37 \cdot \frac{37.38}{845.00} \cdot 1.00$$

$$+ 0.92 \cdot \frac{174.48}{1.00 \cdot 845.00} \cdot 1.00 = 0.25$$

2, 44, 49, 52, 54, 60, 64, 66, 70, 73, 75, 78, 80, 83, 85, 88, 90, 93, 95, 159, 163, 165, 168, 170, 173, 175, 178, 182, 186, 188, 191, 193, 249, 251

Punkt nr: 1 na elemencie, położenie globalne na elem.: 2.35 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -168.40 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 6.72 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = -74.97 \text{ kN}$$

$$M_y = -42.15 \text{ kNm}$$

$$M_z = 63.46 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek środkowa = 2

Klasa przekroju na ściskanie = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 2

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{188.34 \cdot 235}{1.00} = 4425.88 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595.75 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595,75 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989,81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 1626,74 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989,81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 1626,74 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{Vy,Rd} = M_{Cy,Rd} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{Vz,Rd} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 845,00 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{Cz,Rd}} = \frac{168,40}{4425,88} + \frac{42,15}{845,00} + \frac{63,46}{845,00} = 0,16$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{Cy,Rd}} = \frac{6,72}{1626,74} = 0,00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Cz,Rd}} = \frac{74,97}{1626,74} = 0,05$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{42.15}{845.00} + \frac{63.46}{845.00} = 0.12$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{42.15}{845.00} + \frac{63.46}{845.00} = 0.12$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{42.15}{845.00} + \frac{63.46}{845.00} = 0.12$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{42.15}{845.00} + \frac{63.46}{845.00} = 0.12$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 15.66 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 15.66 \text{ [m]}$$

Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = 7156.83 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 7156.83 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.79$$

$$l_z = 0.79$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.67 \quad \chi_z = 0.67 \quad \chi_{min} = 0.67$$

Współczynnik zwężenia przy ściskającym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwężenia przy ściskającym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.62$$

$$k_{yz} = 0.56$$

$$k_{zy} = 0.37$$

$$k_{zz} = 0.93$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{168.40}{0.67 \cdot 4425.88} \cdot 1.00 + 0.62 \cdot \frac{42.15}{845.00} \cdot 1.00 + 0.56 \cdot \frac{63.46}{1.00 \cdot 845.00} \cdot 1.00 = 0.13$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{168.40}{0.67 \cdot 4425.88} \cdot 1.00 + 0.37 \cdot \frac{42.15}{845.00} \cdot 1.00 + 0.93 \cdot \frac{63.46}{1.00 \cdot 845.00} \cdot 1.00 = 0.15$$

2, 44, 49, 52, 54, 60, 64, 66, 70, 73, 75, 78, 80, 83, 85, 88, 90, 93, 95, 159, 163, 165, 168, 170, 173, 175, 178, 182, 186, 188, 191, 193, 249, 251

Punkt nr: 2 na elemencie, położenie globalne na elem.: 7.61 m**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = 0.07 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = -5.10 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = -9.93 \text{ kN}$$

$$M_y = -2.21 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.99 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek środkika = 2

Klasa przekroju na ściskanie = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 2

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{188.34 \cdot 235}{1.00} = 4425.88 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na rozciąganie

$$N_{t,Rd} = 4425.88 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595.75 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3595.75 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 845.00 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989.81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 1626.74 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 11989.81 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C_{y,Rd}} = 1626.74 [kN]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 845.00 [kNm]$$

$$M_{N,z,Rd} = 845.00 [kNm]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C_{y,Rd}} = 845.00 [kNm]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 845.00 [kNm]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 845.00 [kNm]$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 845.00 [kNm]$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C_{y,Rd}}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C_{z,Rd}}} = \frac{0.07}{4425.88} + \frac{2.21}{845.00} + \frac{0.99}{845.00} = 0.00$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C_{y,Rd}}} = \frac{5.10}{1626.74} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C_{z,Rd}}} = \frac{9.93}{1626.74} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C_{y,Rd}}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C_{z,Rd}}} = \frac{2.21}{845.00} + \frac{0.99}{845.00} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{V_y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{V_z}} = \frac{2.21}{845.00} + \frac{0.99}{845.00} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{N_{y,Rd}}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{N_{z,Rd}}} = \frac{2.21}{845.00} + \frac{0.99}{845.00} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{N_{V,Rd,y}}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{N_{V,Rd,z}}} = \frac{2.21}{845.00} + \frac{0.99}{845.00} = 0.00$$

Współczynnik zwężenia przy ściskonym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwężenia przy ściskonym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 1.00$$

$$k_{yz} = 1.00$$

$$k_{zy} = 1.00$$

$$k_{zz} = 1.00$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{2.21}{845.00} \cdot 1.00 + \frac{0.99}{1.00 \cdot 845.00} \cdot 1.00 = 0.00$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

Położenie: $x = 7.83$ [m]

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny

Ciężar zjeżdżalni

Obciążenie śniegiem

Obciążenie wodą

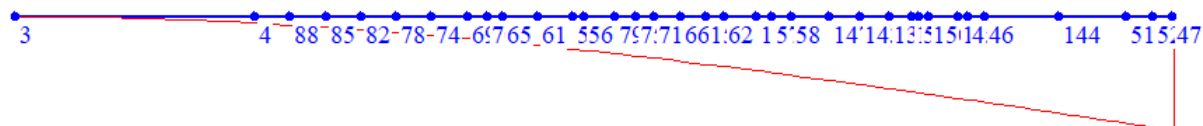
Wiatr y-

LL1.2

LL2.5

$$u_y = \sum u(i)_y = 1.682 \text{ [cm]}$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Y:



$$u_z = \sum u(i)_z = 0.383 \text{ [cm]}$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{|1.682|^2 + |0.383|^2} = 1.72 \leq 3.132 \text{ [cm]}$$

Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: $x = 7.83$ [m]

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny

Ciężar zjeżdżalni

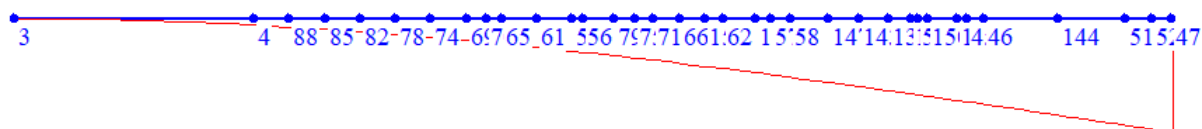
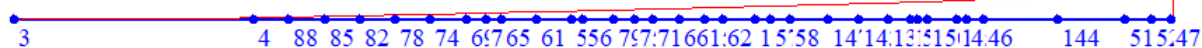
Wiatr y-

Obciążenie śniegiem

Obciążenie wodą

LL1.2

LL2.5

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:**Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:**

$$u_b = u_{bz} = 0.000 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = -1.682 [cm]$$

$$\Delta u_z = u_z - u_{bz} = 0.692 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_z^2} = \sqrt{(-1.682)^2 + (0.692)^2} = 1.819 \leq 3.132 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

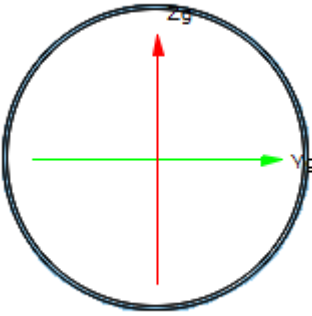
$$\Delta d = |d_n - d| = |1.725 - 0.000| = 1.725 [cm]$$

CZ.IV.5. Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D**– SŁUP S3:**

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną Yg, a oś Z oznacza oś główną Zg.

Geometria:

	Nazwa profilu:	ø 508.0/8.0	
	Długość pręta:	L = 5.85 m	
	Gatunek stali:	S235	
	Granica plastyczności:	$f_y = 235.00 \text{ MPa}$	
	Pole przekroju:	$A = 125.56 \text{ cm}^2$	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 39213.27 \text{ cm}^4$	$J_z = 39213.27 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości sprężyste:	$W_y = 1543.83 \text{ cm}^3$	$W_z = 1543.83 \text{ cm}^3$
	Plastyczne:	$W_{y,pl} = 1997.62 \text{ cm}^3$	$W_{z,pl} = 1997.62 \text{ cm}^3$

	Momenty bezwładności na skręcanie:	$I_t = 78559.92 \text{ cm}^4$
---	---	---

3, 98, 100, 103, 105, 108, 110, 113, 115, 118, 120, 123, 127, 129, 132, 134

Punkt nr: 0 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -65.05 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 15.64 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 2.39 \text{ kN}$$

$$M_y = 1.57 \text{ kNm}$$

$$M_z = -106.78 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek średnika = 2

Klasa przekroju na ściskanie = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 2

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{125.56 \cdot 235}{1.00} = 2950.59 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1997.62 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1997.62 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 7993.21 \left[\text{mm}^2 \right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C_x, Rd} = 1084.50 \left[\text{kN} \right]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 7993.21 \left[\text{mm}^2 \right]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{C_y, Rd} = 1084.50 \left[\text{kN} \right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 469.44 \left[\text{kNm} \right]$$

$$M_{N,z,Rd} = 469.44 \left[\text{kNm} \right]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V_y, Rd} = M_{C_y, Rd} = 469.44 \left[\text{kNm} \right]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V_z, Rd} = 469.44 \left[\text{kNm} \right]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 469.44 \left[\text{kNm} \right]$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 469.44 \left[\text{kNm} \right]$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C_y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C_z,Rd}} = \frac{65.05}{2950.59} + \frac{1.57}{469.44} + \frac{106.78}{469.44} = 0.25$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C_y,Rd}} = \frac{15.64}{1084.50} = 0.01$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C_z,Rd}} = \frac{2.39}{1084.50} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{N_y}}{M_{C_y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{N_z}}{M_{C_z,Rd}} = \frac{1.57}{469.44} + \frac{106.78}{469.44} = 0.23$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{N_y}}{M_{V_y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{N_z}}{M_{V_z}} = \frac{1.57}{469.44} + \frac{106.78}{469.44} = 0.23$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{1.57}{469.44} + \frac{106.78}{469.44} = 0.23$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{1.57}{469.44} + \frac{106.78}{469.44} = 0.23$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 11.69 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 11.69 \text{ [m]}$$

Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = 5943.28 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 5943.28 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.70$$

$$l_z = 0.70$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.72 \quad \chi_z = 0.72 \quad \chi_{min} = 0.72$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskany pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskany pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.55$$

$$k_{zy} = 0.37$$

$$k_{zz} = 0.91$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{65.05}{0.72 \cdot 2950.59} \cdot 1.00 + 0.61 \cdot \frac{1.57}{469.44} \cdot 1.00 + 0.55 \cdot \frac{106.78}{1.00 \cdot 469.44} \cdot 1.00 = 0.16$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{65.05}{0.72 \cdot 2950.59} \cdot 1.00 + 0.37 \cdot \frac{1.57}{469.44} \cdot 1.00 + 0.91 \cdot \frac{106.78}{1.00 \cdot 469.44} \cdot 1.00 = 0.24$$

3, 98, 100, 103, 105, 108, 110, 113, 115, 118, 120, 123, 127, 129, 132, 134**Punkt nr: 1 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -37.55 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 15.39 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 2.20 \text{ kN}$$

$$M_y = 2.74 \text{ kNm}$$

$$M_z = -108.49 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek środkika = 2

Klasa przekroju na ściskanie = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 2

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 2

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{125,56 \cdot 235}{1,00} = 2950,59 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1997,62 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 469,44 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1997,62 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 469,44 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 7993,21 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 1084,50 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 7993,21 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 1084,50 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 469,44 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 469,44 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V_y, Rd} = M_{C_y, Rd} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V_z, Rd} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C_y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C_z,Rd}} = \frac{37.55}{2950.59} + \frac{2.74}{469.44} + \frac{108.49}{469.44} = 0.25$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C_y,Rd}} = \frac{15.39}{1084.50} = 0.01$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C_z,Rd}} = \frac{2.20}{1084.50} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C_y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C_z,Rd}} = \frac{2.74}{469.44} + \frac{108.49}{469.44} = 0.24$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{2.74}{469.44} + \frac{108.49}{469.44} = 0.24$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{2.74}{469.44} + \frac{108.49}{469.44} = 0.24$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{2.74}{469.44} + \frac{108.49}{469.44} = 0.24$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 11.69 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 11.69 \text{ [m]}$$

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = 5943.28 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 5943.28 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.70$$

$$l_z = 0.70$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.72 \quad \chi_z = 0.72 \quad \chi_{min} = 0.72$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.54$$

$$k_{zy} = 0.36$$

$$k_{zz} = 0.91$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{37.55}{0.72 \cdot 2950.59} \cdot 1.00 + \\ & 0.61 \cdot \frac{2.74}{469.44} \cdot 1.00 + 0.54 \cdot \frac{108.49}{1.00 \cdot 469.44} \cdot 1.00 = 0.15 \\ & \frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{37.55}{0.72 \cdot 2950.59} \cdot 1.00 + 0.36 \cdot \frac{2.74}{469.44} \cdot 1.00 \\ & + 0.91 \cdot \frac{108.49}{1.00 \cdot 469.44} \cdot 1.00 = 0.23 \end{aligned}$$

3, 98, 100, 103, 105, 108, 110, 113, 115, 118, 120, 123, 127, 129, 132, 134

Punkt nr: 2 na elemencie, położenie globalne na elem.: 3.80 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -48.34 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 9.38 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = -63.15 \text{ kN}$$

$$M_y = -2.88 \text{ kNm}$$

$$M_z = 6.77 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

$$\text{Klasa ścianek środkowa} = 2$$

$$\text{Klasa przekroju na ściskanie} = 2$$

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

$$\text{Klasa przekroju na zginanie y-y} = 2$$

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

$$\text{Klasa przekroju na zginanie z-z} = 2$$

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{125.56 \cdot 235}{1.00} = 2950.59 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1997.62 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1997.62 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 7993.21 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 1084.50 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 7993.21 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 1084.50 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{Vy,Rd} = M_{Cy,Rd} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{Vz,Rd} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 469.44 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{Cz,Rd}} = \frac{48.34}{2950.59} + \frac{2.88}{469.44} + \frac{6.77}{469.44} = 0.04$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{Cy,Rd}} = \frac{9.38}{1084.50} = 0.01$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Cz,Rd}} = \frac{63.15}{1084.50} = 0.06$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{2.88}{469.44} + \frac{6.77}{469.44} = 0.02$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{2.88}{469.44} + \frac{6.77}{469.44} = 0.02$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{2.88}{469.44} + \frac{6.77}{469.44} = 0.02$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{2.88}{469.44} + \frac{6.77}{469.44} = 0.02$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 11.69 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 11.69 \text{ [m]}$$

Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = 5943.28 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 5943.28 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.70$$

$$l_z = 0.70$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.72 \quad \chi_z = 0.72 \quad \chi_{min} = 0.72$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.55$$

$$k_{zy} = 0.36$$

$$k_{zz} = 0.91$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{48.34}{0.72 \cdot 2950.59} \cdot 1.00 + 0.61 \cdot \frac{2.88}{469.44} \cdot 1.00 + 0.55 \cdot \frac{6.77}{1.00 \cdot 469.44} \cdot 1.00 = 0.03$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{48.34}{0.72 \cdot 2950.59} \cdot 1.00 + 0.36 \cdot \frac{2.88}{469.44} \cdot 1.00 + 0.91 \cdot \frac{6.77}{1.00 \cdot 469.44} \cdot 1.00 = 0.04$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

Położenie: $x = 5.85$ [m]

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny

Ciężar zjeżdżalni

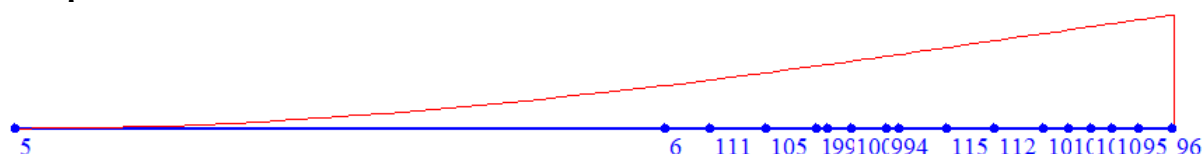
Wiatr $y+$

LL1.3

LL2.3

$$u_y = \sum u(i)_y = -1.253 \text{ [cm]}$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Y:



$$u_z = \sum u(i)_z = -0.003 \text{ [cm]}$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{(-1.253)^2 + (-0.003)^2} = 1.25 \leq 2.339 \text{ [cm]}$$

Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: $x = 5.85$ [m]

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny

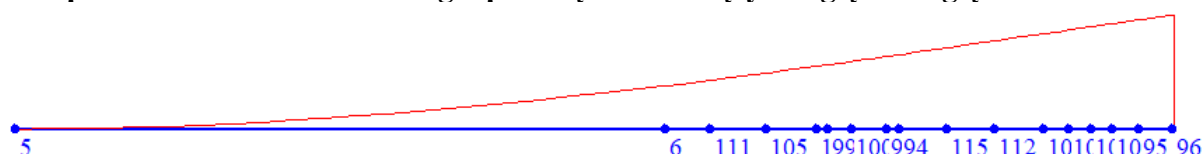
Ciężar zjeżdżalni

Wiatr $y+$

LL1.3

LL2.3

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:



Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:



$$u_b = u_{bx} = 0.000 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = -1.253 [cm]$$

$$\Delta u_x = u_x - u_{bx} = 0.621 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_x^2} = \sqrt{(-1.253)^2 + (0.621)^2} = 1.399 \leq 2.339 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |1.253 - 0.000| = 1.253 [cm]$$

CZ.IV.6. Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D

– SŁUP S4:

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną Yg, a oś Z oznacza oś główną Zg.

Geometria:

	Nazwa profilu:	ø 323.9/10.0	
	Długość pręta:	L = 4.40 m	
	Gatunek stali:	S235	
	Granica plastyczności:	$f_y = 235.00 \text{ MPa}$	
	Pole przekroju:	$A = 98.53 \text{ cm}^2$	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 12137.70 \text{ cm}^4$	$J_z = 12137.70 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości sprężyste:	$W_y = 749.47 \text{ cm}^3$	$W_z = 749.47 \text{ cm}^3$
	Plastyczne:	$W_{y,pl} = 984.41 \text{ cm}^3$	$W_{z,pl} = 984.41 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$I_t = 24316.68 \text{ cm}^4$	

5, 7, 9, 12, 14, 17

Punkt nr: 0 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -31.10 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 2.65 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = -5.28 \text{ kN}$$

$$M_y = -59.56 \text{ kNm}$$

$$M_z = -17.21 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek średnika = 1

Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{98.53 \cdot 235}{1.00} = 2315.47 [kN]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 [kNm]$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{plz} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 [kNm]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 [mm^2]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 851.06 [kN]$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 [mm^2]$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 851.06 [kN]$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 231.34 [kNm]$$

$$M_{N,z,Rd} = 231.34 [kNm]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{Vy,Rd} = M_{Cy,Rd} = 231.34 [kNm]$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{Vz,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{c,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{c,z,Rd}} = \frac{31.10}{2315.47} + \frac{59.56}{231.34} + \frac{17.21}{231.34} = 0.35$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{c,y,Rd}} = \frac{2.65}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{5.28}{851.06} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{c,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{c,z,Rd}} = \frac{59.56}{231.34} + \frac{17.21}{231.34} = 0.33$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{59.56}{231.34} + \frac{17.21}{231.34} = 0.33$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{59.56}{231.34} + \frac{17.21}{231.34} = 0.33$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{59.56}{231.34} + \frac{17.21}{231.34} = 0.33$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 8.81 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 8.81 \text{ [m]}$$

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = 3242.65 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 3242.65 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.85$$

$$l_z = 0.85$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.63 \quad \chi_z = 0.63 \quad \chi_{min} = 0.63$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.55$$

$$k_{zy} = 0.36$$

$$k_{zz} = 0.91$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{31.10}{0.63 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 +$$

$$0.61 \cdot \frac{59.56}{231.34} \cdot 1.00 + 0.55 \cdot \frac{17.21}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.22$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{31.10}{0.63 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 + 0.36 \cdot \frac{59.56}{231.34} \cdot 1.00$$

$$+ 0.91 \cdot \frac{17.21}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.18$$

5, 7, 9, 12, 14, 17**Punkt nr: 1 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -31.07 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 2.67 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = -5.30 \text{ kN}$$

$$M_y = -59.55 \text{ kNm}$$

$$M_z = -17.22 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek środkowa = 1

Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{98.53 \cdot 235}{1.00} = 2315.47 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 851.06 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 851.06 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{Vy,Rd} = M_{Cy,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{Vz,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{Cz,Rd}} = \frac{31.07}{2315.47} + \frac{59.55}{231.34} + \frac{17.22}{231.34} = 0.35$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{Cy,Rd}} = \frac{2.67}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Cz,Rd}} = \frac{5.30}{851.06} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Cz,Rd}} = \frac{59.55}{231.34} + \frac{17.22}{231.34} = 0.33$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz}} = \frac{59.55}{231.34} + \frac{17.22}{231.34} = 0.33$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{59.55}{231.34} + \frac{17.22}{231.34} = 0.33$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd,z}} = \frac{59.55}{231.34} + \frac{17.22}{231.34} = 0.33$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 8.81 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 8.81 \text{ [m]}$$

Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = 3242.65 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 3242.65 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.85$$

$$l_z = 0.85$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.63 \quad \chi_z = 0.63 \quad \chi_{min} = 0.63$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.55$$

$$k_{zy} = 0.36$$

$$k_{zz} = 0.91$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{31.07}{0.63 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 + 0.61 \cdot \frac{59.55}{231.34} \cdot 1.00 + 0.55 \cdot \frac{17.22}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.22$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{31.07}{0.63 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 + 0.36 \cdot \frac{59.55}{231.34} \cdot 1.00 + 0.91 \cdot \frac{17.22}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.18$$

5, 7, 9, 12, 14, 17**Punkt nr: 2 na elemencie, położenie globalne na elem.: 2.27 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -31.11 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 5.01 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = -52.20 \text{ kN}$$

$$M_y = -41.17 \text{ kNm}$$

$$M_z = -14.59 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek środkowa = 1

Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{98.53 \cdot 235}{1.00} = 2315.47 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 851.06 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 851.06 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C,z,Rd}} = \frac{31.11}{2315.47} + \frac{41.17}{231.34} + \frac{14.59}{231.34} = 0.25$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{5.01}{851.06} = 0.01$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{52.20}{851.06} = 0.06$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{41.17}{231.34} + \frac{14.59}{231.34} = 0.24$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{41.17}{231.34} + \frac{14.59}{231.34} = 0.24$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{41.17}{231.34} + \frac{14.59}{231.34} = 0.24$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{41.17}{231.34} + \frac{14.59}{231.34} = 0.24$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 8.81 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 8.81 \text{ [m]}$$

Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = 3242.65 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 3242.65 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.85$$

$$l_z = 0.85$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.63 \quad \chi_z = 0.63 \quad \chi_{min} = 0.63$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.55$$

$$k_{zy} = 0.36$$

$$k_{zz} = 0.91$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{31.11}{0.63 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 + \\ & 0.61 \cdot \frac{41.17}{231.34} \cdot 1.00 + 0.55 \cdot \frac{14.59}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.16 \\ & \frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{31.11}{0.63 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 + 0.36 \cdot \frac{41.17}{231.34} \cdot 1.00 \\ & + 0.91 \cdot \frac{14.59}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.14 \end{aligned}$$

5, 7, 9, 12, 14, 17

Punkt nr: 3 na elemencie, położenie globalne na elem.: 3.43 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = 0.18 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = -1.43 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 1.63 \text{ kN}$$

$$M_y = 1.58 \text{ kNm}$$

$$M_z = 1.39 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

$$\text{Klasa ścianek środkowa} = 1$$

$$\text{Klasa przekroju na ściskanie} = 1$$

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

$$\text{Klasa przekroju na zginanie y-y} = 1$$

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

$$\text{Klasa przekroju na zginanie z-z} = 1$$

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{98.53 \cdot 235}{1.00} = 2315.47 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na rozciąganie

$$N_{t,Rd} = 2315.47 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 851.06 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 851.06 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{Vy,Rd} = M_{Cy,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{Vz,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Cz,Rd}} = \frac{0.18}{2315.47} + \frac{1.58}{231.34} + \frac{1.39}{231.34} = 0.01$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{Cy,Rd}} = \frac{1.43}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Cz,Rd}} = \frac{1.63}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Cz,Rd}} = \frac{1.58}{231.34} + \frac{1.39}{231.34} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{1.58}{231.34} + \frac{1.39}{231.34} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{1.58}{231.34} + \frac{1.39}{231.34} = 0.01$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{1.58}{231.34} + \frac{1.39}{231.34} = 0.01$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskany pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskany pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 1.00$$

$$k_{yz} = 1.00$$

$$k_{zy} = 1.00$$

$$k_{zz} = 1.00$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{1.58}{231.34} \cdot 1.00 + \frac{1.39}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.01$$

5, 7, 9, 12, 14, 17

Punkt nr: 4 na elemencie, położenie globalne na elem.: 4.40 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -1.67 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 2.38 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = -2.70 \text{ kN}$$

$$M_y = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

$$\text{Klasa ścianek środkowa} = 1$$

$$\text{Klasa przekroju na ściskanie} = 1$$

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

$$\text{Klasa przekroju na zginanie y-y} = 1$$

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{98,53 \cdot 235}{1,00} = 2315,47 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984,41 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984,41 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272,67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 851,06 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272,67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 851,06 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{Vy,Rd} = M_{Cy,Rd} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{Vz,Rd} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{Cz,Rd}} = \frac{1.67}{2315.47} + \frac{0.00}{231.34} + \frac{0.00}{231.34} = 0.00$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{Cy,Rd}} = \frac{2.38}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Cz,Rd}} = \frac{2.70}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Cz,Rd}} = \frac{0.00}{231.34} + \frac{0.00}{231.34} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{0.00}{231.34} + \frac{0.00}{231.34} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{0.00}{231.34} + \frac{0.00}{231.34} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{0.00}{231.34} + \frac{0.00}{231.34} = 0.00$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 8.81 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 8.81 \text{ [m]}$$

Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = 3242.65 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 3242.65 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.85$$

$$l_z = 0.85$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.63 \quad \chi_z = 0.63 \quad \chi_{min} = 0.63$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 1.00$$

$$k_{yz} = 1.00$$

$$k_{zy} = 1.00$$

$$k_{zz} = 1.00$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_{min}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{1.67}{0.63 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 = 0.00$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

$$\text{Położenie: } x = 4.40 \text{ [m]}$$

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny

Ciężar zjeżdżalni

Obciążenie śniegiem

Obciążenie wodą

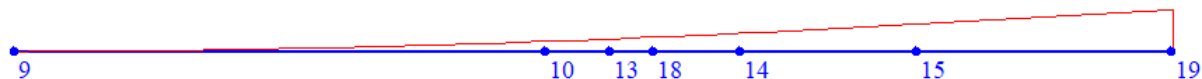
Wiatr x-

LL1.9

LL2.2

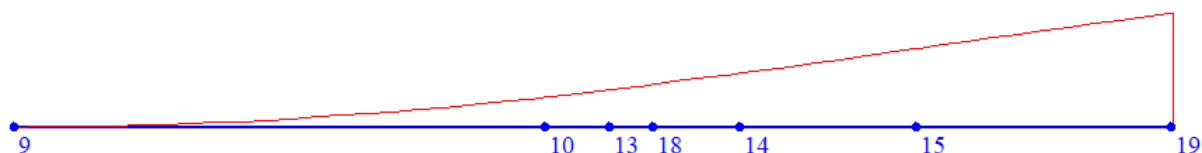
$$u_y = \sum u(i)_y = -0.490 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Y:



$$u_z = \sum u(i)_z = 1.360 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{(-0.490)^2 + (1.360)^2} = 1.45 \leq 1.762 [cm]$$

Wyniki ugięcia względnego:

Położenie: $x = 4.40 [m]$

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny

Ciężar zjeżdżalni

LL1.9

Obciążenie śniegiem

Obciążenie wodą

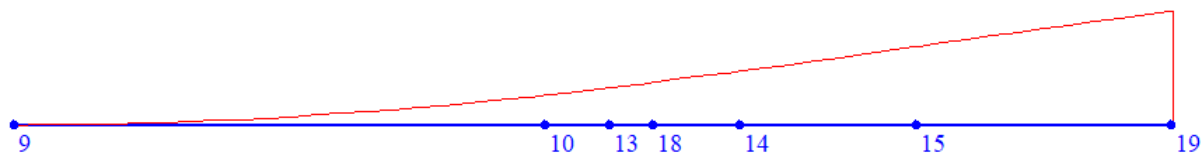
Wiatr x-

LL2.2

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:



Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:



$$u_b = u_{bx} = 0.000 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = -0.490 [cm]$$

$$\Delta u_x = u_x - u_{bx} = 1.374 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_x^2} = \sqrt{(-0.490)^2 + (1.374)^2} = 1.458 \leq 1.762 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |1.446 - 0.000| = 1.446 [cm]$$

CZ.IV.7. Raport wymiarowania stali wg PN-EN 1993-1-1 do programu Rama3D/2D

– SŁUP S5:

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną Yg, a oś Z oznacza oś główną Zg.

Geometria:

	Nazwa profilu:		ø 323.9/10.0	
	Długość pręta:		L = 4.36 m	
	Gatunek stali:		S235	
	Granica plastyczności:		$f_y = 235.00 \text{ MPa}$	
	Pole przekroju:		A = 98.53 cm ²	
	Momenty bezwładności:		$J_y = 12137.70 \text{ cm}^4$	$J_z = 12137.70 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości sprężyste:		$W_y = 749.47 \text{ cm}^3$	$W_z = 749.47 \text{ cm}^3$
	Plastyczne:		$W_{y,pl} = 984.41 \text{ cm}^3$	$W_{z,pl} = 984.41 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:		$I_t = 24316.68 \text{ cm}^4$	

4, 21, 23, 26, 28, 31

Punkt nr: 0 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -38.06 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 2.21 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 1.75 \text{ kN}$$

$$M_y = 23.40 \text{ kNm}$$

$$M_z = -77.15 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek środnika = 1

Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{98,53 \cdot 235}{1,00} = 2315,47 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984,41 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984,41 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272,67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 851,06 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272,67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 851,06 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C,z,Rd}} = \frac{38.06}{2315.47} + \frac{23.40}{231.34} + \frac{77.15}{231.34} = 0.45$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{2.21}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{1.75}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{23.40}{231.34} + \frac{77.15}{231.34} = 0.43$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{23.40}{231.34} + \frac{77.15}{231.34} = 0.43$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{23.40}{231.34} + \frac{77.15}{231.34} = 0.43$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{23.40}{231.34} + \frac{77.15}{231.34} = 0.43$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 8.72 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 8.72 \text{ [m]}$$

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = 3306.92 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 3306.92 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.84$$

$$l_z = 0.84$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.64 \quad \chi_z = 0.64 \quad \chi_{min} = 0.64$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskany pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskanym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.55$$

$$k_{zy} = 0.37$$

$$k_{zz} = 0.91$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\begin{aligned} & \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} \cdot \chi_y \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{38.06}{0.64 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 + \\ & 0.61 \cdot \frac{23.40}{231.34} \cdot 1.00 + 0.55 \cdot \frac{77.15}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.27 \\ & \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} \cdot \chi_z \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{38.06}{0.64 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 + 0.37 \cdot \frac{23.40}{231.34} \cdot 1.00 \\ & + 0.91 \cdot \frac{77.15}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.37 \end{aligned}$$

4, 21, 23, 26, 28, 31**Punkt nr: 1 na elemencie, położenie globalne na elem.: 0.00 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -38.08 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 0.59 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 3.03 \text{ kN}$$

$$M_y = 26.15 \text{ kNm}$$

$$M_z = -74.65 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

$$\text{Klasa ścianek środknika} = 1$$

$$\text{Klasa przekroju na ściskanie} = 1$$

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

$$\text{Klasa przekroju na zginanie y-y} = 1$$

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

$$\text{Klasa przekroju na zginanie z-z} = 1$$

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{98.53 \cdot 235}{1.00} = 2315.47 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 851.06 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 851.06 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{Vy,Rd} = M_{Cy,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{Vz,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{Cz,Rd}} = \frac{38.08}{2315.47} + \frac{26.15}{231.34} + \frac{74.65}{231.34} = 0.45$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{Cy,Rd}} = \frac{0.59}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{Cz,Rd}} = \frac{3.03}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{26.15}{231.34} + \frac{74.65}{231.34} = 0.44$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{26.15}{231.34} + \frac{74.65}{231.34} = 0.44$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{26.15}{231.34} + \frac{74.65}{231.34} = 0.44$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{26.15}{231.34} + \frac{74.65}{231.34} = 0.44$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 8.72 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 8.72 \text{ [m]}$$

Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = 3306.92 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 3306.92 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.84$$

$$l_z = 0.84$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.64 \quad \chi_z = 0.64 \quad \chi_{min} = 0.64$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskającym pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.55$$

$$k_{zy} = 0.37$$

$$k_{zz} = 0.91$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{38.08}{0.64 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 +$$

$$0.61 \cdot \frac{26.15}{231.34} \cdot 1.00 + 0.55 \cdot \frac{74.65}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.27$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{38.08}{0.64 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 + 0.37 \cdot \frac{26.15}{231.34} \cdot 1.00$$

$$+ 0.91 \cdot \frac{74.65}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.36$$

4, 21, 23, 26, 28, 31

Punkt nr: 2 na elemencie, położenie globalne na elem.: 1.32 m**Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -39.54 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 56.66 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 1.23 \text{ kN}$$

$$M_y = 17.96 \text{ kNm}$$

$$M_z = -64.03 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

Klasa ścianek środkowa = 1

Klasa przekroju na ściskanie = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

Klasa przekroju na zginanie y-y = 1

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

Klasa przekroju na zginanie z-z = 1

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{98.53 \cdot 235}{1.00} = 2315.47 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984.41 \cdot 10^{-6} \cdot 235.00}{1.00} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 851.06 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272.67 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 851.06 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{V,y,Rd} = M_{C,y,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{V,z,Rd} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 231.34 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{C,z,Rd}} = \frac{39.54}{2315.47} + \frac{17.96}{231.34} + \frac{64.03}{231.34} = 0.37$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{56.66}{851.06} = 0.07$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{1.23}{851.06} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{17.96}{231.34} + \frac{64.03}{231.34} = 0.35$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{17.96}{231.34} + \frac{64.03}{231.34} = 0.35$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{17.96}{231.34} + \frac{64.03}{231.34} = 0.35$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{17.96}{231.34} + \frac{64.03}{231.34} = 0.35$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 8.72 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 8.72 \text{ [m]}$$

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = 3306.92 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 3306.92 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.84$$

$$l_z = 0.84$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.64 \quad \chi_z = 0.64 \quad \chi_{min} = 0.64$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskany pasie górnym.

$$\chi_{LT,g} = 1.00$$

Współczynnik zwichrzenia przy ściskany pasie dolnym.

$$\chi_{LT,d} = 1.00$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 0.61$$

$$k_{yz} = 0.55$$

$$k_{zy} = 0.37$$

$$k_{zz} = 0.92$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_y} \cdot \gamma_{M1} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{39.54}{0.64 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 +$$

$$0.61 \cdot \frac{17.96}{231.34} \cdot 1.00 + 0.55 \cdot \frac{64.03}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.23$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_z} \cdot \gamma_{M1} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} \cdot \gamma_{M1} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{z,Rk}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{39.54}{0.64 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 + 0.37 \cdot \frac{17.96}{231.34} \cdot 1.00$$

$$+ 0.92 \cdot \frac{64.03}{1.00 \cdot 231.34} \cdot 1.00 = 0.31$$

4, 21, 23, 26, 28, 31**Punkt nr: 3 na elemencie, położenie globalne na elem.: 4.36 m****Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:**

$$N = -8.10 \text{ kN}$$

$$T_y = V_y = 6.89 \text{ kN}$$

$$T_z = V_z = 15.85 \text{ kN}$$

$$M_y = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

Klasa przekroju na ściskanie:

$$\text{Klasa ścianek środkowa} = 1$$

$$\text{Klasa przekroju na ściskanie} = 1$$

Klasa przekroju na zginanie względem osi y:

$$\text{Klasa przekroju na zginanie y-y} = 1$$

Klasa przekroju na zginanie względem osi z:

$$\text{Klasa przekroju na zginanie z-z} = 1$$

Nośność na ściskanie

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{98.53 \cdot 235}{1.00} = 2315.47 \text{ [kN]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi y

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984,41 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na czyste zginanie względem osi z

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{984,41 \cdot 10^{-6} \cdot 235,00}{1,00} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi z.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272,67 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cz,Rd} = 851,06 \text{ [kN]}$$

Nośność na ścinanie wzdłuż osi y.

Przekrój czynny przy ścinaniu.

$$A_v = 6272,67 \text{ [mm}^2 \text{]}$$

Nośność na ścinanie

$$V_{Cy,Rd} = 851,06 \text{ [kN]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej

$$M_{N,y,Rd} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,z,Rd} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi y.

$$M_{Vy,Rd} = M_{Cy,Rd} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność na zginanie z uwzględnieniem ścinania względem osi z.

$$M_{Vz,Rd} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Nośność przekroju na zginanie z uwzględnieniem siły normalnej i tnącej

$$M_{N,V,Rd,y} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

$$M_{N,V,Rd,z} = 231,34 \text{ [kNm]}$$

Warunki nośności:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{o,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_y}{M_{Cy,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_z}{M_{Cz,Rd}} = \frac{8,10}{2315,47} + \frac{0,00}{231,34} + \frac{0,00}{231,34} = 0,00$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{C,y,Rd}} = \frac{6.89}{851.06} = 0.01$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{C,z,Rd}} = \frac{15.85}{851.06} = 0.02$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{C,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{C,z,Rd}} = \frac{0.00}{231.34} + \frac{0.00}{231.34} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Vy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Vz}} = \frac{0.00}{231.34} + \frac{0.00}{231.34} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{Ny,Rd}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{Nz,Rd}} = \frac{0.00}{231.34} + \frac{0.00}{231.34} = 0.00$$

$$\frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{NV,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{NV,Rd,z}} = \frac{0.00}{231.34} + \frac{0.00}{231.34} = 0.00$$

Długości krytyczne:

$$L_{cr,y} = 8.72 \text{ [m]}$$

$$L_{cr,z} = 8.72 \text{ [m]}$$

Sily krytyczne:

$$N_{cr,y} = 3306.92 \text{ [kN]}$$

$$N_{cr,z} = 3306.92 \text{ [kN]}$$

Smukłości względne:

$$l_y = 0.84$$

$$l_z = 0.84$$

Współczynniki wyboczenia:

$$\chi_y = 0.64 \quad \chi_z = 0.64 \quad \chi_{min} = 0.64$$

Współczynniki interakcji.

$$k_{yy} = 1.00$$

$$k_{yz} = 1.00$$

$$k_{zy} = 1.00$$

$$k_{zz} = 1.00$$

Stopień wykorzystania nośności elementu.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \chi_{min}} \cdot \gamma_{M1} = \frac{8.10}{0.64 \cdot 2315.47} \cdot 1.00 = 0.01$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

$$\text{Położenie: } x = 4.36 \text{ [m]}$$

Lista grup obciążeń:**Nazwa grupy obciążeń:**

Ciężar własny

Ciężar zjeżdżalni

Obciążenie śniegiem

Obciążenie wodą

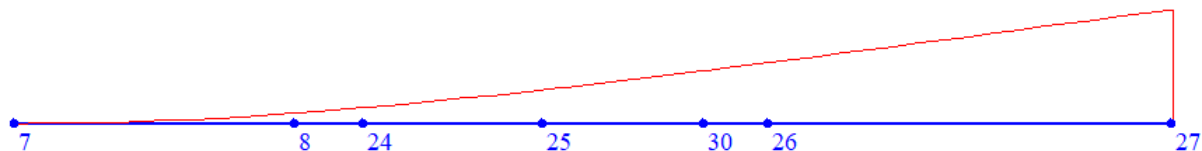
Wiatr y+

LL1.8

LL2.3

$$u_y = \sum u(i)_y = -1.565 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Y:



$$u_z = \sum u(i)_z = -0.605 [cm]$$

Wykres przemieszczeń w kierunku Z:



$$u_{max} = \sqrt{u_y^2 + u_z^2} = \sqrt{(-1.565)^2 + (-0.605)^2} = 1.68 \leq 1.744 [cm]$$

Wyniki ugięcia względnego:

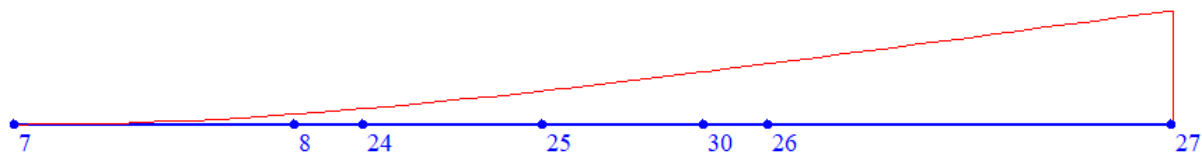
Położenie: $x = 4.36 [m]$

Lista grup obciążeń:

Nazwa grupy obciążeń:

Ciężar własny	Ciężar zjeżdżalni	Wiatr y+	Obciążenie śniegiem
Obciążenie wodą	LL1.8	LL2.3	

Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Y:



Wykres przemieszczeń dla zestawu grup obciążeń tworzących ugięcie względne w kierunku Z:



$$u_b = u_{bx} = 0.000 [cm]$$

$$\Delta u_y = u_y - u_{by} = -1.565 [cm]$$

$$\Delta u_x = u_x - u_{bx} = 0.765 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \sqrt{\Delta u_y^2 + \Delta u_x^2} = \sqrt{(-1.565)^2 + (0.765)^2} = 1.742 \leq 1.744 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |1.678 - 0.000| = 1.678 [cm]$$