

**POLITECHNIKA ŁÓDZKA**  
**WYDZIAŁ BUDOWNICTWA, ARCHITEKTURY**  
**I INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

KIERUNEK: BUDOWNICTWO

*Mariusz Ziola*  
*249575*

**ANALIZA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWA**  
**KONSTRUKCJI MASZTU PRZY ZASTOSOWANIU RÓŻNYCH**  
**WARIANTÓW ODCIĄGÓW**

**STATIC AND STRENGTH ANALYSIS OF A MAST STRUCTURE**  
**WITH VARIOUS GUY WIRES CONFIGURATIONS**

Praca dyplomowa II stopnia  
napisana w *Katedra Mechaniki Konstrukcji*  
Promotor pracy  
*dr hab. inż. Łukasz Domagalski*

ŁÓDŹ  
2025



## Spis treści

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| STRESZCZENIE.....                                                  | 5  |
| SUMMARY.....                                                       | 7  |
| 1. Wstęp .....                                                     | 9  |
| 2. Opis techniczny.....                                            | 13 |
| 2.1. Informacje ogólne.....                                        | 13 |
| 2.2. Elementy konstrukcji.....                                     | 15 |
| 2.2.1. Krawężniki .....                                            | 15 |
| 2.2.2. Skratowanie .....                                           | 15 |
| 2.2.3. Łożysko .....                                               | 15 |
| 2.2.4. Odciaży .....                                               | 16 |
| 2.2.5. Fundament pod masztem.....                                  | 16 |
| 2.2.6. Fundamenty do zakotwienia odciaży .....                     | 17 |
| 3. Obliczenia oddziaływań na konstrukcję .....                     | 18 |
| 3.1. Obciążenia stałe .....                                        | 18 |
| 3.2. Obciążenia klimatyczne.....                                   | 18 |
| 3.2.1. Oblodzenie .....                                            | 18 |
| 3.2.2. Wiatr.....                                                  | 19 |
| 4. Obliczenia z wykorzystaniem programu Rfem6 .....                | 37 |
| 4.1. Model obliczeniowy .....                                      | 37 |
| 4.2. Wytężenie krawężników masztu .....                            | 39 |
| 4.3. Naprężenia w blachach podstawy masztu .....                   | 40 |
| 5. Obliczenia połączeń z wykorzystaniem programu IdeaStatica ..... | 41 |
| 5.1. Połączenie segment – segment .....                            | 41 |
| 5.2. Połączenie odciaży z trzonem .....                            | 42 |
| 6. Obliczenia fundamentów z wykorzystaniem programu Frilo.....     | 43 |
| 6.1. Fundament pod masztem .....                                   | 43 |
| 6.2. Fundament pod odciażem .....                                  | 44 |
| 7. Obliczenia ręczne wybranych elementów konstrukcji .....         | 45 |
| 7.1. Odciaży .....                                                 | 45 |
| 7.2. Krawężniki.....                                               | 46 |
| 7.3. Skratowanie .....                                             | 48 |

|      |                                                                  |    |
|------|------------------------------------------------------------------|----|
| 7.4. | Łożysko.....                                                     | 49 |
| 8.   | Porównanie konstrukcji masztu dla różnych nachyleń odciągów..... | 51 |
| 8.1. | Siły w krawężnikach.....                                         | 51 |
| 8.2. | Siły w skratowaniu.....                                          | 55 |
| 8.3. | Siły w odciągach.....                                            | 59 |
| 8.4. | Przemieszczenia.....                                             | 63 |
| 8.5. | Podsumowanie.....                                                | 70 |
| 9.   | Wnioski.....                                                     | 71 |
| 10.  | Literatura.....                                                  | 74 |
| 11.  | Spis rysunków.....                                               | 75 |
| 12.  | Załączniki.....                                                  | 79 |

## STRESZCZENIE

Tematem pracy magisterskiej jest **Analiza statyczno-wytrzymałościowa konstrukcji masztu przy zastosowaniu różnych wariantów odciągów**. Rozpatrywany maszt ma wysokość 91 metrów. Stabilność konstrukcji zapewniają odciąg rozmieszczone na dwóch poziomach. Celem pracy jest porównanie różnych konfiguracji odciągów oraz ocena ich wpływu na nośność, sztywność i przemieszczenia konstrukcji w warunkach oddziaływań środowiskowych, takich jak wiatr i obciążenie lodem, a także pod wpływem ciężaru własnego.

W pracy przeprowadzono analizę zgodnie z wymaganiami Eurokodów, wykorzystując programy obliczeniowe RFEM 6, Frilo oraz IdeaStatica. Rozdział pierwszy stanowi wstęp, w którym przedstawiono zakres i cel pracy, a także opisano istniejące oraz historyczne maszty z odciągami, stanowiące punkt odniesienia dla dalszych analiz. W rozdziale drugim przedstawiono charakterystykę konstrukcji oraz opisano jej podstawowe elementy składowe. Rozdział trzeci obejmuje wyznaczenie oddziaływań działających na maszt, ze szczególnym uwzględnieniem obciążeń klimatycznych. Rozdział czwarty zawiera opis modelu obliczeniowego oraz analizę wyników uzyskanych w programie RFEM 6, natomiast w rozdziale piątym zaprezentowano obliczenia połączeń wykonane w programie IdeaStatica. Rozdział szósty obejmuje wymiarowanie fundamentów z wykorzystaniem programu Frilo. W rozdziale siódmym przedstawiono obliczenia ręczne wybranych elementów konstrukcji, które potwierdziły zgodność z wynikami uzyskanymi metodami numerycznymi. Rozdział ósmy stanowi porównanie konstrukcji masztu dla różnych wariantów nachylenia odciągów, ze wskazaniem zakresu najbardziej korzystnych rozwiązań. Rozdział dziewiąty zawiera wnioski końcowe, w których podsumowano wyniki analiz i sformułowano najważniejsze obserwacje dotyczące pracy konstrukcji masztu.

W załącznikach zamieszczono raporty obliczeniowe, zestawienia sił wewnętrznych, kombinacje obciążeń oraz rysunki gabarytowe i wykonawcze masztu.



## SUMMARY

The subject of this master's thesis is the **Static and strength analysis of a mast structure with various guy wires configurations**. The analyzed mast has a height of 91 meters. The stability of the structure is ensured by guy ropes arranged on two levels. The aim of the thesis is to compare different guy configurations and to evaluate their influence on the load-bearing capacity, stiffness, and displacements of the structure under environmental actions such as wind and ice loads, as well as the self-weight of the mast.

The analysis was carried out in accordance with the requirements of the Eurocodes, using the calculation software RFEM 6, Frilo and IdeaStatica. Chapter one serves as an introduction, presenting the scope and objectives of the thesis as well as describing existing and historical guyed masts, which constitute a point of reference for further analyses. Chapter two presents the characteristics of the structure and its basic components. Chapter three covers the determination of the loads acting on the mast, with particular emphasis on climatic actions. Chapter four contains a description of the numerical model and the analysis of results obtained in RFEM 6, while chapter five presents the connection calculations performed in IdeaStatica. Chapter Six includes the design of the foundations using Frilo software. In Chapter seven, hand calculations of selected structural elements are presented, confirming consistency with the results obtained through numerical methods. Chapter eight compares the mast structure for different guy inclination variants, indicating the range of the most advantageous solutions. Chapter nine contains final conclusions, summarizing the results of the analyses and formulating the key observations regarding the behaviour of the mast structure.

The appendices include calculation reports, lists of internal forces, load combinations, as well as overall and fabrication drawings of the mast.



## 1. Wstęp

Niniejsza praca magisterska poświęcona jest analizie zachowania konstrukcji masztu z odciągami. Rozpatrywana konstrukcja to maszt stalowy o wysokości 91 metrów, zaprojektowany ze stali S355. Stabilność obiektu zapewniają dwa poziomy odciągów, których nachylenie zostało przyjęte jako zmienna w procesie badawczym. Celem opracowania jest ocena wpływu różnych konfiguracji odciągów na nośność, sztywność i wielkość przemieszczeń masztu.

Obliczenia zostały przeprowadzone w oparciu o wymagania Eurokodów z wykorzystaniem narzędzi numerycznych: RFEM 6, IdeaStatica oraz Frilo. We wczesnych rozdziałach pracy przedstawiono charakterystykę konstrukcji oraz wyznaczono oddziaływania klimatyczne. Następnie zaprezentowano model obliczeniowy i wyniki analiz numerycznych w RFEM 6, uzupełnione o weryfikację wybranych węzłów i połączeń w programie IdeaStatica. Kolejne etapy obejmują wymiarowanie fundamentów przy pomocy programu Frilo, a także zestawienie wyników obliczeń komputerowych z obliczeniami ręcznymi, które potwierdziły ich poprawność. Ostatecznie zestawiono rezultaty dla różnych wariantów nachylenia odciągów, wskazując rozwiązania najbardziej korzystne z punktu widzenia pracy konstrukcji.

Aby lepiej osadzić analizę w praktyce inżynierskiej, warto przywołać zarówno istniejące, jak i historyczne przykłady masztów z odciągami, które stanowią punkt odniesienia dla tego typu obiektów. Szczególnie wymownym przykładem jest maszt w Konstantynowie pod Gąbinem, który przez lata uchodził za najwyższą konstrukcję świata. Miał wysokość 646 metrów, trójkątny przekrój kratowy z rur stalowych oraz pięć poziomów odciągów. Maszt uległ katastrofie w 1991 roku w wyniku awarii podczas prac konserwacyjnych, co unaocznilo, jak istotną rolę odgrywa właściwa eksploatacja i utrzymanie tego typu obiektów.

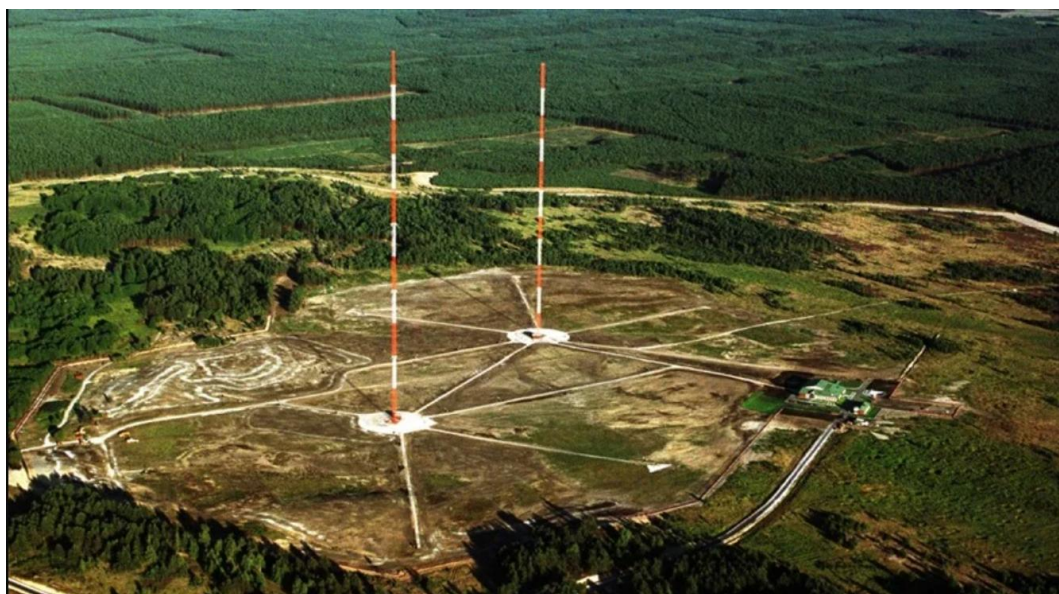


Rysunek 1.1. Maszt w Konstantynowie

Źródło: Wciąganie wiechy, zdjęcie z okładki „Młodego Technika”, 1974

## Rozdział 1: Wstęp

Kolejnym istotnym obiektem są maszty w Solcu Kujawskim, gdzie po katastrofie w Konstantynowie powstała nowa stacja nadawcza. Dwa maszty o wysokości 330 i 289 metrów.



Rysunek 1.2. Maszty w Solcu Kujawskim

*Źródło: [jedynka.polskieradio.pl](http://jedynka.polskieradio.pl), fot. Wojtek Szabelski*

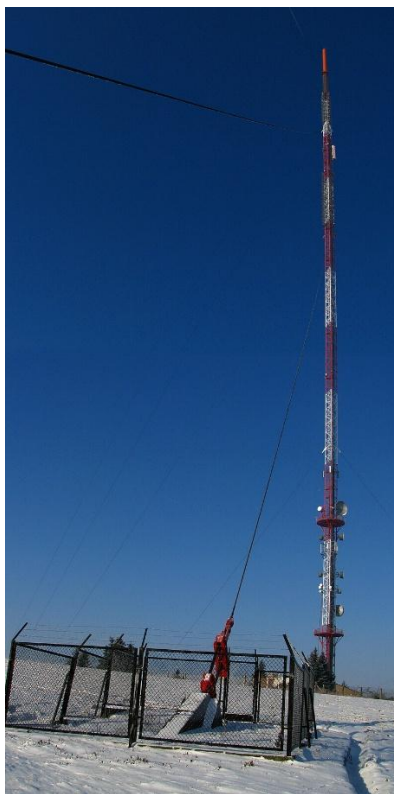
W Olsztynie-Pieczewie wznosi się z kolei maszt radiowo-telewizyjny o wysokości 356,5 metra, należący do najwyższych konstrukcji w Polsce. Do dziś obsługuje emisję sygnałów FM i cyfrowych multipleksów telewizyjnych.



Rysunek 1.3. Maszt w Olsztynie-Pieczewie

*Źródło: [olsztyn.com.pl](http://olsztyn.com.pl), fot. Flying Badger*

Podobne funkcje do dziś pełni maszt w Śremie o wysokości 290 metrów, wzniesiony w 1964 roku.



Rysunek 1.4. Maszt w Śremie

*Źródło: pl.wikipedia.org, fot. Drozdi-Pn*

Na tle europejskim warto wskazać także maszt nadawczy Belmont w Wielkiej Brytanii, który pierwotnie miał 388 metrów, a obecnie po skróceniu liczy 351 metrów wysokości. Jest to konstrukcja rurowa, w górnej części przechodząca w sekcję kratową. Obiekt ten do dziś pełni funkcje nadawcze i stanowi przykład zróżnicowanych rozwiązań materiałowych i geometrycznych stosowanych w tego typu konstrukcjach.



Rysunek 1.5. Maszt w Belmont

*Źródło: aeriassandtv.com*

## Rozdział 1: Wstęp

Przywołane przykłady ukazują dużą różnorodność masztów w Polsce i Europie – zarówno pod względem wysokości, liczby poziomów odciągów, jak i zastosowanych rozwiązań materiałowych oraz profili konstrukcyjnych. Na tym tle analizowany w niniejszej pracy model masztu stanowi kontynuację sprawdzonych rozwiązań inżynierskich, a jednocześnie pozwala na pogłębione zbadanie wpływu konfiguracji odciągów na jego zachowanie.

## 2. Opis techniczny

### 2.1. Informacje ogólne

Wysokość całkowita masztu równa jest 91,0m. Maszt spełnia wymagania drugiej klasy niezawodności. Konstrukcja przeznaczona jest do celów telekomunikacyjnych. Warunki projektowe przyjęto dla Polski, dla miasta Łodzi. Teren wokół konstrukcji przyjęto jako płaski, bez zabudowy w bezpośrednim otoczeniu.

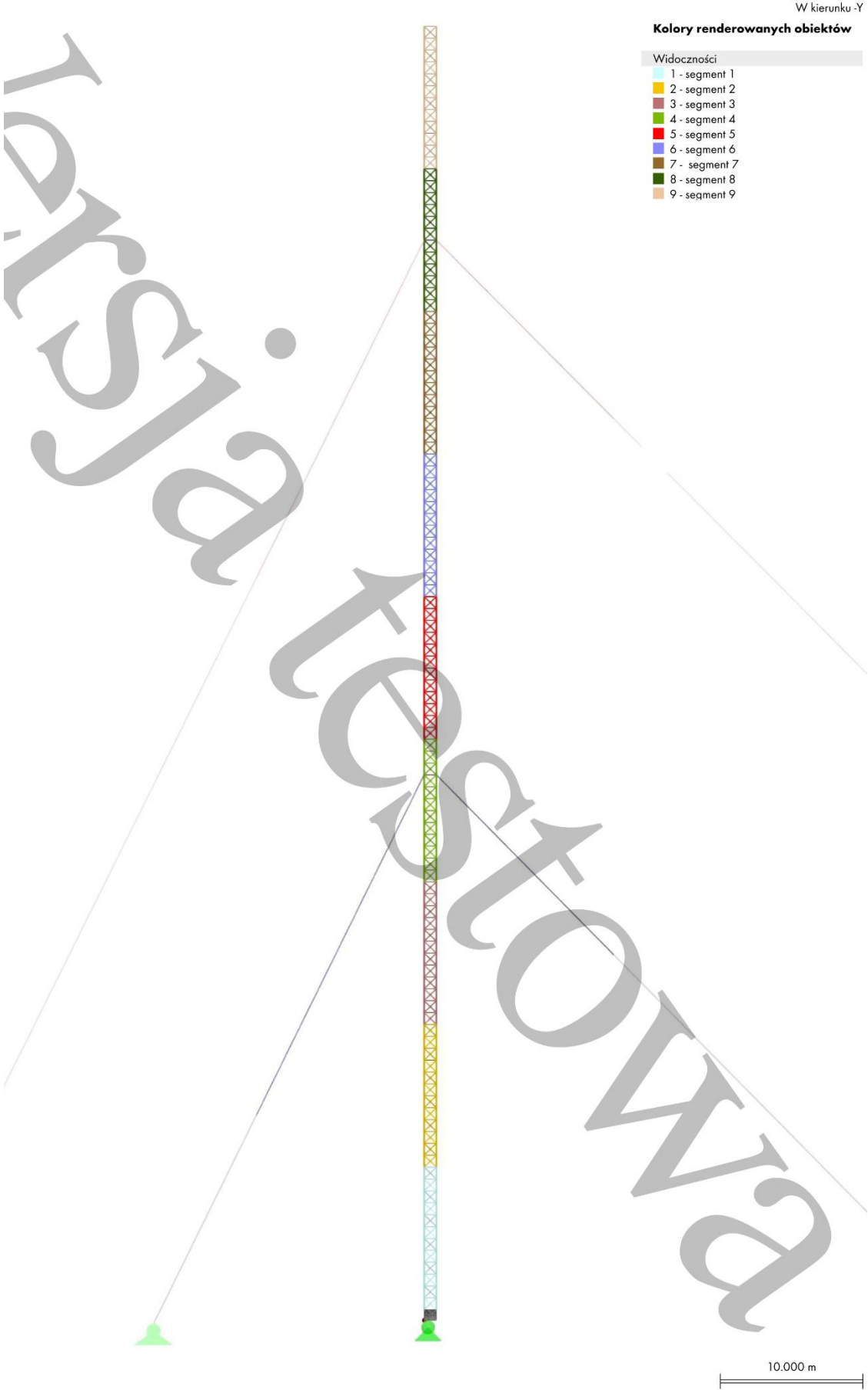
Konstrukcje masztu zaprojektowano z dwoma poziomami odciągów na wysokościach 38,5m i 76,0m. Analizowany w pracy wariant zakłada odciągi o nachyleniu  $45^\circ$  względem poziomu. Trzon składa się z segmentów o długości 10,0m połączonych ze sobą za pomocą połączenia sprężanego śrubami M12 klasy 10.9. Krawężniki stanowią rury stalowe walcowane na gorąco, rozmieszczone w układzie trójkątnym o rozstawie 1,00m. Elementy skratowania zaprojektowano z rur stalowych, w konfiguracji typu „K” Połączenia elementów skratowania z krawężnikami wykonano za pomocą połączeń spawanych.

Podstawa trzonu masztu została ukształtowana z trzech blach pośrednio połączonych ze sobą, przenoszących siły na centralny przegub w postaci łożyska.

Odciągi masztu wykonano z lin stalowych typu full locked coil (PV). Końcówki kabli przewidziano jako widelkowe ze sworzniem, mocowane do blach węzłowych (por. [5]). Wstępny naciąg odciągów nie przekracza 10% siły zrywającej w celu ograniczenia drgań.

Fundament centralny masztu zaprojektowano w formie bloku betonowego klasy C25/30 o kształcie prostopadłościanu. Podstawowe zakotwienie konstrukcji zapewniają kotwy chemiczne M16, natomiast kotwy mechaniczne M14 przeznaczono do mocowania elementów przeciwwskrętnych.

Odciągi zakotwiono w fundamencie żelbetowym z betonu klasy C25/30, ukształtowanym z pochyloną podeszwą dla zwiększenia stateczności. Siły rozciągające z lin przenoszone są na fundament za pośrednictwem stalowych elementów zakotwionych w bloku betonowym.



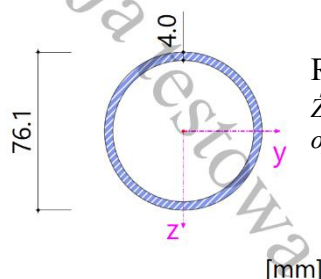
Rysunek 2.1. Model stworzony w programie RFEM6  
*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

## 2.2. Elementy konstrukcji

### 2.2.1. Krawężniki

Krawężniki w konstrukcji masztu wykonano z rur stalowych walcowanych na gorąco o przekroju CHS 76.1x4.0, ze stali klasy S355.

|                |                         |
|----------------|-------------------------|
| Średnica:      | $d = 76,1 \text{ mm}$   |
| Grubość:       | $t = 4,0 \text{ mm}$    |
| Pole przekroju | $A = 9,06 \text{ cm}^2$ |
| Ciężar         | $G = 7,10 \text{ kg/m}$ |



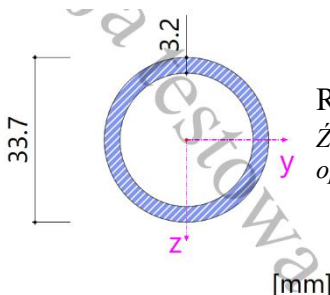
Rysunek 2.2. Widok przekroju

Źródło: Program RFEM6 –  
opracowanie własne

### 2.2.2. Skratowanie

Skratowanie w konstrukcji masztu wykonano z rur stalowych walcowanych na gorąco o przekroju CHS 33.7x3.2, ze stali klasy S355. Kąt nachylenia prętów w układzie „K” określono na poziomie około 40°.

|                |                         |
|----------------|-------------------------|
| Średnica:      | $d = 33,7 \text{ mm}$   |
| Grubość:       | $t = 3,2 \text{ mm}$    |
| Pole przekroju | $A = 3,07 \text{ cm}^2$ |
| Ciężar         | $G = 2,40 \text{ kg/m}$ |

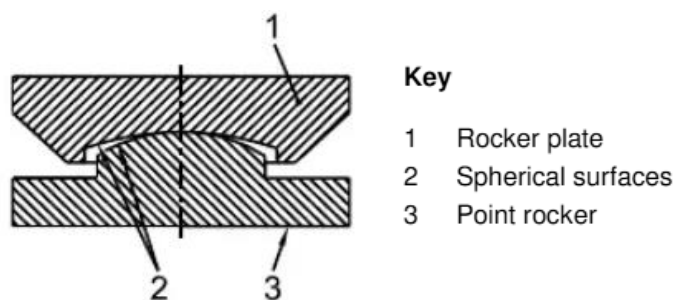


Rysunek 2.3. Widok przekroju

Źródło: Program RFEM6 –  
opracowanie własne

### 2.2.3. Łożysko

Łożysko zastosowane w podstawie trzonu masztu wykonano metodą obróbki wiórowej z walcowanej stali okrągłej klasy S355. Łożysko pełni funkcję centralnego przegubu, umożliwiając przenoszenie sił osiowych z trzonu masztu na fundament oraz zapewniając możliwość niewielkich obrotów i wychyleń konstrukcji.

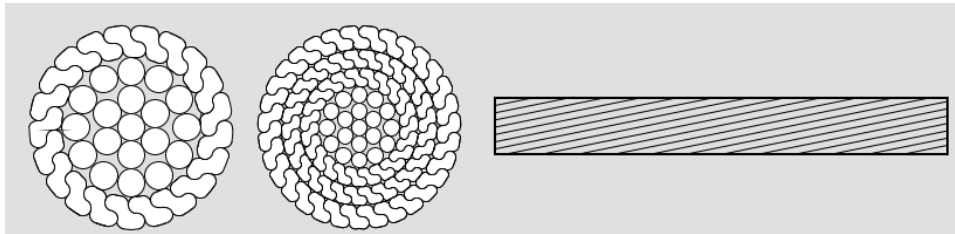


Rysunek 2.4. Szkic łożyska

Źródło: Norma EN 1337-6

#### 2.2.4. Odciągi

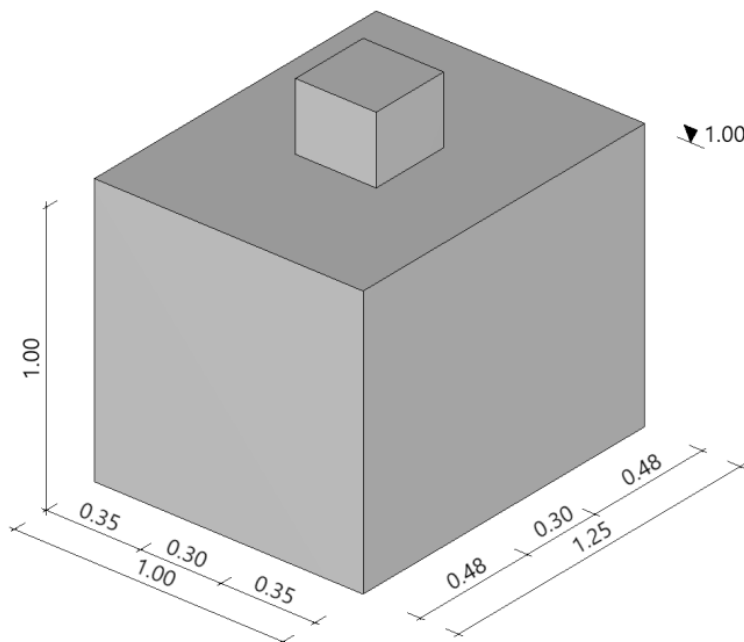
Odciągi wykonano je z lin stalowych typu full locked coil PV o charakterystycznej sile zrywającej 916 kN i przekroju 634 mm<sup>2</sup>[5]. Koniec odciągu przewidziano jako widełkowy ze sworzniem, mocowany do blach węzłowych. Wstępny naciąg odciągów przyjęto na poziomie 60 kN, co odpowiada około 10% ich obliczeniowej wytrzymałości, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1993-3-1.



Rysunek 2.5. Przekrój i widok odciągu  
*Źródło: PFEIFER – katalog: Ciężna UMIK*

#### 2.2.5. Fundament pod masztem

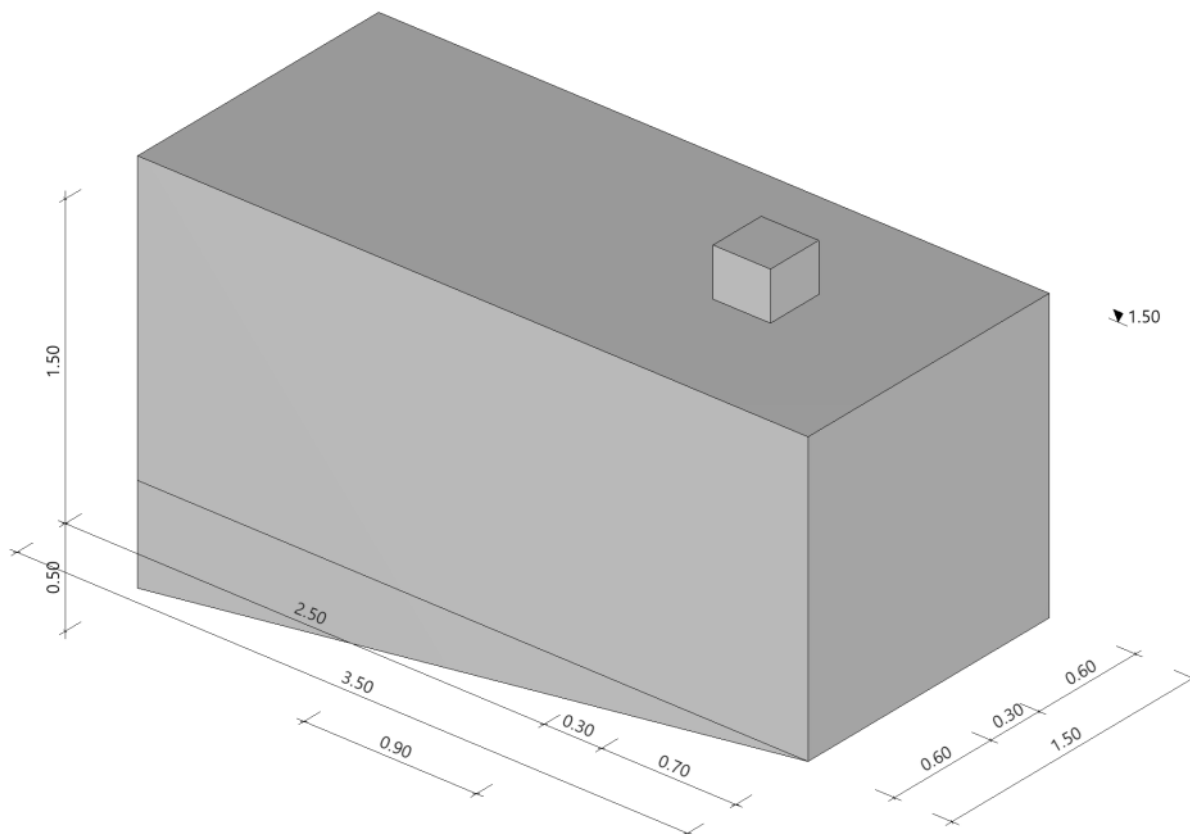
Fundament centralny masztu wykonano w postaci bloku betonowego o kształcie prostopadłościanu, z betonu klasy C25/30. Wymiary fundamentu wynoszą 1,25 x 1,00 x 1,00m. Fundament posadowiono na -1,00m



Rysunek 2.6. Model fundamentu stworzony w programie Frilo  
*Źródło: Program Frilo – opracowanie własne*

### 2.2.6. Fundamenty do zakotwienia odciągów

Fundamenty przeznaczone do zakotwienia odciągów wykonano z betonu klasy C25/30. Każdy fundament ukształtowano w formie bloku z pochyloną podszwą. Wewnątrz fundamentu umieszczono stalowy stelaż który przenosi siły z odciagu na fundament. Wymiary fundamentu wynoszą 3,50 x 1,50 x 1,50 do 2,00 m. Fundament posadowiono na od -1,50 do -2,00m.



Rysunek 2.7. Model fundamentu stworzony w programie Frilo

*Źródło: Program Frilo – opracowanie własne*

### 3. Obliczenia oddziaływań na konstrukcję

Dla konstrukcji masztu przyjęto drugą klasę niezawodności. Wartości współczynników częściowych wynoszą kolejno:

$$\begin{aligned}\gamma_G &= 1,1 \\ \gamma_W &= 1,4 \\ \gamma_{ice} &= 1,4\end{aligned}\quad [PN-EN 1993-3-1, Tab. A.2]$$

#### 3.1. Obciążenia stałe

Ciężar własny masztu wyznaczono na podstawie modelu obliczeniowego w programie RFEM. Łączna masa konstrukcji wynosi 3,717 t, przy czym wartość ta obejmuje naddatek na elementy pomocnicze, takie jak blachy węzłowe, śruby i spoiny, oszacowany na 10%.

| Nazwa materiału | Nazwa przekroju | Ilość Q [--] | Całk. długość LΣ [m] | Masa całkowita MΣ [t] |
|-----------------|-----------------|--------------|----------------------|-----------------------|
| S355            | CHS 76.1x4.0    | 1            | 270,000              | 1,920                 |
|                 | CHS 33.7x3.2    | 1            | 421,602              | 1,016                 |
|                 | CHS 33.7x3.2    | 1            | 317,807              | 0,766                 |
|                 | CHS 33.7x3.2    | 1            | 5,996                | 0,014                 |
|                 |                 | 4            | 1015,406             | 3,717                 |

Tabela 3.1. Ciężar własny konstrukcji masztu

#### 3.2. Obciążenia klimatyczne

##### 3.2.1. Oblodzenie

Charakterystyczna grubość warstwy oblodzenia:

$$b = 0,012 \text{ m} \quad [PN-87/B-02013]$$

Charakterystyczne obciążenie konstrukcji wynikające z oblodzenia:

$$g^k = \pi \cdot \gamma \cdot s(d + s) \quad (3.2.1) \quad [PN-87/B-02013]$$

$\gamma = 7 \text{ kN/m}^3$  (ciężar objętościowy lodu).

Grubość warstwy oblodzenia:

$$s = b \cdot \mu \cdot \xi \quad (3.2.2)$$

$$\mu = \frac{1}{4\sqrt{100d}} \quad (3.2.3)$$

$$\xi = \left(\frac{H}{10}\right)^{0,3} \quad (3.2.4)$$

[PN-87/B-02013]

### Rozdział 3: Obliczenia oddziaływań na konstrukcję

Na podstawie przedstawionych powyżej zależności przeprowadzono obliczenia dla poszczególnych elementów konstrukcji. Wyniki zestawiono w tabeli poniżej.

| Nr węzła | Z [m] | $\xi(z)$ | $\mu$ pasa | $\mu$ skrat. | s pasa | s skrat. | g pasa [kN/m] | g skr. [kN/m] |
|----------|-------|----------|------------|--------------|--------|----------|---------------|---------------|
| 1        | 11    | 1,029006 | 0,602      | 0,738        | 0,007  | 0,009    | 0,016         | 0,009         |
| 2        | 21    | 1,249297 | 0,602      | 0,738        | 0,009  | 0,011    | 0,019         | 0,011         |
| 3        | 31    | 1,404134 | 0,602      | 0,738        | 0,010  | 0,012    | 0,022         | 0,013         |
| 4        | 41    | 1,526986 | 0,602      | 0,738        | 0,011  | 0,014    | 0,024         | 0,014         |
| 5        | 51    | 1,630313 | 0,602      | 0,738        | 0,012  | 0,014    | 0,026         | 0,015         |
| 6        | 61    | 1,720279 | 0,602      | 0,738        | 0,012  | 0,015    | 0,028         | 0,016         |
| 7        | 71    | 1,800435 | 0,602      | 0,738        | 0,013  | 0,016    | 0,029         | 0,017         |
| 8        | 81    | 1,873033 | 0,602      | 0,738        | 0,014  | 0,017    | 0,030         | 0,018         |
| 9        | 91    | 1,939601 | 0,602      | 0,738        | 0,014  | 0,017    | 0,032         | 0,019         |

Tabela 3.2. Obładowienie trzonu masztu

W poniższej tabeli przedstawiono obliczenia dla odciągów. Wysokość przyjęto jako 2/3 wysokości zamocowania odciagu.

| Poziom | Z [m] | $\xi(z)$ | $\mu$ cieгна | s cieгна | g cieгна. [kN/m] |
|--------|-------|----------|--------------|----------|------------------|
| 1      | 25,67 | 1,326816 | 0,754        | 0,012    | 0,0114           |
| 2      | 50,67 | 1,627109 | 0,754        | 0,015    | 0,0148           |

Tabela 3.3. Obładowienie odciągów masztu

#### 3.2.2. Wiatr

Dla drugiej strefy obciążenia wiatrem przyjęto prędkość bazową:

$$v_{b0} = 26 \text{ m/s} \quad q_{b0} = 0,42 \text{ kN/m}^2 \quad (3.2.5) \quad [PN-EN 1991-1-4, \text{Tab. NA.1}]$$

Przy założeniu terenu kategorii II, współczynnik ekspozycji jest równy:

$$c_e(z) = 2,3 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24} \quad (3.2.6) \quad [PN-EN 1991-1-4, \text{Tab. NA.3}]$$

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (3.2.7) \quad [PN-EN 1991-1-4, 4.9]$$

Przyjęto współczynnik kierunkowy:

$$c_{dir} = 1,0 \quad [PN-EN 1991-1-4, 4.1]$$

### Rozdział 3: Obliczenia oddziaływań na konstrukcję

**W celu zastosowania metody statycznej należy spełnić 3 warunki.**

#### **Warunek 1**

Wysięg części wspornikowej nie powinien być większy od połowy długości przyległego przęsła:

$$\frac{37,5 \text{ m}}{2} = 18,75 \text{ m} \quad [PN-EN 1993-3-1, B.4.2]$$

Wysokość wspornika:

$$15,00 \text{ m}$$

Warunek:

$$18,75 \text{ m} > 15,00 \text{ m}$$

#### **Warunek spełniony**

#### **Warunek 2**

Parametr  $\beta_s$  powinien spełnić następujący warunek:

$$\beta_s = \frac{4 \cdot \frac{E_m I_m}{L_s^2}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_{Gi} H_{Gi}} < 1 \quad (3.2.8) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.21a]$$

$$K_{Gi} = 0,5 N_i A_{Gi} E_{Gi} \cos^2 \alpha_{Gi} / L_{Gi} \quad (3.2.9) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.21b]$$

Przekrój zastępczy:

$$A = 3 \cdot 9,06 \text{ cm}^2 = 27,18 \text{ cm}^2$$

$$a = 1 \text{ m}$$

$$I_m = 9,06 \text{ cm}^2 \cdot \frac{a^2}{2} = 45300 \text{ cm}^4$$

Wartości stałych materiałowych:

$$E_m = 210 \text{ GPa}$$

$$G = 81 \text{ GPa}$$

Ilość poziomów:

$$N = 2$$

Nachylenie odciągu:

$$\alpha_c = 45^\circ$$

Średnia rozpiętość pomiędzy odciegami:

$$L_s = \frac{38,5 \text{ m} + 37,5 \text{ m}}{2} = 38 \text{ m}$$

Sprężystość cięgna:

$$E_c = 160 \text{ GPa}$$

Długość cięgna pierwszego:

$$L_{G1} = 54 \text{ m}$$

Długość cięgna drugiego:

$$L_{G2} = 107 \text{ m}$$

Wysokość od podstawy cięgna pierwszego:

$$H_{G1} = 38,5 \text{ m}$$

Wysokość od podstawy cięgna drugiego:

$$H_{G2} = 76,0 \text{ m}$$

$$K_{G1} = 0,5 \cdot 2 \cdot 6,34 \cdot 16000 \cdot \cos^2 45,00^\circ / 5400 = 9,39$$

$$K_{G2} = 0,5 \cdot 2 \cdot 6,34 \cdot 16000 \cdot \cos^2 45,00^\circ / 10700 = 4,74$$

$$\frac{1}{2}(9,39 \cdot 3850 + 4,74 \cdot 7600) = 36093,5$$

$$\beta_s = \frac{\frac{4 \cdot (21000 \cdot 45300)}{3800^2}}{36093,5} = 0,007 < 1$$

### **Warunek spełniony**

### **Warunek 3**

Parametr  $Q$  powinien spełnić następujący warunek:

$$Q = \frac{1}{30} \sqrt[3]{\frac{HV_H}{D_0}} \cdot \frac{m_0}{HR} < 1 \quad (3.2.10) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.21c]$$

Wysokość masztu:

$$H = 91 \text{ m}$$

Szerokość ściany:

$$D_0 = 100 \text{ cm} + 7,61 \text{ cm} = 1,076 \text{ m}$$

Masa masztu:

$$G = 37,17 \text{ kN}$$

$$m_0 = \frac{G}{H} = \frac{37,17 \text{ kN}}{91 \text{ m}} = 0,411 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (3.2.11)$$

Współczynnik ekspozycji:

[PN-EN 1991-1-4, Tab. NA.3]

$$c_e(z) = 2,3 \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$$

$$c_e(z) = 3,907$$

### Rozdział 3: Obliczenia oddziaływań na konstrukcję

Bazowa prędkość wiatru:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 26 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (3.2.12) \quad [PN-EN 1991-1-4, \text{Tab. NA.1}]$$

Gęstość powietrza:

$$\rho_{air} = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Bazowe ciśnienie prędkości wiatru:

$$q_b = 0,5 \cdot \rho_{air} \cdot v_b^2 = 0,423 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (3.2.13) \quad [PN-EN 1991-1-4, \text{Tab. NA.1}]$$

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (3.2.14)$$
$$q_p(z) = 1,651 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad [PN-EN 1991-1-4, 4.9]$$

Wartość szczytowa prędkości wiatru:

$$v_{ze} = \sqrt{\frac{2 \cdot q_p(z)}{\rho_{air}}} = 51,395 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (3.2.15) \quad [PN-EN 1991-1-4, 4.10]$$

Lepkość powietrza:

$$\nu = 15 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Dla oceny charakteru przepływu wokół elementów masztu wyznaczono liczbę Reynoldsa. Jest to bezwymiarowa wielkość opisująca stosunek sił bezwładności do sił lepkościowych w przepływie płynu. Od jej wartości zależy, czy przepływ wokół pręta znajduje się w zakresie podkrytycznym czy nadkrytycznym.

Krawężniki CHS 76.1x4.0 – zakres podkrytyczny:

$$R_e = \frac{d_k \cdot v_{ze}}{\nu} = \frac{0,076 \cdot 51,395}{15 \cdot 10^{-6}} = 260745 < 400000 \quad (3.2.16) \quad [PN-EN 1991-1-4, 7.15]$$

Skratowania – zakres podkrytyczny:

$$R_e = \frac{d_s \cdot v_{ze}}{\nu} = \frac{0,034 \cdot 51,395}{15 \cdot 10^{-6}} = 115468 < 400000 \quad (3.2.17) \quad [PN-EN 1991-1-4, 7.15]$$

Suma pól powierzchni rzutów prętów podkrytycznych: dla segmentu 10m:

$$A_c = (12 \cdot 0,034 \cdot 1 \text{ m}) + (12 \cdot 0,034 \cdot 1,3 \text{ m}) + (2 \cdot 0,076 \cdot 10 \text{ m}) = 2,452 \text{ m}^2$$

Suma pól powierzchni rzutów prętów nadkrytycznych:

$$A_{supp} = 0$$

Pole obrysu:

$$A_C = (a + d_k) \cdot 10 = (1 + 0,076) \cdot 10 = 10,761 \text{ m}^2$$

Współczynnik wypełnienia:

$$\varphi = \frac{A_c + A_{sup}}{A_c} = \frac{2,452 \text{ m}^2 + 0}{10,761 \text{ m}^2} = 0,228 \quad (3.2.18) \quad [PN-EN 1991-1-4, 7.26]$$

Współczynniki normowe:

$$C_1 = 1,9 \quad C_2 = 1,4 \quad [PN-EN 1993-3-1, B.2.2.2]$$

Współczynniki siły oddziaływania wiatru:

$$c_{f0c} = C_1(1 - C_2 \cdot \varphi) + (C_1 + 0,875) \cdot \varphi^2 \quad (3.2.19) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.2.2.2]$$

$$1,9(1 - 1,4 \cdot 0,228) + (1,9 + 0,875) \cdot 0,228^2 = 1,448$$

$$c_{f0c} = c_{fso} = 1,448$$

Współczynnik natarcia:

Dla masztów o konstrukcji trójkątnej i pozbawionej elementów płaskościennych współczynnik ten równy jest 1

$$K_0 = 1 \quad [PN-EN 1993-3-1, B.3b]$$

Średni całkowity opór aerodynamiczny:

$$R = K_0 \cdot c_{fso} \cdot (A_c + A_{sup}) = 1 \cdot 1,448 \cdot (10,761 + 0) = 3,526 \text{ m}^2 \quad (3.2.20) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.21c]$$

Współczynnik orografii (dla terenu płaskiego przyjęto 1,0):

$$C_0 = 1$$

$$z_0 = 0,05$$

[PN-EN 1991-1-4, Tab 4.1]

Współczynniki profilu prędkości:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19 \quad (3.2.21) \quad [PN-EN 1991-1-4, 4.3.2]$$

Współczynnik prędkości na wysokości z:

$$z = 91$$

$$C_r = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 1,426 \quad (3.2.22) \quad [PN-EN 1991-1-4, 4.3.2]$$

Średnia prędkość wiatru przy wierzchołku masztu:

$$V_H = C_r \cdot C_0 \cdot v_{b,0} = 37,083 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (3.2.23) \quad [PN-EN 1991-1-4, 4.3.1]$$

Parametr Q:

$$Q = \frac{1}{30} \sqrt[3]{\frac{HV_H}{D_0}} \cdot \frac{m_0}{HR} = \frac{1}{30} \sqrt[3]{\frac{91 \cdot 37,083}{1,076}} \cdot \frac{0,411}{91 \cdot 3,526} = 0,55 < 1 \quad (3.2.24) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.21c]$$

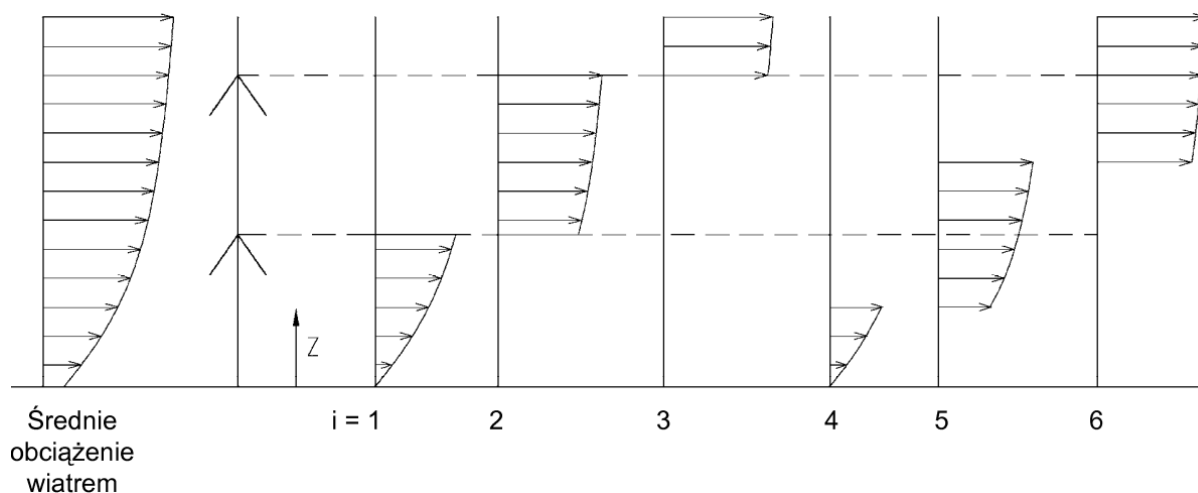
**Warunek spełniony**

### Zastępcza metoda statyczna

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń spełniono trzy warunki umożliwiające zastosowanie zastępczej metody statycznej do analizy oddziaływania wiatru na maszt. Oznacza to, że odpowiedź dynamiczna konstrukcji może zostać przybliżona przez prostszą metodę obliczeniową, bez konieczności prowadzenia pełnej analizy spektralnej.

Zastępcza metoda statyczna polega na przyjęciu równoważnych obciążeń statycznych, które odwzorowują średni oraz dynamiczny wpływ wiatru.

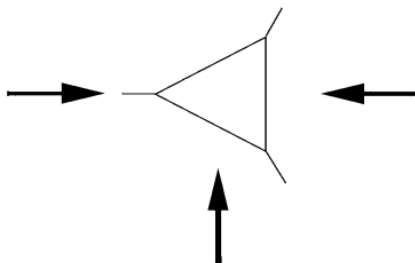
W ramach tej metody obciążenia podzielone są na obciążenia średnie i na obciążenia odcinkowe.



Rysunek 3.1. Obciążenia średnie i odcinkowe

Źródło: Norma PN-EN 1993-3-1

Rozpatruje się trzy decydujące kierunki wiatru przedstawione na rysunku poniżej.



Rysunek 3.2. Kierunki wiatru przyjęte w obliczeniach

Źródło: Norma PN-EN 1993-3-1

### Średnie obciążenie wiatrem

Na podstawie poniższych wzorów przedstawiono w tabeli 2.4 siły węzłowe od średniego obciążenia wiatrem na trzon. Siła węzłowa została podzielona na 3 i przyłożona do każdego krawężnika.

$$F_{MW}(z) = \frac{q_p(z)}{1+7 \cdot I_v(z)} \cdot \Sigma c_f \cdot A_{ref} \quad (3.2.25) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.22]$$

$$A_{ref} = A_c = 2,452 \text{ m}^2$$

$$\Sigma c_f = c_{fso} = 1,448$$

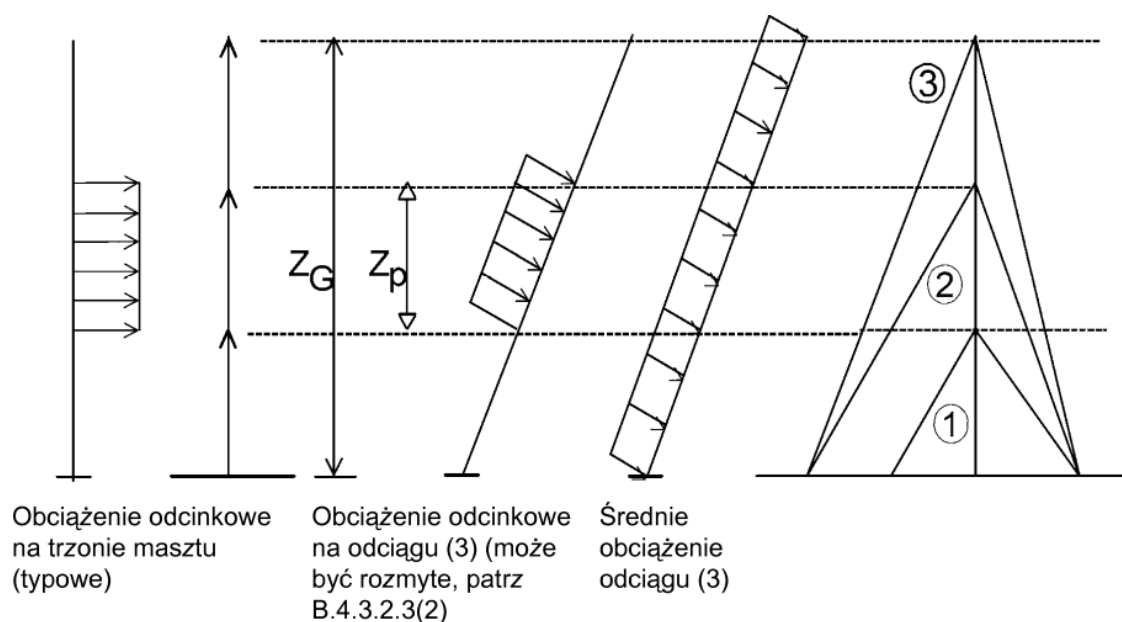
$$I_v(z) = \frac{1}{c_o(z)} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (3.2.26) \quad [PN-EN 1991-1-4, 4.4]$$

| Nr węzła | Z     | C <sub>e</sub> | q <sub>p</sub> | I <sub>v</sub> | c <sub>f</sub> | A sekcji | F <sub>mw</sub> (kN) | /3   |
|----------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|----------------------|------|
| 1        | 11    | 2,353          | 0,988          | 0,185          | 1,44           | 2,45     | 1,52                 | 0,51 |
| 2        | 19,33 | 2,694          | 1,132          | 0,168          | 1,44           | 2,04     | 1,53                 | 0,51 |
| 3        | 21    | 2,748          | 1,154          | 0,166          | 1,44           | 0,41     | 0,32                 | 0,11 |
| 4        | 31    | 3,018          | 1,267          | 0,156          | 1,44           | 2,45     | 2,14                 | 0,71 |
| 5        | 38,5  | 3,179          | 1,335          | 0,150          | 1,44           | 1,84     | 1,72                 | 0,57 |
| 6        | 41    | 3,227          | 1,355          | 0,149          | 1,44           | 0,61     | 0,59                 | 0,20 |
| 7        | 51    | 3,401          | 1,428          | 0,144          | 1,44           | 2,45     | 2,51                 | 0,84 |
| 8        | 57,67 | 3,502          | 1,471          | 0,142          | 1,44           | 1,64     | 1,74                 | 0,58 |
| 9        | 61    | 3,550          | 1,491          | 0,141          | 1,44           | 0,82     | 0,88                 | 0,29 |
| 10       | 71    | 3,682          | 1,546          | 0,138          | 1,44           | 2,45     | 2,78                 | 0,93 |
| 11       | 76    | 3,742          | 1,572          | 0,136          | 1,44           | 1,23     | 1,42                 | 0,47 |
| 12       | 81    | 3,800          | 1,596          | 0,135          | 1,44           | 1,23     | 1,45                 | 0,48 |
| 13       | 91    | 3,907          | 1,641          | 0,133          | 1,44           | 2,45     | 3,00                 | 1,00 |

Tabela 3.4. Średnie obciążenie trzonu

**Obciążenie odciągów**

Obciążenie przyjęto jako równomierne na całej długości odciagu dla wysokości 2/3 zamocowania odciagu do masztu.



Rysunek 3.3. Obciążenia średnie i odcinkowe dla odciagu

Źródło: Norma PN-EN 1993-3-1

Na podstawie poniższych wzorów przedstawiono w tabeli 2.5 siły liniowe od średniego obciążenia wiatrem na odciąg.

$$F_{GW}(z) = \frac{q_p(z)}{1+7 \cdot I_v(z)} \cdot c_{fG}(z) \cdot d \quad (3.2.27)$$

[PN-EN 1993-3-1, B.23]

$$c_{fG}(z) = c_{fG0} \cdot \sin^2 \psi \quad (3.2.28)$$

[PN-EN 1993-3-1, B.8]

### Rozdział 3: Obliczenia oddziaływań na konstrukcję

Dla lin drobnozwojowych:

$$c_{fG0} = 1,2 \text{ gdy } R_e \leq 6 \cdot 10^4$$

[PN-EN 1993-3-1, Tab. B.21]

$$c_{fG0} = 0,9 \text{ gdy } R_e \geq 10^5$$

Odciaży – PFEIFER PV 090, d= 31mm

$$R_e = \frac{d_s \cdot v_{ze}}{v} = \frac{0,031 \cdot 51,395}{15 \cdot 10^{-6}} = 106\,217 > 100\,000 \quad (3.2.29) \quad [PN-EN 1991-1-4, 7.15]$$

| poziom | h    | 2/3h  | C <sub>e</sub> | q <sub>p</sub> | I <sub>v</sub> | c <sub>f</sub> | d     | F <sub>mw</sub> (kN/m) |
|--------|------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|------------------------|
| 1      | 38,5 | 25,67 | 2,884          | 1,211          | 0,160          | 0,9            | 0,031 | 0,016                  |
| 2      | 76   | 50,67 | 3,395          | 1,426          | 0,144          | 0,9            | 0,031 | 0,020                  |

Tabela 3.5. Średnie obciążenie odciaży

#### Obciążenie odcinkowe masztu

$$F_{pw}(z) = 2k_s \cdot \frac{q_p(z) \cdot I_v(z)}{[1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot c_0(z)} \cdot \sum c_f \cdot A_{ref} \quad (3.2.30) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.24]$$

Współczynnik skali:

$$k_s = 3,5$$

[PN-EN 1993-3-1, B.24]

W tabeli poniżej przedstawiono odcinkowe obciążenie trzonu masztu na m<sup>2</sup>.

| Nr węzła | Z     | C <sub>e</sub> | q <sub>p</sub> | I <sub>v</sub> | c <sub>f</sub> | F <sub>mw</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------------|
| 1        | 11    | 2,353          | 0,988          | 0,185          | 1,440          | 0,80                                    |
| 2        | 19,33 | 2,694          | 1,132          | 0,168          | 1,440          | 0,88                                    |
| 3        | 21    | 2,748          | 1,154          | 0,166          | 1,440          | 0,89                                    |
| 4        | 31    | 3,018          | 1,267          | 0,156          | 1,440          | 0,95                                    |
| 5        | 38,5  | 3,179          | 1,335          | 0,150          | 1,440          | 0,99                                    |
| 6        | 41    | 3,227          | 1,355          | 0,149          | 1,440          | 1,00                                    |
| 7        | 51    | 3,401          | 1,428          | 0,144          | 1,440          | 1,03                                    |
| 8        | 57,67 | 3,502          | 1,471          | 0,142          | 1,440          | 1,06                                    |
| 9        | 61    | 3,550          | 1,491          | 0,141          | 1,440          | 1,07                                    |
| 10       | 71    | 3,682          | 1,546          | 0,138          | 1,440          | 1,09                                    |
| 11       | 76    | 3,742          | 1,572          | 0,136          | 1,440          | 1,11                                    |
| 12       | 81    | 3,800          | 1,596          | 0,135          | 1,440          | 1,12                                    |
| 13       | 91    | 3,907          | 1,641          | 0,133          | 1,440          | 1,14                                    |

Tabela 3.6. Odcinkowe obciążenie trzonu

W tabeli poniżej przedstawiono siły węzłowe dla wszystkich 6 przypadków obciążenia odcinkowego.

Siła została podzielona na 3 i przyłożona na każdy z krawężników.

| Nr węzła | Z     | $F_{pw1/3}$ | $F_{pw2/3}$ | $F_{pw3/3}$ | $F_{pw4/3}$ | $F_{pw5/3}$ | $F_{pw6/3}$ |
|----------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1        | 11    | 0,66        |             |             | 0,66        |             |             |
| 2        | 19,33 | 0,60        |             |             | 0,60        |             |             |
| 3        | 21    | 0,12        |             |             |             | 0,12        |             |
| 4        | 31    | 0,78        |             |             |             | 0,78        |             |
| 5        | 38,5  | 0,60        |             |             |             | 0,60        |             |
| 6        | 41    |             | 0,20        |             |             | 0,20        |             |
| 7        | 51    |             | 0,84        |             |             | 0,84        |             |
| 8        | 57,67 |             | 0,58        |             |             | 0,58        |             |
| 9        | 61    |             | 0,29        |             |             |             | 0,29        |
| 10       | 71    |             | 0,89        |             |             |             | 0,89        |
| 11       | 76    |             | 0,45        |             |             |             | 0,45        |
| 12       | 81    |             |             | 0,46        |             |             | 0,46        |
| 13       | 91    |             |             | 0,93        |             |             | 0,93        |

Tabela 3.7. Odcinkowe obciążenie trzonu – dane wprowadzone do programu

#### Obciążenie odcinkowe odciągów

$$F_{pw}(z) = 2k_s \cdot \frac{q_p(z) \cdot I_v(z)}{[1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot c_0(z)} \cdot \sum c_f \cdot A_{ref} \quad (3.2.31) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.24]$$

Współczynnik skali:

$$k_s = 3,5$$

[PN-EN 1993-3-1, B.24]

W tabeli poniżej przedstawiono siły liniowe dla wszystkich 6 przypadków obciążenia odcinkowego.

| nr obciążenia | rzędna | dlugość obciążenia h | $C_e$ | $q_p$ | $I_v$ | $c_f$ | d     | $F_{mw}$ (kN/m) |
|---------------|--------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| 1             | 38,5   | 38,5                 | 3,179 | 1,335 | 0,150 | 0,9   | 0,031 | 0,019           |
| 2             | 76     | 37,5                 | 3,742 | 1,572 | 0,136 | 0,9   | 0,031 | 0,021           |
| 3             | 91     | 15                   | 3,907 | 1,641 | 0,133 | 0,9   | 0,031 | 0,022           |
| 4             | 19,33  | 19,25                | 2,694 | 1,132 | 0,168 | 0,9   | 0,031 | 0,017           |
| 5             | 57,67  | 38                   | 3,502 | 1,471 | 0,142 | 0,9   | 0,031 | 0,020           |
| 6             | 91     | 33,75                | 3,907 | 1,641 | 0,133 | 0,9   | 0,031 | 0,022           |

Tabela 3.8. Odcinkowe obciążenie odciągów

### Rozdział 3: Obliczenia oddziaływań na konstrukcję

#### **Rozmycie obciążenia odcinkowego na odciągi**

##### Obciążenie odcinkowe nr 1:

$$h = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,019 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc1}} = 0,019 \frac{kN}{m}$$

Drugi poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc2}} = 0,01 \frac{kN}{m}$$

##### Obciążenie odcinkowe nr 2:

$$h = 37,5 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,021 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

*(nie dotyczy)*

Drugi poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc2}} = 0,01 \frac{kN}{m}$$

##### Obciążenie odcinkowe nr 3:

$$h = 15,0 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,022 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

*(nie dotyczy)*

Drugi poziom odciągów:

*(nie dotyczy)*

Obciążenie odcinkowe nr 4:

$$h = 19,25 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,017 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc1}} = 0,009 \frac{kN}{m}$$

Drugi poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc2}} = 0,004 \frac{kN}{m}$$

Obciążenie odcinkowe nr 5:

$$h = 38,0 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,020 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc1}} = 0,010 \frac{kN}{m}$$

Drugi poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc2}} = 0,010 \frac{kN}{m}$$

Obciążenie odcinkowe nr 6:

$$h = 33,75 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,022 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

(nie dotyczy)

Drugi poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc2}} = 0,01 \frac{kN}{m}$$

### Obciążenie wiatrem przy oblodzeniu

Należy uwzględnić dodatkowe oddziaływania wynikające z możliwości wystąpienia oblodzenia elementów konstrukcji. Wraz z narastaniem warstwy lodu zwiększa się średnica prętów i odciałów.

Z powodu tych czynników niezbędne jest ponowne przeprowadzenie obliczeń oddziaływania wiatru, tym razem z uwzględnieniem oblodzenia.

Przyjęto zwiększone średnice o średnią grubość lodu.

Średnia grubość lodu dla krawężnika:

$$s_k = 12 \text{ mm}$$

Średnia grubość lodu dla skratowania:

$$s_{sk} = 14 \text{ mm}$$

Średnia grubość lodu dla odciału:

$$s_o = 15 \text{ mm}$$

Nowe średnice:

Krawężnik CHS 76.1x4.0:

$$d_k = 76,1 + 2 \cdot 12 = 100,1 \text{ mm}$$

Skratowanie CHS 33.7x3.2:

$$d_s = 33,7 + 2 \cdot 14 = 61,7 \text{ mm}$$

Odciał PFEIFER PV 090:

$$d_l = 76,1 + 2 \cdot 12 = 61 \text{ mm}$$

**W celu zastosowania metody statycznej należy spełnić 3 warunki. W przypadku wiatru z oblodzeniem konieczne jest sprawdzenie tylko warunku trzeciego.**

### Warunek 3

Parametr  $Q$  powinien spełnić następujący warunek:

$$Q = \frac{1}{30} \sqrt[3]{\frac{HV_H}{D_0}} \cdot \frac{m_0}{HR} < 1 \quad (3.2.32) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.21c]$$

Krawężniki CHS 76.1x4.0 – zakres podkrytyczny:

$$R_e = \frac{d_k \cdot v_{ze}}{v} = \frac{0,100 \cdot 51,395}{15 \cdot 10^{-6}} = 342977 < 400000 \quad (3.2.33) \quad [PN-EN 1991-1-4, 7.15]$$

Skratowania – zakres podkrytyczny:

$$R_e = \frac{d_s \cdot v_{ze}}{v} = \frac{0,062 \cdot 51,395}{15 \cdot 10^{-6}} = 211405 < 400000 \quad (3.2.34) \quad [PN-EN 1991-1-4, 7.15]$$

Suma pól powierzchni rzutów prętów podkrytycznych: dla segmentu 10m:

$$A_c = (12 \cdot 0,062 \cdot 1 \text{ m}) + (12 \cdot 0,062 \cdot 1,3 \text{ m}) + (2 \cdot 0,100 \cdot 10 \text{ m}) = 3,705 \text{ m}^2$$

Suma pól powierzchni rzutów prętów nadkrytycznych:

$$A_{supp} = 0$$

Pole obrysu:

$$A_c = (a + d_k) \cdot 10 = (1 + 0,100) \cdot 10 = 11,001 \text{ m}^2$$

Współczynnik wypełnienia:

$$\varphi = \frac{A_c + A_{supp}}{A_c} = \frac{3,705 \text{ m}^2 + 0}{11,001 \text{ m}^2} = 0,337 \quad (3.2.35) \quad [PN-EN 1991-1-4, 7.26]$$

Współczynniki normowe:

$$C_1 = 1,9 \quad C_2 = 1,4 \quad [PN-EN 1993-3-1, B.2.2.2]$$

Współczynniki siły oddziaływania wiatru:

$$c_{f0c} = C_1(1 - C_2 \cdot \varphi) + (C_1 + 0,875) \cdot \varphi^2 \quad (3.2.36) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.2.2.2]$$

$$1,9(1 - 1,4 \cdot 0,337) + (1,9 + 0,875) \cdot 0,337^2 = 1,319$$

$$c_{f0c} = c_{fso} = 1,319$$

Współczynnik natarcia:

Dla masztów o konstrukcji trójkątnej i pozbawionej elementów płaskościennych współczynnik ten równy jest 1.

$$K_0 = 1 \quad [PN-EN 1993-3-1, B.3b]$$

Średni całkowity opór aerodynamiczny:

$$R = K_0 \cdot c_{fso} \cdot (A_c + A_{supp}) = 1 \cdot 1,319 \cdot (11,001 + 0) = 4,886 \text{ m}^2 \quad (3.2.37) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.21c]$$

Parametr  $Q$ :

$$Q = \frac{1}{30} \sqrt[3]{\frac{HV_H}{D_0}} \cdot \frac{m_0}{HR} = \frac{1}{30} \sqrt[3]{\frac{90 \cdot 37,083}{1,076}} \cdot \frac{0,411}{90 \cdot 4,886} = 0,47 < 1 \quad (3.2.38) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.21c]$$

**Warunek spełniony**

**Zastępcza metoda statyczna****Średnie obciążenie wiatrem w sytuacji oblodzenia**

Na podstawie poniższych wzorów przedstawiono w tabeli 2.9 siły węzłowe od średniego obciążenia wiatrem na trzon. Siła węzłowa została podzielona na 3 i przyłożona do każdego krawężnika.

$$F_{MW}(z) = \frac{q_p(z)}{1+7 \cdot I_v(z)} \cdot \sum c_f \cdot A_{ref} \quad (3.2.39) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.22]$$

$$A_{ref} = A_c = 3,705 \text{ m}^2$$

$$\sum c_f = c_{fso} = 1,319$$

$$I_v(z) = \frac{1}{c_o(z)} \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (3.2.40) \quad [PN-EN 1991-1-4, 4.4]$$

| Nr węzła | z     | C <sub>e</sub> | q <sub>p</sub> | I <sub>v</sub> | c <sub>f</sub> | A sekcji | F <sub>mw</sub> (kN) | /3   |
|----------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|----------------------|------|
| 1        | 11    | 2,353          | 0,988          | 0,185          | 1,319          | 3,710    | 2,105                | 0,70 |
| 2        | 19,33 | 2,694          | 1,132          | 0,168          | 1,319          | 3,090    | 2,121                | 0,71 |
| 3        | 21    | 2,748          | 1,154          | 0,166          | 1,319          | 0,620    | 0,437                | 0,15 |
| 4        | 31    | 3,018          | 1,267          | 0,156          | 1,319          | 3,710    | 2,969                | 0,99 |
| 5        | 38,5  | 3,179          | 1,335          | 0,150          | 1,319          | 2,783    | 2,386                | 0,80 |
| 6        | 41    | 3,227          | 1,355          | 0,149          | 1,319          | 0,928    | 0,811                | 0,27 |
| 7        | 51    | 3,401          | 1,428          | 0,144          | 1,319          | 3,710    | 3,476                | 1,16 |
| 8        | 57,67 | 3,502          | 1,471          | 0,142          | 1,319          | 2,475    | 2,409                | 0,80 |
| 9        | 61    | 3,550          | 1,491          | 0,141          | 1,319          | 1,235    | 1,224                | 0,41 |
| 10       | 71    | 3,682          | 1,546          | 0,138          | 1,319          | 3,710    | 3,852                | 1,28 |
| 11       | 76    | 3,742          | 1,572          | 0,136          | 1,319          | 1,855    | 1,967                | 0,66 |
| 12       | 81    | 3,800          | 1,596          | 0,135          | 1,319          | 1,855    | 2,005                | 0,67 |
| 13       | 91    | 3,907          | 1,641          | 0,133          | 1,319          | 3,710    | 4,156                | 1,39 |

Tabela 3.9. Średnie obciążenie trzonu w sytuacji oblodzenia

**Obciążenie odciągów w sytuacji oblodzenia**

Obciążenie przyjęto jako równomierne na całej długości odciagu dla wysokości 2/3 zamocowania odciagu do masztu.

Na podstawie poniższych wzorów przedstawiono w tabeli 2.10 siły liniowe od średniego obciążenia wiatrem na odciąg w sytuacji oblodzenia.

$$F_{GW}(z) = \frac{q_p(z)}{1+7 \cdot I_v(z)} \cdot c_{fG}(z) \cdot d \quad (3.2.41) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.23]$$

$$c_{fG}(z) = c_{fG0} \cdot \sin^2 \psi \quad (3.2.42) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.8]$$

Dla lin drobnozwojowych przy oblodzeniu:

$$c_{fG0} = 1,25 \text{ gdy } R_e \leq 1 \cdot 10^5$$

[PN-EN 1993-3-1, Tab. B.21]

$$c_{fG0} = 1,00 \text{ gdy } R_e \geq 2 \cdot 10^5$$

Odciaży – PFEIFER PV 090, d= 61mm

$$R_e = \frac{d_s \cdot v_{ze}}{v} = \frac{0,061 \cdot 51,395}{15 \cdot 10^{-6}} = 209\,007 > 200\,000 \quad (3.2.43) \quad [PN-EN 1991-1-4, 7.15]$$

| poziom | h    | 2/3h   | C <sub>e</sub> | q <sub>p</sub> | I <sub>v</sub> | c <sub>f</sub> | d     | F <sub>mw</sub> (kN/m) |
|--------|------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|------------------------|
| 1      | 38,5 | 25,667 | 2,884          | 1,211          | 0,160          | 1              | 0,061 | 0,035                  |
| 2      | 76   | 50,667 | 3,395          | 1,426          | 0,144          | 1              | 0,061 | 0,043                  |

Tabela 3.10. Średnie obciążenie odciaży w sytuacji oblodzenia

### Obciążenie odcinkowe masztu w sytuacji oblodzenia

$$F_{pw}(z) = 2k_s \cdot \frac{q_p(z) \cdot I_v(z)}{[1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot c_0(z)} \cdot \sum c_f \cdot A_{ref} \quad (3.2.44) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.24]$$

Współczynnik skali:

$$k_s = 3,5$$

[PN-EN 1993-3-1, B.24]

W tabeli poniżej przedstawiono odcinkowe obciążenie trzonu masztu na m<sup>2</sup>

| Nr węzła | Z     | C <sub>e</sub> | q <sub>p</sub> | I <sub>v</sub> | c <sub>f</sub> | F <sub>mw</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------------|
| 1        | 11    | 2,353          | 0,988          | 0,185          | 1,319          | 0,74                                    |
| 2        | 19,33 | 2,694          | 1,132          | 0,168          | 1,319          | 0,81                                    |
| 3        | 21    | 2,748          | 1,154          | 0,166          | 1,319          | 0,82                                    |
| 4        | 31    | 3,018          | 1,267          | 0,156          | 1,319          | 0,87                                    |
| 5        | 38,5  | 3,179          | 1,335          | 0,150          | 1,319          | 0,90                                    |
| 6        | 41    | 3,227          | 1,355          | 0,149          | 1,319          | 0,91                                    |
| 7        | 51    | 3,401          | 1,428          | 0,144          | 1,319          | 0,95                                    |
| 8        | 57,67 | 3,502          | 1,471          | 0,142          | 1,319          | 0,97                                    |
| 9        | 61    | 3,550          | 1,491          | 0,141          | 1,319          | 0,98                                    |
| 10       | 71    | 3,682          | 1,546          | 0,138          | 1,319          | 1,00                                    |
| 11       | 76    | 3,742          | 1,572          | 0,136          | 1,319          | 1,01                                    |
| 12       | 81    | 3,800          | 1,596          | 0,135          | 1,319          | 1,02                                    |
| 13       | 91    | 3,907          | 1,641          | 0,133          | 1,319          | 1,04                                    |

Tabela 3.11. Odcinkowe obciążenie trzonu w sytuacji oblodzenia

### Rozdział 3: Obliczenia oddziaływań na konstrukcję

W tabeli poniżej przedstawiono siły węzłowe dla wszystkich 6 przypadków obciążenia odcinkowego.

Siła została podzielona na 3 i przyłożona na każdy z krawężników.

| Nr węzła | Z     | F <sub>pw1/3</sub> | F <sub>pw2/3</sub> | F <sub>pw3/3</sub> | F <sub>pw4/3</sub> | F <sub>pw5/3</sub> | F <sub>pw6/3</sub> |
|----------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1        | 11    | 0,91               |                    |                    | 0,91               |                    |                    |
| 2        | 19,33 | 0,83               |                    |                    | 0,83               |                    |                    |
| 3        | 21    | 0,17               |                    |                    |                    | 0,17               |                    |
| 4        | 31    | 1,08               |                    |                    |                    | 1,08               |                    |
| 5        | 38,5  | 0,84               |                    |                    |                    | 0,84               |                    |
| 6        | 41    |                    | 0,28               |                    |                    | 0,28               |                    |
| 7        | 51    |                    | 1,17               |                    |                    | 1,17               |                    |
| 8        | 57,67 |                    | 0,80               |                    |                    | 0,80               |                    |
| 9        | 61    |                    | 0,40               |                    |                    |                    | 0,40               |
| 10       | 71    |                    | 1,24               |                    |                    |                    | 1,24               |
| 11       | 76    |                    | 0,63               |                    |                    |                    | 0,63               |
| 12       | 81    |                    |                    | 0,63               |                    |                    | 0,63               |
| 13       | 91    |                    |                    | 1,29               |                    |                    | 1,29               |

Tabela 3.12. Odcinkowe obciążenie trzonu w sytuacji oblodzenia – dane wprowadzone do programu

#### Obciążenie odcinkowe odciągów

$$F_{pw}(z) = 2k_s \cdot \frac{q_p(z) \cdot l_v(z)}{[1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot c_0(z)} \cdot \sum c_f \cdot A_{ref} \quad (3.2.45) \quad [PN-EN 1993-3-1, B.24]$$

Współczynnik skali:

$$k_s = 3,5 \quad [PN-EN 1993-3-1, B.24]$$

W tabeli poniżej przedstawiono siły liniowe dla wszystkich 6 przypadków obciążenia odcinkowego.

| nr obciążenia | rzędna | długość obciążenia h | C <sub>e</sub> | q <sub>p</sub> | l <sub>v</sub> | c <sub>f</sub> | d     | F <sub>mw</sub> (kN/m) |
|---------------|--------|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|------------------------|
| 1             | 38,5   | 38,5                 | 3,179          | 1,335          | 0,150          | 1              | 0,061 | 0,042                  |
| 2             | 76     | 37,5                 | 3,742          | 1,572          | 0,136          | 1              | 0,061 | 0,047                  |
| 3             | 91     | 15                   | 3,907          | 1,641          | 0,133          | 1              | 0,061 | 0,048                  |
| 4             | 19,33  | 19,25                | 2,694          | 1,132          | 0,168          | 1              | 0,061 | 0,037                  |
| 5             | 57,67  | 38                   | 3,502          | 1,471          | 0,142          | 1              | 0,061 | 0,045                  |
| 6             | 91     | 33,75                | 3,907          | 1,641          | 0,133          | 1              | 0,061 | 0,048                  |

Tabela 3.13. Odcinkowe obciążenie odciągów w sytuacji oblodzenia

**Rozmycie obciążenia odcinkowego w sytuacji oblodzenia na odciągi**

Obciążenie odcinkowe nr 1:

$$h = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,042 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc1}} = 0,042 \frac{kN}{m}$$

Drugi poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc2}} = 0,021 \frac{kN}{m}$$

Obciążenie odcinkowe nr 2

$$h = 37,5 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,047 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

*(nie dotyczy)*

Drugi poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc2}} = 0,023 \frac{kN}{m}$$

Obciążenie odcinkowe nr 3:

$$h = 15,0 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,048 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

*(nie dotyczy)*

Drugi poziom odciągów:

*(nie dotyczy)*

### Rozdział 3: Obliczenia oddziaływań na konstrukcję

#### Obciążenie odcinkowe nr 4:

$$h = 19,25 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,037 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc1}} = 0,019 \frac{kN}{m}$$

Drugi poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc2}} = 0,009 \frac{kN}{m}$$

#### Obciążenie odcinkowe nr 5:

$$h = 38,0 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,045 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc1}} = 0,022 \frac{kN}{m}$$

Drugi poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc2}} = 0,023 \frac{kN}{m}$$

#### Obciążenie odcinkowe nr 6:

$$h = 33,75 \text{ m}$$

$$z_{odc1} = 38,5 \text{ m}$$

$$z_{odc2} = 76,0 \text{ m}$$

$$F_{PG} = 0,048 \frac{kN}{m}$$

Pierwszy poziom odciągów:

(nie dotyczy)

Drugi poziom odciągów:

$$F_{PG} \cdot \frac{h}{z_{odc2}} = 0,011 \frac{kN}{m}$$

## 4. Obliczenia z wykorzystaniem programu Rfem6

### 4.1. Model obliczeniowy

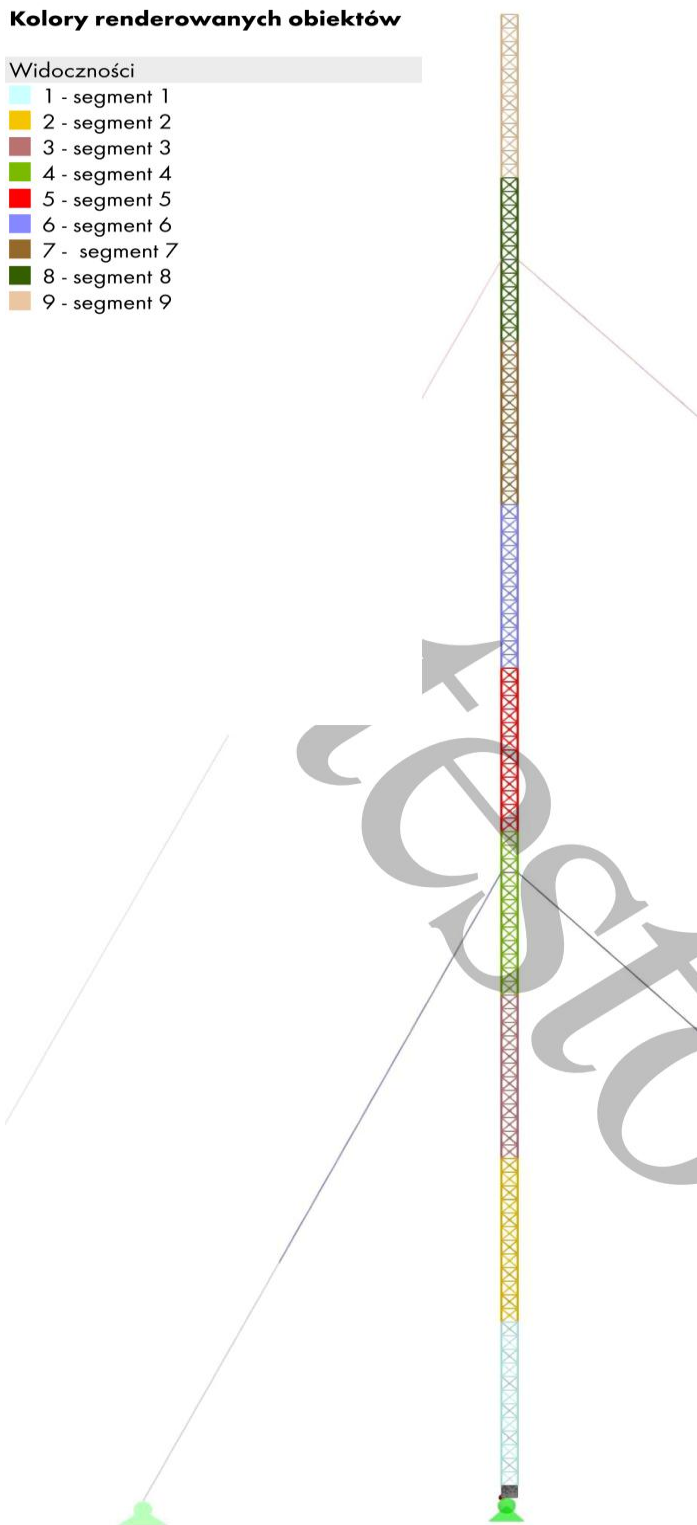
Model obliczeniowy masztu został opracowany w programie RFEM6, który umożliwia numeryczną analizę konstrukcji metodą elementów skończonych. Geometrie masztu zamodelowano w postaci prętowego układu przestrzennego, z uwzględnieniem podziału na dziewięć segmentów o wysokości 10,0 m każdy. Poszczególne segmenty oznaczono odrębnymi kolorami, co pozwala na ich jednoznaczną identyfikację oraz ułatwia analizę wyników obliczeń.

Łączne efekty obciążenia przyjęto zgodnie z normą PN-EN 1993-3-1. Najpierw wyznaczono efekty obciążeń od poszczególnych schematów obciążenia odcinkowego jako pierwiastek sumy kwadratów (czyli największy efekt obciążenia pulsującego). Następnie łączny efekt obciążeń przyjęto jako sumę efektu średniego obciążenia i wcześniej wyznaczonego obciążenia pulsującego (por. [1, s.234-235]).

Efekty od poszczególnych schematów obciążeń odcinkowych przedstawiono w formie kombinacji wyników. Na ich podstawie utworzono kombinacje wyników z zaznaczoną opcją SRSS (pierwiastek z sumy kwadratów) w programie RFEM. Następnie wszystkie kombinacje SRSS zostały zsumowane z obciążeniem średnim. Tak uzyskane sumy, obejmujące wszystkie kierunki wiatru oraz warianty z oblodzeniem i bez, przedstawiono w jednej nadrzędnej kombinacji wynikowej SGN.

#### Kolory renderowanych obiektów

| Widoczność    |
|---------------|
| 1 - segment 1 |
| 2 - segment 2 |
| 3 - segment 3 |
| 4 - segment 4 |
| 5 - segment 5 |
| 6 - segment 6 |
| 7 - segment 7 |
| 8 - segment 8 |
| 9 - segment 9 |



Rysunek 4.1. Model stworzony w programie RFEM6

Źródło: Program RFEM6 –  
opracowanie własne

Łączny efekt obciążeń odcinkowych:

$$S_p = \sqrt{\sum_{i=1}^N S_{PLi}^2} \quad [PN-EN 1993-3-1, B.26]$$

Łączne efekty obciążenia w każdej części składowej trzonu masztu:

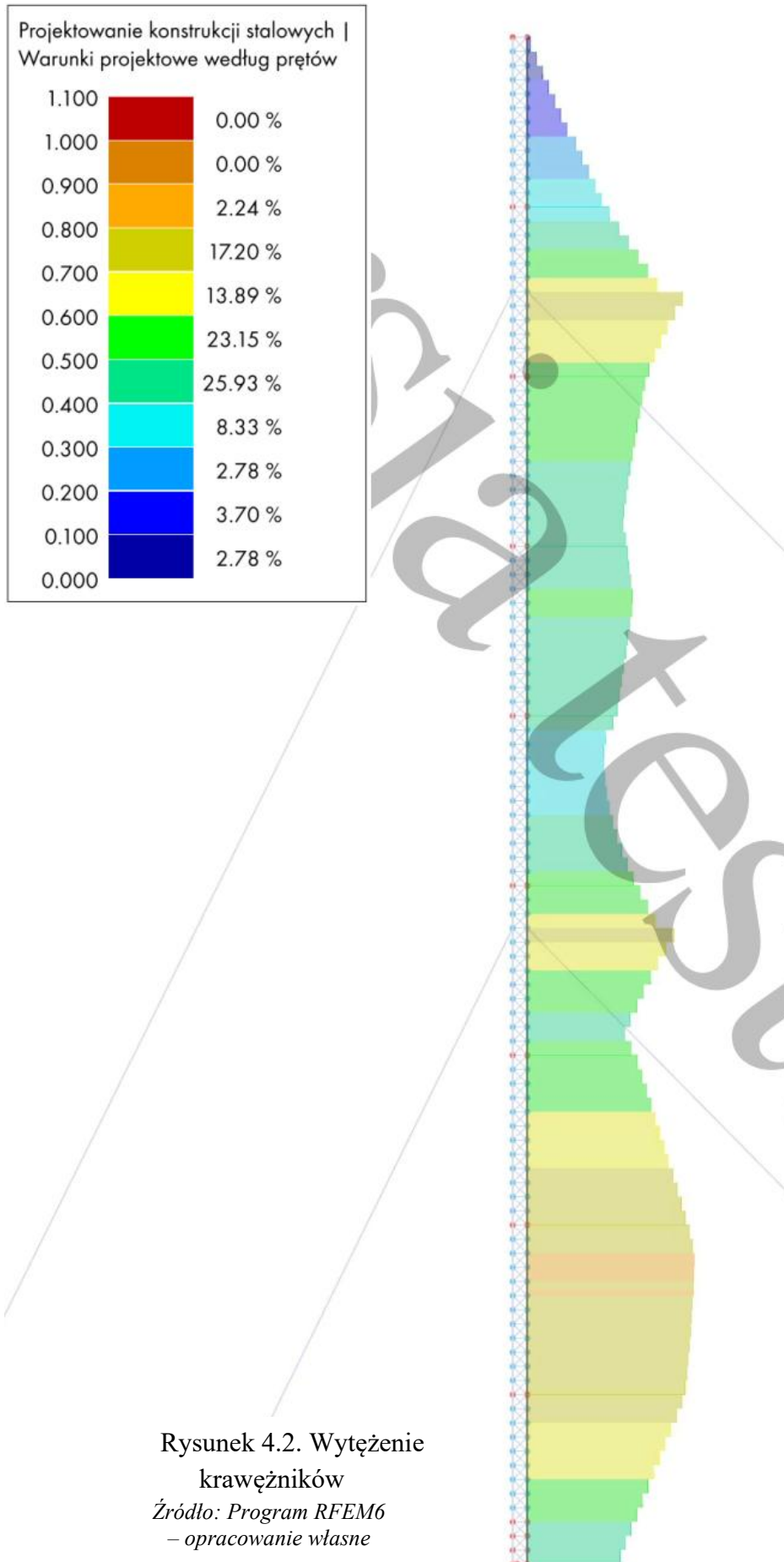
$$S_{TM} = S_M \pm S_p \quad [PN-EN 1993-3-1, B.27]$$

Kombinacje tworzą zgodnie z następującym kluczem:

- A: obciążenie stałe + obciążenie wiatrem.
- B: obciążenie stałe + obciążenie wiatrem dominujące + obciążenie oblodzeniem towarzyszące.
- C: obciążenie stałe + obciążenie oblodzeniem dominujące + obciążenie wiatrem towarzyszące.

Szczegółowy raport z obliczeń numerycznych przeprowadzonych w programie RFEM, obejmujący pełne zestawienie danych wejściowych, założeń projektowych oraz wyników analizy statyczno-wytrzymałościowej, został zamieszczony w załączniku 1 do niniejszej pracy.

## 4.2. Wytężenie krawężników masztu

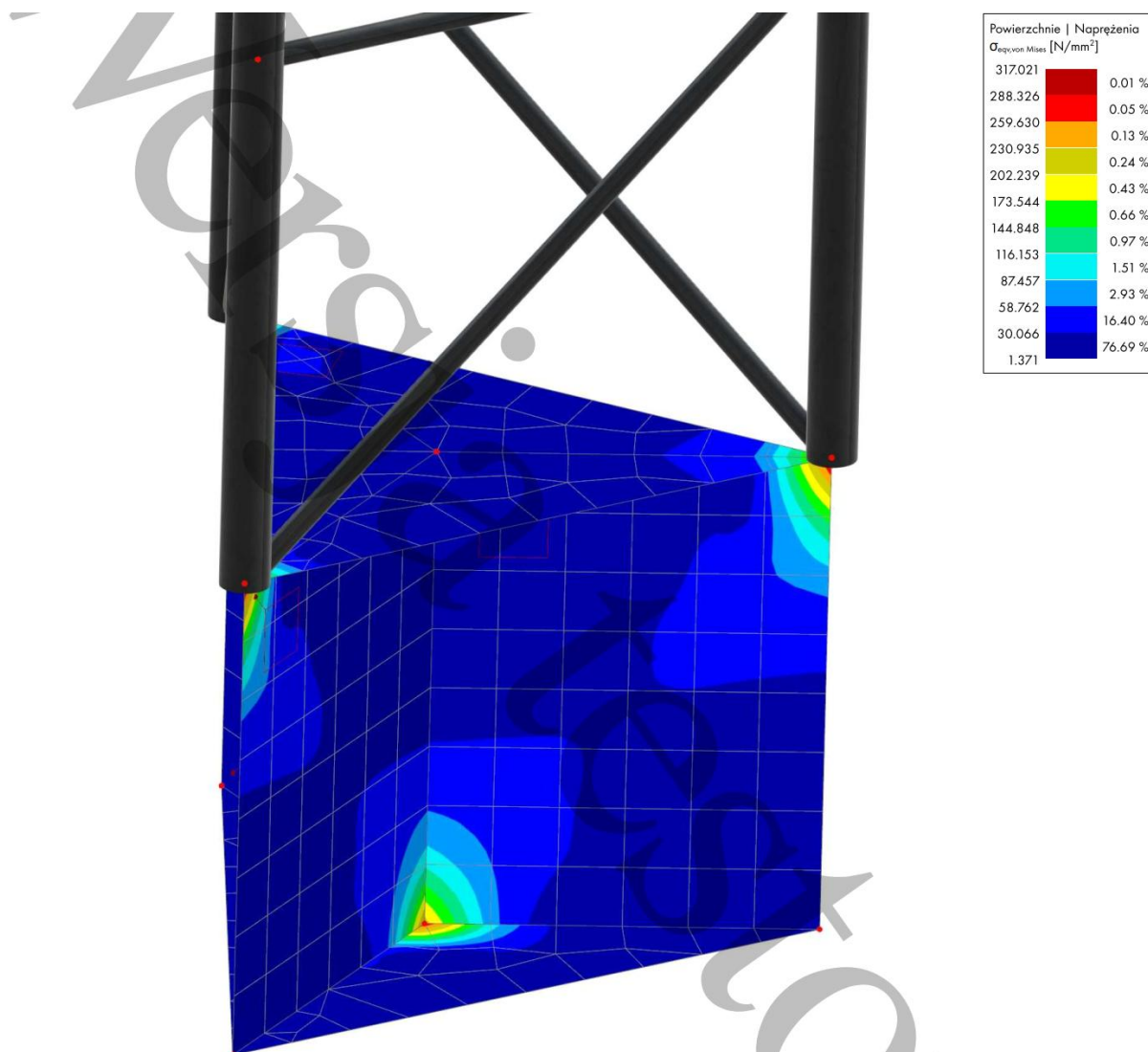


### 4.3. Naprężenia w blachach podstawy masztu

W celu oceny stanu naprężeń w podstawie masztu przeprowadzono analizę numeryczną z wykorzystaniem programu RFEM 6. Do porównania z nośnością stali przyjęto naprężenia zastępcze ( $\sigma_{eqv, von Mises}$ ), które pozwalają uwzględnić jednocześnie działanie różnych składowych stanu naprężenia. Na rysunku przedstawiono rozkład naprężeń w elemencie powierzchniowym odpowiadającym blasze podstawy.

Maksymalne naprężenie osiągnęło wartość około 317 MPa, co stanowi ok. 89% granicy plastyczności stali S355.

$$\sigma_{eqv, von Mises} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{zz} - \sigma_{yy})^2 + (\sigma_{xx} - \sigma_{zz})^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}$$



Rysunek 4.3. Naprężenia w podstawie

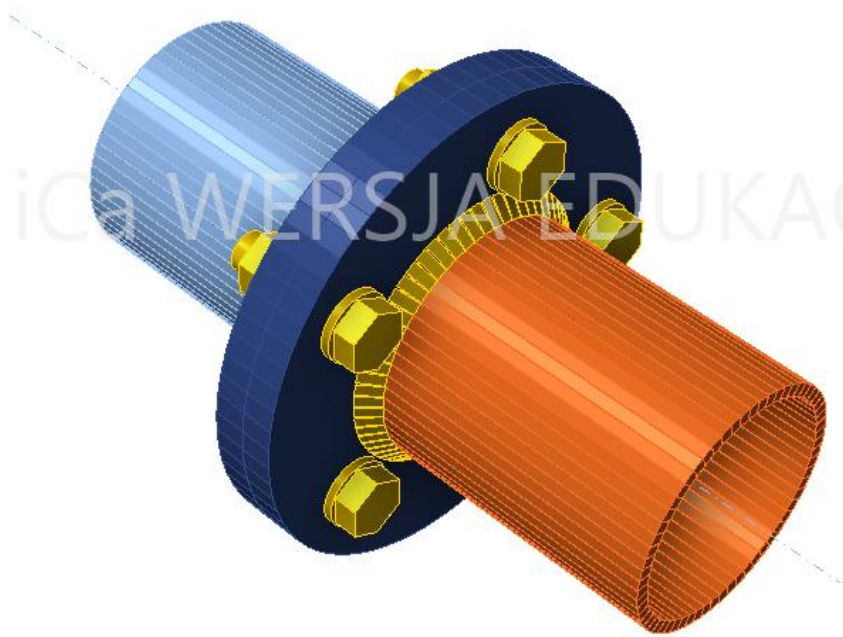
Źródło: Program RFEM6  
– opracowanie własne

## 5. Obliczenia połączeń z wykorzystaniem programu IdeaStatica

### 5.1. Połączenie segment – segment

Przedstawione połączenie stanowi złącze kołnierzowe dwóch segmentów masztu. Elementy łączone są za pomocą śrub sprężanych M12 klasy 10.9.

Dokładny raport z obliczeń w załączniku 3.



Rysunek 5.1. Połączenie kołnierzowe

Źródło: Program IdeaStatica –  
opracowanie własne

## 5.2. Połączenie odciagu z trzonem

Odciaży masztu połączono z trzonem za pomocą blachy węzłowej. Zastosowano dodatkowe żebra w celu usztywnienia połączenia.

Dokładny raport z obliczeń w załączniku 3.



Rysunek 5.2. Połączenie odciagu  
z trzonem

*Źródło: Program IdeaStatica –  
opracowanie własne*

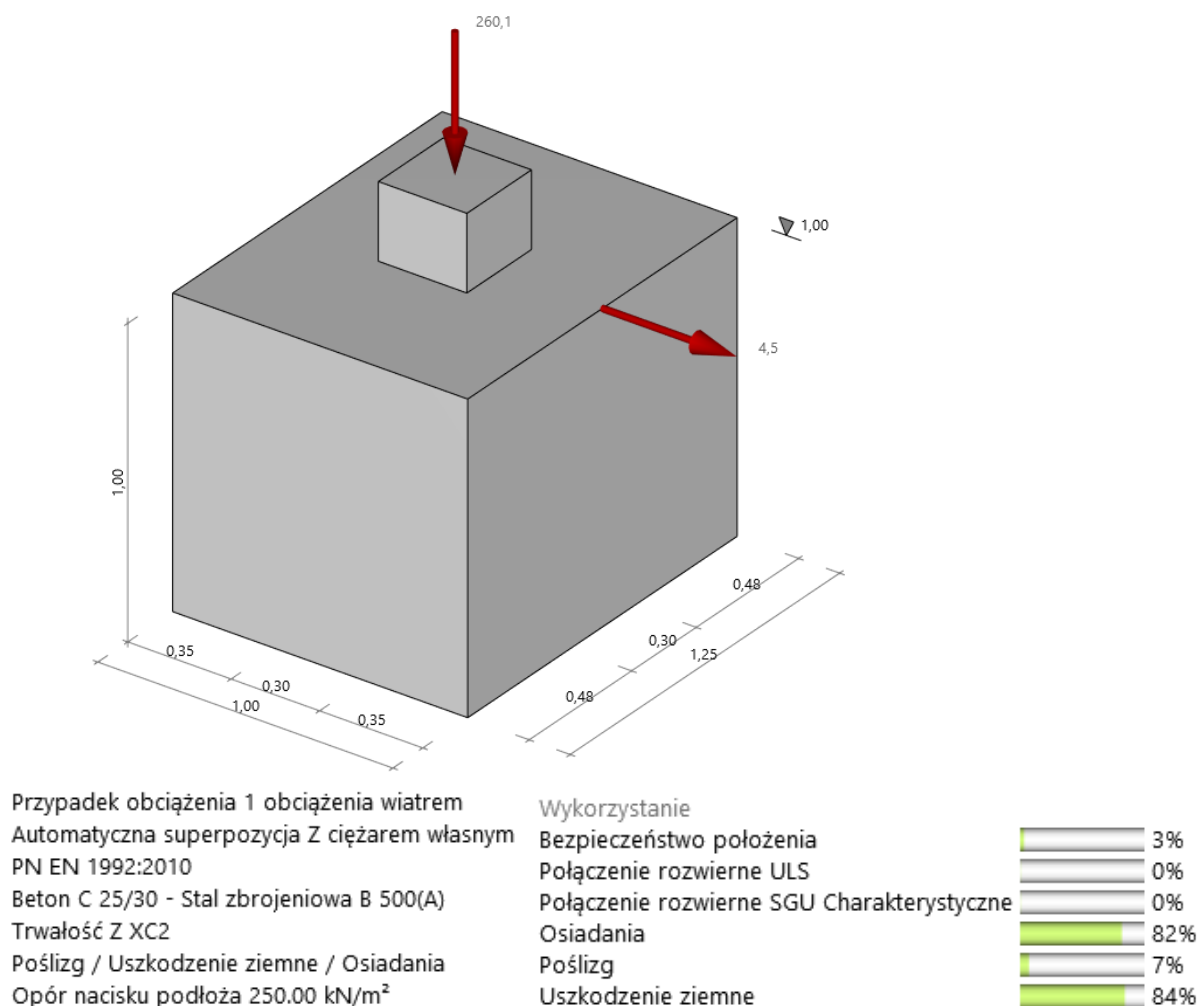
## 6. Obliczenia fundamentów z wykorzystaniem programu Frilo

### 6.1. Fundament pod masztem

Fundament pod masztem został zaprojektowany w formie prostopadłościennego bloku żelbetowego, posadowionego na głębokości 1,0 m poniżej poziomu terenu. Fundament został wykonany z betonu konstrukcyjnego klasy C25/30. Wymiary fundamentu 1,25x1,00x1,00m.

Przyjęto obciążenia z kombinacji wynikowej. Obciążenia zostały wprowadzone do programu jako obciążenie od wiatru podzielone przez 1,5.

Dokładny raport z obliczeń w załączniku 2.



Rysunek 6.1. Fundament pod  
masztem

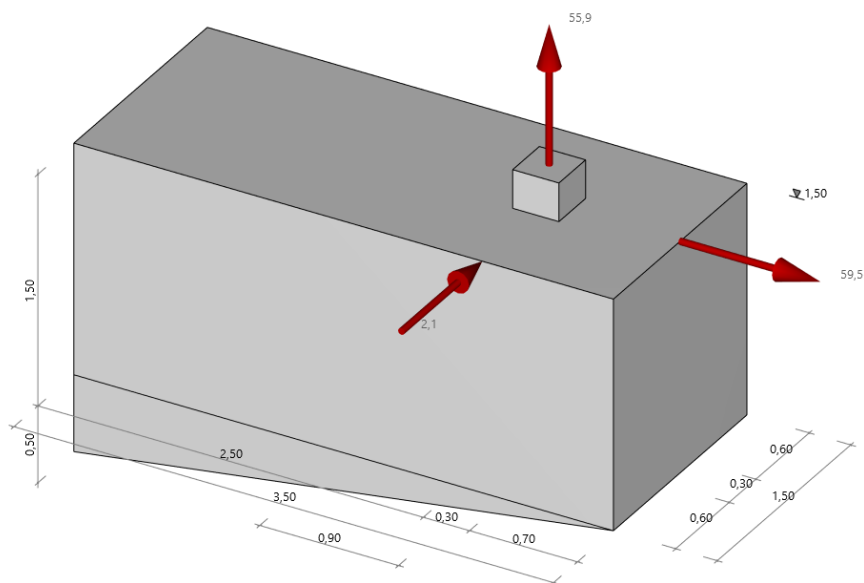
Źródło: Program Frilo –  
opracowanie własne

## 6.2. Fundament pod odciągami

Fundament pod odciągami został zaprojektowany w formie bloku żelbetowego, posadowionego na głębokości od 1,5 m do 2,0m poniżej poziomu terenu. Fundament został wykonany z betonu konstrukcyjnego klasy C25/30. Wymiary fundamentu 3,50x1,50x1,50 do 2,00m. Przyjęto nachyloną podszwę fundamentu w celu spełnienia warunku poślizgu.

Przyjęto obciążenia z kombinacji wynikowej. Obciążenia zostały wprowadzone do programu jako obciążenie od wiatru podzielone przez 1,5.

Dokładny raport z obliczeń w załączniku 2.



Przypadek obciążenia 1 obciążenia wiatrem  
Automatyczna superpozycja Z ciężarem własnym  
PN EN 1992:2010  
Beton C 25/30 - Stal zbrojeniowa B 500(A)  
Trwałość Z XC2  
Poślizg / Uszkodzenie ziemne / Osiadania  
Opór nacisku podłoża 250.00 kN/m<sup>2</sup>

### Wykorzystanie

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| Bezpieczeństwo położenia                   | 54% |
| Weryfikacja unoszenia                      | 38% |
| Połączenie rozwierne ULS                   | 14% |
| Połączenie rozwierne SGU Charakterystyczne | 14% |
| Poślizg                                    | 95% |
| Uszkodzenie ziemne                         | 13% |

Rysunek 6.2. Fundament pod odciągami

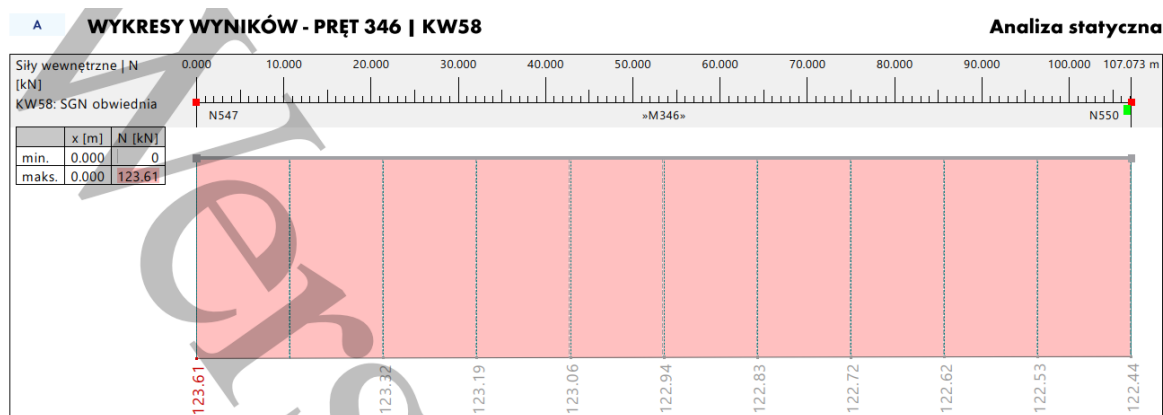
Źródło: Program Frilo –  
opracowanie własne

## 7. Obliczenia ręczne wybranych elementów konstrukcji

### 7.1. Odciągi

Maksymalne siły w odciągu uzyskano w kombinacji wyników nr 58:

$$F_{Ed} = 123,61 \text{ kN}$$



Rysunek 7.1. Siła normalna w przęcie nr 346

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Nośność obliczeniowa kabła odczytano z dokumentacji technicznej producenta:

$$F_{Rd} = 611,00 \text{ kN}$$

| System size                | PV              | 40  | 60  | 90  | 115   |
|----------------------------|-----------------|-----|-----|-----|-------|
| Limit tension              | kN              | 270 | 414 | 611 | 780   |
| Charact. breaking load EC3 | ZB,k kN         | 405 | 621 | 916 | 1.170 |
| Nomin. strand diameter     | mm              | 21  | 26  | 31  | 35    |
| Metallic cross section     | mm <sup>2</sup> | 281 | 430 | 634 | 808   |
| Weight per meter           | kg/m            | 2,4 | 3,6 | 5,3 | 6,8   |

Rysunek 7.2. Nośność kabła PV90

Źródło: PFEIFER – katalog: Cięgna UMLX

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{123,61 \text{ kN}}{611,00 \text{ kN}} = 0,20$$

Duża rezerwa nośności wynika z punktu F.4.3 normy PN-EN 1993-3-1, gdzie W celu zminimalizowania możliwości wystąpienia drgań odciągów, siły rozciągające w każdym odciągu podczas ciszy wiatrowej dobiera się tak, aby nie przekraczały 10% siły zrywającej odciąg.

## 7.2. Krawężniki

Przekrój: CHS 76.1x4.0

Dane materiałowe i dane przekroju:

Granica plastyczności dla stali S355:  $f_y = 355 \text{ MPa}$

Pole przekroju:  $A = 9.06 \text{ cm}^2$

Średnica przekroju:  $d = 76.1 \text{ mm}$

Grubość przekroju:  $t = 4.0 \text{ mm}$

Promień bezwładności:  $i = 25.5 \text{ mm}$

Współczynnik materiałowy:  $\gamma_{M1} = 1.0$

Długość wyboczeniowa:  $L_{cr} = 1,0 \cdot 0.833 \text{ m} = 0.833 \text{ m}$

Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81 \quad (7.2.1) \quad [PN-EN 1993-1-1, \text{Tab. 5.2}]$$

$$\frac{d}{t} = 19,025 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 33,099 \Rightarrow \text{klasa 1} \quad (7.2.2)$$

Smukłość względna:

$$\lambda_1 = 93.9 \cdot \varepsilon = 76,399 \quad (7.2.3)$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 0,428 \quad (7.2.4) \quad [PN-EN 1993-1-1, 6.50]$$

Smukłość efektywna:

$$\bar{\lambda}_{eff} = k \cdot \bar{\lambda} = 1 \cdot \bar{\lambda} = 0,428 \quad (6.2.2) \quad [PN-EN 1993-3-1, G.2]$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left( 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_{eff} - 0.2) + \bar{\lambda}_{eff}^2 \right) = \quad (7.2.5)$$

$$= 0.5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (0,428 - 0.2) + 0,428^2) = 0,615$$

Współczynnik wyboczenia:

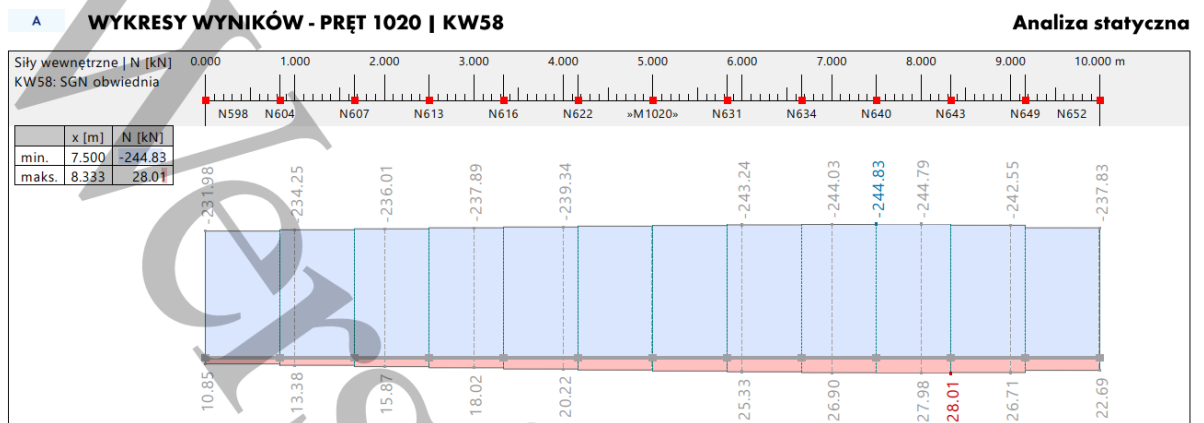
$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_{eff}^2}} = 0,945 \quad (7.2.6)$$

Nośność wyboczeniowa:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,945 \cdot 9.06 \cdot 355}{1,00} = 304,062 \text{ kN} \quad (7.2.7) \quad [PN-EN 1993-3-1, G.1a]$$

Maksymalne siły w krawężniku uzyskano w kombinacji wyników nr 58:

$$N_{Ed} = 244,83 \text{ kN}$$



Rysunek 7.3. Siła normalna w pręcie nr 1020

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{244,83 \text{ kN}}{304,06 \text{ kN}} = 0,81$$

Wyteżenie pokrywa się z wynikami z programu RFEM6.

### 7.3. Skratowanie

Przekrój: CHS 33.7x3.2

Dane materiałowe i dane przekroju:

Granica plastyczności dla stali S355:  $f_y = 355 \text{ MPa}$

Pole przekroju:  $A = 3.07 \text{ cm}^2$

Średnica przekroju:  $d = 33.7 \text{ mm}$

Grubość przekroju:  $t = 3.2 \text{ mm}$

Promień bezwładności:  $i = 10.8 \text{ mm}$

Współczynnik materiałowy:  $\gamma_{M1} = 1.0$

Długość wyboczeniowa:  $L_{cr} = 1,0 \cdot 1.301 \text{ m} = 1.301 \text{ m}$

Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81 \quad (7.3.1) \quad [PN-EN 1993-1-1, \text{Tab. 5.2}]$$

$$\frac{d}{t} = 10,531 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 33,099 \Rightarrow \text{klasa 1} \quad (7.3.2)$$

Smukłość względna:

$$\lambda_1 = 93.9 \cdot \varepsilon = 76,399 \quad (7.3.3) \quad [PN-EN 1993-1-1, \text{Tab. 5.2}]$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = 1,58 \quad (7.3.4)$$

Smukłość efektywna:

[PN-EN 1993-3-1, G.2]

$$\bar{\lambda}_{eff} = k \cdot \bar{\lambda} = 0,7 \cdot \bar{\lambda} = 1,104 \quad (7.3.5)$$

$$\begin{aligned} \Phi &= 0.5 \cdot \left( 1 + a \cdot (\bar{\lambda}_{eff} - 0.2) + \bar{\lambda}_{eff}^2 \right) = \quad (7.3.6) \\ &= 0.5 \cdot (1 + 0,21 \cdot (1,104 - 0.2) + 1,104^2) = 1,204 \end{aligned}$$

Współczynnik wyboczenia:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_{eff}^2}} = 0,593 \quad (7.3.7)$$

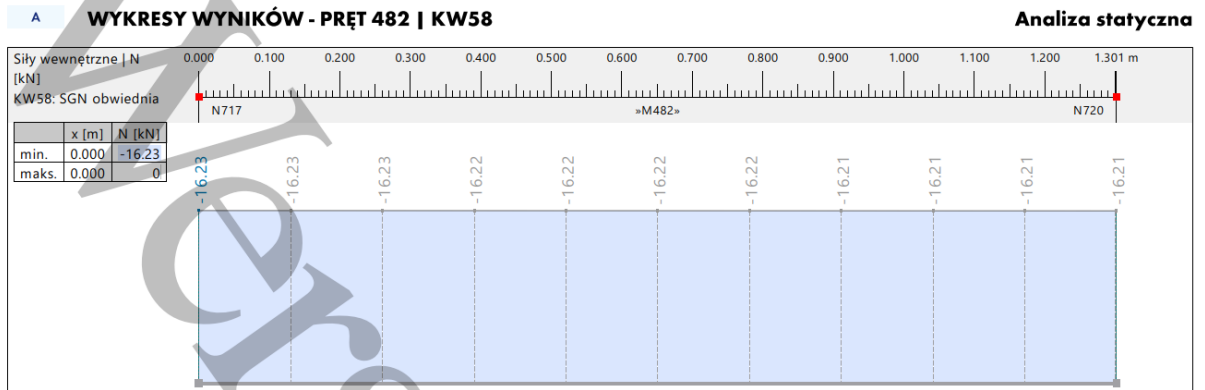
Nośność wyboczeniowa:

[PN-EN 1993-3-1, G.1a]

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,845 \cdot 3,07 \cdot 355}{1,00} = 64,68 \text{ kN} \quad (7.3.8)$$

Maksymalne siły w skratowaniu uzyskano w kombinacji wyników nr 58:

$$N_{Ed} = 16,23 \text{ kN}$$



Rysunek 7.4. Siła normalna w pręcie nr 482

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{16,23 \text{ kN}}{64,68 \text{ kN}} = 0,25$$

Wytyczenie pokrywa się z wynikami z programu RFEM6.

#### 7.4. Łożysko

Łożysko centralne wykonano zgodnie z PN-EN 1337-6 w wariacie wahacza z powierzchnią kulistą.

Materiał i geometria łożyska:

Promień:  $r_1 = 400 \text{ mm}$

Promień:  $r_2 = 750 \text{ mm}$

Wytrzymałość na rozciąganie:  $f_u = 490 \text{ MPa}$

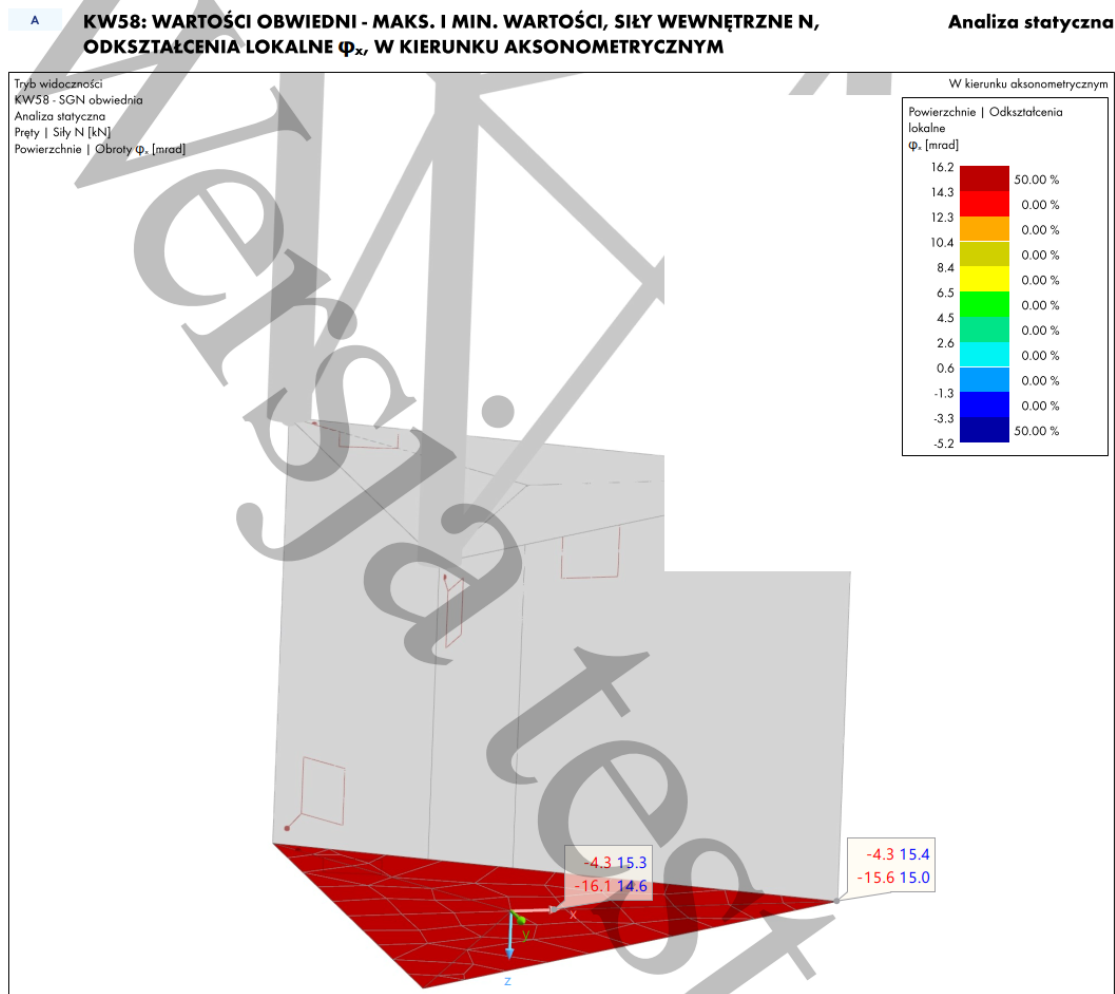
Moduł sprężystości:  $E_d = 2100000 \text{ MPa}$

$$N_{Rk} = 220 \cdot \left( \frac{r_1 \cdot r_2}{r_2 - r_1} \right)^2 \cdot f_u^3 \cdot \frac{1}{E_d^2} = 431,2 \text{ kN} \quad (7.4.1) \quad [PN-EN 1337-6, 6.5.2]$$

$$N_{Rd} = \frac{N_{Rk}}{\gamma_m^3} = 431,2 \text{ kN} > N_{Ed} = 391,3 \text{ kN} \quad (7.4.2) \quad [PN-EN 1337-6, 6.5.2]$$

## Rozdział 7: Obliczenia ręczne wybranych elementów konstrukcji

Zgodnie z PN-EN 1337-6 możliwość obrotu łożyska nie powinna przekraczać 50mrad.



Rysunek 7.5. Obrót na łożysku  
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Maksymalny obrót na łożysku odczytany z programu:

$$\varphi_x = 16,2\text{mrad} < 50\text{mrad}$$

## 8. Porównanie konstrukcji masztu dla różnych nachyleń odciągów

Na potrzeby analizy stworzono dodatkowo sześć modeli konstrukcji, w których zmieniano nachylenie odciągów względem poziomu: 50°, 55°, 60°, 65°, 70° oraz 75°. Na podstawie nowo utworzonych modeli dokonano weryfikacji ekstremalnych sił w krawężnikach, skratowaniu i odciągach.

Dla modeli z nachyleniem odciągów od 60° do 75° konieczne było zwiększenie naciągu wstępnego w celu uniknięcia luzowania się odciągów:

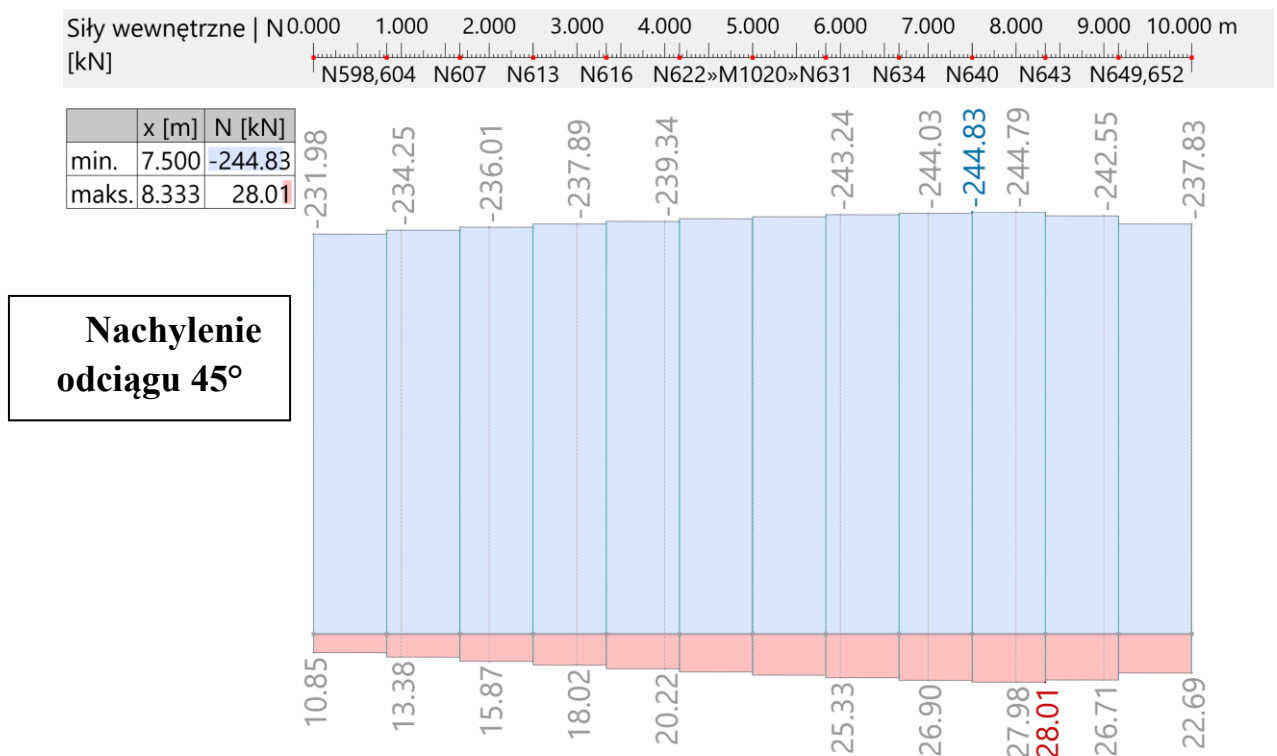
Dla 60°: Naciąg wstępny zwiększono z 60kN do 80kN.

Dla 65°: Naciąg wstępny zwiększono z 60kN do 100kN.

Dla 70°: Naciąg wstępny zwiększono z 60kN do 140kN.

Dla 75°: Naciąg wstępny zwiększono z 60kN do 170kN.

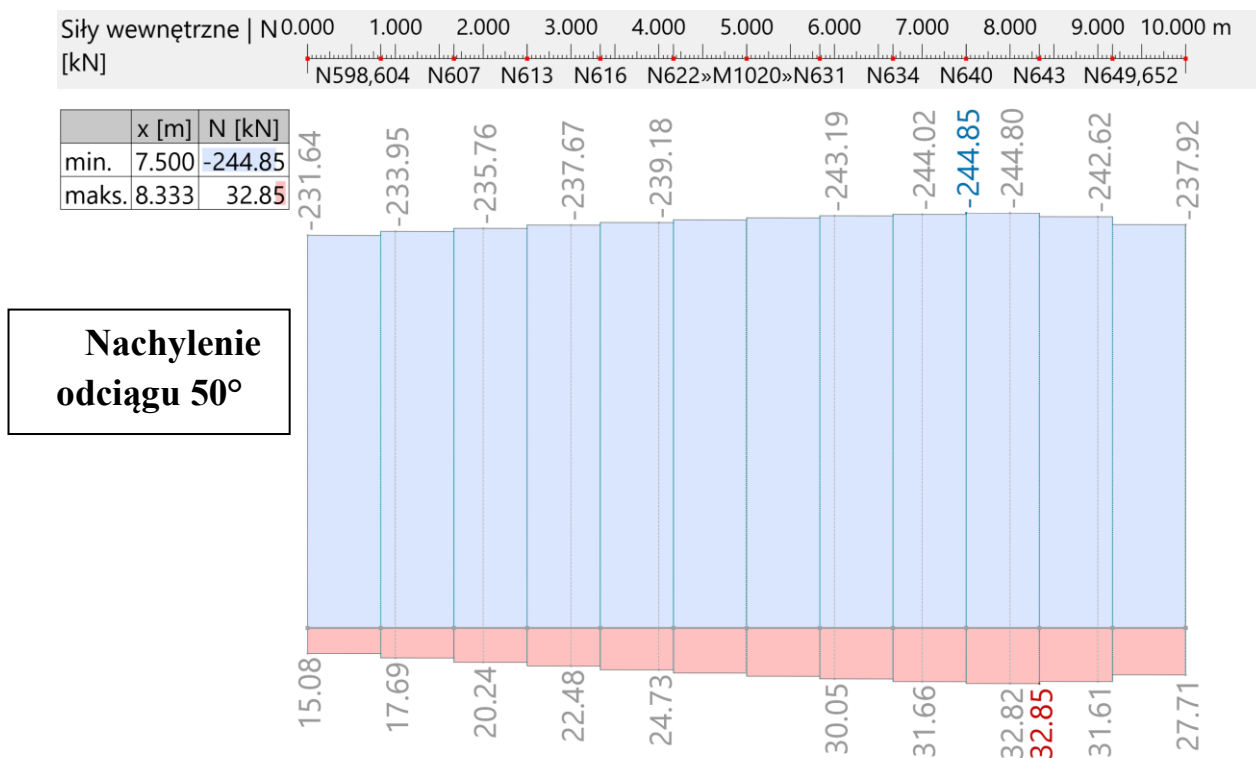
### 8.1. Siły w krawężnikach



Rysunek 8.1. Maksymalna siła w krawężniku– nachylenie odciagu 45°

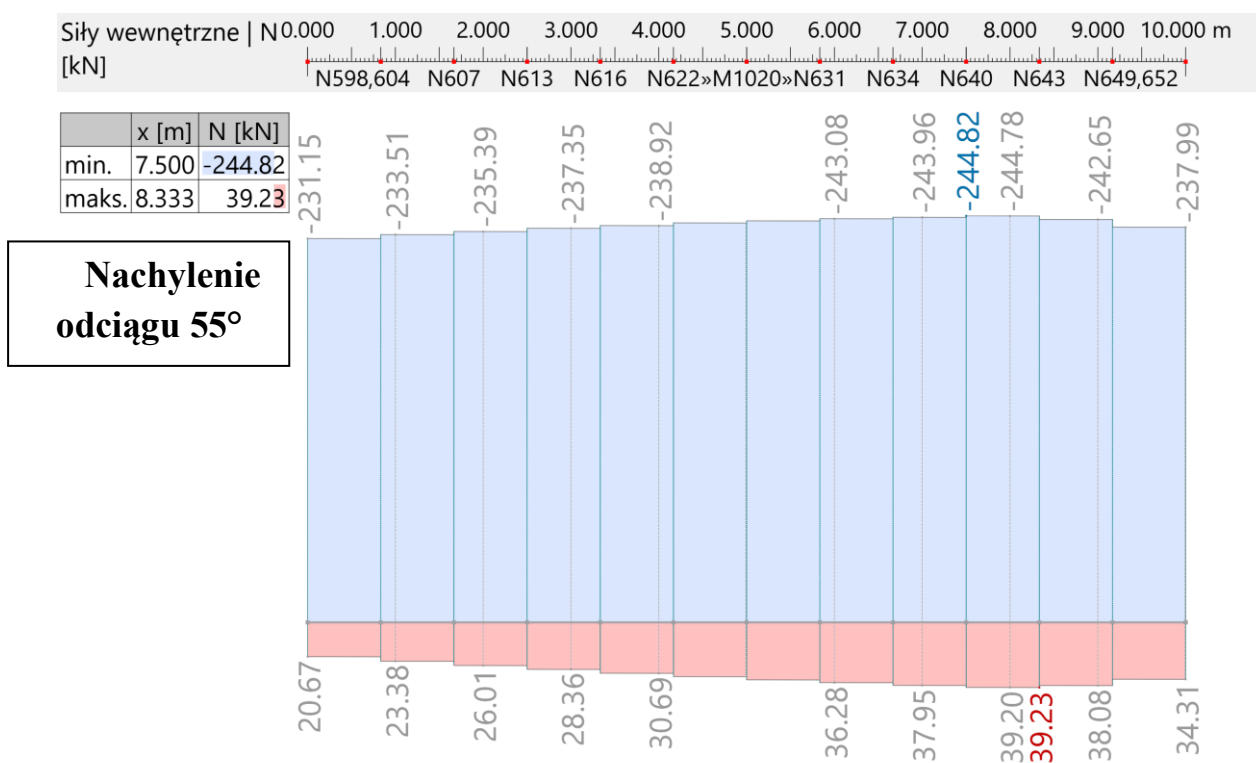
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

## Rozdział 8: Porównanie konstrukcji masztu dla różnych nachyleń odciągów



Rysunek 8.2. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciągu 50°

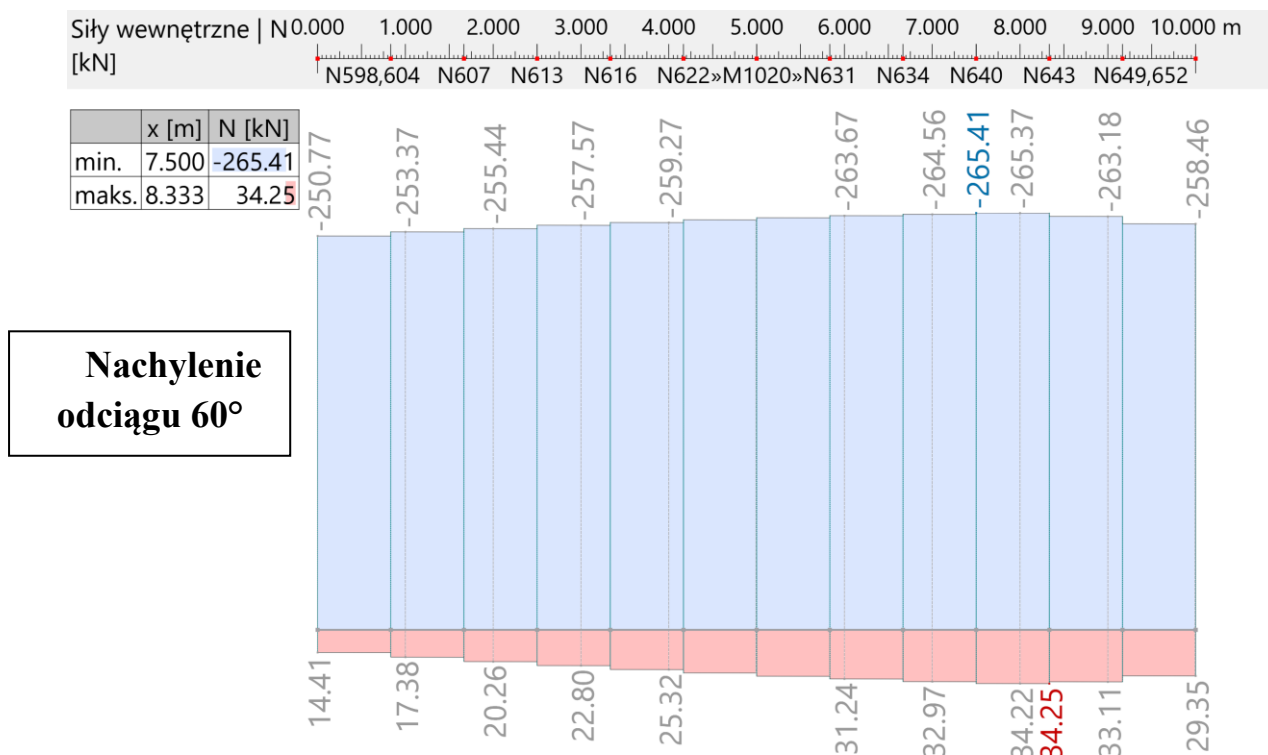
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



Rysunek 8.3. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciągu 55°

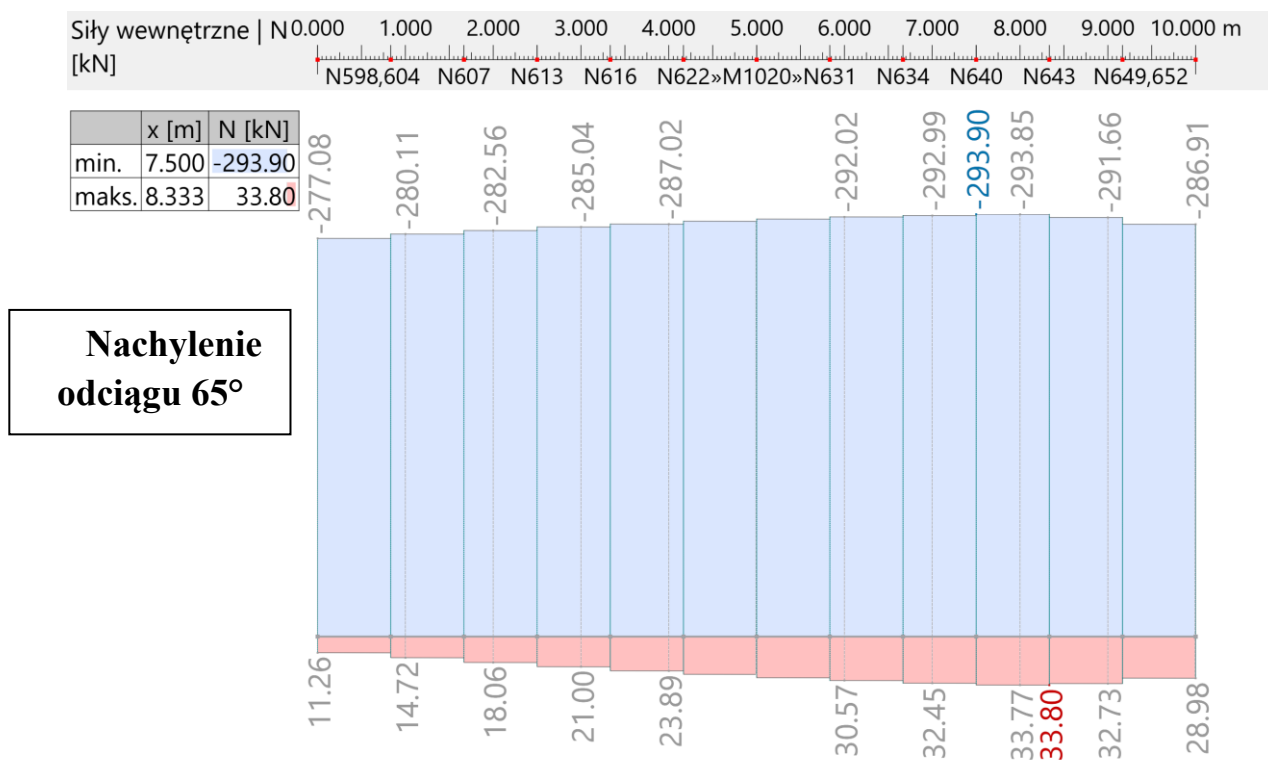
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

## Rozdział 8: Porównanie konstrukcji masztu dla różnych nachyleń odciągów



Rysunek 8.4. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciągu 60°

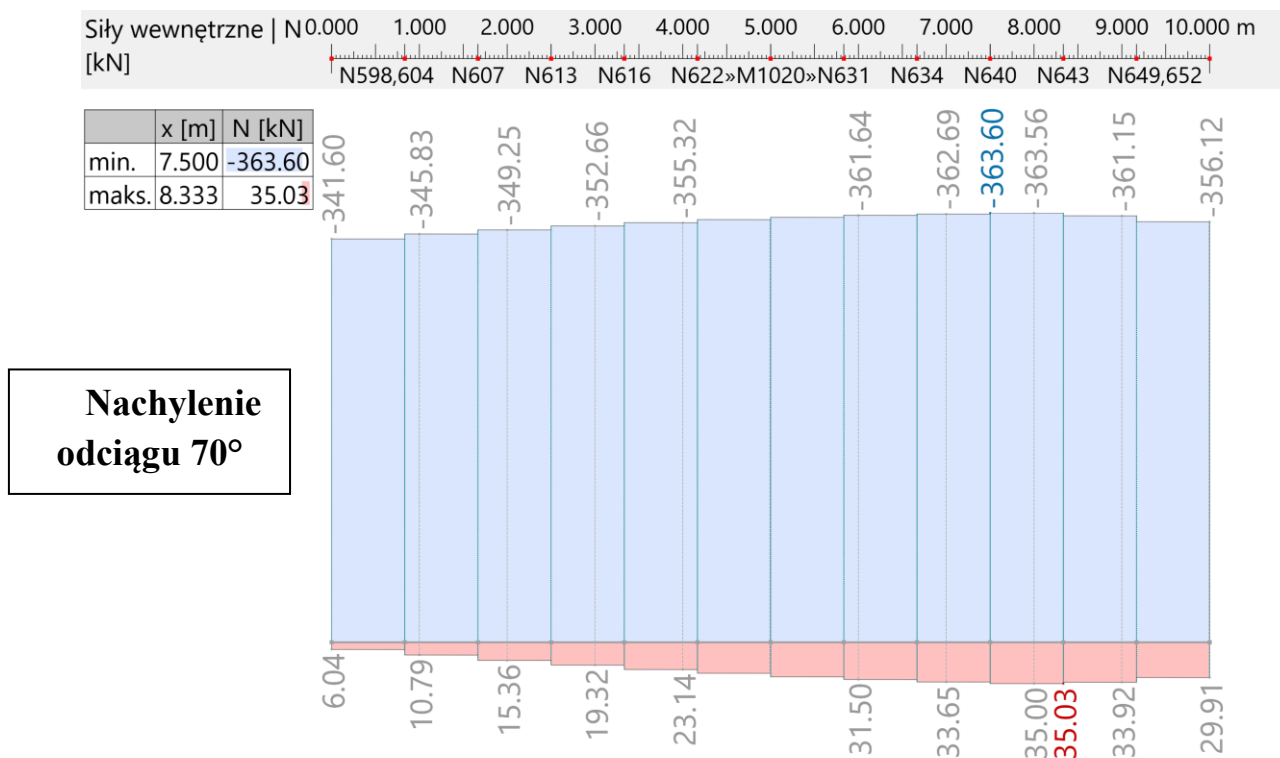
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



Rysunek 8.5. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciągu 65°

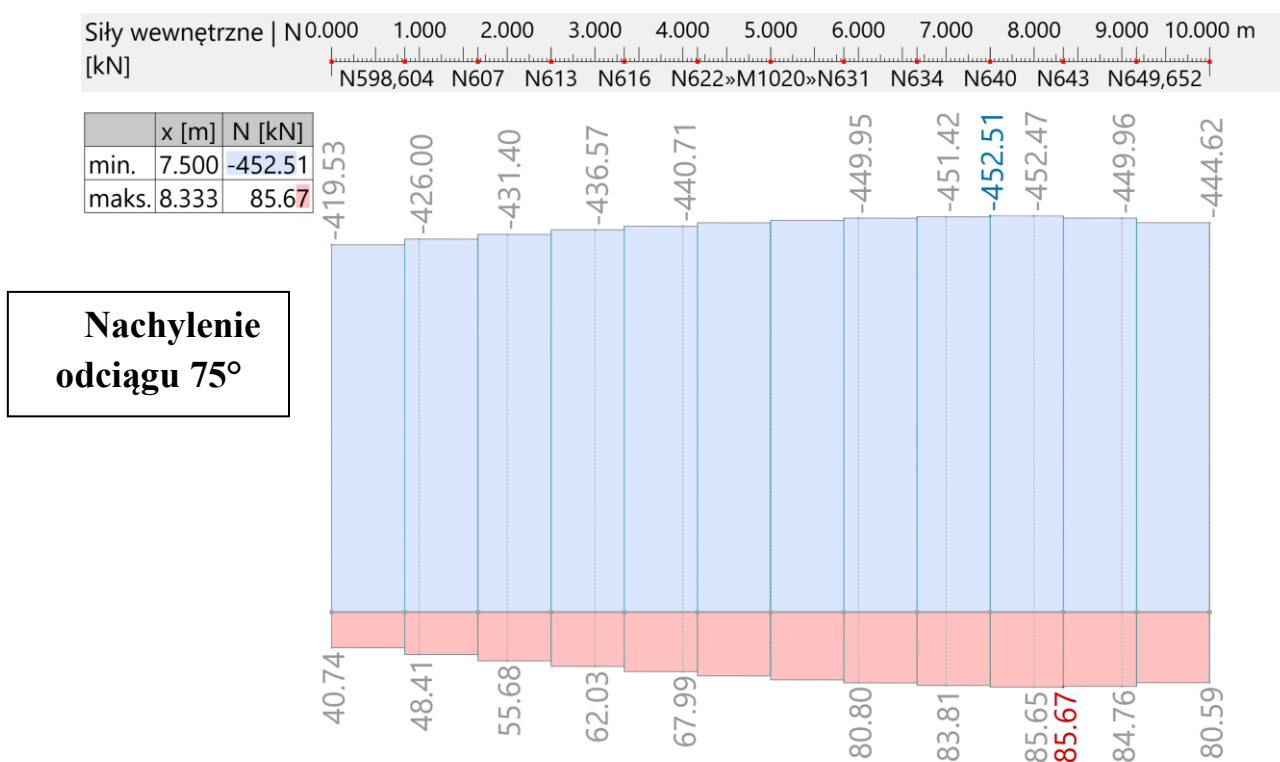
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

## Rozdział 8: Porównanie konstrukcji masztu dla różnych nachyleń odcigów



Rysunek 8.6. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odcigu 70°

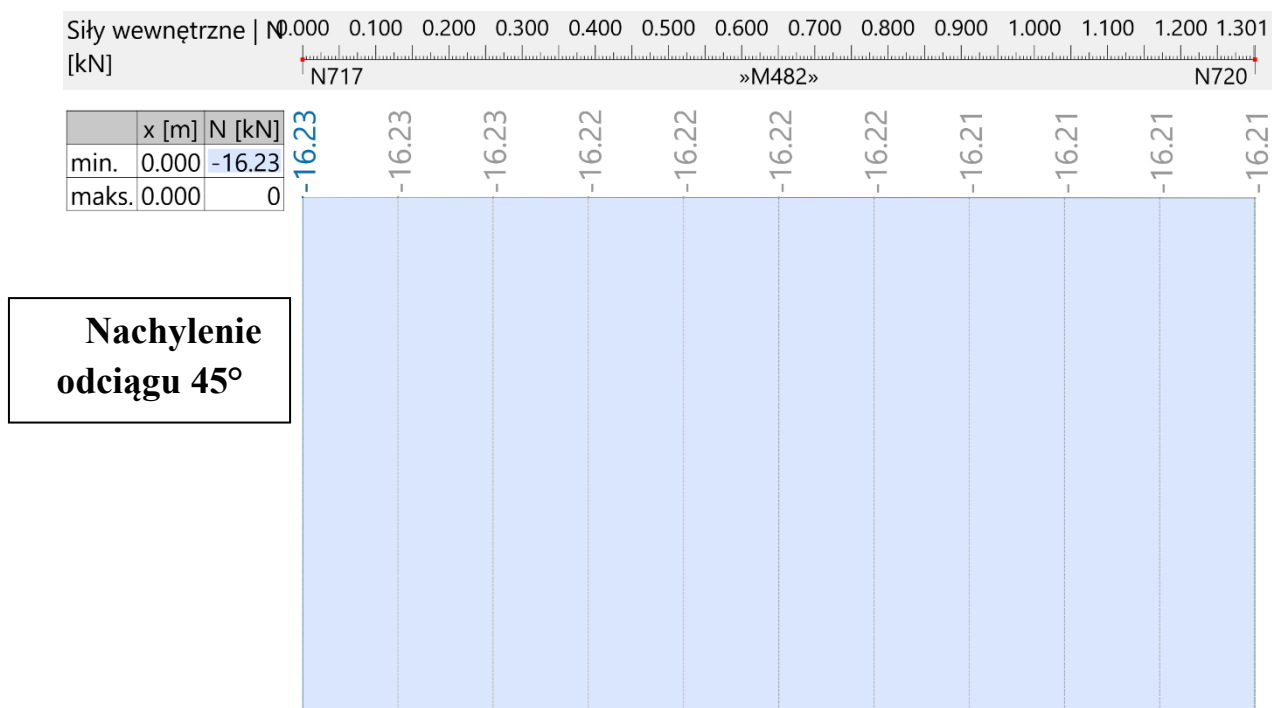
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



Rysunek 8.7. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odcigu 75°

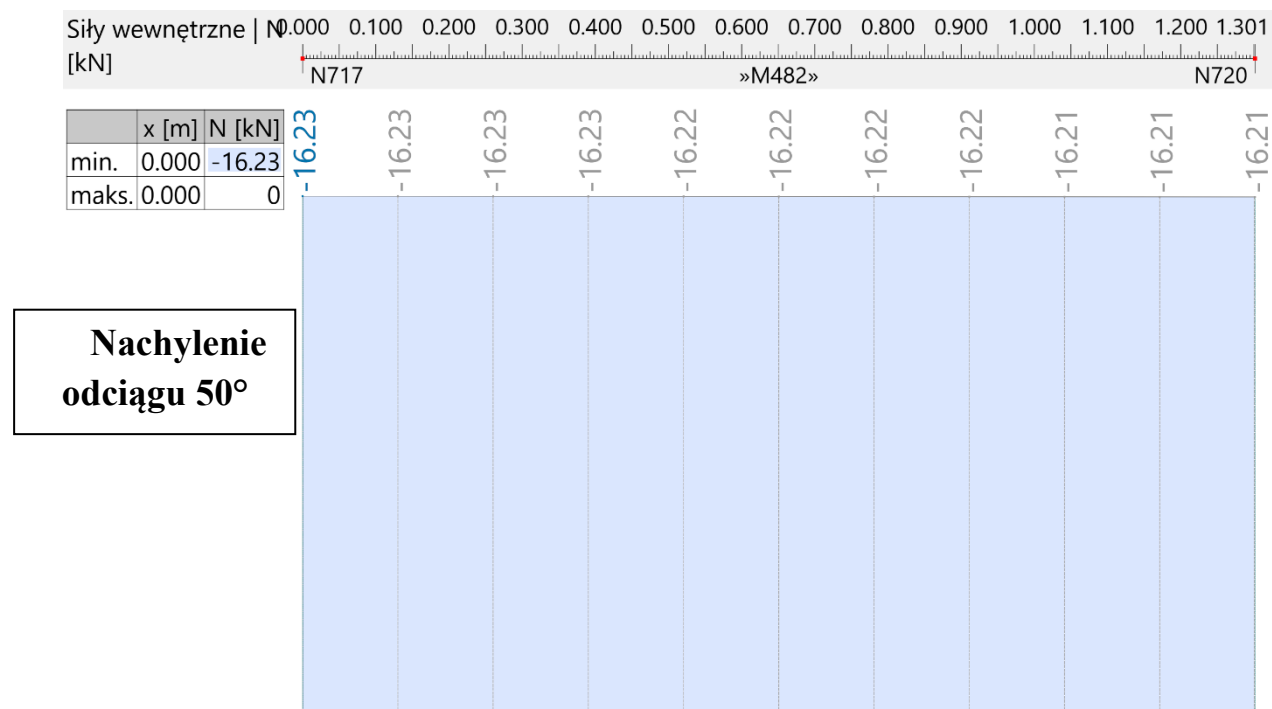
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

## 8.2. Siły w skratowaniu



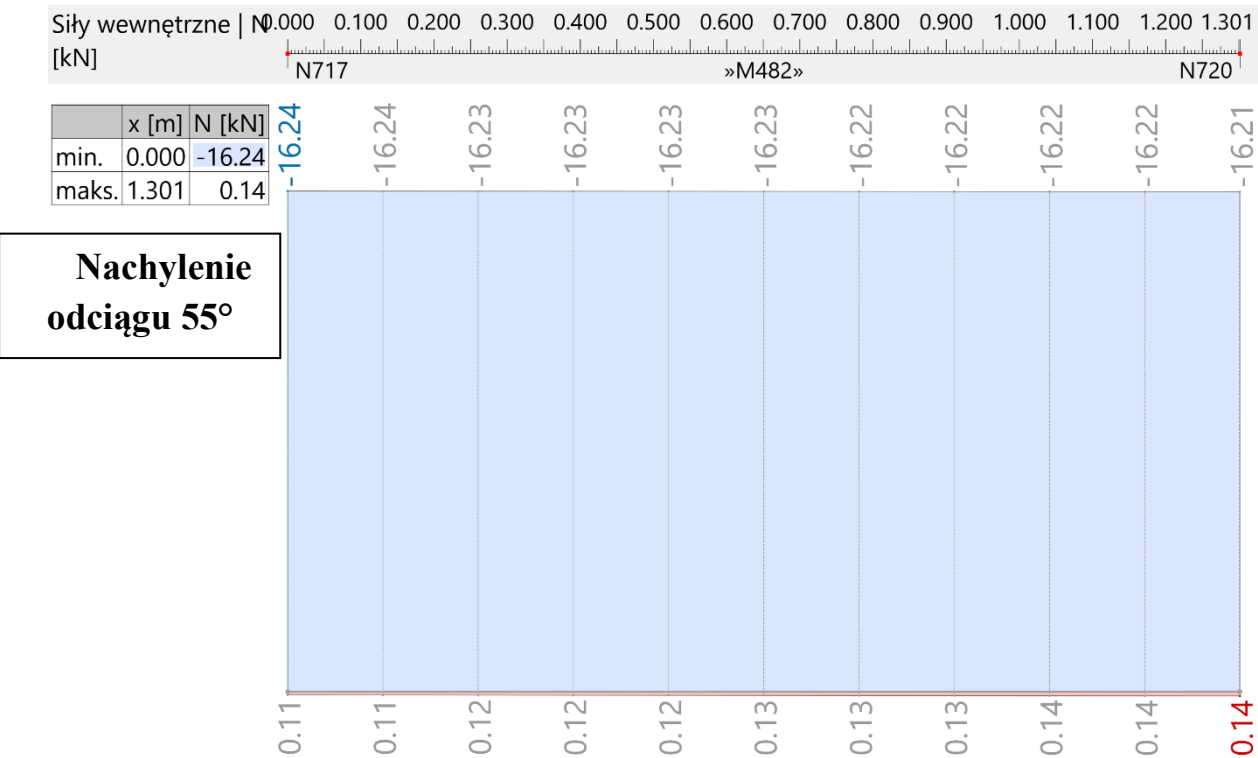
Rysunek 8.8. Makysmalna siła w skratowaniu– nachylenie odciągu 45°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

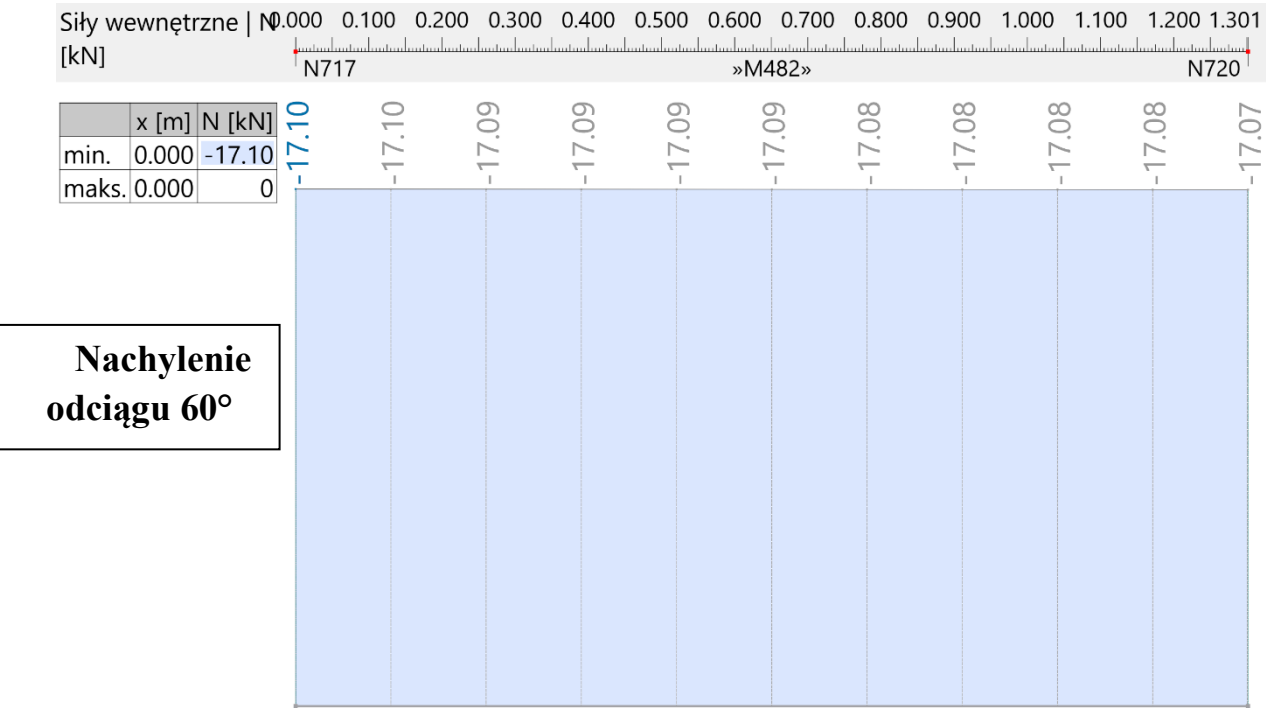


Rysunek 8.9. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciągu 50°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

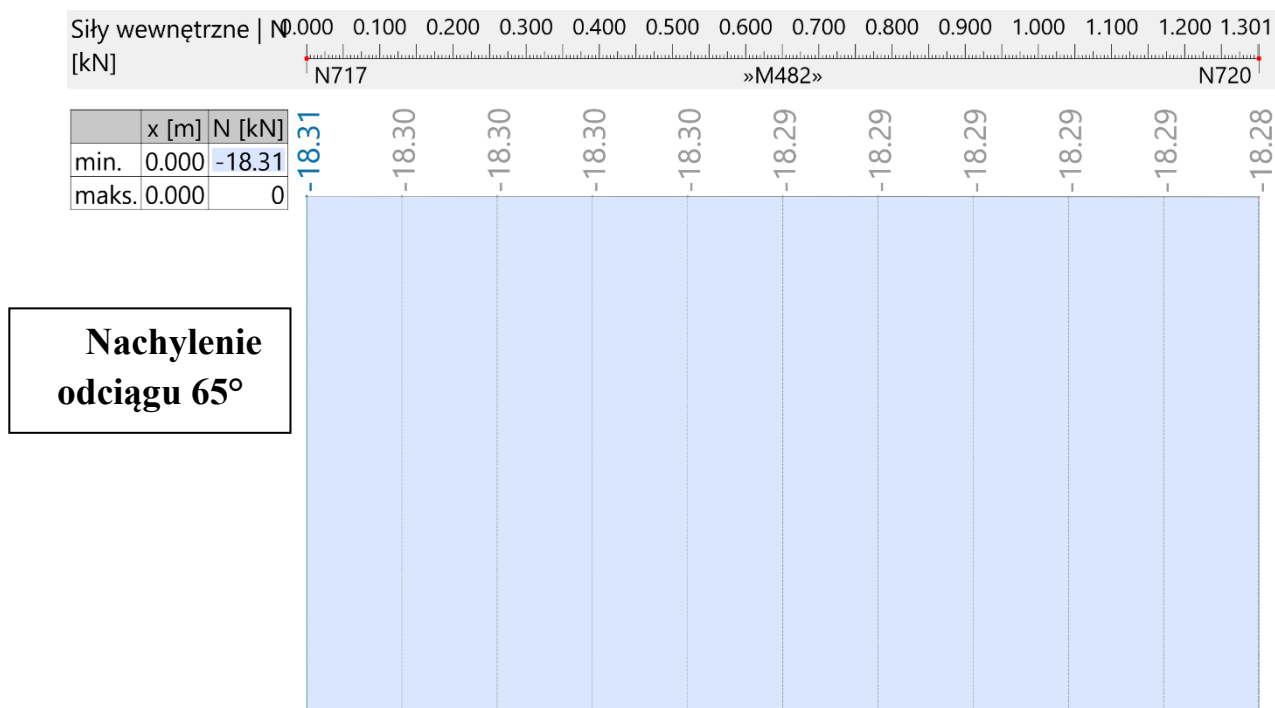


Rysunek 8.10. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciagu 55°  
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



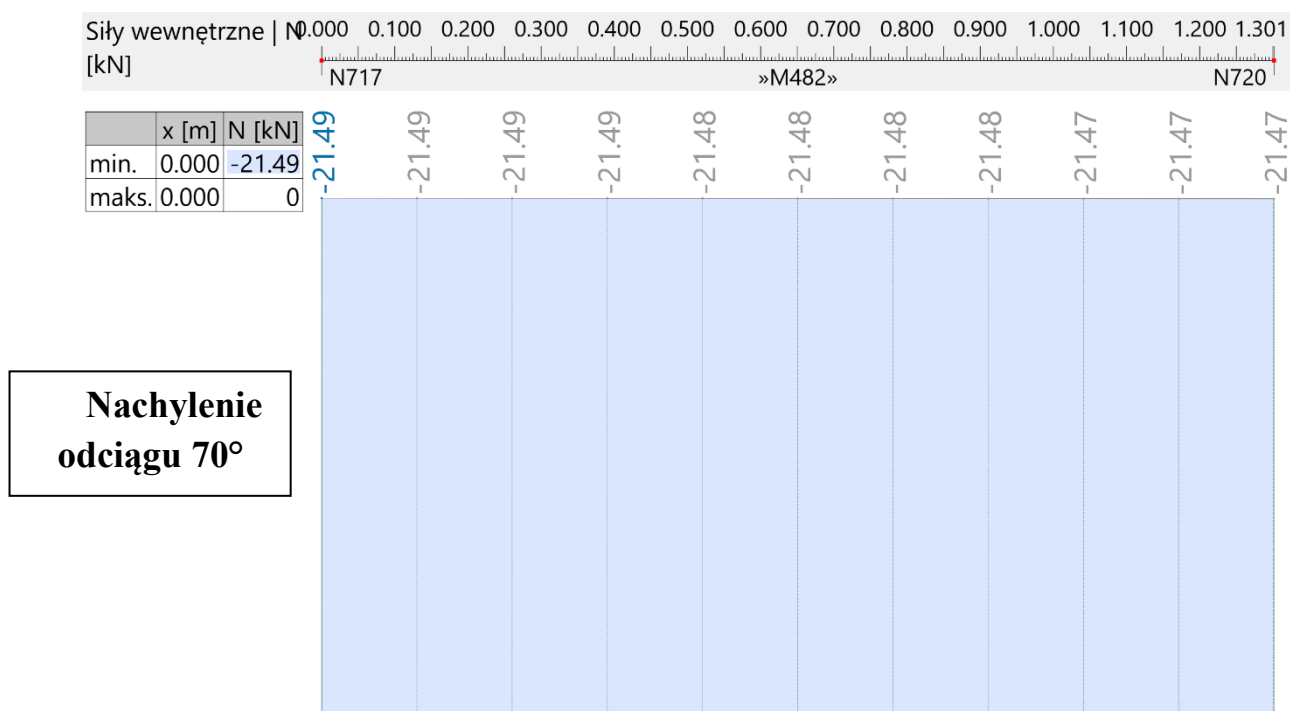
Rysunek 8.11. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciagu 60°  
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

## Rozdział 8: Porównanie konstrukcji masztu dla różnych nachyleń odciągów



Rysunek 8.12. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciągu 65°

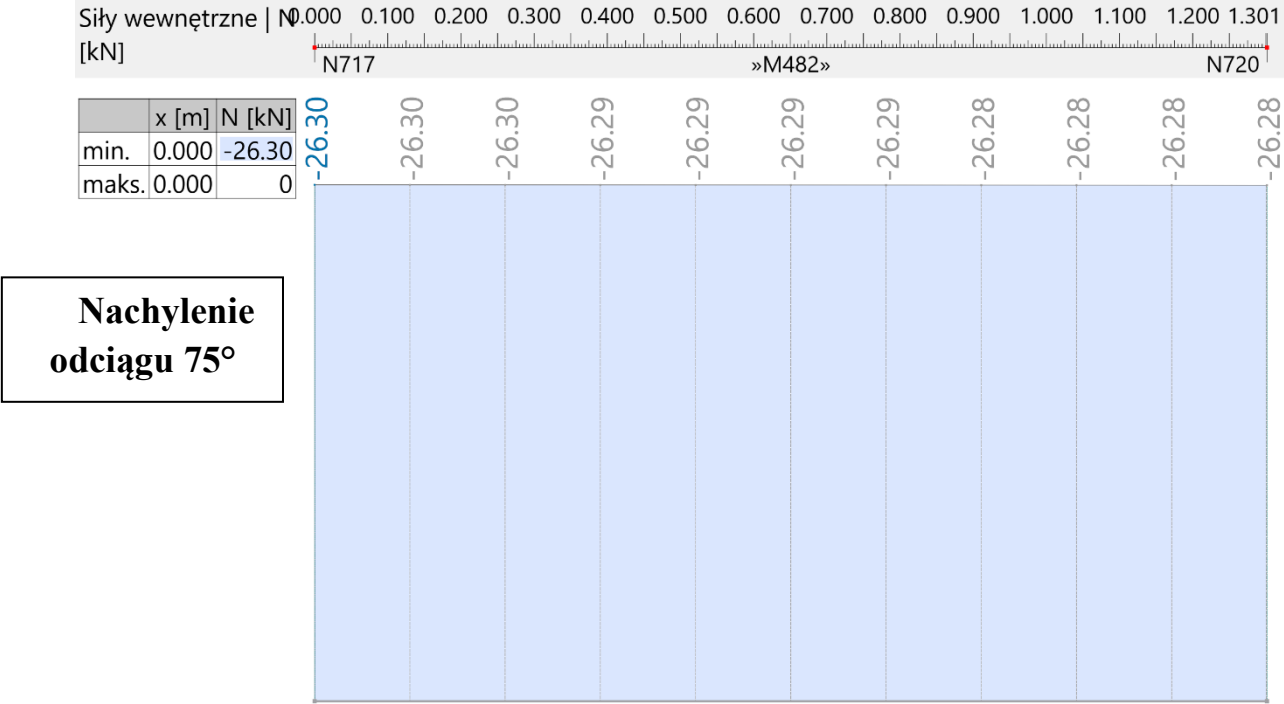
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



Rysunek 8.13. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciągu 70°

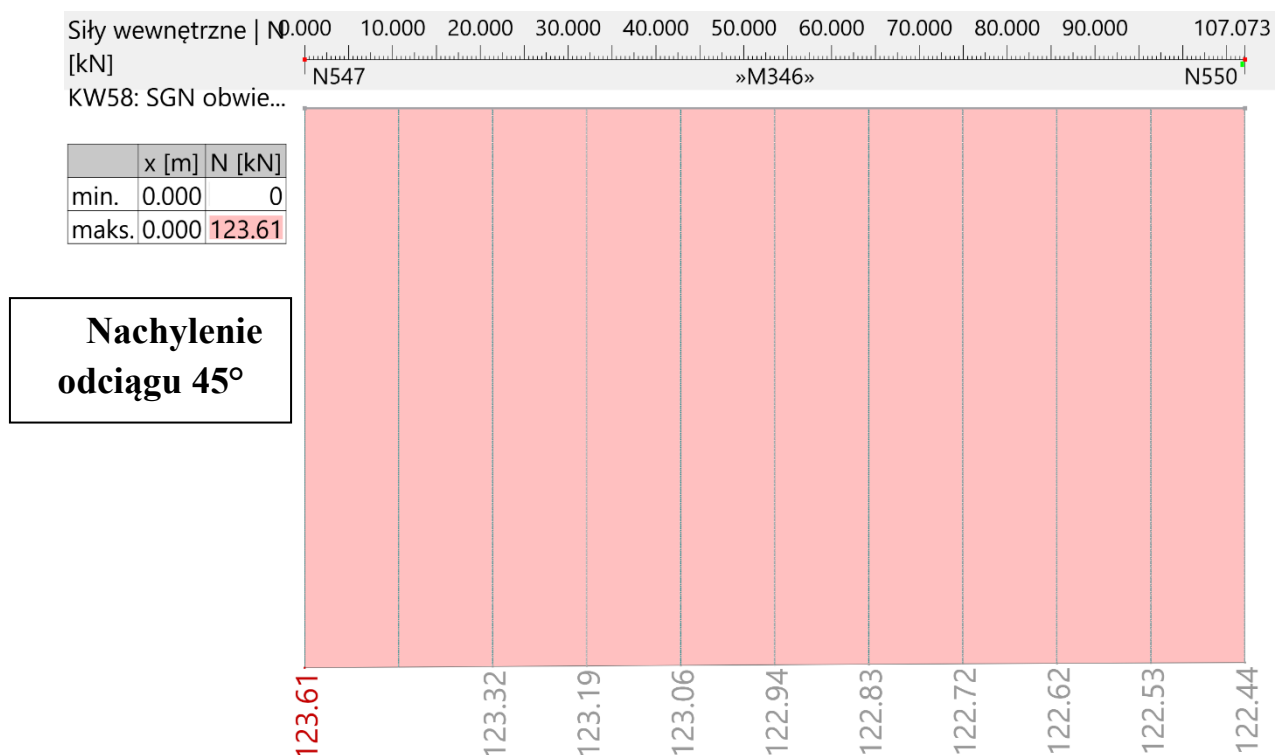
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rozdział 8: Porównanie konstrukcji masztu dla różnych nachyleń odciągów



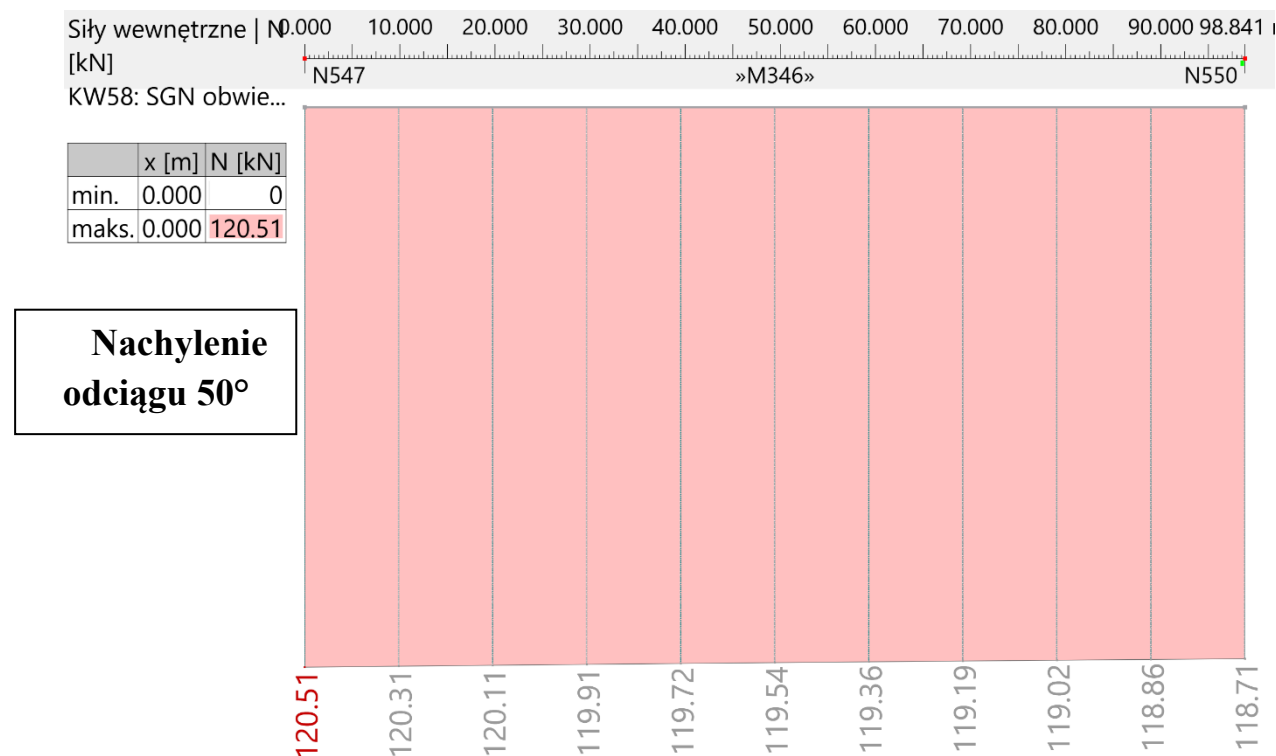
Rysunek 8.14. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciagu 75°  
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

## 8.3. Siły w odcigach



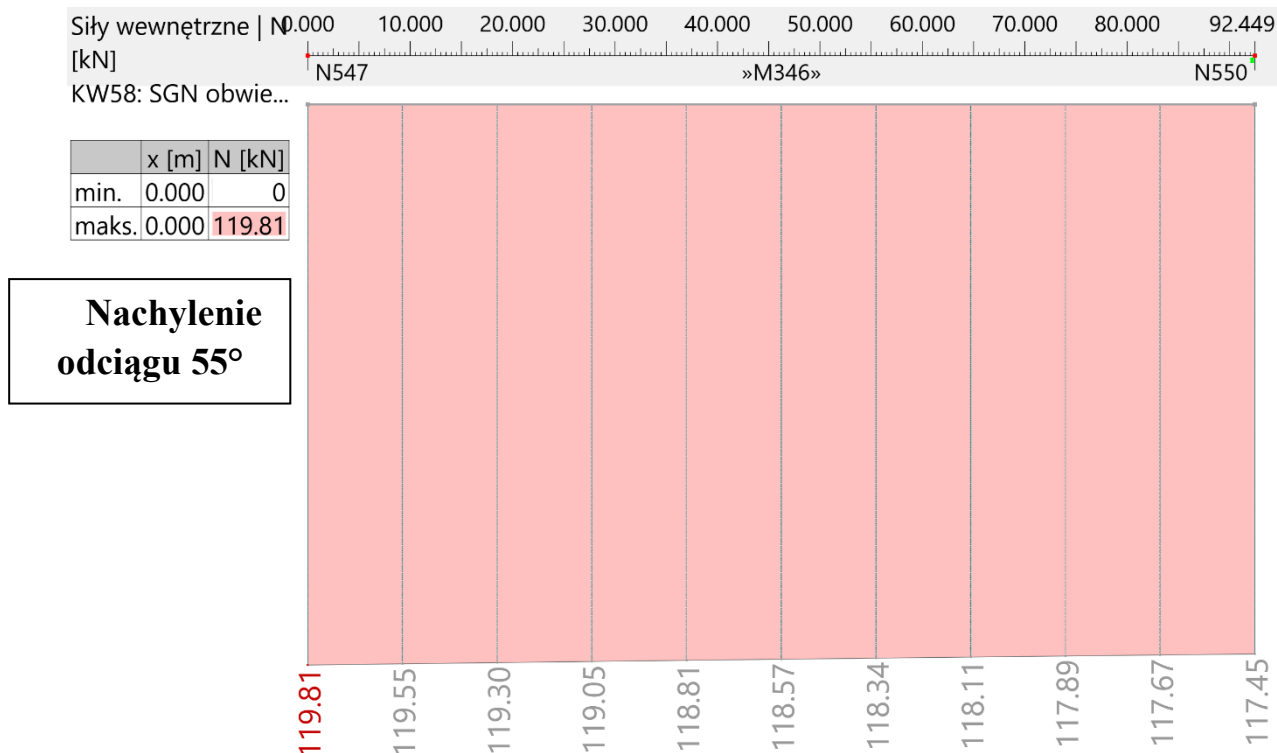
Rysunek 8.15. Makysmalna siła w odcigu– nachylenie odcigu 45°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



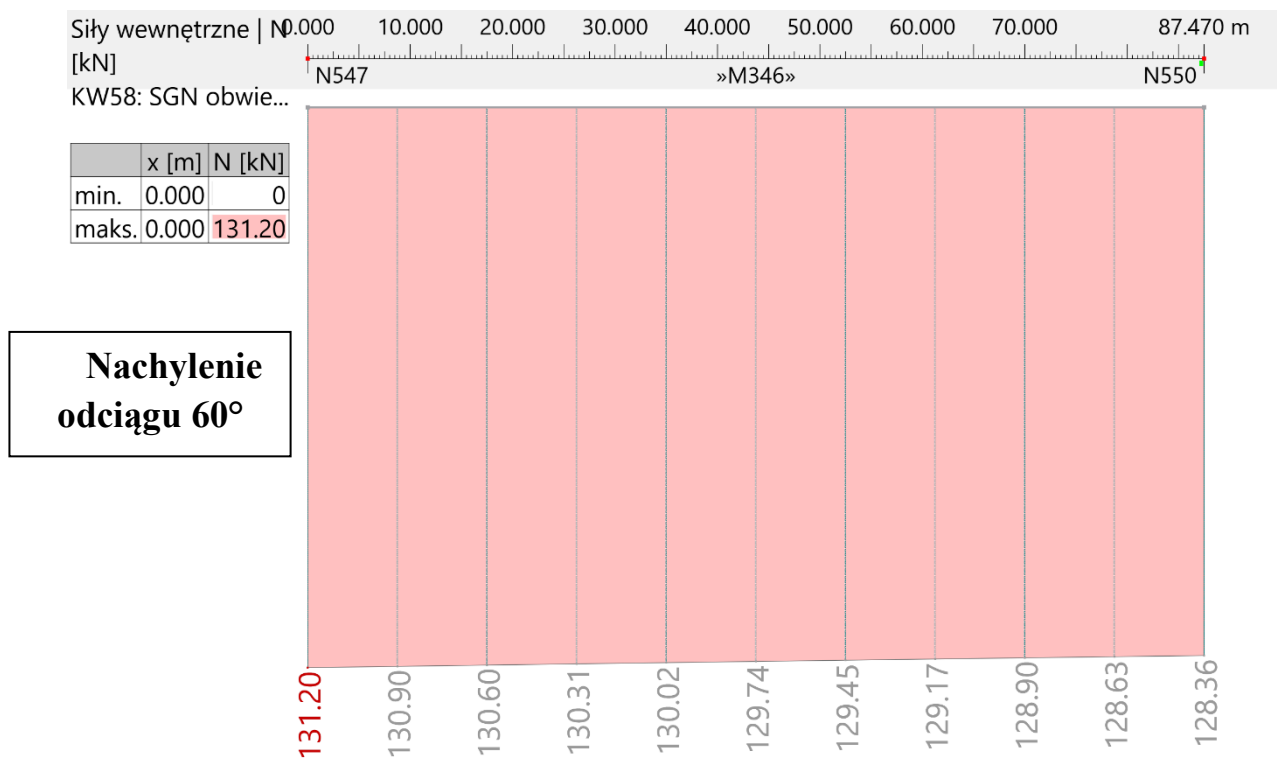
Rysunek 8.16. Makysmalna siła w odcigu – nachylenie odcigu 55°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



Rysunek 8.17. Makysmalna siła w odciągu – nachylenie odciągu 55°

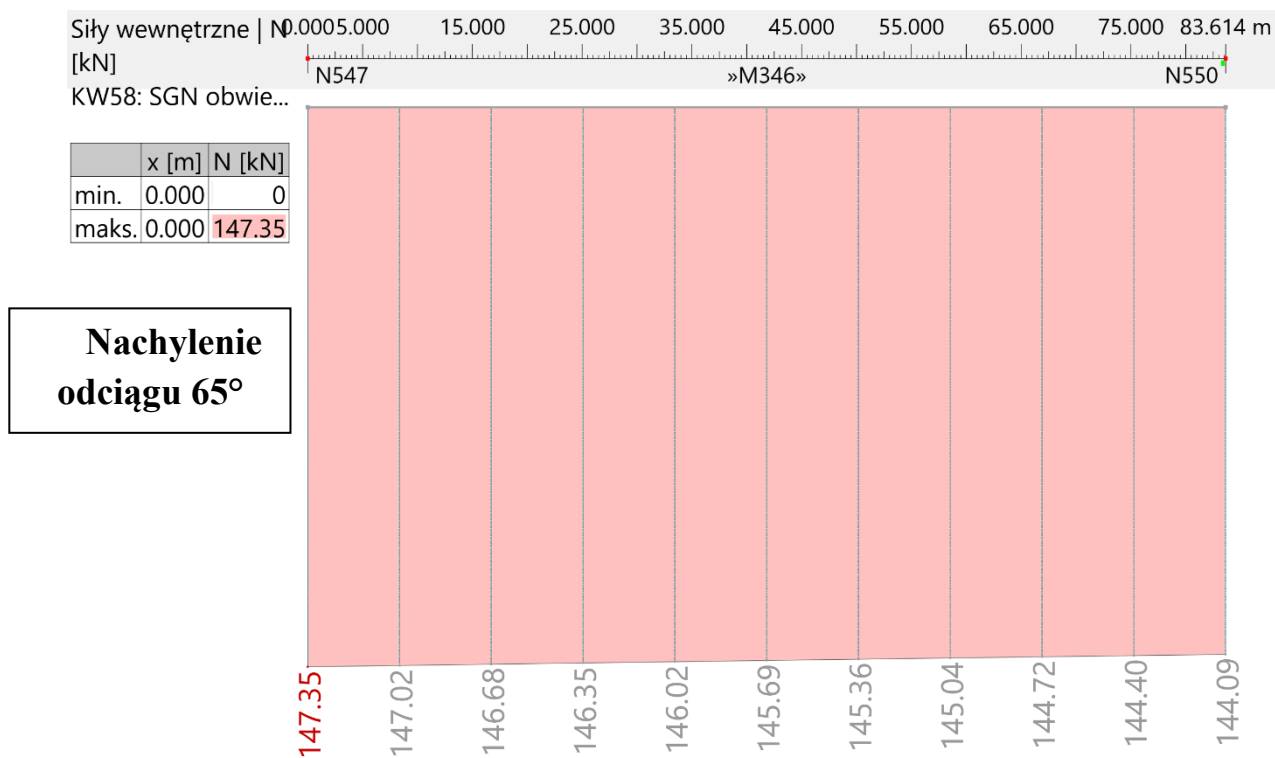
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



Rysunek 8.18. Makysmalna siła w odciągu – nachylenie odciągu 60°

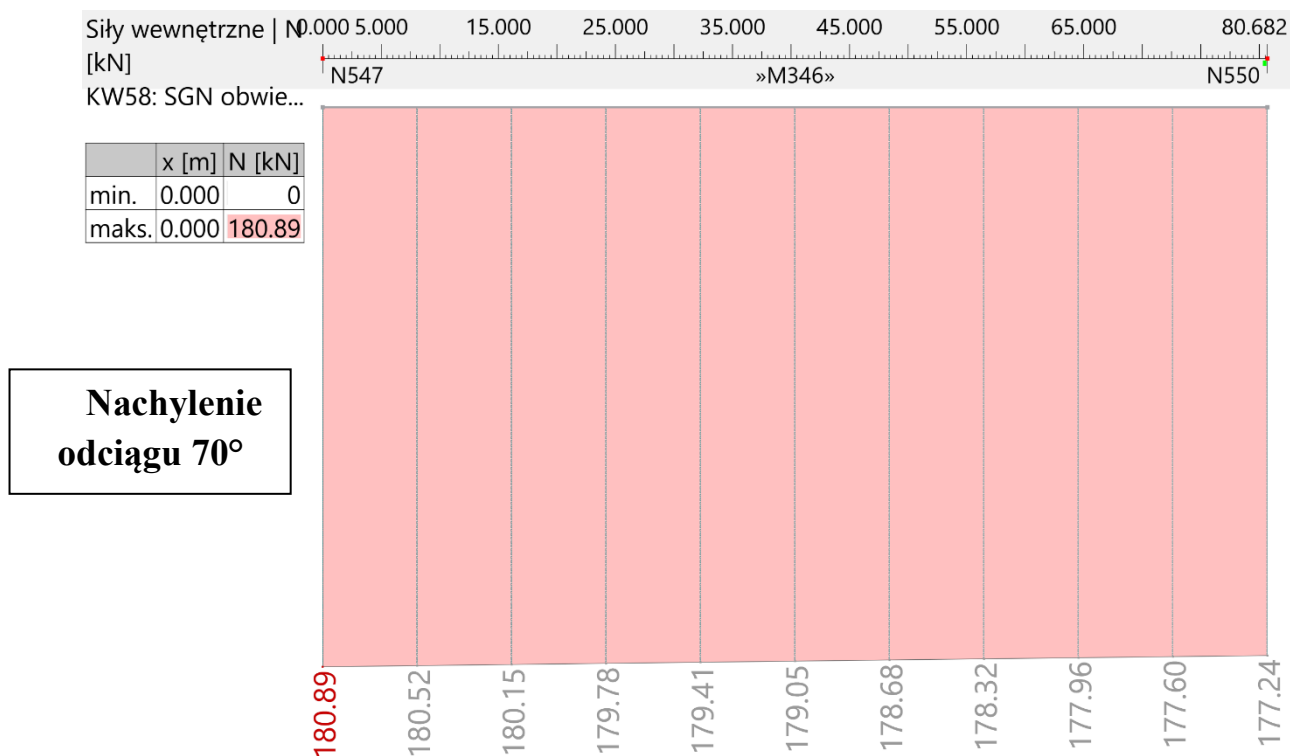
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

## Rozdział 8: Porównanie konstrukcji masztu dla różnych nachyleń odciągów



Rysunek 8.19. Makysmalna siła w odciągu – nachylenie odciągu 65°

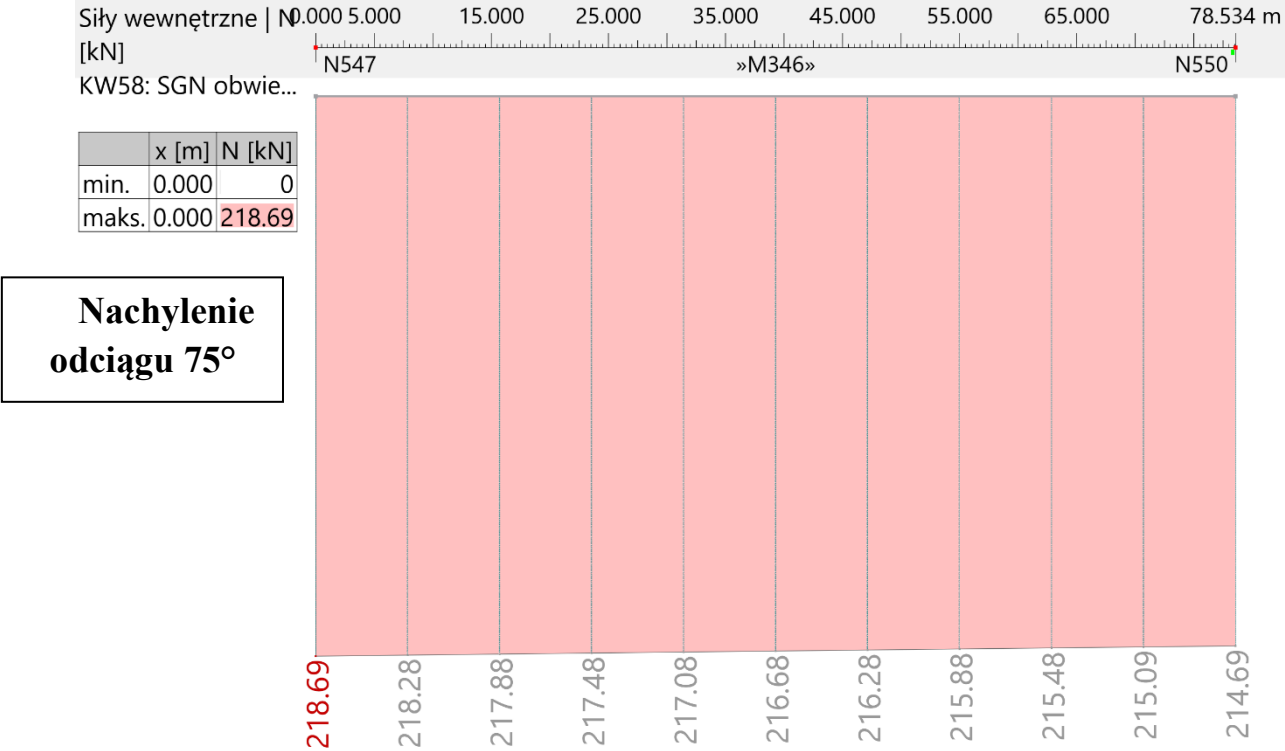
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



Rysunek 8.20. Makysmalna siła w odciągu – nachylenie odciągu 70°

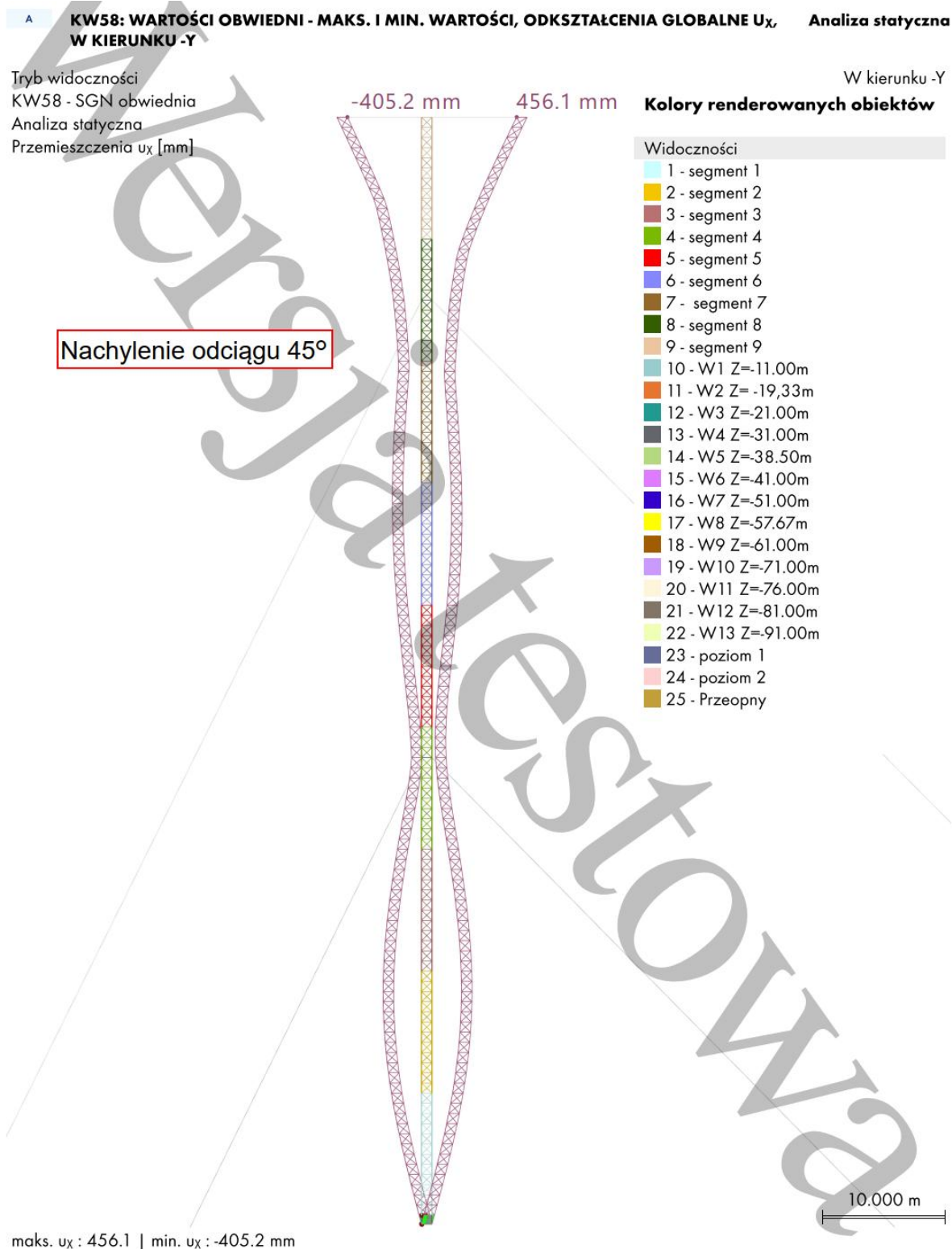
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rozdział 8: Porównanie konstrukcji masztu dla różnych nachyleń odciągów

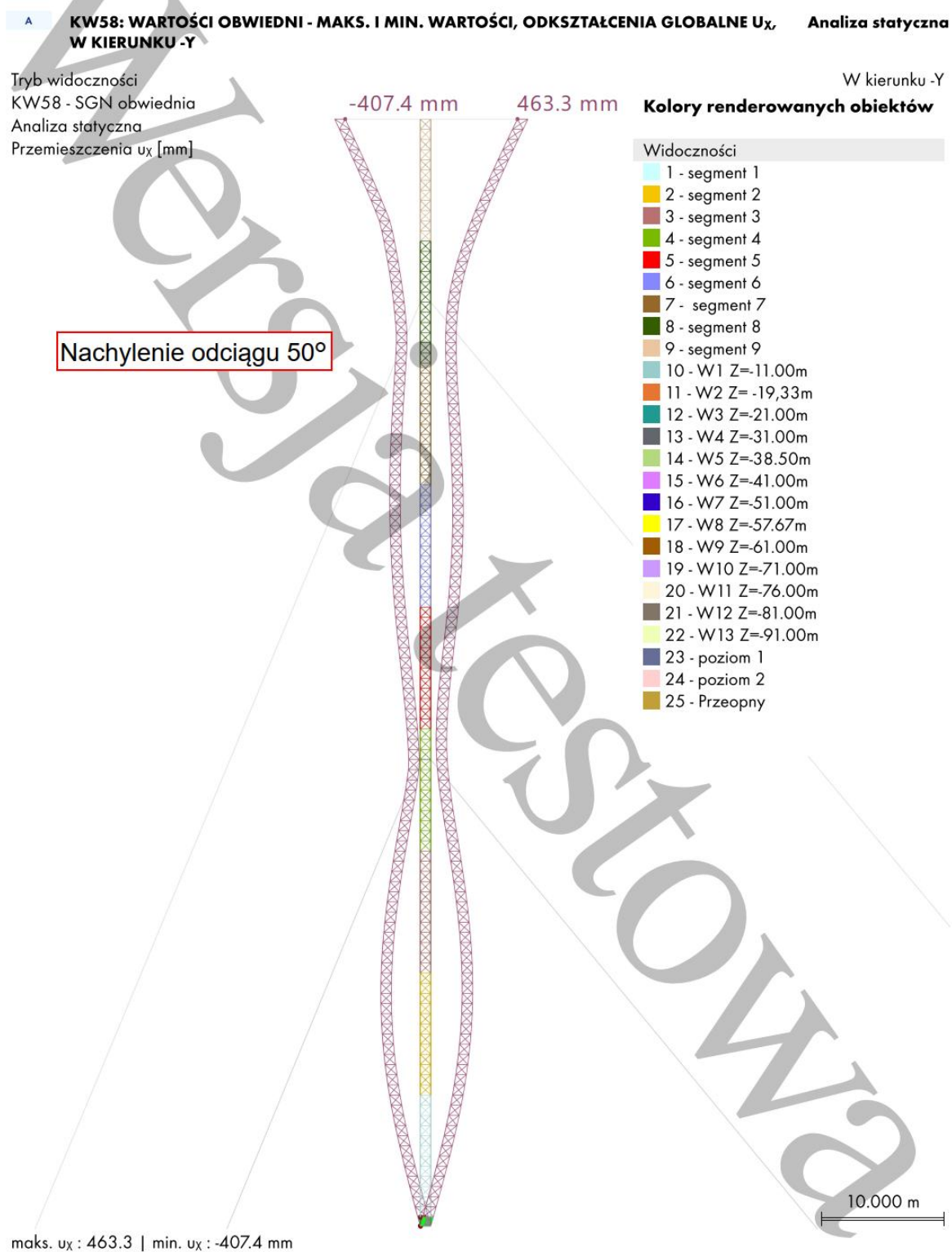


Rysunek 8.21. Maksymalna siła w odciagu – nachylenie odciagu 75°  
Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

## 8.4. Przemieszczenia

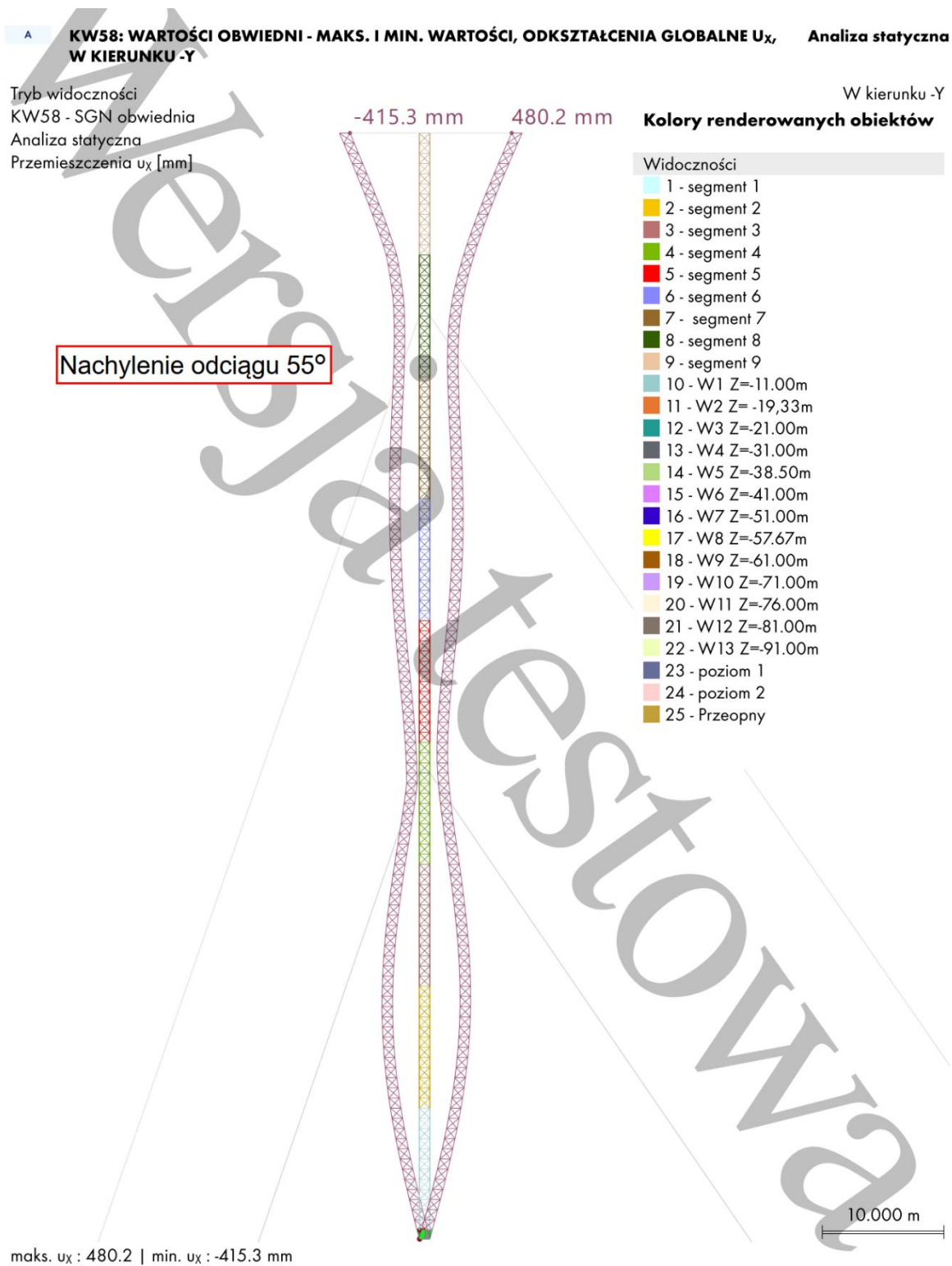
Rysunek 8.22. Przemieszczenie– nachylenie odciągu  $45^\circ$ 

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



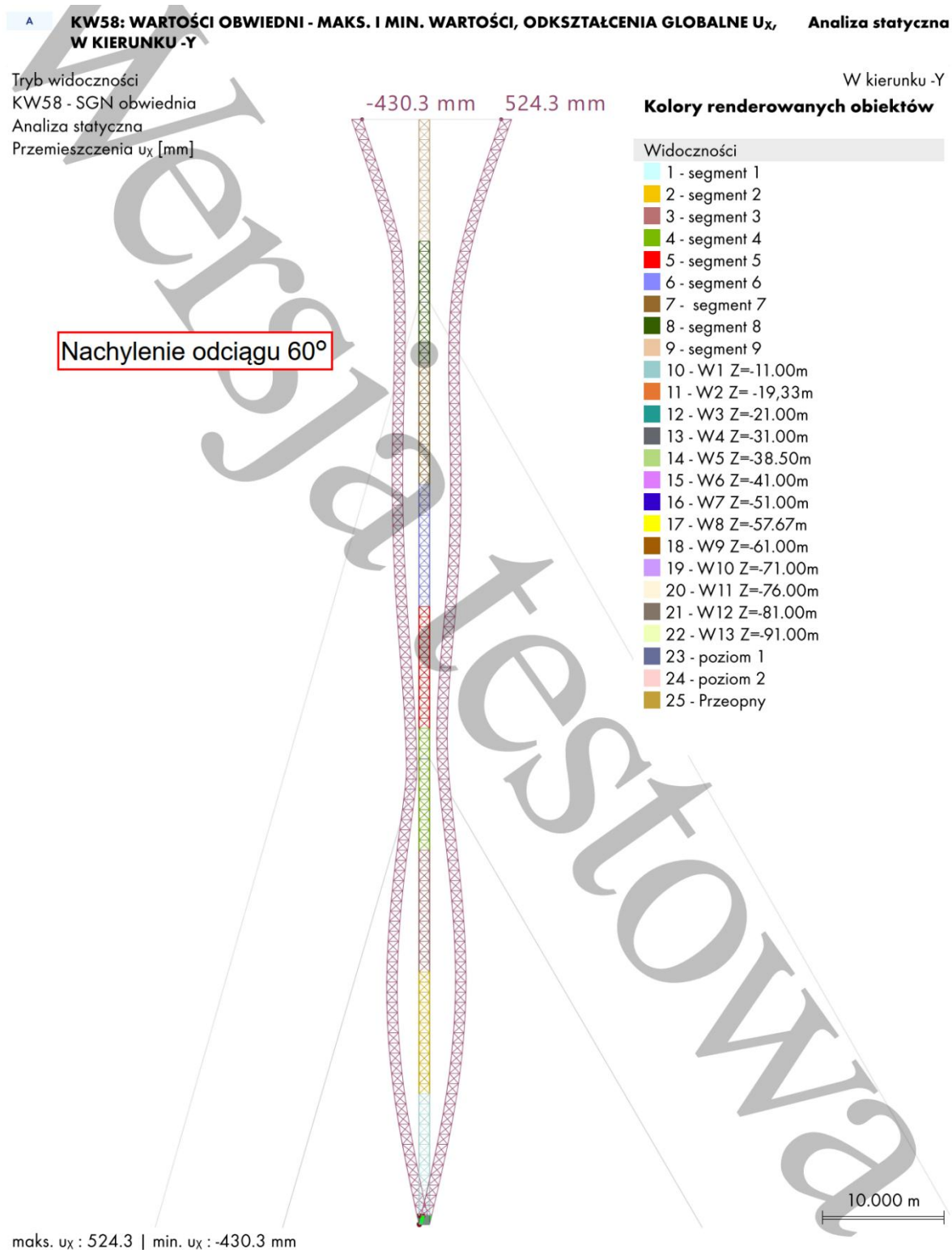
Rysunek 8.23. Przesunięcie– nachylenie odcigu  $50^\circ$

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



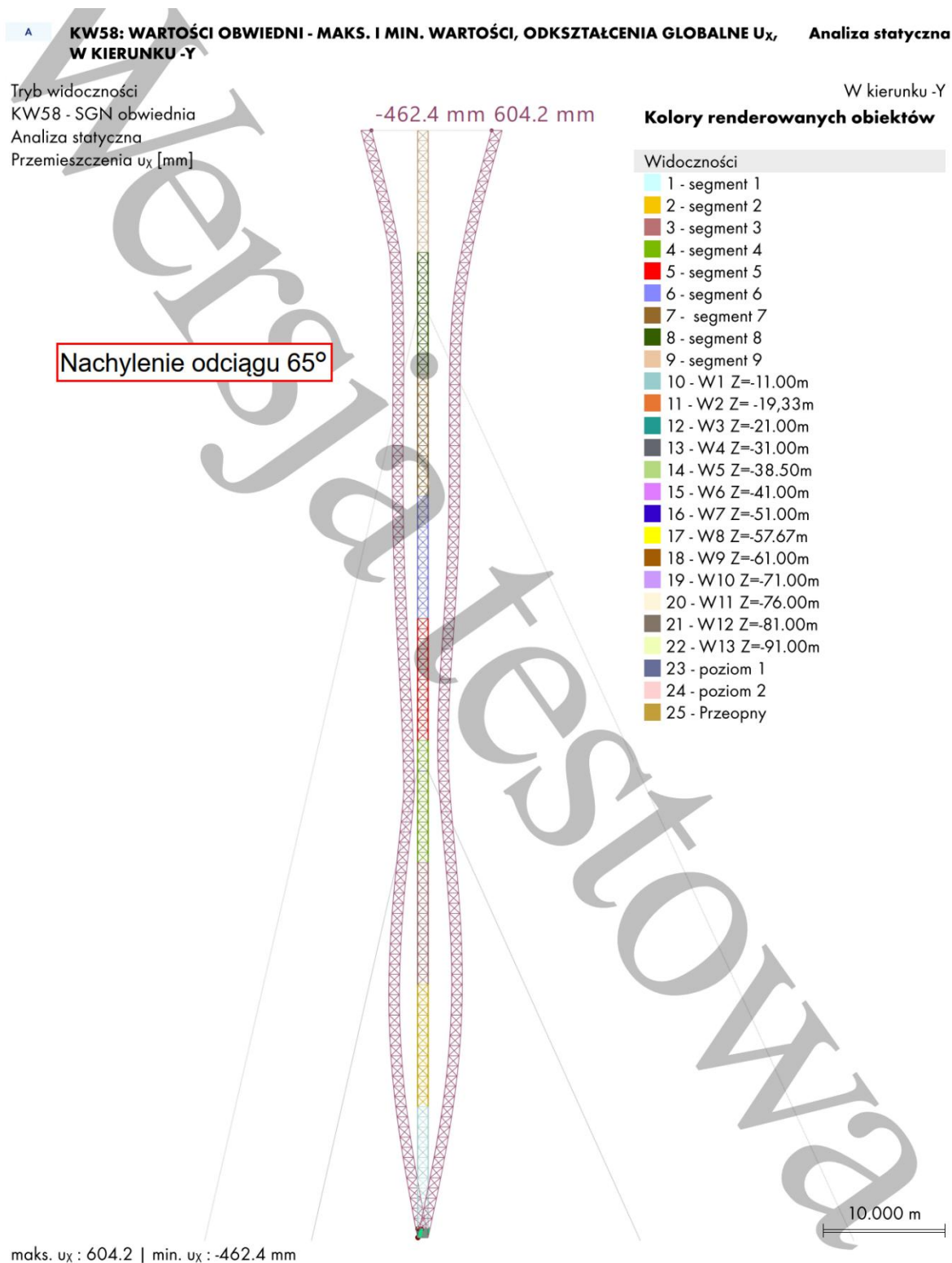
Rysunek 8.24. Przemieszczenie– nachylenie odciągu  $55^\circ$

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



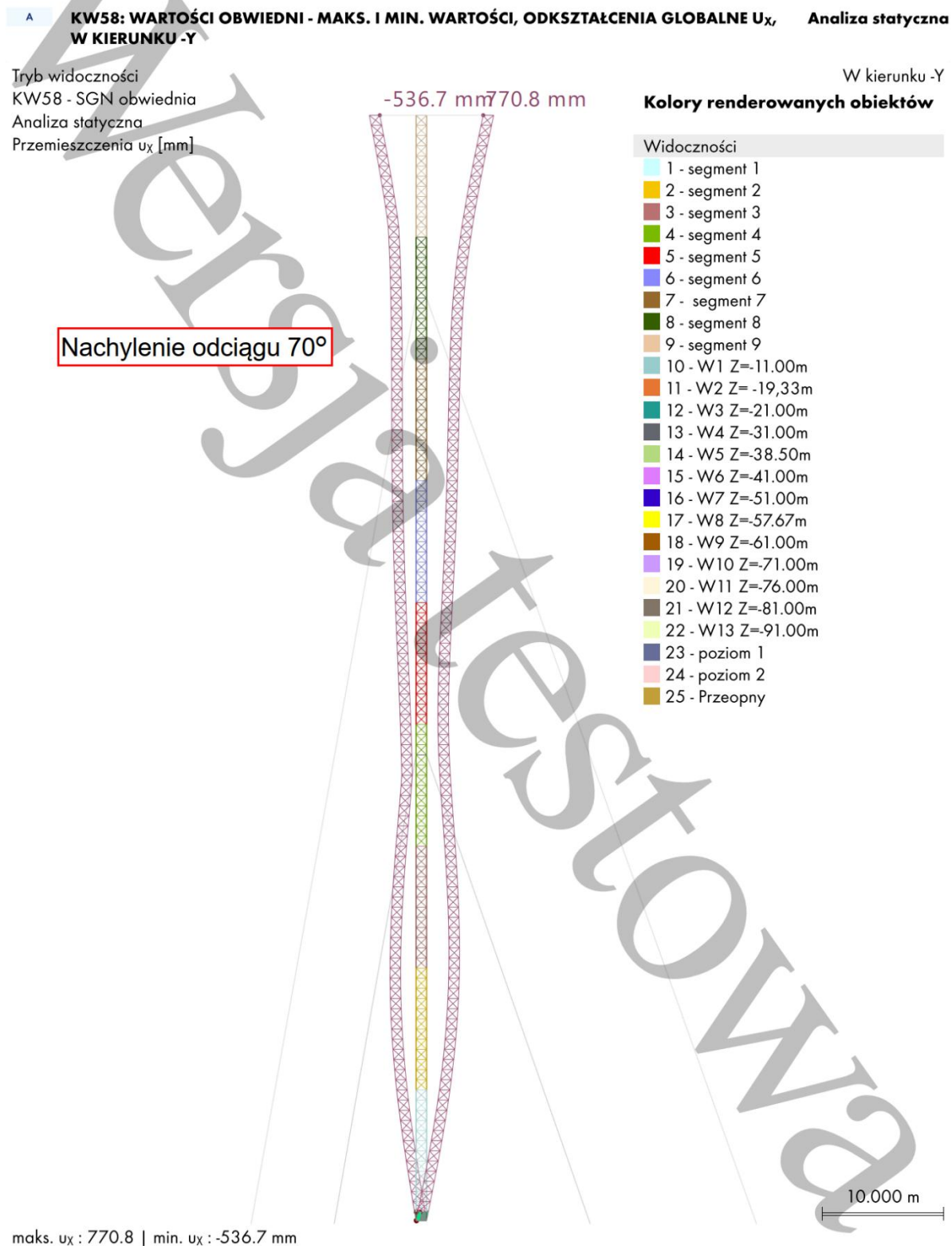
Rysunek 8.25. Przesunięcie– nachylenie odcigu  $60^\circ$

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



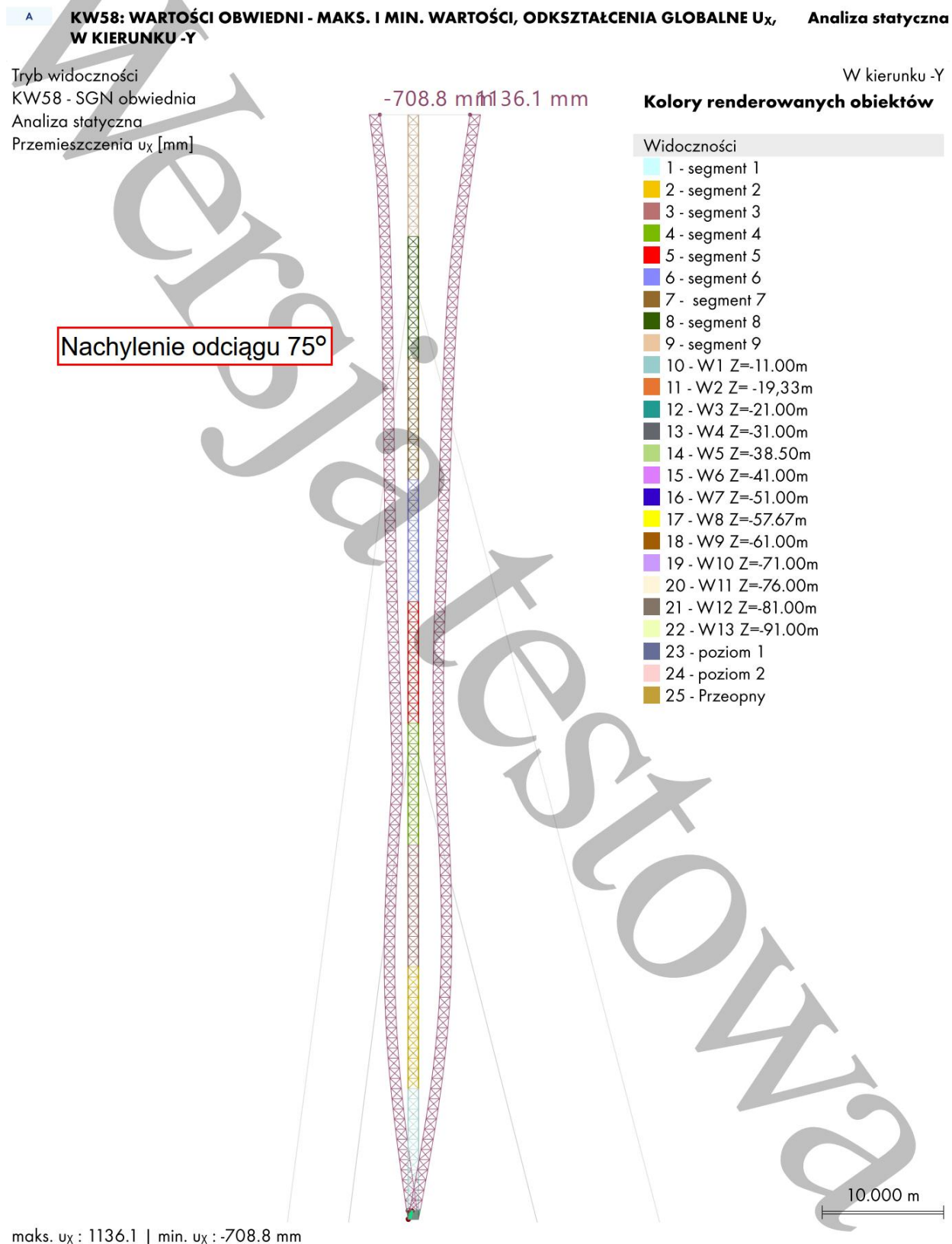
Rysunek 8.26. Przesunięcie– nachylenie odciału  $65^\circ$

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



Rysunek 8.27. Przesunięcie– nachylenie odciagu  $70^\circ$

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne



Rysunek 8.28. Przemieszczenie– nachylenie odcigu 75°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

### 8.5. Podsumowanie

Poniżej przedstawiono tabelarycznie różnice sił i przemieszczeń dla różnych nachyleń odciągów.

| Nachylenie odciągów                 | 45°    | 50°    | 55°    | 60°    | 65°    | 70°    | 75°     |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Maksymalne siły w krawężnikach [kN] | 244,83 | 244,85 | 244,82 | 265,41 | 293,90 | 363,60 | 452,51  |
| Maksymalne siły w skratowaniu [kN]  | 16,23  | 16,23  | 16,24  | 17,10  | 18,31  | 21,49  | 26,30   |
| Maksymalne siły w odciągach [kN]    | 123,61 | 120,51 | 119,81 | 131,20 | 147,35 | 180,89 | 218,69  |
| Maksymalne przemieszczenia [mm]     | 456,10 | 463,30 | 480,20 | 524,30 | 604,20 | 770,80 | 1136,10 |

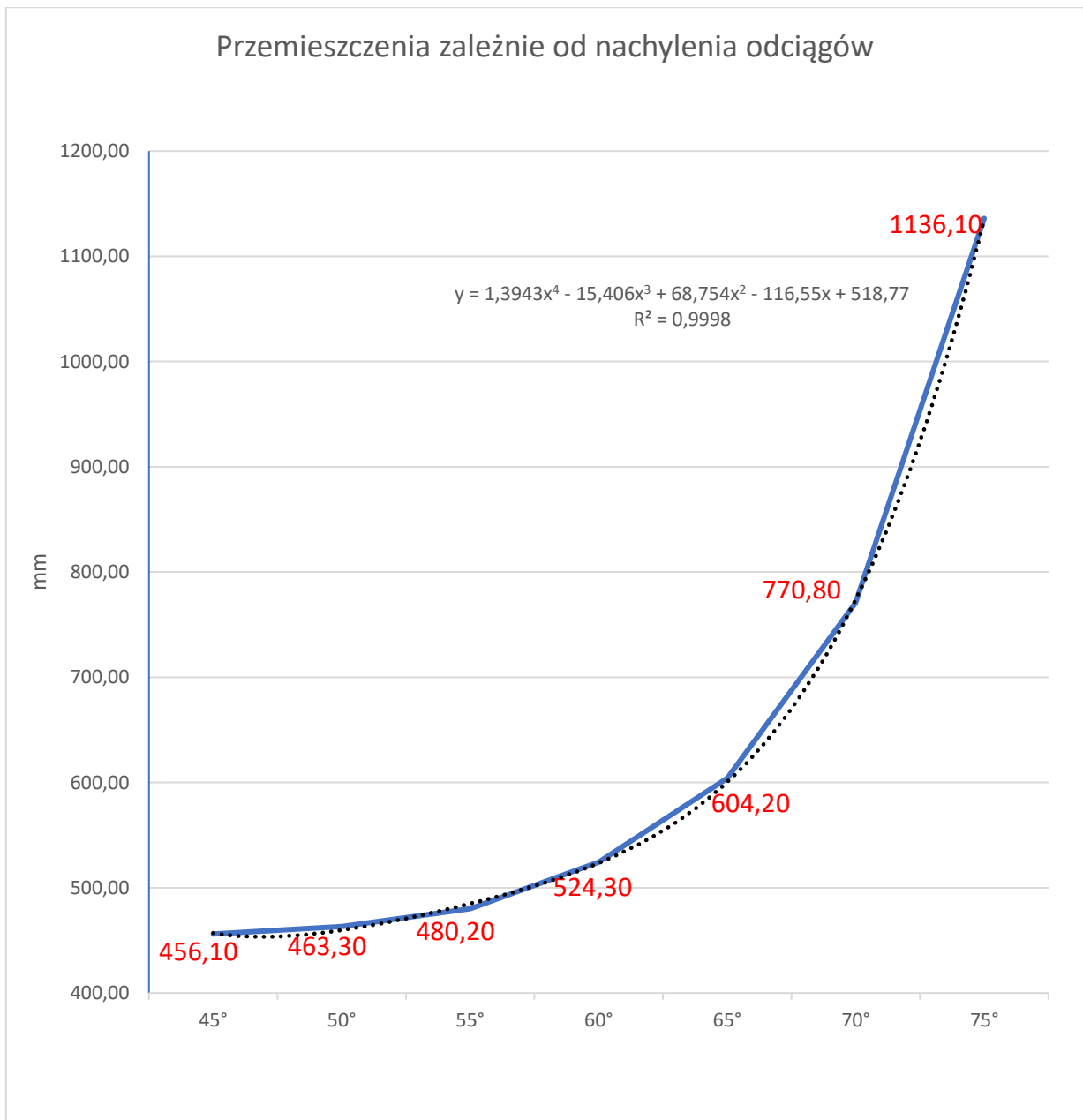
Tabela 8.1. Podsumowanie sił i przemieszczeń zależnie od nachylenia odciagu.

## 9. Wnioski

Konstrukcja masztu została zaprojektowana zgodnie z aktualnymi wymaganiami Eurokodów. Proces wymiarowania przeprowadzono w programach RFEM 6, Frilo oraz IdeaStatica, co umożliwiło kompleksową analizę pracy konstrukcji w zróżnicowanych warunkach obciążeniowych. Wybrane elementy zostały dodatkowo zweryfikowane metodą obliczeń ręcznych, a uzyskane wyniki były zbieżne z rezultatami otrzymanymi w RFEM 6, co stanowi istotne potwierdzenie poprawności przeprowadzonych analiz numerycznych.

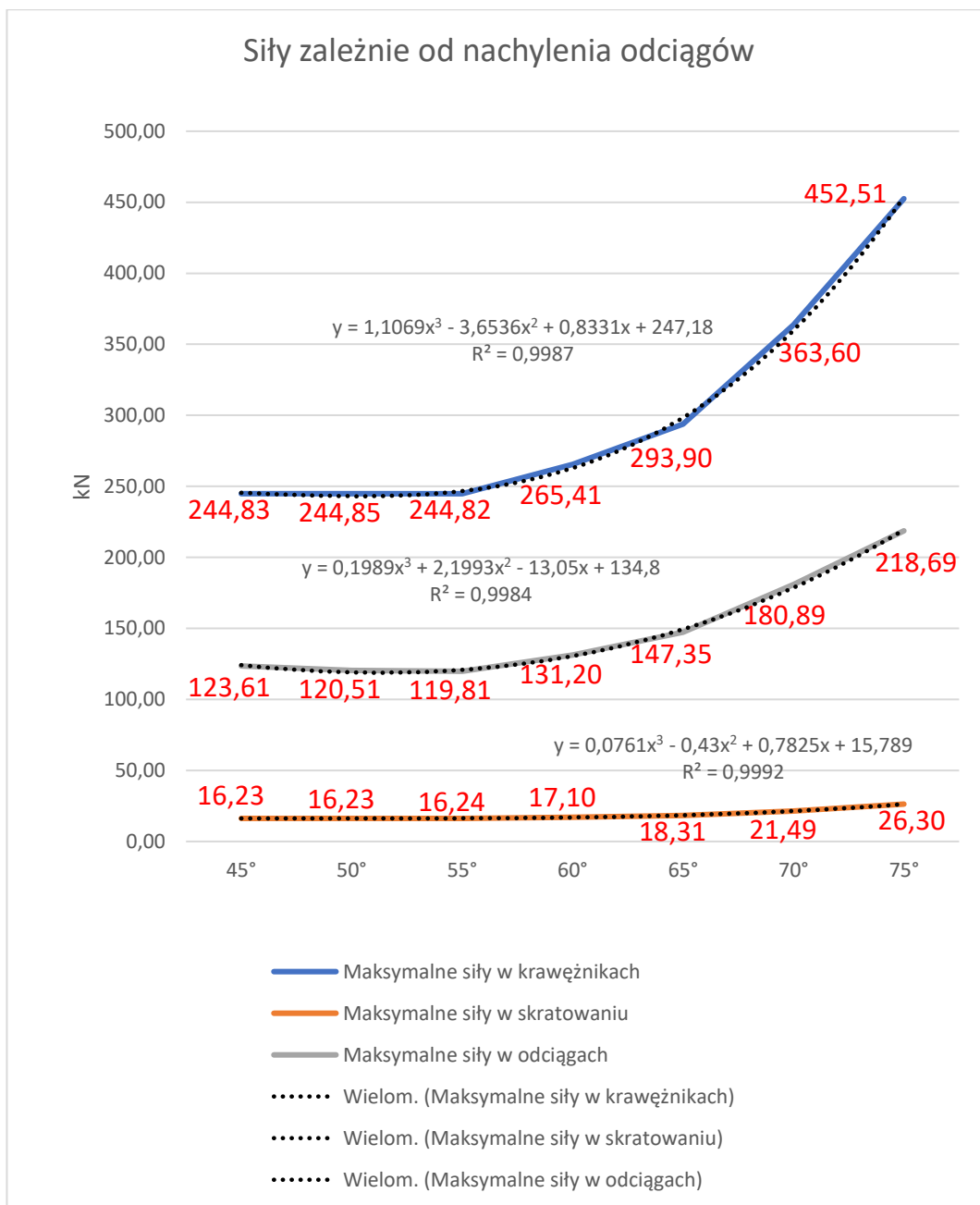
Na podstawie opracowanego modelu sporządzono rysunki gabarytowe oraz wykonawcze, umożliwiające jednoznaczne odwzorowanie projektowanej konstrukcji w praktyce inżynierskiej. Przeprowadzono również analizę wpływu kąta nachylenia odcągów na wartości sił wewnętrznych oraz przemieszczenia masztu. Wyniki obliczeń wykazały, że najkorzystniejszy zakres nachyleń mieści się w przedziale od  $45^\circ$  do  $60^\circ$ , w którym uzyskano najkorzystniejsze proporcje pomiędzy sztywnością konstrukcji a wielkością przemieszczeń. W przypadku większych kątów nachylenia obserwuje się istotny wzrost przemieszczeń i sił wewnętrznych.

Dodatkowo, dla zilustrowania charakteru badanych zależności dopasowano linie trendu w postaci funkcji wielomianowych. Otrzymane równania (o współczynnikach determinacji  $R^2$  bliskich jedności) potwierdzają nieliniowy charakter wzrostu sił i przemieszczeń wraz ze zwiększaniem kąta nachylenia odcągów. Użycie krzywych aproksymacyjnych pozwala nie tylko jednoznacznie wskazać tendencję, ale także umożliwia prognozowanie wartości dla kątów pośrednich, nieuwzględnionych bezpośrednio w modelu numerycznym. Zależności te zostały zilustrowane na rysunkach 9.1 i 9.2, w których przedstawiono wzrost wartości sił wewnętrznych i przemieszczeń wraz ze wzrostem kąta nachylenia odcągów.



Rysunek 9.1. Przemieszczenia zależnie od nachylenia odcinków

*Źródło: opracowanie własne*



Rysunek 9.2. Siły zależnie od nachylenia odcągów

Źródło: opracowanie własne

## 10.Literatura

- [1] **Opracowanie zbiorowe.:** Projektowanie wybranych stalowych konstrukcji specjalnych z przykładami obliczeń.
- [2] **Kazimierz Rykaluk.:** Konstrukcje stalowe, kominy, wieże, maszty
- [3] **Szymon Palkowski.:** Analiza metod obliczania odciągów masztów.
- [4] **Grzegorz Maliszewski.:** Iteracyjna metoda obliczania masztów w ujęciu teorii II rzędu.
- [5] **Deutsches Institut für Bautechnik.:** ETA-11/0160 of 21 February 2025 - PFEIFER Wire Ropes

### **NORMY:**

- [6] PN-EN 1990-1-1 Podstawy projektowania konstrukcji
- [7] PN-EN 1991-1-1 Oddziaływania na konstrukcję
- [8] PN-EN 1991-1-4 Oddziaływania wiatru
- [9] PN-EN 1993-1-1 Projektowanie konstrukcji stalowych. Zasady ogólne
- [10] PN-EN 1993-1-8 Projektowanie węzłów
- [11] PN-EN 1993-1-11 Konstrukcje cięgnowe
- [12] PN-EN 1993-3-1 Wieże, maszty i kominy
- [13] PN-87/B-02013 Obciążenie oblodzeniem
- [14] EN 1337-6 Łożyska konstrukcyjne

## 11. Spis rysunków

### Rysunek 1.1. Maszt w Konstantynowie

Źródło: *Wciąganie wiechy*, zdjęcie z okładki „Młodego Technika”, 1974

### Rysunek 1.2. Maszty w Solcu Kujawskim

Źródło: *jedynka.polskieradio.pl*, fot. Wojtek Szabelski

### Rysunek 1.3. Maszt w Olsztynie-Pieczewie

Źródło: *olsztyn.com.pl*, fot. Flying Badger

### Rysunek 1.4. Maszt w Śremie

Źródło: *pl.wikipedia.org*, fot. Drozdi-Pn

### Rysunek 1.5. Maszt w Belmont

Źródło: *aerialsandtv.com*

### Rysunek 2.1. Model stworzony w programie RFEM6

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

### Rysunek 2.2. Widok przekroju

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

### Rysunek 2.3. Widok przekroju

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

### Rysunek 2.4. Szkic łożyska

Źródło: Norma EN 1337-6

### Rysunek 2.5. Przekrój i widok odciągu

Źródło: PFEIFER – katalog: Ciężna UMX

### Rysunek 2.6. Model fundamentu stworzony w programie Frilo

Źródło: Program Frilo – opracowanie własne

### Rysunek 2.7. Model fundamentu stworzony w programie Frilo

Źródło: Program Frilo – opracowanie własne

### Rysunek 3.1. Obciążenia średnie i odcinkowe

Źródło: Norma PN-EN 1993-3-1

### Rysunek 3.2. Kierunki wiatru przyjęte w obliczeniach

Źródło: Norma PN-EN 1993-3-1

### Rysunek 3.3. Obciążenia średnie i odcinkowe dla odciągu

Źródło: Norma PN-EN 1993-3-1

### Rysunek 4.1. Model stworzony w programie RFEM6

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 4.2. Wyężenie krawężników

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 4.3. Napężenia w podstawie

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 5.1. Połączenie kołnierzowe

Źródło: Program IdeaStatica – opracowanie własne

Rysunek 5.2. Połączenie odciaęu z trzonem

Źródło: Program IdeaStatica – opracowanie własne

Rysunek 6.1. Fundament pod masztem

Źródło: Program Frilo – opracowanie własne

Rysunek 6.2. Fundament pod odciaęiem

Źródło: Program Frilo – opracowanie własne

Rysunek 7.1. Siła normalna w pręćie nr 346

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 7.2. Nośność kabła PV90

Źródło: PFEIFER – katalog: Ciega UMIX

Rysunek 7.3. Siła normalna w pręćie nr 1020

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 7.4. Siła normalna w pręćie nr 482

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 7.5. Obrót na łożysku

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 8.1. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciaęu 45°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 8.2. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciaęu 50°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 8.3. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciaęu 55°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 8.4. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciaęu 60°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 8.5. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciaęu 65°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 8.6. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciaęu 70°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 8.7. Makysmalna siła w krawężniku– nachylenie odciaęu 75°

Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne

Rysunek 8.8. Makysmalna siła w skratowaniu– nachylenie odciagu 45°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.9. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciagu 50°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.10. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciagu 55°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.11. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciagu 60°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.12. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciagu 65°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.13. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciagu 70°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.14. Makysmalna siła w skratowaniu – nachylenie odciagu 75°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.15. Makysmalna siła w odciagu– nachylenie odciagu 45°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.16. Makysmalna siła w odciagu – nachylenie odciagu 55°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.17. Makysmalna siła w odciagu – nachylenie odciagu 55°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.18. Makysmalna siła w odciagu – nachylenie odciagu 60°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.19. Makysmalna siła w odciagu – nachylenie odciagu 65°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.20. Makysmalna siła w odciagu – nachylenie odciagu 70°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.21. Makysmalna siła w odciagu – nachylenie odciagu 75°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.22. Przemieszczenie– nachylenie odciagu 45°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.23. Przemieszczenie– nachylenie odciagu 50°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.24. Przemieszczenie– nachylenie odciagu 55°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.25. Przemieszczenie– nachylenie odciagu 60°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.26. Przemieszczenie– nachylenie odciaгу 65°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.27. Przemieszczenie– nachylenie odciaгу 70°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 8.28. Przemieszczenie– nachylenie odciaгу 75°

*Źródło: Program RFEM6 – opracowanie własne*

Rysunek 9.1. Przemieszczenia zależnie od nachylenia odciaгów

*Źródło: opracowanie własne*

Rysunek 9.2. Siły zależnie od nachylenia odciaгów

*Źródło: opracowanie własne*

## **12.Załączniki**

- Zał. 1     Raport obliczeń Rfem6
- Zał. 2     Raport obliczeń Frilo
- Zał. 3     Raport obliczeń IdeaStatica
- Zał. 4     Rysunek gabarytowy masztu
- Zał. 5     Rysunek warsztatowy segmentu 1-3, 5-7, 9
- Zał. 6     Rysunek warsztatowy segmentu 4
- Zał. 7     Rysunek warsztatowy segmentu 8
- Zał. 6     Rysunek warsztatowy podstawy masztu

# Załącznik nr. 1

## Raport obliczeń Rfem6



## SPIS TREŚCI

|          |                                            |           |          |                                                                                                          |           |
|----------|--------------------------------------------|-----------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Obiekty podstawowe</b>                  | <b>3</b>  | 3.24.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 25        |
| 1.1      | Materiały                                  | 3         | 3.25     | PO26 - +Y średnie + oblodzenie                                                                           | 25        |
| 1.2      | Przekroje                                  | 3         | 3.25.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 25        |
| 1.3      | Reprezentatywne pręty                      | 3         | 3.25.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 26        |
| 1.4      | Model, W kierunku -Y                       | 4         | 3.26     | PO27 - +X odcinkowe p1 + oblodzenie                                                                      | 26        |
| 1.5      | Powierzchnie                               | 5         | 3.26.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 26        |
|          |                                            |           | 3.26.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 26        |
| <b>2</b> | <b>Przypadki obciążeń &amp; kombinacje</b> | <b>6</b>  | 3.27     | PO28 - +X odcinkowe p2 + oblodzenie                                                                      | 26        |
| 2.1      | Przypadki obciążeń                         | 6         | 3.27.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 26        |
| 2.2      | Kombinacje wyników                         | 10        | 3.27.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 26        |
| 2.3      | Ustawienia analizy statycznej              | 17        | 3.28     | PO29 - +X odcinkowe p3 + oblodzenie                                                                      | 26        |
|          |                                            |           | 3.28.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 26        |
| <b>3</b> | <b>Obciążenia</b>                          | <b>19</b> | 3.29     | PO30 - +X odcinkowe p4 + oblodzenie                                                                      | 26        |
| 3.1      | PO2 - Oblodzenie                           | 19        | 3.29.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 26        |
| 3.1.1    | Obciążenia prętowe                         | 19        | 3.29.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 26        |
| 3.2      | PO3 - +X średnie                           | 19        | 3.30     | PO31 - +X odcinkowe p5 + oblodzenie                                                                      | 27        |
| 3.2.1    | Obciążenia węzłowe                         | 19        | 3.30.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 27        |
| 3.2.2    | Obciążenia prętowe                         | 19        | 3.30.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 27        |
| 3.3      | PO4 - -X średnie                           | 19        | 3.31     | PO32 - +X odcinkowe p6 + oblodzenie                                                                      | 27        |
| 3.3.1    | Obciążenia węzłowe                         | 19        | 3.31.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 27        |
| 3.3.2    | Obciążenia prętowe                         | 20        | 3.31.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 27        |
| 3.4      | PO5 - +Y średnie                           | 20        | 3.32     | PO33 - -X odcinkowe p1 + oblodzenie                                                                      | 27        |
| 3.4.1    | Obciążenia węzłowe                         | 20        | 3.32.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 27        |
| 3.4.2    | Obciążenia prętowe                         | 20        | 3.32.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 27        |
| 3.5      | PO6 - +X odcinkowe p1                      | 20        | 3.33     | PO34 - -X odcinkowe p2 + oblodzenie                                                                      | 27        |
| 3.5.1    | Obciążenia węzłowe                         | 20        | 3.33.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 27        |
| 3.5.2    | Obciążenia prętowe                         | 20        | 3.33.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 28        |
| 3.6      | PO7 - +X odcinkowe p2                      | 20        | 3.34     | PO35 - -X odcinkowe p3 + oblodzenie                                                                      | 28        |
| 3.6.1    | Obciążenia węzłowe                         | 20        | 3.34.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 28        |
| 3.6.2    | Obciążenia prętowe                         | 21        | 3.35     | PO36 - -X odcinkowe p4 + oblodzenie                                                                      | 28        |
| 3.7      | PO8 - +X odcinkowe p3                      | 21        | 3.35.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 28        |
| 3.7.1    | Obciążenia węzłowe                         | 21        | 3.35.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 28        |
| 3.8      | PO9 - +X odcinkowe p4                      | 21        | 3.36     | PO37 - -X odcinkowe p5 + oblodzenie                                                                      | 28        |
| 3.8.1    | Obciążenia węzłowe                         | 21        | 3.36.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 28        |
| 3.8.2    | Obciążenia prętowe                         | 21        | 3.36.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 28        |
| 3.9      | PO10 - +X odcinkowe p5                     | 21        | 3.37     | PO38 - -X odcinkowe p6 + oblodzenie                                                                      | 28        |
| 3.9.1    | Obciążenia węzłowe                         | 21        | 3.37.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 28        |
| 3.9.2    | Obciążenia prętowe                         | 21        | 3.37.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 28        |
| 3.10     | PO11 - +X+ odcinkowe p6                    | 21        | 3.38     | PO39 - +Y odcinkowe p1 + oblodzenie                                                                      | 29        |
| 3.10.1   | Obciążenia węzłowe                         | 21        | 3.38.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 29        |
| 3.10.2   | Obciążenia prętowe                         | 21        | 3.38.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 29        |
| 3.11     | PO12 - -X odcinkowe p1                     | 22        | 3.39     | PO40 - +Y odcinkowe p2 + oblodzenie                                                                      | 29        |
| 3.11.1   | Obciążenia węzłowe                         | 22        | 3.39.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 29        |
| 3.11.2   | Obciążenia prętowe                         | 22        | 3.39.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 29        |
| 3.12     | PO13 - -X odcinkowe p2                     | 22        | 3.40     | PO41 - +Y odcinkowe p3 + oblodzenie                                                                      | 29        |
| 3.12.1   | Obciążenia węzłowe                         | 22        | 3.40.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 29        |
| 3.12.2   | Obciążenia prętowe                         | 22        | 3.41     | PO42 - +Y odcinkowe p4 + oblodzenie                                                                      | 29        |
| 3.13     | PO14 - -X odcinkowe p3                     | 22        | 3.41.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 29        |
| 3.13.1   | Obciążenia węzłowe                         | 22        | 3.41.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 29        |
| 3.14     | PO15 - -X odcinkowe p4                     | 22        | 3.42     | PO43 - +Y odcinkowe p5 + oblodzenie                                                                      | 29        |
| 3.14.1   | Obciążenia węzłowe                         | 22        | 3.42.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 30        |
| 3.14.2   | Obciążenia prętowe                         | 22        | 3.42.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 30        |
| 3.15     | PO16 - -X odcinkowe p5                     | 22        | 3.43     | PO44 - +Y odcinkowe p6 + oblodzenie                                                                      | 30        |
| 3.15.1   | Obciążenia węzłowe                         | 23        | 3.43.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 30        |
| 3.15.2   | Obciążenia prętowe                         | 23        | 3.43.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 30        |
| 3.16     | PO17 - -X odcinkowe p6                     | 23        | 3.44     | PO45 - Naciąg                                                                                            | 30        |
| 3.16.1   | Obciążenia węzłowe                         | 23        | 3.44.1   | Obciążenia węzłowe                                                                                       | 30        |
| 3.16.2   | Obciążenia prętowe                         | 23        | 3.44.2   | Obciążenia prętowe                                                                                       | 30        |
| 3.17     | PO18 - +Y odcinkowe p1                     | 23        |          |                                                                                                          |           |
| 3.17.1   | Obciążenia węzłowe                         | 23        | <b>4</b> | <b>Wyniki analizy statycznej</b>                                                                         | <b>31</b> |
| 3.17.2   | Obciążenia prętowe                         | 23        | 4.1      | Pręty - siły wewnętrzne według przekroju                                                                 | 31        |
| 3.18     | PO19 - +Y odcinkowe p2                     | 23        |          |                                                                                                          |           |
| 3.18.1   | Obciążenia węzłowe                         | 23        | <b>5</b> | <b>Analiza naprężeń</b>                                                                                  | <b>33</b> |
| 3.18.2   | Obciążenia prętowe                         | 24        | 5.1      | Obiekty do analizy - naprężenia                                                                          | 33        |
| 3.19     | PO20 - +Y odcinkowe p3                     | 24        | 5.2      | Obiekty do analizy - zakresy naprężeń                                                                    | 33        |
| 3.19.1   | Obciążenia węzłowe                         | 24        | 5.3      | Sytuacje obliczeniowe                                                                                    | 33        |
| 3.20     | PO21 - +Y odcinkowe p4                     | 24        | 5.4      | Grubości                                                                                                 | 33        |
| 3.20.1   | Obciążenia węzłowe                         | 24        | 5.5      | Konfiguracje powierzchni                                                                                 | 33        |
| 3.20.2   | Obciążenia prętowe                         | 24        | 5.5.1    | Konfiguracje dla powierzchni - Zakresy naprężeń do obliczenia                                            | 33        |
| 3.21     | PO22 - +Y odcinkowe p5                     | 24        | 5.5.2    | Konfiguracje prętów - Odkształcenia do obliczenia                                                        | 34        |
| 3.21.1   | Obciążenia węzłowe                         | 24        | 5.6      | Wyniki                                                                                                   | 34        |
| 3.21.2   | Obciążenia prętowe                         | 24        | 5.6.1    | Naprężenia na powierzchniach według sytuacji obliczeniowej                                               | 34        |
| 3.22     | PO23 - +Y odcinkowe p6                     | 24        | 5.6.2    | Analiza naprężeniowo-odkształceniowa: Naprężenia - $\sigma_{eq,von Mises}$ , W kierunku aksonometrycznym | 35        |
| 3.22.1   | Obciążenia węzłowe                         | 24        |          |                                                                                                          |           |
| 3.22.2   | Obciążenia prętowe                         | 24        | <b>6</b> | <b>Projektowanie konstrukcji stalowych</b>                                                               | <b>36</b> |
| 3.23     | PO24 - +X średnie + oblodzenie             | 25        | 6.1      | Obiekty do obliczenia                                                                                    | 36        |
| 3.23.1   | Obciążenia węzłowe                         | 25        | 6.2      | Sytuacje obliczeniowe                                                                                    | 36        |
| 3.23.2   | Obciążenia prętowe                         | 25        |          |                                                                                                          |           |
| 3.24     | PO25 - -X średnie + oblodzenie             | 25        |          |                                                                                                          |           |
| 3.24.1   | Obciążenia węzłowe                         | 25        |          |                                                                                                          |           |



## SPIS TREŚCI

|       |                                                                                  |    |       |                                                                                                          |    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|----|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.3   | Materiały                                                                        | 36 | 6.6.2 | Decydujące siły wewnętrzne według reprezentatywnych prętów                                               | 38 |
| 6.4   | Przekroje                                                                        | 36 | 6.6.3 | Projektowanie konstrukcji stalowych: Maks. z wszystkich warunków, Stan graniczny nośności, W kierunku -Y | 41 |
| 6.5   | Konfiguracje granicznego stanu nośności                                          | 36 |       |                                                                                                          |    |
| 6.5.1 | Konfiguracje stanu granicznego nośności - Ustawienia                             | 36 |       |                                                                                                          |    |
| 6.6   | Wyniki                                                                           | 37 | 7     | Przegląd obliczeń                                                                                        | 42 |
| 6.6.1 | Stopnie wykorzystania na reprezentywnych prętach według reprezentatywnych prętów | 37 | 7.1   | Przegląd obliczeń                                                                                        | 42 |



1 Obiekty podstawowe



1.1

MATERIAŁY

| Materiał<br>Nr | Nazwa materiału                       | Typ<br>materiału | Analiza<br>Model               | Opcje |
|----------------|---------------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|
| 1              | S355   Izotropowy   Liniowy sprężysty | Stal             | Izotropowy   Liniowy sprężysty |       |
| 3              | Cięgno E=160GPa                       | Podstawowy       | Izotropowy   Liniowy sprężysty |       |

1.2

PRZEKROJE

CHS  
76.1x4.0



CHS  
33.7x3.2



Kabel PV 090



CHS  
33.7x3.2



| Przekrój<br>Nr | Materiał<br>Nr | Typ<br>przekroju                                               | Typ<br>produkcji       | I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]<br>A [cm <sup>2</sup> ] | I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]<br>A <sub>y</sub> [cm <sup>2</sup> ] | I <sub>z</sub> [cm <sup>4</sup> ]<br>A <sub>z</sub> [cm <sup>2</sup> ] | Wymiary całkowite<br>b [mm] h [mm] |      |
|----------------|----------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------|
| 3              | 1              | CHS 76.1x4.0   1 - S355<br>Znormalizowane<br>- Stal            | Walcowane na<br>gorąco | 118.00                                                    | 59.10                                                                  | 59.10                                                                  | 76.1                               | 76.1 |
|                |                |                                                                |                        | 9.06                                                      | 4.56                                                                   | 4.56                                                                   |                                    |      |
| 4              | 1              | CHS 33.7x3.2   1 - S355<br>Znormalizowane<br>- Stal            | Walcowane na<br>gorąco | 7.21                                                      | 3.60                                                                   | 3.60                                                                   | 33.7                               | 33.7 |
|                |                |                                                                |                        | 3.07                                                      | 1.56                                                                   | 1.56                                                                   |                                    |      |
| 5              | 3              | Kabel PV 090   3 - Cięgno E=160GPa<br>Znormalizowane<br>- Stal | Walcowane na<br>gorąco | 6.34                                                      |                                                                        |                                                                        | 31.0                               | 31.0 |
| 6              | 1              | CHS 33.7x3.2   1 - S355<br>Znormalizowane<br>- Stal            | Walcowane na<br>gorąco | 7.21                                                      | 3.60                                                                   | 3.60                                                                   | 33.7                               | 33.7 |
|                |                |                                                                |                        | 3.07                                                      | 1.56                                                                   | 1.56                                                                   |                                    |      |

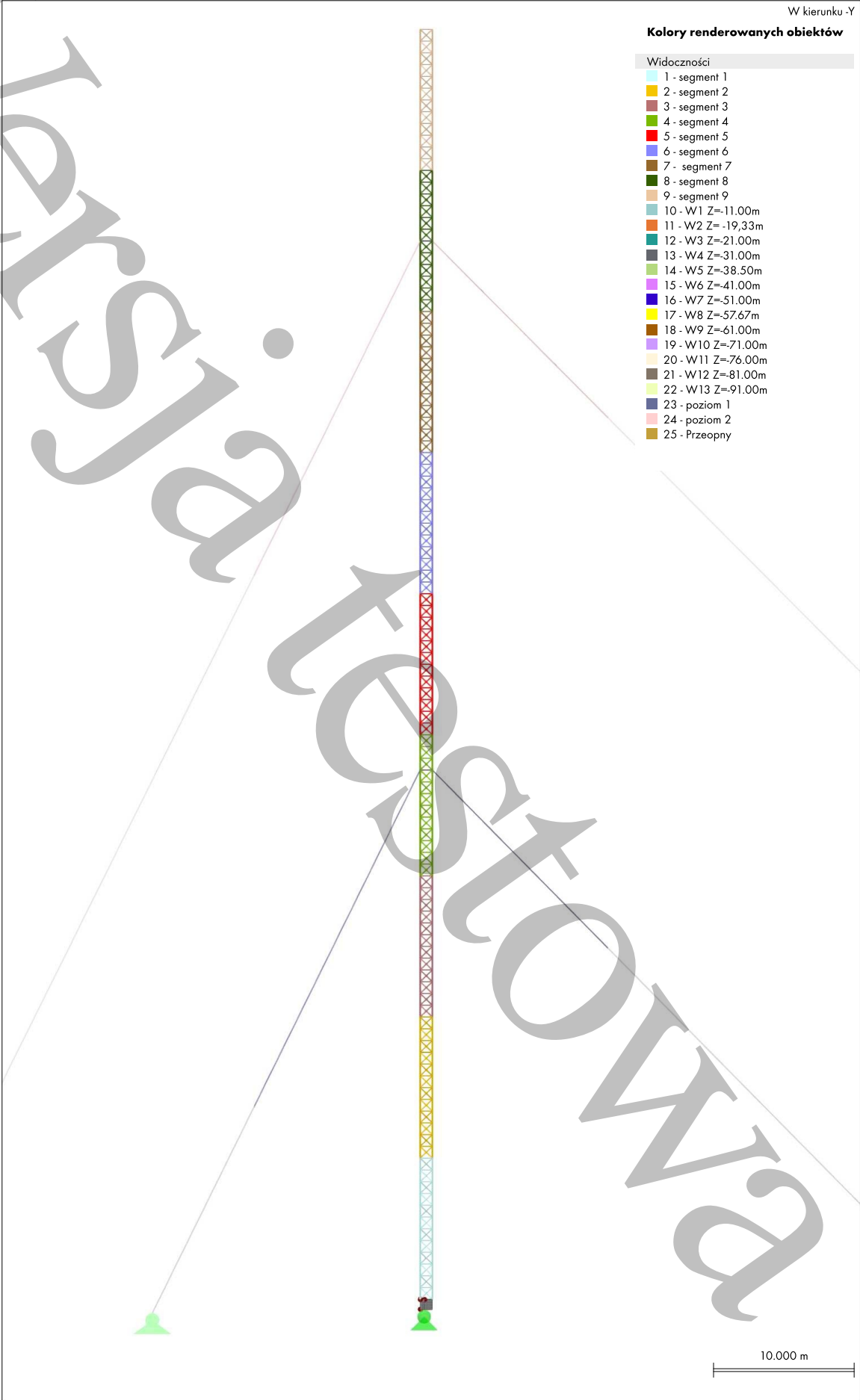
1.3

REPREZENTATYWNE PRĘTY

| Repr.<br>Nr | Nazwa                                                                | Pręty nr                    |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1           | Belka   3 - CHS 76.1x4.0   L : 10.000 m   7,11,15,1012-1035          | 7,11,15,1012-1035           |
| 2           | Kabel   5 - Kabel PV 090   L : 54.041 m   343-345                    | 343-345                     |
| 3           | Kabel   5 - Kabel PV 090   L : 107.073 m   346-348                   | 346-348                     |
| 4           | Belka   4 - CHS 33.7x3.2   L : 1.301 m   359,361,363,365,367,369-687 | 359,361,363,365,367,369-687 |
| 5           | Belka   4 - CHS 33.7x3.2   L : 0.999 m   688-819,823-954,958-1011    | 688-819,823-954,958-1011    |
| 6           | Belka   6 - CHS 33.7x3.2   L : 0.999 m   820-822,955-957             | 820-822,955-957             |



1.4 MODEL, W KIERUNKU -Y





1.5

POWIERZCHNIE

| Powierzchn nr | Linie graniczne     | Typ sztywności | Typ geometrii | Grubość | Materiał | Położenie | Opcje |
|---------------|---------------------|----------------|---------------|---------|----------|-----------|-------|
| 1             | 1021-1024           | Standardowa    | Płaszczyzna   | 1       | 1        | -         |       |
| 2             | 1025,1026,1021,1028 | Standardowa    | Płaszczyzna   | 1       | 1        | -         |       |
| 3             | 1029,1030,1021,1032 | Standardowa    | Płaszczyzna   | 1       | 1        | W XZ      |       |
| 4             | 1033-1035           | Standardowa    | Płaszczyzna   | 1       | 1        | XY        |       |
| 5             | 1036-1038           | Standardowa    | Płaszczyzna   | 1       | 1        | XY        |       |

## 2 Przypadki obciążeń & kombinacje



2.1

### PRZYPADKI OBCIĄŻEŃ

| PO<br>Nr | Ustawienia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Wartość                                                                                                                                                                                                                 | Jednostka | Do obliczeń                         | Opcje |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------|
| 1        | Ciężar własny   Uwzględniono naddatek ze względu na spoiny 10%<br>Typ analizy<br>Powiązana norma<br>Ustawienia analizy statycznej<br><br>Kategoria oddziaływania<br>Ciężar własny - Współczynnik w kierunku X<br>Ciężar własny - Współczynnik w kierunku Y<br>Ciężar własny - Współczynnik w kierunku Z<br>Ustawienia analizy stateczności<br><br>Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej<br>Uwzględniono naddatek ze względu na spoiny 10% | Analiza statyczna<br>EN 1990   PN   2010-09<br>AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1<br>Stałe<br>0.000<br>0.000<br>1.100<br>ST1 - #4   Metoda wartości własnych (liniowa)  <br>Lanczos<br>Normal |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 2        | Obłożenie<br>Typ analizy<br>Powiązana norma<br>Ustawienia analizy statycznej<br><br>Kategoria oddziaływania<br>Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Analiza statyczna<br>EN 1990   PN   2010-09<br>AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1<br>Obciążenie śniegiem/lodem - H <= 1000 m<br>Normal                                                        |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 3        | +X średnie<br>Typ analizy<br>Powiązana norma<br>Ustawienia analizy statycznej<br><br>Kategoria oddziaływania<br>Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Analiza statyczna<br>EN 1990   PN   2010-09<br>AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1<br>Wiatr<br>Normal                                                                                          |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 4        | -X średnie<br>Typ analizy<br>Powiązana norma<br>Ustawienia analizy statycznej<br><br>Kategoria oddziaływania<br>Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Analiza statyczna<br>EN 1990   PN   2010-09<br>AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1<br>Wiatr<br>Normal                                                                                          |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 5        | +Y średnie<br>Typ analizy<br>Powiązana norma<br>Ustawienia analizy statycznej<br><br>Kategoria oddziaływania<br>Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Analiza statyczna<br>EN 1990   PN   2010-09<br>AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1<br>Wiatr<br>Normal                                                                                          |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 6        | +X odcinkowe p1<br>Typ analizy<br>Powiązana norma<br>Ustawienia analizy statycznej<br><br>Kategoria oddziaływania<br>Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej                                                                                                                                                                                                                                                                                | Analiza statyczna<br>EN 1990   PN   2010-09<br>AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1<br>Wiatr<br>Normal                                                                                          |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 7        | +X odcinkowe p2<br>Typ analizy<br>Powiązana norma<br>Ustawienia analizy statycznej<br><br>Kategoria oddziaływania<br>Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej                                                                                                                                                                                                                                                                                | Analiza statyczna<br>EN 1990   PN   2010-09<br>AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1<br>Wiatr<br>Normal                                                                                          |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 8        | +X odcinkowe p3<br>Typ analizy<br>Powiązana norma<br>Ustawienia analizy statycznej<br><br>Kategoria oddziaływania<br>Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej                                                                                                                                                                                                                                                                                | Analiza statyczna<br>EN 1990   PN   2010-09<br>AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1<br>Wiatr<br>Normal                                                                                          |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 9        | +X odcinkowe p4<br>Typ analizy<br>Powiązana norma<br>Ustawienia analizy statycznej<br><br>Kategoria oddziaływania                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Analiza statyczna<br>EN 1990   PN   2010-09<br>AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1<br>Wiatr                                                                                                    |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |



## 2.1 PRZYPADKI OBCIĄŻEŃ

| PO Nr | Ustawienia                                       | Wartość                                                   | Jednostka | Do obliczeń                         | Opcje |
|-------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------|
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 10    | +X odcinkowe p5                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 11    | +X+ odcinkowe p6                                 |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 12    | -X odcinkowe p1                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 13    | -X odcinkowe p2                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 14    | -X odcinkowe p3                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 15    | -X odcinkowe p4                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 16    | -X odcinkowe p5                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 17    | -X odcinkowe p6                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 18    | +Y odcinkowe p1                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 19    | +Y odcinkowe p2                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |



2.1

## PRZYPADKI OBCIĄŻEŃ

| PO Nr | Ustawienia                                       | Wartość                                                   | Jednostka | Do obliczeń                         | Opcje |
|-------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------|
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 20    | +Y odcinkowe p3                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 21    | +Y odcinkowe p4                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 22    | +Y odcinkowe p5                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 23    | +Y odcinkowe p6                                  |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 24    | +X średnie + oblodzenie                          |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 25    | -X średnie + oblodzenie                          |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 26    | +Y średnie + oblodzenie                          |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 27    | +X odcinkowe p1 + oblodzenie                     |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 28    | +X odcinkowe p2 + oblodzenie                     |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 29    | +X odcinkowe p3 + oblodzenie                     |                                                           |           |                                     |       |
|       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |



2.1

## PRZYPADKI OBCIĄŻEŃ

| PO<br>Nr | Ustawienia                                       | Wartość                                                      | Jednostka | Do obliczeń                         | Opcje |
|----------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------|
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                       |           |                                     |       |
| 30       | +X odcinkowe p4 + oblodzenie                     |                                                              |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                            |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                       |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                        |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                       |           |                                     |       |
| 31       | +X odcinkowe p5 + oblodzenie                     |                                                              |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                            |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                       |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                        |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                       |           |                                     |       |
| 32       | +X odcinkowe p6 + oblodzenie                     |                                                              |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                            |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                       |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                        |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                       |           |                                     |       |
| 33       | -X odcinkowe p1 + oblodzenie                     |                                                              |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                            |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                       |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                        |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                       |           |                                     |       |
| 34       | -X odcinkowe p2 + oblodzenie                     |                                                              |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                            |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                       |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                        |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                       |           |                                     |       |
| 35       | -X odcinkowe p3 + oblodzenie                     |                                                              |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                            |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                       |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                        |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                       |           |                                     |       |
| 36       | -X odcinkowe p4 + oblodzenie                     |                                                              |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                            |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                       |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                        |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                       |           |                                     |       |
| 37       | -X odcinkowe p5 + oblodzenie                     |                                                              |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                            |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                       |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                        |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                       |           |                                     |       |
| 38       | -X odcinkowe p6 + oblodzenie                     |                                                              |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                            |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                       |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                        |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                       |           |                                     |       |
| 39       | +Y odcinkowe p1 + oblodzenie                     |                                                              |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                            |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                       |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona<br>  100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                        |           |                                     |       |



2.1 PRZYPADKI OBCIĄŻEŃ

| PO<br>Nr | Ustawienia                                       | Wartość                                                   | Jednostka | Do obliczeń                         | Opcje |
|----------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------|
| 40       | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
|          | +Y odcinkowe p2 + oblodzenie                     |                                                           |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
| 41       | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
|          | +Y odcinkowe p3 + oblodzenie                     |                                                           |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
| 42       | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
|          | +Y odcinkowe p4 + oblodzenie                     |                                                           |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
| 43       | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
|          | +Y odcinkowe p5 + oblodzenie                     |                                                           |           |                                     |       |
| 44       | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Wiatr                                                     |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |
| 45       | Naciąg                                           |                                                           |           |                                     |       |
|          | Typ analizy                                      | Analiza statyczna                                         |           | <input checked="" type="checkbox"/> |       |
|          | Powiązana norma                                  | EN 1990   PN   2010-09                                    |           |                                     |       |
|          | Ustawienia analizy statycznej                    | AS1 - Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1 |           |                                     |       |
|          | Kategoria oddziaływania                          | Sprężenie                                                 |           |                                     |       |
|          | Tryb ciężaru własnego dla analizy geotechnicznej | Normal                                                    |           |                                     |       |

2.2 KOMBINACJE WYNIKÓW

| KW<br>Nr | Ustawienia                                | Wartość                                                          | Do obliczenia                       |
|----------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1        | +X S.PL1                                  |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 2        | +X S.PL2                                  |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 3        | +X S.PL3                                  |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          |                                           |                                                                  |                                     |



2.2

## KOMBINACJE WYNIKÓW

| KW<br>Nr | Ustawienia                                | Wartość                                                          | Do obliczenia                       |
|----------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 4        | +X S.PL4<br>Sytuacja obliczeniowa         | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 5        | +X S.PL5<br>Sytuacja obliczeniowa         | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 6        | +X S.PL6<br>Sytuacja obliczeniowa         | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 7        | +X SP<br>Sytuacja obliczeniowa            | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
|          | Użyj równoważnej kombinacji liniowej      | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
|          | Znak ekstremalnej wartości                | Dodatni (maks.) lub ujemny (min.)                                |                                     |
| 8        | +X SM<br>Sytuacja obliczeniowa            | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 9        | -X S.PL1<br>Sytuacja obliczeniowa         | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 10       | -X S.PL2<br>Sytuacja obliczeniowa         | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 11       | -X S.PL3<br>Sytuacja obliczeniowa         | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 12       | -X S.PL4<br>Sytuacja obliczeniowa         | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |



2.2

## KOMBINACJE WYNIKÓW

| KW<br>Nr | Ustawienia                                                   | Wartość                                                          | Do obliczenia                       |
|----------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>             |                                     |
| 13       | -X S.PL5<br>Sytuacja obliczeniowa                            | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                                              | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                                               | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny                          | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>             |                                     |
| 14       | -X S.PL6<br>Sytuacja obliczeniowa                            | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                                              | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                                               | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny                          | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>             |                                     |
| 15       | -X SP<br>Sytuacja obliczeniowa                               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                                              | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                                               | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny                          | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                                              | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
|          | Użyj równoważnej kombinacji liniowej                         | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
|          | Znak ekstremalnej wartości                                   | Dodatni (maks.) lub ujemny (min.)                                |                                     |
| 16       | -X SM<br>Sytuacja obliczeniowa                               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                                              | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                                               | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny                          | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                                              | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 17       | +Y S.PL1<br>Sytuacja obliczeniowa                            | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                                              | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                                               | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny                          | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>             |                                     |
| 18       | +Y S.PL2<br>Sytuacja obliczeniowa                            | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                                              | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                                               | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny                          | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>             |                                     |
| 19       | +Y S.PL3<br>Sytuacja obliczeniowa                            | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                                              | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                                               | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny                          | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>             |                                     |
| 20       | +Y S.PL4<br>Sytuacja obliczeniowa                            | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                                              | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                                               | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny                          | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>             |                                     |
| 21       | +Y S.PL5<br>Sytuacja obliczeniowa                            | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                                              | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                                               | Ogólne                                                           |                                     |



2.2

## KOMBINACJE WYNIKÓW

| KW<br>Nr | Ustawienia                                | Wartość                                                          | Do obliczenia                       |
|----------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 22       | +Y S.PL6                                  |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 23       | +Y SP                                     |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
|          | Użyj równoważnej kombinacji liniowej      | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
|          | Znak ekstremalnej wartości                | Dodatni (maks.) lub ujemny (min.)                                |                                     |
| 24       | +Y SM                                     |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 25       | +X S.PL1 oblodzenie                       |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 26       | +X S.PL2 oblodzenie                       |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 27       | +X S.PL3 oblodzenie                       |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 28       | +X S.PL4 oblodzenie                       |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 29       | +X S.PL5 oblodzenie                       |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 30       | +X S.PL6 oblodzenie                       |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |



2.2

KOMBINACJE WYNIKÓW

| KW<br>Nr | Ustawienia                                                                                                                                                                                                         | Wartość                                                                                                                                                                                                                                             | Do obliczenia                       |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|          | Typ kombinacji<br>Uwzględnij etap budowy jako aktywny<br>Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS                                                                                              | Ogólne<br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>                                                                                                                                                          |                                     |
| 31       | +X SP oblodzenie<br>Sytuacja obliczeniowa<br><br>Powiązana norma<br>Typ kombinacji<br>Uwzględnij etap budowy jako aktywny<br>Kombinacja SRSS<br>Użyj równoważnej kombinacji liniowej<br>Znak ekstremalnej wartości | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b<br>EN 1990   PN   2010-09<br>Ogólne<br><input type="checkbox"/><br><input checked="" type="checkbox"/><br><input checked="" type="checkbox"/><br>Dodatni (maks.) lub ujemny (min.) | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 32       | +X SM oblodzenie<br>Sytuacja obliczeniowa<br><br>Powiązana norma<br>Typ kombinacji<br>Uwzględnij etap budowy jako aktywny<br>Kombinacja SRSS                                                                       | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b<br>EN 1990   PN   2010-09<br>Ogólne<br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>                                                                                        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 33       | -X S.PL1 oblodzenie<br>Sytuacja obliczeniowa<br><br>Powiązana norma<br>Typ kombinacji<br>Uwzględnij etap budowy jako aktywny<br>Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS                       | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b<br>EN 1990   PN   2010-09<br>Ogólne<br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>                                                            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 34       | -X S.PL2 oblodzenie<br>Sytuacja obliczeniowa<br><br>Powiązana norma<br>Typ kombinacji<br>Uwzględnij etap budowy jako aktywny<br>Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS                       | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b<br>EN 1990   PN   2010-09<br>Ogólne<br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>                                                            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 35       | -X S.PL3 oblodzenie<br>Sytuacja obliczeniowa<br><br>Powiązana norma<br>Typ kombinacji<br>Uwzględnij etap budowy jako aktywny<br>Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS                       | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b<br>EN 1990   PN   2010-09<br>Ogólne<br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>                                                            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 36       | -X S.PL4 oblodzenie<br>Sytuacja obliczeniowa<br><br>Powiązana norma<br>Typ kombinacji<br>Uwzględnij etap budowy jako aktywny<br>Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS                       | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b<br>EN 1990   PN   2010-09<br>Ogólne<br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>                                                            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 37       | -X S.PL5 oblodzenie<br>Sytuacja obliczeniowa<br><br>Powiązana norma<br>Typ kombinacji<br>Uwzględnij etap budowy jako aktywny<br>Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS                       | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b<br>EN 1990   PN   2010-09<br>Ogólne<br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>                                                            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 38       | -X S.PL6 oblodzenie<br>Sytuacja obliczeniowa<br><br>Powiązana norma<br>Typ kombinacji<br>Uwzględnij etap budowy jako aktywny<br>Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'.<br>Kombinacja SRSS                       | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b<br>EN 1990   PN   2010-09<br>Ogólne<br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>                                                            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 39       | -X SP oblodzenie<br>Sytuacja obliczeniowa                                                                                                                                                                          | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b                                                                                                                                                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> |



2.2

KOMBINACJE WYNIKÓW

| KW<br>Nr | Ustawienia                                | Wartość                                                          | Do obliczenia                       |
|----------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 40       | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
|          | Użyj równoważnej kombinacji liniowej      | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
| 41       | Znak ekstremalnej wartości                | Dodatni (maks.) lub ujemny (min.)                                |                                     |
|          | -X SM oblodzenie                          |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
| 42       | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | +Y S.PL1 oblodzenie                       |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
| 43       | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | +Y S.PL2 oblodzenie                       |                                                                  |                                     |
| 44       | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 45       | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | +Y S.PL3 oblodzenie                       |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
| 46       | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Utwórz podkombinacje typu 'Superpozycja'. | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | +Y S.PL4 oblodzenie                       |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 47       | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
|          | Użyj równoważnej kombinacji liniowej      | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
| 48       | Znak ekstremalnej wartości                | Dodatni (maks.) lub ujemny (min.)                                |                                     |
|          | +Y SP oblodzenie                          |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa                     | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                           | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                            | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny       | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                           | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
|          | Użyj równoważnej kombinacji liniowej      | <input checked="" type="checkbox"/>                              |                                     |
|          | Znak ekstremalnej wartości                | Dodatni (maks.) lub ujemny (min.)                                |                                     |
|          | +Y SM oblodzenie                          |                                                                  |                                     |



2.2

**KOMBINACJE WYNIKÓW**

| KW<br>Nr | Ustawienia                          | Wartość                                                          | Do obliczenia                       |
|----------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 49       | Sytuacja obliczeniowa               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|          | Kombinacja SRSS                     | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 50       | A: +X +SP                           |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 51       | A: -X +SP                           |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 52       | B: +X +SP                           |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 53       | B: -X +SP                           |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 54       | B: +Y +SP                           |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 55       | C: +X +SP                           |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 56       | C: -X +SP                           |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 57       | C: +Y +SP                           |                                                                  |                                     |
|          | Sytuacja obliczeniowa               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|          | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|          | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|          | Uwzględnij etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| 58       | SGN obwiednia                       |                                                                  |                                     |

## 2.2

## KOMBINACJE WYNIKÓW

| KW<br>Nr        | Ustawienia                          | Wartość                                                          | Do obliczenia                       |
|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 59              | Sytuacja obliczeniowa               | SO1 - SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                 | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|                 | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|                 | Uwzględnił etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|                 | Kombinacja SRSS                     | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
|                 | Przemieszczenia                     |                                                                  |                                     |
|                 | Sytuacja obliczeniowa               | SO2 - SGU - Charakterystyczna                                    | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                 | Powiązana norma                     | EN 1990   PN   2010-09                                           |                                     |
|                 | Typ kombinacji                      | Ogólne                                                           |                                     |
|                 | Uwzględnił etap budowy jako aktywny | <input type="checkbox"/>                                         |                                     |
| Kombinacja SRSS | <input type="checkbox"/>            |                                                                  |                                     |

## 2.3

## USTAWIENIA ANALIZY STATYCZNEJ

| nr | Opis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Symbol | Wartość                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Jednostka |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1  | <p>Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1</p> <p>Typ analizy</p> <p>Metoda iteracyjna dla analizy nieliniowej</p> <p>Maksymalna liczba iteracji</p> <p>Liczba przyrostów obciążenia</p> <p>Zmień domyślne ustawienia dokładności i tolerancji</p> <p>Ignoruj wszystkie nieliniowości</p> <p>Modyfikuj obciążenie za pomocą mnożnika</p> <p>Uwzględnij korzystne oddziaływanie sił rozciągających w prętach</p> <p>Spróbuj obliczyć niestateczną konstrukcję</p> <p>Przemieszczenia od obciążenia pręta typu 'Ciśnienie wewnętrzne rury' (efekt Bourdona)</p> <p>Metoda układu równań</p> <p>Teoria zginania płyt</p> <p>Aktywuj konwersję mas na obciążenie</p> <p>Niesymetryczny solver bezpośredni</p> <p>Równowaga dla konstrukcji nieodkształconej</p> <p>Sprawdzenie stateczności na podstawie prędkości deformacji</p> |        | <p>Duże deformacje</p> <p>Metoda Newtona-Raphsona</p> <p>100</p> <p>1</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input checked="" type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>Bezpośrednia</p> <p>Mindlin</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input checked="" type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> |           |
| 2  | <p>Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1</p> <p>Typ analizy</p> <p>Metoda iteracyjna dla analizy nieliniowej</p> <p>Maksymalna liczba iteracji</p> <p>Liczba przyrostów obciążenia</p> <p>Zmień domyślne ustawienia dokładności i tolerancji</p> <p>Ignoruj wszystkie nieliniowości</p> <p>Modyfikuj obciążenie za pomocą mnożnika</p> <p>Uwzględnij korzystne oddziaływanie sił rozciągających w prętach</p> <p>Spróbuj obliczyć niestateczną konstrukcję</p> <p>Przemieszczenia od obciążenia pręta typu 'Ciśnienie wewnętrzne rury' (efekt Bourdona)</p> <p>Metoda układu równań</p> <p>Teoria zginania płyt</p> <p>Aktywuj konwersję mas na obciążenie</p> <p>Niesymetryczny solver bezpośredni</p> <p>Równowaga dla konstrukcji nieodkształconej</p> <p>Sprawdzenie stateczności na podstawie prędkości deformacji</p> |        | <p>Duże deformacje</p> <p>Metoda Newtona-Raphsona</p> <p>100</p> <p>1</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input checked="" type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>Bezpośrednia</p> <p>Mindlin</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input checked="" type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> |           |
| 3  | <p>Duże deformacje   Metoda Newtona-Raphsona   100   1</p> <p>Typ analizy</p> <p>Metoda iteracyjna dla analizy nieliniowej</p> <p>Maksymalna liczba iteracji</p> <p>Liczba przyrostów obciążenia</p> <p>Zmień domyślne ustawienia dokładności i tolerancji</p> <p>Ignoruj wszystkie nieliniowości</p> <p>Modyfikuj obciążenie za pomocą mnożnika</p> <p>Uwzględnij korzystne oddziaływanie sił rozciągających w prętach</p> <p>Spróbuj obliczyć niestateczną konstrukcję</p> <p>Przemieszczenia od obciążenia pręta typu 'Ciśnienie wewnętrzne rury' (efekt Bourdona)</p> <p>Metoda układu równań</p> <p>Teoria zginania płyt</p> <p>Aktywuj konwersję mas na obciążenie</p> <p>Niesymetryczny solver bezpośredni</p> <p>Równowaga dla konstrukcji nieodkształconej</p> <p>Sprawdzenie stateczności na podstawie prędkości deformacji</p> |        | <p>Duże deformacje</p> <p>Metoda Newtona-Raphsona</p> <p>100</p> <p>1</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input checked="" type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>Bezpośrednia</p> <p>Mindlin</p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input checked="" type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> |           |



2.3 USTAWIENIA ANALIZY STATYCZNEJ

| Ustawienie nr | Opis       | Symbol | Wartość | Jednostka |
|---------------|------------|--------|---------|-----------|
|               | deformacji |        |         |           |

### 3 Obciążenia

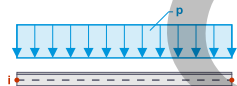
#### 3.1 PO2 - Obłodzenie

##### 3.1.1 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

##### PO2: Obłodzenie

Qs

Typ obciążenia 'Siła' | Rozkład obciążenia 'Równomierny'



| Load Nr | Pręty Nr                            | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|-------------------------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345                             | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.011             | kN/m      |
| 2       | 346-348                             | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.015             | kN/m      |
| 3       | 1019,1027,1035                      | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.032             | kN/m      |
| 4       | 652-687,976-1011                    | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.019             | kN/m      |
| 5       | 616-651,940-975                     | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.018             | kN/m      |
| 6       | 580-615,904-939                     | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.017             | kN/m      |
| 7       | 544-579,868-903                     | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.016             | kN/m      |
| 8       | 508-543,832-867                     | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.015             | kN/m      |
| 9       | 472,473,475-507,796-831             | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.014             | kN/m      |
| 10      | 436-471,760-795                     | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.013             | kN/m      |
| 11      | 400-435,724-759                     | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.011             | kN/m      |
| 12      | 359,361,363,365,367,369-399,688-723 | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.009             | kN/m      |
| 13      | 1018,1026,1034                      | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.030             | kN/m      |
| 14      | 1017,1025,1033                      | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.029             | kN/m      |
| 15      | 1016,1024,1032                      | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.028             | kN/m      |
| 16      | 1015,1023,1031                      | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.026             | kN/m      |
| 17      | 1014,1022,1030                      | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.024             | kN/m      |
| 18      | 1013,1021,1029                      | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.022             | kN/m      |
| 19      | 1012,1020,1028                      | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.019             | kN/m      |
| 20      | 7,11,15                             | Siła           | Równomierny        | 1              | Z <sub>L</sub>      | p      | 0.016             | kN/m      |

#### 3.2 PO3 - +X średnie

##### 3.2.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

##### PO3: +X średnie

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.510                        | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.510                        | kN        |
| 3       | 652,654,659   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.110                        | kN        |
| 4       | 706,708,713   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.710                        | kN        |
| 5       | 274,276,279   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.570                        | kN        |
| 6       | 760,762,767   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.200                        | kN        |
| 7       | 814,816,821   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.840                        | kN        |
| 8       | 850,852,857   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.580                        | kN        |
| 9       | 868,870,875   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.290                        | kN        |
| 10      | 922,924,929   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.930                        | kN        |
| 11      | 547-549       | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.470                        | kN        |
| 12      | 976,978,983   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.480                        | kN        |
| 13      | 13-15         | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 1.000                        | kN        |

##### 3.2.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

##### PO3: +X średnie

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.016             | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.020             | kN/m      |

#### 3.3 PO4 - -X średnie

##### 3.3.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

##### PO4: -X średnie

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.510                       | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.510                       | kN        |
| 3       | 652,654,659   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.110                       | kN        |
| 4       | 706,708,713   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.710                       | kN        |
| 5       | 274,276,279   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.570                       | kN        |
| 6       | 760,762,767   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.200                       | kN        |
| 7       | 814,816,821   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.840                       | kN        |
| 8       | 850,852,857   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.580                       | kN        |
| 9       | 868,870,875   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.290                       | kN        |
| 10      | 922,924,929   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.930                       | kN        |



### 3.3.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO4: -X średnie

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia | Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------------|---------|-----------|
| 11      | 547-549       | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | -0.470  | kN        |
| 12      | 976,978,983   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | -0.480  | kN        |
| 13      | 13-15         | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | -1.000  | kN        |

### 3.3.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO4: -X średnie

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry | Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-----------|---------|-----------|
| 1       | 343-345  | Sila           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      |           | -0.016  | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Sila           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      |           | -0.020  | kN/m      |

## 3.4 PO5 - +Y średnie

### 3.4.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO5: +Y średnie

Qw

Typ obciążenia 'Sila': Układ współrzędnych '1' - Globalny XYZ'



| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia | Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------------|---------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.510   | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.510   | kN        |
| 3       | 652,654,659   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.110   | kN        |
| 4       | 706,708,713   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.710   | kN        |
| 5       | 274,276,279   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.570   | kN        |
| 6       | 760,762,767   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.200   | kN        |
| 7       | 814,816,821   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.840   | kN        |
| 8       | 850,852,857   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.580   | kN        |
| 9       | 868,870,875   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.290   | kN        |
| 10      | 922,924,929   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.930   | kN        |
| 11      | 547-549       | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.470   | kN        |
| 12      | 976,978,983   | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 0.480   | kN        |
| 13      | 13-15         | Sila           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> |                      | 1.000   | kN        |

### 3.4.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO5: +Y średnie

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry | Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-----------|---------|-----------|
| 1       | 343-345  | Sila           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      |           | 0.016   | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Sila           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      |           | 0.020   | kN/m      |

## 3.5 PO6 - +X odcinkowe p1

### 3.5.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO6: +X odcinkowe p1

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia | Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------------|---------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.660   | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.600   | kN        |
| 3       | 652,654,659   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.120   | kN        |
| 4       | 706,708,713   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.780   | kN        |
| 5       | 274,276,279   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.600   | kN        |

### 3.5.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO6: +X odcinkowe p1

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry | Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-----------|---------|-----------|
| 1       | 343-345  | Sila           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      |           | 0.019   | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Sila           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      |           | 0.010   | kN/m      |

## 3.6 PO7 - +X odcinkowe p2

### 3.6.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO7: +X odcinkowe p2

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia | Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------------|---------|-----------|
| 1       | 760,762,767   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.200   | kN        |
| 2       | 814,816,821   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.840   | kN        |
| 3       | 850,852,857   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.580   | kN        |
| 4       | 868,870,875   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.290   | kN        |
| 5       | 922,924,929   | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.890   | kN        |
| 6       | 547-549       | Sila           | 1              | X        | F <sub>x</sub> |                      | 0.450   | kN        |



## 3.6.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO7: +X odcinkowe p2

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.010             | kN/m      |

## 3.7 PO8 - +X odcinkowe p3

## 3.7.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO8: +X odcinkowe p3

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 976,978,983   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.460                        | kN        |
| 2       | 13-15         | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.930                        | kN        |

## 3.8 PO9 - +X odcinkowe p4

## 3.8.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO9: +X odcinkowe p4

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.660                        | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.600                        | kN        |

## 3.8.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO9: +X odcinkowe p4

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.009             | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.004             | kN/m      |

## 3.9 PO10 - +X odcinkowe p5

## 3.9.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO10: +X odcinkowe p5

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 652,654,659   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.120                        | kN        |
| 2       | 706,708,713   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.780                        | kN        |
| 3       | 274,276,279   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.600                        | kN        |
| 4       | 760,762,767   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.200                        | kN        |
| 5       | 814,816,821   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.840                        | kN        |
| 6       | 850,852,857   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.580                        | kN        |

## 3.9.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO10: +X odcinkowe p5

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.010             | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.010             | kN/m      |

## 3.10 PO11 - +X+ odcinkowe p6

## 3.10.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO11: +X+ odcinkowe p6

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 868,870,875   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.290                        | kN        |
| 2       | 922,924,929   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.890                        | kN        |
| 3       | 547-549       | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.450                        | kN        |
| 4       | 976,978,983   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.460                        | kN        |
| 5       | 13-15         | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.930                        | kN        |

## 3.10.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO11: +X+ odcinkowe p6

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.005             | kN/m      |

**3.11 PO12 - -X odcinkowe p1**

3.11.1

**OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE****PO12: -X odcinkowe p1**

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 598,600,605      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.660               | kN        |
| 2          | 643,645,650      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.600               | kN        |
| 3          | 652,654,659      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.120               | kN        |
| 4          | 706,708,713      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.780               | kN        |
| 5          | 274,276,279      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.600               | kN        |

3.11.2

**OBCIĄŻENIA PRĘTOWE****PO12: -X odcinkowe p1**

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 343-345     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.019    | kN/m      |
| 2          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.009    | kN/m      |

**3.12 PO13 - -X odcinkowe p2**

3.12.1

**OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE****PO13: -X odcinkowe p2**

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 760,762,767      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.200               | kN        |
| 2          | 814,816,821      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.840               | kN        |
| 3          | 850,852,857      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.580               | kN        |
| 4          | 868,870,875      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.290               | kN        |
| 5          | 922,924,929      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.890               | kN        |
| 6          | 547-549          | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.450               | kN        |

3.12.2

**OBCIĄŻENIA PRĘTOWE****PO13: -X odcinkowe p2**

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.010    | kN/m      |

**3.13 PO14 - -X odcinkowe p3**

3.13.1

**OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE****PO14: -X odcinkowe p3**

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 976,978,983      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.460               | kN        |
| 2          | 13-15            | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.930               | kN        |

**3.14 PO15 - -X odcinkowe p4**

3.14.1

**OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE****PO15: -X odcinkowe p4**

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 598,600,605      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.660               | kN        |
| 2          | 643,645,650      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.600               | kN        |

3.14.2

**OBCIĄŻENIA PRĘTOWE****PO15: -X odcinkowe p4**

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 343-345     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.009    | kN/m      |
| 2          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.004    | kN/m      |

**3.15 PO16 - -X odcinkowe p5**

## 3.15.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO16: -X odcinkowe p5

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 652,654,659      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.120               | kN        |
| 2          | 706,708,713      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.780               | kN        |
| 3          | 274,276,279      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.600               | kN        |
| 4          | 760,762,767      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.200               | kN        |
| 5          | 814,816,821      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.840               | kN        |
| 6          | 850,852,857      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.580               | kN        |

## 3.15.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO16: -X odcinkowe p5

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 343-345     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.010    | kN/m      |
| 2          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.010    | kN/m      |

## 3.16 PO17 - -X odcinkowe p6

## 3.16.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO17: -X odcinkowe p6

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 868,870,875      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.290               | kN        |
| 2          | 922,924,929      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.890               | kN        |
| 3          | 547-549          | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.450               | kN        |
| 4          | 976,978,983      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.460               | kN        |
| 5          | 13-15            | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.930               | kN        |

## 3.16.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO17: -X odcinkowe p6

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.005    | kN/m      |

## 3.17 PO18 - +Y odcinkowe p1

## 3.17.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO18: +Y odcinkowe p1

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 598,600,605      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.660                | kN        |
| 2          | 643,645,650      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.600                | kN        |
| 3          | 652,654,659      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.120                | kN        |
| 4          | 706,708,713      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.780                | kN        |
| 5          | 274,276,279      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.600                | kN        |

## 3.17.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO18: +Y odcinkowe p1

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 343-345     | Siła              | Równomierny           | 1                 | Y <sub>L</sub>         | p      | 0.019     | kN/m      |
| 2          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | Y <sub>L</sub>         | p      | 0.009     | kN/m      |

## 3.18 PO19 - +Y odcinkowe p2

## 3.18.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO19: +Y odcinkowe p2

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 760,762,767      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.200                | kN        |
| 2          | 814,816,821      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.840                | kN        |
| 3          | 850,852,857      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.580                | kN        |
| 4          | 868,870,875      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.290                | kN        |
| 5          | 922,924,929      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.890                | kN        |
| 6          | 547-549          | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.450                | kN        |



## 3.18.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO19: +Y odcinkowe p2

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.010             | kN/m      |

## 3.19 PO20 - +Y odcinkowe p3

## 3.19.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO20: +Y odcinkowe p3

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 976,978,983   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.460                        | kN        |
| 2       | 13-15         | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.930                        | kN        |

## 3.20 PO21 - +Y odcinkowe p4

## 3.20.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO21: +Y odcinkowe p4

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.660                        | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.600                        | kN        |

## 3.20.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO21: +Y odcinkowe p4

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.009             | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.004             | kN/m      |

## 3.21 PO22 - +Y odcinkowe p5

## 3.21.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO22: +Y odcinkowe p5

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 652,654,659   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.120                        | kN        |
| 2       | 706,708,713   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.780                        | kN        |
| 3       | 274,276,279   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.600                        | kN        |
| 4       | 760,762,767   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.200                        | kN        |
| 5       | 814,816,821   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.840                        | kN        |
| 6       | 850,852,857   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.580                        | kN        |

## 3.21.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO22: +Y odcinkowe p5

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.010             | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.010             | kN/m      |

## 3.22 PO23 - +Y odcinkowe p6

## 3.22.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO23: +Y odcinkowe p6

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 868,870,875   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.290                        | kN        |
| 2       | 922,924,929   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.890                        | kN        |
| 3       | 547-549       | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.450                        | kN        |
| 4       | 976,978,983   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.460                        | kN        |
| 5       | 13-15         | Siła           | 1              | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.930                        | kN        |

## 3.22.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO23: +Y odcinkowe p6

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.005             | kN/m      |

## 3.23 PO24 - +X srednie + oblodzenie

3.23.1

## OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO24: +X srednie + oblod...

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 598,600,605      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.700                | kN        |
| 2          | 643,645,650      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.710                | kN        |
| 3          | 652,654,659      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.150                | kN        |
| 4          | 706,708,713      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.990                | kN        |
| 5          | 274,276,279      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.800                | kN        |
| 6          | 760,762,767      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.270                | kN        |
| 7          | 814,816,821      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 1.160                | kN        |
| 8          | 850,852,857      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.800                | kN        |
| 9          | 868,870,875      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.410                | kN        |
| 10         | 922,924,929      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 1.280                | kN        |
| 11         | 547-549          | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.660                | kN        |
| 12         | 976,978,983      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.670                | kN        |
| 13         | 13-15            | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 1.390                | kN        |

3.23.2

## OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO24: +X srednie + oblod...

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry<br>Wartość | Jednostka |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|----------------------|-----------|
| 1          | 343-345     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | 0.035                | kN/m      |
| 2          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | 0.043                | kN/m      |

## 3.24 PO25 - -X średnie + oblodzenie

3.24.1

## OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO25: -X średnie + oblod...

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 598,600,605      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.700               | kN        |
| 2          | 643,645,650      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.710               | kN        |
| 3          | 652,654,659      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.150               | kN        |
| 4          | 706,708,713      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.990               | kN        |
| 5          | 274,276,279      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.800               | kN        |
| 6          | 760,762,767      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.270               | kN        |
| 7          | 814,816,821      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -1.160               | kN        |
| 8          | 850,852,857      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.800               | kN        |
| 9          | 868,870,875      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.410               | kN        |
| 10         | 922,924,929      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -1.280               | kN        |
| 11         | 547-549          | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.660               | kN        |
| 12         | 976,978,983      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.670               | kN        |
| 13         | 13-15            | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -1.390               | kN        |

3.24.2

## OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO25: -X średnie + oblod...

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry<br>Wartość | Jednostka |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|----------------------|-----------|
| 1          | 343-345     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.035               | kN/m      |
| 2          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.043               | kN/m      |

## 3.25 PO26 - +Y średnie + oblodzenie

3.25.1

## OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO26: +Y średnie + oblod...

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 598,600,605      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.700                | kN        |
| 2          | 643,645,650      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.710                | kN        |
| 3          | 652,654,659      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.150                | kN        |
| 4          | 706,708,713      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.990                | kN        |
| 5          | 274,276,279      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.800                | kN        |
| 6          | 760,762,767      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.270                | kN        |
| 7          | 814,816,821      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 1.160                | kN        |
| 8          | 850,852,857      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.800                | kN        |
| 9          | 868,870,875      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.410                | kN        |
| 10         | 922,924,929      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 1.280                | kN        |
| 11         | 547-549          | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.660                | kN        |
| 12         | 976,978,983      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 0.670                | kN        |
| 13         | 13-15            | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>y</sub> | 1.390                | kN        |

Typ obciążenia 'Siła': Układ współrzędnych '1' - Globalny XYZ





## 3.25.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO26: +Y średnie + oblod... Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.035             | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.043             | kN/m      |

## 3.26 PO27 - +X odcinkowe p1 + oblodzenie

## 3.26.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO27: +X odcinkowe p1 ... Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|-------------------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.910             | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.830             | kN        |
| 3       | 652,654,659   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.170             | kN        |
| 4       | 706,708,713   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 1.080             | kN        |
| 5       | 274,276,279   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.840             | kN        |

## 3.26.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO27: +X odcinkowe p1 ... Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.042             | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.021             | kN/m      |

## 3.27 PO28 - +X odcinkowe p2 + oblodzenie

## 3.27.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO28: +X odcinkowe p2 ... Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|-------------------|-----------|
| 1       | 760,762,767   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.280             | kN        |
| 2       | 814,816,821   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 1.170             | kN        |
| 3       | 850,852,857   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.800             | kN        |
| 4       | 868,870,875   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.400             | kN        |
| 5       | 922,924,929   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 1.240             | kN        |
| 6       | 547-549       | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.630             | kN        |

## 3.27.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO28: +X odcinkowe p2 ... Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.023             | kN/m      |

## 3.28 PO29 - +X odcinkowe p3 + oblodzenie

## 3.28.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO29: +X odcinkowe p3 ... Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|-------------------|-----------|
| 1       | 976,978,983   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.630             | kN        |
| 2       | 13-15         | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 1.290             | kN        |

## 3.29 PO30 - +X odcinkowe p4 + oblodzenie

## 3.29.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO30: +X odcinkowe p4 ... Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|-------------------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.910             | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | 0.830             | kN        |

## 3.29.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO30: +X odcinkowe p4 ... Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.019             | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | 0.009             | kN/m      |

**3.30 PO31 - +X odcinkowe p5 + oblodzenie****3.30.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE****PO31: +X odcinkowe p5 ...**

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 652,654,659      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.170                | kN        |
| 2          | 706,708,713      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 1.080                | kN        |
| 3          | 274,276,279      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.840                | kN        |
| 4          | 760,762,767      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.280                | kN        |
| 5          | 814,816,821      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 1.170                | kN        |
| 6          | 850,852,857      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.800                | kN        |

**3.30.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE****PO31: +X odcinkowe p5 ...**

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 343-345     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | 0.022     | kN/m      |
| 2          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | 0.023     | kN/m      |

**3.31 PO32 - +X odcinkowe p6 + oblodzenie****3.31.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE****PO32: +X odcinkowe p6 ...**

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 868,870,875      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.400                | kN        |
| 2          | 922,924,929      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 1.240                | kN        |
| 3          | 547-549          | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.630                | kN        |
| 4          | 976,978,983      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 0.630                | kN        |
| 5          | 13-15            | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | 1.290                | kN        |

**3.31.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE****PO32: +X odcinkowe p6 ...**

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | 0.011     | kN/m      |

**3.32 PO33 - -X odcinkowe p1 + oblodzenie****3.32.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE****PO33: -X odcinkowe p1 + ...**

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 598,600,605      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.910               | kN        |
| 2          | 643,645,650      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.830               | kN        |
| 3          | 652,654,659      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.170               | kN        |
| 4          | 706,708,713      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -1.080               | kN        |
| 5          | 274,276,279      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.840               | kN        |

**3.32.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE****PO33: -X odcinkowe p1 + ...**

Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 343-345     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.042    | kN/m      |
| 2          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | X <sub>L</sub>         | p      | -0.021    | kN/m      |

**3.33 PO34 - -X odcinkowe p2 + oblodzenie****3.33.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE****PO34: -X odcinkowe p2 + ...**

Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 760,762,767      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.280               | kN        |
| 2          | 814,816,821      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -1.170               | kN        |
| 3          | 850,852,857      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.800               | kN        |
| 4          | 868,870,875      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.400               | kN        |
| 5          | 922,924,929      | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -1.240               | kN        |
| 6          | 547-549          | Siła              | 1                 | X        | F <sub>x</sub> | -0.630               | kN        |



## 3.33.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO34: -X odcinkowe p2 + ... Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | -0.023            | kN/m      |

## 3.34 PO35 -X odcinkowe p3 + oblodzenie

## 3.34.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO35: -X odcinkowe p3 + ... Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 976,978,983   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.630                       | kN        |
| 2       | 13-15         | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -1.290                       | kN        |

## 3.35 PO36 -X odcinkowe p4 + oblodzenie

## 3.35.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO36: -X odcinkowe p4 + ... Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.910                       | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.830                       | kN        |

## 3.35.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO36: -X odcinkowe p4 + ... Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | -0.019            | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | -0.009            | kN/m      |

## 3.36 PO37 -X odcinkowe p5 + oblodzenie

## 3.36.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO37: -X odcinkowe p5 + ... Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 652,654,659   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.170                       | kN        |
| 2       | 706,708,713   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -1.080                       | kN        |
| 3       | 274,276,279   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.840                       | kN        |
| 4       | 760,762,767   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.280                       | kN        |
| 5       | 814,816,821   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -1.170                       | kN        |
| 6       | 850,852,857   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.800                       | kN        |

## 3.36.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO37: -X odcinkowe p5 + ... Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | -0.022            | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | -0.023            | kN/m      |

## 3.37 PO38 -X odcinkowe p6 + oblodzenie

## 3.37.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO38: -X odcinkowe p6 + ... Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 868,870,875   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.400                       | kN        |
| 2       | 922,924,929   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -1.240                       | kN        |
| 3       | 547-549       | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.630                       | kN        |
| 4       | 976,978,983   | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -0.630                       | kN        |
| 5       | 13-15         | Siła           | 1              | X        | F <sub>x</sub> | -1.290                       | kN        |

## 3.37.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO38: -X odcinkowe p6 + ... Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|-------------------|-----------|
| 1       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | X <sub>L</sub>      | p      | -0.011            | kN/m      |



### 3.38 PO39 - +Y odcinkowe p1 + oblodzenie

#### 3.38.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

#### PO39: +Y odcinkowe p1 +...

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.920                        | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.840                        | kN        |
| 3       | 652,654,659   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.170                        | kN        |
| 4       | 706,708,713   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 1.090                        | kN        |
| 5       | 274,276,279   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.850                        | kN        |

#### 3.38.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

#### PO39: +Y odcinkowe p1 +...

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|------------------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.042                        | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.021                        | kN/m      |

### 3.39 PO40 - +Y odcinkowe p2 + oblodzenie

#### 3.39.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

#### PO40: +Y odcinkowe p2 +...

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 760,762,767   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.290                        | kN        |
| 2       | 814,816,821   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 1.190                        | kN        |
| 3       | 850,852,857   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.810                        | kN        |
| 4       | 868,870,875   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.410                        | kN        |
| 5       | 922,924,929   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 1.260                        | kN        |
| 6       | 547-549       | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.640                        | kN        |

#### 3.39.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

#### PO40: +Y odcinkowe p2 +...

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|------------------------------|-----------|
| 1       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.023                        | kN/m      |

### 3.40 PO41 - +Y odcinkowe p3 + oblodzenie

#### 3.40.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

#### PO41: +Y odcinkowe p3 +...

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 976,978,983   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.640                        | kN        |
| 2       | 13-15         | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 1.310                        | kN        |

### 3.41 PO42 - +Y odcinkowe p4 + oblodzenie

#### 3.41.1 OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

#### PO42: +Y odcinkowe p4 +...

Qw

| Load Nr | Na węzłach Nr | Typ obciążenia | Układ współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|---------------|----------------|----------------|----------|----------------|------------------------------|-----------|
| 1       | 598,600,605   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.910                        | kN        |
| 2       | 643,645,650   | Siła           | 1              | Y        | F <sub>y</sub> | 0.830                        | kN        |

#### 3.41.2 OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

#### PO42: +Y odcinkowe p4 +...

Qw

| Load Nr | Pręty Nr | Typ obciążenia | Rozkład obciążenia | Układ współrz. | Kierunek obciążenia | Symbol | Parametry obciążenia Wartość | Jednostka |
|---------|----------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--------|------------------------------|-----------|
| 1       | 343-345  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.019                        | kN/m      |
| 2       | 346-348  | Siła           | Równomierny        | 1              | Y <sub>L</sub>      | p      | 0.009                        | kN/m      |

### 3.42 PO43 - +Y odcinkowe p5 + oblodzenie



3.42.1

OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO43: +Y odcinkowe p5 +... Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 652,654,659      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.170                | kN        |
| 2          | 706,708,713      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 1.090                | kN        |
| 3          | 274,276,279      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.850                | kN        |
| 4          | 760,762,767      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.290                | kN        |
| 5          | 814,816,821      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 1.190                | kN        |
| 6          | 850,852,857      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.810                | kN        |

3.42.2

OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO43: +Y odcinkowe p5 +... Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 343-345     | Siła              | Równomierny           | 1                 | Y <sub>L</sub>         | p      | 0.022     | kN/m      |
| 2          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | Y <sub>L</sub>         | p      | 0.023     | kN/m      |

3.43 PO44 - +Y odcinkowe p6 + oblodzenie



3.43.1

OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO44: +Y odcinkowe p6 ... Qw

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          | 868,870,875      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.410                | kN        |
| 2          | 922,924,929      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 1.260                | kN        |
| 3          | 547-549          | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.640                | kN        |
| 4          | 976,978,983      | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 0.640                | kN        |
| 5          | 13-15            | Siła              | 1                 | Y        | F <sub>Y</sub> | 1.310                | kN        |

3.43.2

OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO44: +Y odcinkowe p6 ... Qw

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                   |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 346-348     | Siła              | Równomierny           | 1                 | Y <sub>L</sub>         | p      | 0.011     | kN/m      |

3.44 PO45 - Naciąg



3.44.1

OBCIĄŻENIA WĘZŁOWE

PO45: Naciąg P

| Load<br>Nr | Na węzłach<br>Nr | Typ<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek | Symbol         | Parametry obciążenia |           |
|------------|------------------|-------------------|-------------------|----------|----------------|----------------------|-----------|
|            |                  |                   |                   |          |                | Wartość              | Jednostka |
| 1          |                  | Siła              | 1                 | X        | F <sub>X</sub> | 2.000                | kN        |

3.44.2

OBCIĄŻENIA PRĘTOWE

PO45: Naciąg P

| Load<br>Nr | Pręty<br>Nr | Typ<br>obciążenia    | Rozkład<br>obciążenia | Układ<br>współrz. | Kierunek<br>obciążenia | Symbol | Parametry |           |
|------------|-------------|----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|--------|-----------|-----------|
|            |             |                      |                       |                   |                        |        | Wartość   | Jednostka |
| 1          | 343-348     | Sprężenie początkowe | Równomierny           | Lokalny xyz       | x                      | V      | 60.000    | kN        |

## 4 Wyniki analizy statycznej



## 4.1 PRĘTY - SIŁY WEWNĘTRZNE WEDŁUG PRZEKROJU

## Analiza statyczna

| Przekrój<br>Nr               | Pręt<br>Nr                                                 | Węzeł<br>Nr | Położenie<br>x [m] |                | N       | Sily [kN]<br>V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> |
|------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|----------------|---------|-----------------------------|----------------|
| Wartości<br>ekstremalne<br>3 | KW58 - SGN obwiednia<br>CHS 76.1x4.0   1 - S355            |             |                    |                |         |                             |                |
|                              | 1026                                                       | 955         | 5.833              | N              | 184.87  | 1.15                        | -0.67          |
|                              | 1020                                                       | 640         | 7.500              |                | -244.83 | 1.73                        | -0.13          |
|                              | 1020                                                       | 640         | 7.500              | V <sub>y</sub> | -240.50 | 1.75                        | -0.13          |
|                              | 1020                                                       | 649         | 9.167              |                | -238.14 | -1.75                       | 0.13           |
|                              | 1028                                                       | 636         | 6.667              | V <sub>z</sub> | -223.54 | -0.72                       | 1.58           |
|                              | 1028                                                       | 636         | 6.667              |                | -224.51 | 0.72                        | -1.58          |
|                              | 7                                                          | 11          | 0.833              | M <sub>r</sub> | -108.84 | -0.78                       | 1.05           |
|                              | 7                                                          | 11          | 0.833              |                | -123.26 | -0.43                       | -1.15          |
|                              | 11                                                         | 1           | 0.000              | M <sub>y</sub> | -136.80 | -0.76                       | -1.27          |
|                              | 1034                                                       | 549         | 5.000              |                | 170.90  | 0.07                        | 1.24           |
|                              | 15                                                         | 5           | 0.000              | M <sub>z</sub> | -137.48 | 1.45                        | -0.06          |
|                              | 1020                                                       | 643         | 8.333              |                | -122.57 | 1.45                        | 0.40           |
| Całkowite<br>3               |                                                            |             |                    |                | 184.87  | 1.75                        | 1.58           |
|                              |                                                            |             |                    |                | -244.83 | -1.75                       | -1.58          |
| Wartości<br>ekstremalne<br>4 | KW58 - SGN obwiednia<br>CHS 33.7x3.2   1 - S355            |             |                    |                |         |                             |                |
|                              | 638                                                        | 954         | 1.301              | N              | 12.73   | 0.00                        | -0.01          |
|                              | 482                                                        | 717         | 0.000              |                | -16.23  | 0.00                        | 0.02           |
|                              | 682                                                        | 1028        | 0.000              | V <sub>y</sub> | -4.31   | 0.00                        | 0.02           |
|                              | 682                                                        | 1027        | 1.301              |                | 0.56    | 0.00                        | -0.02          |
|                              | 620                                                        | 924         | 0.000              | V <sub>z</sub> | -2.27   | 0.00                        | 0.03           |
|                              | 620                                                        | 927         | 1.301              |                | -5.07   | 0.00                        | -0.03          |
|                              | 817                                                        | 744         | 0.000              | M <sub>r</sub> | 1.46    | 0.00                        | 0.01           |
|                              | 359                                                        | 9           | 0.000              |                | 4.88    | 0.00                        | 0.01           |
|                              | 620                                                        |             | 0.651              | M <sub>y</sub> | -2.44   | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 476                                                        | 708         | 0.000              |                | -8.54   | 0.00                        | 0.02           |
|                              | 687                                                        |             | 0.651              | M <sub>z</sub> | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 686                                                        |             | 0.651              |                | 0.01    | 0.00                        | 0.00           |
| Całkowite<br>4               |                                                            |             |                    |                | 12.73   | 0.00                        | 0.03           |
|                              |                                                            |             |                    |                | -16.23  | 0.00                        | -0.03          |
| Wartości<br>ekstremalne<br>5 | KW58 - SGN obwiednia<br>Kabel PV 090   3 - Ciężno E=160GPa |             |                    |                |         |                             |                |
|                              | 346                                                        | 547         | 0.000              | N              | 123.61  | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              |                | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              | V <sub>y</sub> | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              |                | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              | V <sub>z</sub> | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              |                | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              | M <sub>r</sub> | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              |                | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              | M <sub>y</sub> | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              |                | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              | M <sub>z</sub> | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 343                                                        | 276         | 0.000              |                | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
| Całkowite<br>5               |                                                            |             |                    |                | 123.61  | 0.00                        | 0.00           |
|                              |                                                            |             |                    |                | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
| Wartości<br>ekstremalne<br>6 | KW58 - SGN obwiednia<br>CHS 33.7x3.2   1 - S355            |             |                    |                |         |                             |                |
|                              | 955                                                        | 549         | 0.000              | N              | 45.66   | 0.00                        | 0.01           |
|                              | 820                                                        | 279         | 0.000              |                | 0.00    | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 956                                                        | 547         | 0.000              | V <sub>y</sub> | 38.18   | 0.00                        | 0.01           |
|                              | 956                                                        | 548         | 0.999              |                | 25.41   | 0.00                        | -0.01          |
|                              | 956                                                        | 547         | 0.000              | V <sub>z</sub> | 26.64   | 0.00                        | 0.02           |
|                              | 956                                                        | 548         | 0.999              |                | 26.60   | 0.00                        | -0.02          |
|                              | 956                                                        | 547         | 0.000              | M <sub>r</sub> | 25.05   | 0.00                        | 0.01           |
|                              | 820                                                        | 279         | 0.000              |                | 19.29   | 0.00                        | 0.01           |
|                              | 821                                                        |             | 0.500              | M <sub>y</sub> | 17.79   | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 957                                                        | 548         | 0.000              |                | 30.11   | 0.00                        | 0.02           |
|                              | 955                                                        |             | 0.500              | M <sub>z</sub> | 30.74   | 0.00                        | 0.00           |
|                              | 955                                                        |             | 0.500              |                | 25.72   | 0.00                        | 0.00           |
| Całkowite<br>6               |                                                            |             |                    |                | 45.66   | 0.00                        | 0.02           |
|                              |                                                            |             |                    |                | 0.00    | 0.00                        | -0.02          |

4.1

**PRĘTY - SIŁY WEWNĘTRZNE WEDŁUG PRZEKROJU****Analiza statyczna**

| Przekrój<br>Nr                                              | Pręt<br>Nr | Węzeł<br>Nr | Położenie<br>x [m] |                | N       | Sily [kN]<br>V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> |
|-------------------------------------------------------------|------------|-------------|--------------------|----------------|---------|-----------------------------|----------------|
| KW58 - SGN obwiednia                                        |            |             |                    |                |         |                             |                |
| Całkowite maks./min. wartości z odpowiadającymi wartościami |            |             |                    |                |         |                             |                |
| 3                                                           | 1026       | 955         | 5.833              | N              | 184.87  | 1.15                        | -0.67          |
| 3                                                           | 1020       | 640         | 7.500              |                | -244.83 | 1.73                        | -0.13          |
| 3                                                           | 1020       | 640         | 7.500              | V <sub>y</sub> | -240.50 | 1.75                        | -0.13          |
| 3                                                           | 1020       | 649         | 9.167              |                | -238.14 | -1.75                       | 0.13           |
| 3                                                           | 1028       | 636         | 6.667              | V <sub>z</sub> | -223.54 | -0.72                       | 1.58           |
| 3                                                           | 1028       | 636         | 6.667              |                | -224.51 | 0.72                        | -1.58          |
| 3                                                           | 7          | 11          | 0.833              | M <sub>r</sub> | -108.84 | -0.78                       | 1.05           |
| 3                                                           | 7          | 11          | 0.833              |                | -123.26 | -0.43                       | -1.15          |
| 3                                                           | 11         | 1           | 0.000              | M <sub>y</sub> | -136.80 | -0.76                       | -1.27          |
| 3                                                           | 1034       | 549         | 5.000              |                | 170.90  | 0.07                        | 1.24           |
| 3                                                           | 15         | 5           | 0.000              | M <sub>z</sub> | -137.48 | 1.45                        | -0.06          |
| 3                                                           | 1020       | 643         | 8.333              |                | -122.57 | 1.45                        | 0.40           |

## 5 Analiza naprężeń



## 5.1 OBIEKTY DO ANALIZY - NAPRĘŻENIA

| Typ obiektu           | Analizuj wszystko                   | Wybrane | Obiekty do analizy |          | Nieprawidł. / dezakt. | Komentarz |
|-----------------------|-------------------------------------|---------|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
|                       |                                     |         | Do analizy         | Usunięto |                       |           |
| Pręty                 | <input type="checkbox"/>            |         |                    |          |                       |           |
| Reprezentatywne pręty | <input type="checkbox"/>            |         |                    |          |                       |           |
| Powierzchnie          | <input checked="" type="checkbox"/> | 1-5     | 1-5                |          |                       |           |

## 5.2 OBIEKTY DO ANALIZY - ZAKRESY NAPRĘŻEN

| Typ obiektu           | Analizuj wszystko        | Wybrane | Obiekty do analizy |          | Nieprawidł. / dezakt. | Komentarz |
|-----------------------|--------------------------|---------|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
|                       |                          |         | Do analizy         | Usunięto |                       |           |
| Pręty                 | <input type="checkbox"/> |         |                    |          |                       |           |
| Reprezentatywne pręty | <input type="checkbox"/> |         |                    |          |                       |           |
| Powierzchnie          | <input type="checkbox"/> |         |                    |          |                       |           |

## 5.3 SYTUACJE OBLICZENIOWE

| SO Nr | Nazwa                                                      | Do analizy                          | Aktywne                             | Kombinacje do obliczenia metodą enumeracji |
|-------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1     | SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | KW58                                       |
| 2     | SGU - Charakterystyczna                                    | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |                                            |
| 3     | SGU - Częsta                                               | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |                                            |
| 4     | SGU - Quasi-stała                                          | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |                                            |

## 5.4 GRUBOŚCI

| Grub. nr | Nazwa                          | Typ grubości | Materiał | Do analizy                          | Użyj innej grubości d [mm] do analizy |
|----------|--------------------------------|--------------|----------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1        | Stala   d : 15.0 mm   1 - S355 | Stala        | 1        | <input checked="" type="checkbox"/> | -                                     |

## 5.5 KONFIGURACJE POWIERZCHNI

| Konf. Nr | Nazwa    | Powierzchnie | Przypisany do Zbiory powierzchni | Komentarz |
|----------|----------|--------------|----------------------------------|-----------|
| 1        | Domyślne | 1-5          | Wszystkie                        |           |

## 5.5.1 KONFIGURACJE DLA POWIERZCHNI - ZAKRESY NAPRĘŻEN DO OBLICZENIA

| Konf. nr | Aktywne                             | Typ naprężenia             | Naprężenie graniczne | Operacja | Współczynnik [ | Zdef. przez użytkownika naprężenie graniczne [N/mm²] |
|----------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|----------|----------------|------------------------------------------------------|
| 1        | Domyślne                            |                            |                      |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{x,m}$             | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{y,m}$             | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{x,b}$             | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{y,b}$             | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_x$                 | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_y$                 | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\tau_{xy,m}$              | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\tau_{xy,b}$              | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\tau_{xy}$                | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input checked="" type="checkbox"/> | $\sigma_1$                 | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input checked="" type="checkbox"/> | $\sigma_2$                 | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input checked="" type="checkbox"/> | $\sigma_{1,m}$             | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input checked="" type="checkbox"/> | $\sigma_{2,m}$             | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{1/2}$             | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\tau_{xz}$                | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\tau_{yz}$                | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input checked="" type="checkbox"/> | $\tau_{max}$               | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input checked="" type="checkbox"/> | $\sigma_{eqv,m,von Mises}$ | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input checked="" type="checkbox"/> | $\sigma_{eqv,von Mises}$   | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{eqv,m,Tresca}$    | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{eqv,Tresca}$      | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{eqv,m,Rankine}$   | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{eqv,Rankine}$     | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{eqv,m,Bach}$      | Brak                 |          |                |                                                      |
|          | <input type="checkbox"/>            | $\sigma_{eqv,Bach}$        | Brak                 |          |                |                                                      |



5.5.2

KONFIGURACJE PRĘTÓW - ODKSZTAŁCENIA DO OBLICZENIA

| Konf. Nr | Aktywny  | Typ odkształcenia | Odkształcenie graniczne [%] |
|----------|----------|-------------------|-----------------------------|
| 1        | Domyślne |                   |                             |

5.6 Wyniki



5.6.1

NAPRĘŻENIA NA POWIERZCHNIACH WEDŁUG SYTUACJI OBLICZENIOWEJ

Analiza naprężeniowo-odkształceniowa

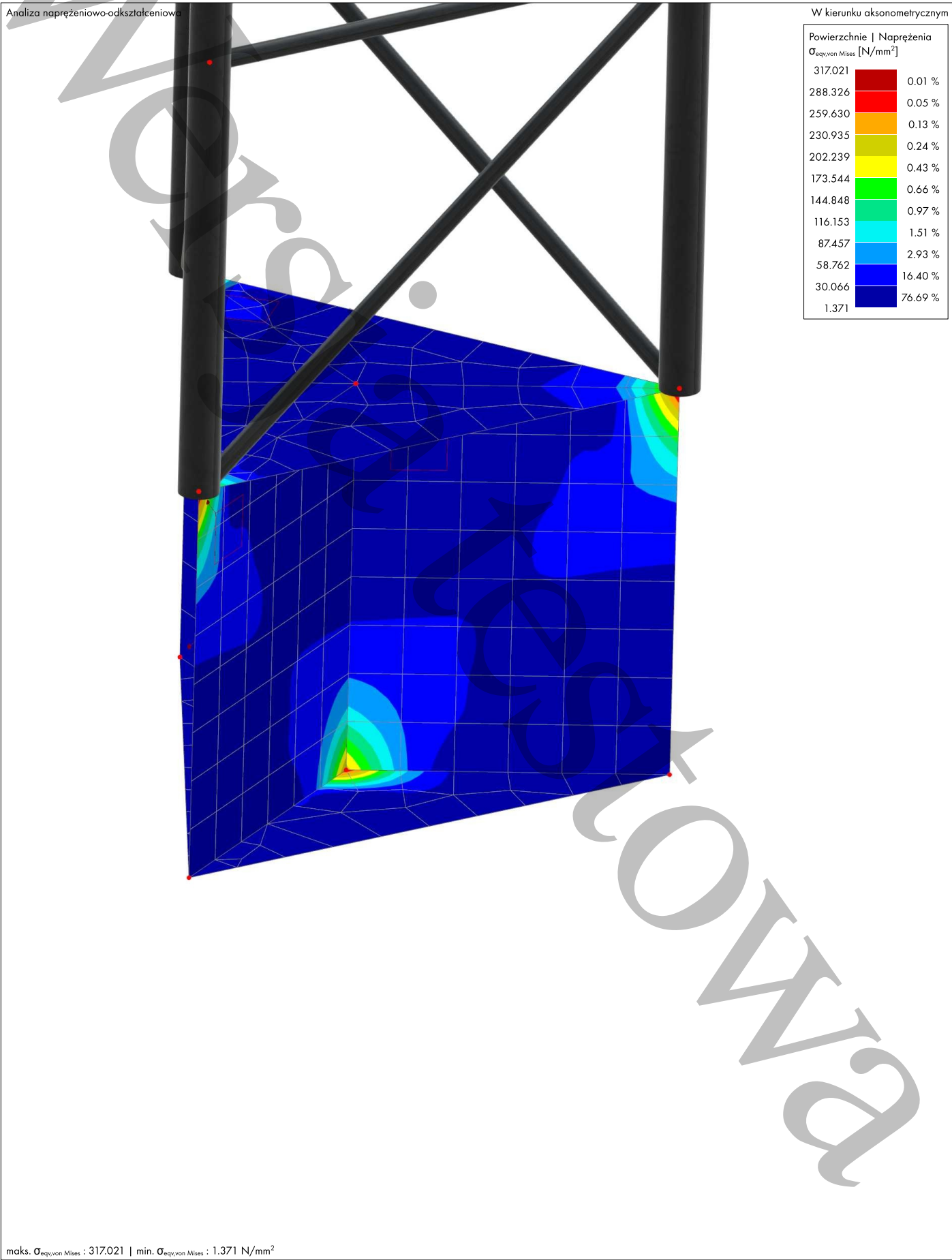
| Sytuacja oblicz. | Powierzchnia nr                                            | Punkt nr | Współrzędne węzła [m] |        |        | Obciążenie nr | Warstwa |        | Typ naprężenia           | Naprężenie [N/mm²] |                   | Naprężenie |
|------------------|------------------------------------------------------------|----------|-----------------------|--------|--------|---------------|---------|--------|--------------------------|--------------------|-------------------|------------|
|                  |                                                            |          | X                     | Y      | Z      |               | Nr      | Strona |                          | Istniejące         | Wartość graniczna |            |
| SO1              | SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b |          |                       |        |        |               |         |        |                          |                    |                   |            |
|                  | 5                                                          | 1030     | 0.000                 | 0.000  | -0.250 | KW58          |         | Góra   | $\sigma_1$               | 289.842            | 355.000           | 0.816      |
|                  | 2                                                          | 5        | -0.288                | -0.500 | -1.000 | KW58          |         | Góra   | $\sigma_2$               | -331.004           | 355.000           | 0.932      |
|                  | 4                                                          | 9        | -0.288                | 0.500  | -1.000 | KW58          |         | Góra   | $\sigma_{1,m}$           | 117.543            | 355.000           | 0.331      |
|                  | 2                                                          | 5        | -0.288                | -0.500 | -1.000 | KW58          |         | Góra   | $\sigma_{2,m}$           | -309.017           | 355.000           | 0.870      |
|                  | 5                                                          | 1030     | 0.000                 | 0.000  | -0.250 | KW58          |         | Środek | $T_{max}$                | 39.739             | 204.959           | 0.194      |
|                  | 2                                                          | 5        | -0.288                | -0.500 | -1.000 | KW58          |         | Góra   | $\sigma_{eqv,von Mises}$ | 298.506            | 355.000           | 0.841      |
|                  | 2                                                          | 5        | -0.288                | -0.500 | -1.000 | KW58          |         | Góra   | $\sigma_{eqv,von Mises}$ | 317.021            | 355.000           | 0.893      |



5.6.2

ANALIZA NAPRĘŻENIOWO-ODKSZTAŁCENIOWA: NAPRĘŻENIA -  $\sigma_{eqv,von Mises}$  W KIERUNKU AKSONOMETRYCZNYM

Analiza naprężeniowo-odkształceniowa...



## 6 Projektowanie konstrukcji stalowych



## 6.1 OBIEKTY DO OBLICZENIA

| Typ obiektu           | Oblicz wszystko                     | Wybrane                                                  | Do obliczenia                                | Usunięto | Nieprawidł. / dezakt. | Komentarz |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------|-----------------------|-----------|
| Pręty                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 7,<br>11,15,343-348,359,<br>361,363,365,367,3<br>69-1035 | 7,<br>11,15,359,361,363,<br>365,367,369-1035 | 343-348  |                       |           |
| Reprezentatywne pręty | <input checked="" type="checkbox"/> | 1-6                                                      | 1,4-6                                        | 2,3      |                       |           |

## 6.2 SYTUACJE OBLICZENIOWE

| SO Nr | EN 1990   PN   2010-09<br>Typ sytuacji obliczeniowej       | Do obliczenia                       | Aktywne                             | EN 1993   PN   2015-08<br>Typ sytuacji obliczeniowej | Kombinacje do obliczenia metodą enumeracji |
|-------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1     | SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa - Równ. 6.10a i 6.10b | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | SGN (STR/GEO) - Trwała i przejściowa                 | KW58                                       |
| 2     | SGU - Charakterystyczna                                    | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | SGU - Charakterystyczna                              |                                            |
| 3     | SGU - Częsta                                               | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | SGU - Częsta                                         |                                            |
| 4     | SGU - Quasi-stała                                          | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | SGU - Quasi-stała                                    |                                            |

## 6.3 MATERIAŁY

| Materiał nr | Nazwa           | Do obliczenia                       | Typ materiału | Opcje                               | Komentarz |
|-------------|-----------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|-----------|
| 1           | S355            | <input checked="" type="checkbox"/> | Stal          |                                     |           |
| 3           | Cięgno E=160GPa | <input checked="" type="checkbox"/> | Podstawowy    | <input checked="" type="checkbox"/> |           |

## 6.4 PRZEKROJE

| Przekrój Nr | Nazwa        | Materiał | Do obliczenia                       | Typ przekroju         | Użyj innego przekroju do obliczeń | Klasyfikacja przekroju | Opcje                                                        |
|-------------|--------------|----------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 3           | CHS 76.1x4.0 | 1        | <input checked="" type="checkbox"/> | Znormalizowane - Stal | -                                 | Automatycznie          | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| 4           | CHS 33.7x3.2 | 1        | <input checked="" type="checkbox"/> | Znormalizowane - Stal | -                                 | Automatycznie          | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| 5           | Kabel PV 090 | 3        | <input checked="" type="checkbox"/> | Znormalizowane - Stal | -                                 | Klasa 3                | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| 6           | CHS 33.7x3.2 | 1        | <input checked="" type="checkbox"/> | Znormalizowane - Stal | -                                 | Automatycznie          | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |

## 6.5 KONFIGURACJE GRANICZNEGO STANU NOŚNOŚCI

| Konfig. nr | Nazwa | Pręty                                            | Zbiory prętów | Ściany usztywniające | Przypisany do | Belki-ściany | Powierzchnie | Zbiory powierzchni |
|------------|-------|--------------------------------------------------|---------------|----------------------|---------------|--------------|--------------|--------------------|
| 2          | maszt | 7,<br>11,15,359,361,3<br>63,365,367,369-<br>1035 |               |                      |               |              |              |                    |

## 6.5.1 KONFIGURACJE STANU GRANICZNEGO NOŚNOŚCI - USTAWIENIA

| Konfig. Nr | Opis                                                                                    | Symbol         | Wartość | Jednostka |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|-----------|
| 2          | maszt                                                                                   |                |         |           |
|            | Ogólne                                                                                  |                |         |           |
|            | <input checked="" type="checkbox"/> Przeprowadź obliczenia stateczności                 |                |         |           |
|            | Wartości graniczne dla szczególnych przypadków                                          |                |         |           |
|            | Rozciąganie ( $N_{t,Ed} / N_{t,Rd}$ )                                                   | $\eta_{Nt}$    | 0.001   | -         |
|            | Ściskanie ( $N_{c,Ed} / N_{c,Rd}$ )                                                     | $\eta_{Nc}$    | 0.001   | -         |
|            | Ścinanie ( $V_{y,Ed} / V_{pl,y,Rd}$ )                                                   | $\eta_{Vy}$    | 0.001   | -         |
|            | Ścinanie ( $V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd}$ )                                                   | $\eta_{Vz}$    | 0.001   | -         |
|            | Naprężenie styczne od skręcania ( $T_{t,Ed} / T_{t,Rd}$ )                               | $\eta_{Tt}$    | 0.010   | -         |
|            | Zginanie względem osi mocnej ( $M_{y,Ed} / M_{pl,y,Rd}$ )                               | $\eta_{My}$    | 0.001   | -         |
|            | Zginanie względem osi słabej ( $M_{z,Ed} / M_{pl,z,Rd}$ )                               | $\eta_{Mz}$    | 0.001   | -         |
|            | Analiza konstrukcji cienkościennych                                                     |                |         |           |
|            | Maksymalna liczba iteracji                                                              | $\eta_{max}$   | 3       |           |
|            | Maksymalna różnica między iteracjami                                                    | $\sigma_{max}$ | 1.00    | %         |
|            | <input type="checkbox"/> Pomiń momenty zginające od przesunięcia środka ciężkości       |                |         |           |
|            | <input type="checkbox"/> Uwzględnij szerokości efektywne wg EN 1993-1-5, Załącznik E    |                |         |           |
|            | Opcje                                                                                   |                |         |           |
|            | Projektowanie sprężyste                                                                 |                |         |           |
|            | <input type="checkbox"/> Projektowanie sprężyste (również dla przekrojów klasy 1 i 2)   |                |         |           |
|            | <input type="checkbox"/> Użyj sprawdzenia wg równania 6.1 dla projektowania sprężystego |                |         |           |

## KONFIGURACJE STANU GRANICZNEGO NOŚNOŚCI - USTAWIENIA

| Konfig.<br>Nr | Opis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Symbol         | Wartość | Jednostka |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------|-----------|
|               | <p>Projektowanie plastyczne</p> <p><input type="checkbox"/> Zastosuj interakcję liniową wg 6.2.1(7) do sprawdzenia przekroju na M+N</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                |         |           |
|               | <p>Obliczanie przekrojów formowanych na zimno wg EN 1993-1-3</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Przeprowadź obliczenia profili formowanych na zimno</p> <p>Współczynnik profilowania <math>k</math> wg 3.2.2(3)</p> <p><input type="checkbox"/> Zastosuj projektowanie sprężyste wg 6.1.6</p> <p><input type="checkbox"/> Uwzględnij środnik jako usztywniony wg Tab. 6.1</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Wyznacz nośność poprzeczną środnika przy obciążeniu skupionym wg 6.1.7</p> <p>Graniczne nachylenie osi głównych wg 6.2.4(2)</p> | $\alpha_{lim}$ | 0.00    | deg       |
|               | <p>Wymiarowanie z uwagi na wyboczenie przy ścinaniu wg EN 1993-1-5</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Przeprowadź obliczenia wyboczenia przy ścinaniu</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                |         |           |
|               | <p>Analiza stateczności z siłami wewnętrznymi wg teorii drugiego rzędu</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Zastosuj <math>\gamma_{M1}</math> do wyznaczenia nośności przekroju</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                |         |           |
|               | <p>Ustawienia dla obliczeń stateczności</p> <p>Metoda obliczeń</p> <p>Metoda prętów zastępczych (długości efektywne)</p> <p>Typ konstrukcji wg tabl. B.3</p> <p><input type="checkbox"/> Przechył y-y (<math>C_{my} = 0.9</math>)</p> <p><input type="checkbox"/> Przechył z-z (<math>C_{mz} = 0.9</math>)</p>                                                                                                                                                                                                                                               |                |         |           |
|               | <p>2D - metoda ogólna (4 stopnie swobody)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Aktywuj także dla przekrojów innych niż dwuteowe</p> <p><input type="checkbox"/> Metody rozszerzone</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                |         |           |
|               | <p>Uwzględnij efekty drugiego rzędu wg 5.2.2(4) poprzez zwiększenie momentu zginającego względem</p> <p><input type="checkbox"/> Oś mocna y</p> <p><input type="checkbox"/> Oś słaba z</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                |         |           |
|               | <p>Miejsce przyłożenia dodatknych obciążeń poprzecznych</p> <p>Pozycja pionowa</p> <p><input checked="" type="radio"/> Na krawędzi profilu (działanie destabilizujące)</p> <p><input type="radio"/> W punkcie ścinania</p> <p><input type="radio"/> W środku</p> <p><input type="radio"/> Na krawędzi profilu (działanie stabilizujące)</p>                                                                                                                                                                                                                  |                |         |           |
|               | <p>Parametry dla zwichrzenia</p> <p>6.3.2.3 Wyznacz krzywe zwichrzenia dla 6.3.2 i 6.3.3</p> <p><input type="radio"/> Zawsze wg Równ. 6.56 Przypadek ogólny (konserwatywny)</p> <p><input checked="" type="radio"/> Jeżeli to możliwe, wg Równ. 6.57, w pozostałych przypadkach wg Równ. 6.56</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Zastosuj współczynnik <math>f</math> do modyfikacji <math>\chi_{LT}</math> wg 6.3.2.3(2)</p>                                                                                                                        |                |         |           |
|               | <p>6.3.3(4) Parametry <math>k_{yy}</math>, <math>k_{yz}</math>, <math>k_{zy}</math>, <math>k_{zz}</math></p> <p>Określ współczynniki interakcji dla rów. 6.3.3(4) według</p> <p><input type="radio"/> Metoda 1 wg Załącznika A</p> <p><input checked="" type="radio"/> Metoda 2 wg Załącznika B</p>                                                                                                                                                                                                                                                          |                |         |           |
|               | <p>Zwichrzenie kształtowników rurowych</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Przeprowadź obliczenia dla nieokrągłych bisymetrycznych przekrojów rurowych</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                |         |           |
|               | <p>Obliczanie stateczności przekrojów profilowanych na zimno wg EN 1993-1-3</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Obliczanie zginania z siłą osiową wg 6.2.5(2) lub 6.3</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                |         |           |

## 6.6 Wyniki

## Projektowanie konstrukcji stalowych

| Pręt<br>repr. nr | Pręt<br>nr | Położenie<br>x [m] | Punkt<br>napręż. nr | Sytuacja<br>oblicz. | Obciążenie<br>n | Sprawdzenie warunku projektowego | Typ   | Opis      |                                                                                                  |
|------------------|------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------------------------|-------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                | Belka      | 3 - CHS 76.1x4.0   | L : 10.000 m        | 7,11,15,1012-1035   |                 |                                  |       |           |                                                                                                  |
|                  | 7          | 0.000              |                     | SO1                 | KW58            | <div><div></div></div>           | 0.000 | SP0100.00 | Sprawdzenie przekroju   Pomijalne siły wewnętrzne                                                |
|                  | 1026       | 5.833              |                     | SO1                 | KW58            | <div><div></div></div>           | 0.575 | SP1100.00 | Sprawdzenie przekroju   Rozciąganie wg EN 1993-1-1, 6.2.3                                        |
|                  | 1020       | 7.500              |                     | SO1                 | KW58            | <div><div></div></div>           | 0.761 | SP1200.00 | Sprawdzenie przekroju   Ściskanie wg EN 1993-1-1, 6.2.4                                          |
|                  | 1034       | 5.833              |                     | SO1                 | KW58            | <div><div></div></div>           | 0.011 | SP3100.02 | Sprawdzenie przekroju   Ścinanie w osi z wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)   Projektowanie plastyczne     |
|                  | 1020       | 7.500              |                     | SO1                 | KW58            | <div><div></div></div>           | 0.015 | SP3200.02 | Sprawdzenie przekroju   Ścinanie w osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)   Projektowanie plastyczne     |
|                  |            |                    |                     | SO1                 | KW58            | <div><div></div></div>           | 0.015 | SP3300.02 | Sprawdzenie przekroju   Wypadkowe ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)   Projektowanie plastyczne   |
|                  | 11         | 0.000              |                     | SO1                 | KW58            | <div><div></div></div>           | 0.127 | SP4100.03 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.5   Projektowanie plastyczne |
|                  | 15         |                    |                     | SO1                 | KW58            | <div><div></div></div>           | 0.113 | SP5100.03 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi z wg EN 1993-1-1, 6.2.5   Projektowanie plastyczne |

6.6.1

## STOPNIE WYKORZYSTANIA NA REPREZENTYWNYCH PRĘTACH WEDŁUG REPREZENTATYWNYCH PRĘTÓW

| Pręt repr. nr | Pręt nr                                                              | Położenie x [m] | Punkt napręż. nr | Sytuacja oblicz. | Obciążenie nr | Sprawdzenie warunku projektowego | Typ       | Opis                                                                                                                                |
|---------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------|----------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | 1020                                                                 | 8.333           |                  | SO1              | KW58          | 0.088                            | SP6500.01 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie dwukierunkowe, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne  |
|               | 1018                                                                 | 4.167           |                  | SO1              | KW58          | 0.526                            | SP6500.02 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne |
|               | 1026                                                                 | 5.833           |                  | SO1              | KW58          | 0.449                            | SP6500.03 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi z, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne |
|               | 11                                                                   | 10.000          |                  | SO1              | KW58          | 0.003                            | SP6500.04 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie dwukierunkowe i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne               |
|               | 1020                                                                 | 7.500           |                  | SO1              | KW58          | 0.805                            | ST1200.00 | Stateczność   Wyboczenie giętne względem geometrycznej osi y wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                  |
|               |                                                                      |                 |                  | SO1              | KW58          | 0.805                            | ST1400.00 | Stateczność   Wyboczenie giętne względem geometrycznej osi z wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                  |
| 4             | Belka   4 - CHS 33.7x3.2   L : 1.301 m   359,361,363,365,367,369-687 |                 |                  |                  |               |                                  |           |                                                                                                                                     |
|               | 359                                                                  | 0.000           |                  | SO1              | KW58          | 0.000                            | SP0100.00 | Sprawdzenie przekroju   Pomijalne siły wewnętrzne                                                                                   |
|               | 638                                                                  | 1.301           |                  | SO1              | KW58          | 0.117                            | SP1100.00 | Sprawdzenie przekroju   Rozciąganie wg EN 1993-1-1, 6.2.3                                                                           |
|               | 482                                                                  | 0.000           |                  | SO1              | KW58          | 0.149                            | SP1200.00 | Sprawdzenie przekroju   Ściskanie wg EN 1993-1-1, 6.2.4                                                                             |
|               | 359                                                                  | 1.301           | 1                | SO1              | KW58          | 0.010                            | SP2100.00 | Sprawdzenie przekroju   Skręcanie wg EN 1993-1-1, 6.2.7                                                                             |
|               | 620                                                                  | 0.651           |                  | SO1              | KW58          | 0.009                            | SP4100.03 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.5   Projektowanie plastyczne                                    |
|               | 359                                                                  | 1.301           | 1                | SO1              | KW58          | 0.059                            | SP6100.00 | Sprawdzenie przekroju   Naprężenie osiowe i ścinające wg EN 1993-1-1, 6.2.1(5)   Projektowanie sprężyste                            |
|               | 482                                                                  | 0.651           |                  | SO1              | KW58          | 0.045                            | SP6500.02 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne |
|               |                                                                      | 0.000           |                  | SO1              | KW58          | 0.250                            | ST1100.00 | Stateczność   Wyboczenie giętne względem głównej osi y wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                        |
|               |                                                                      |                 |                  | SO1              | KW58          | 0.250                            | ST1300.00 | Stateczność   Wyboczenie giętne względem głównej osi z wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                        |
| 5             | Belka   4 - CHS 33.7x3.2   L : 0.999 m   688-819,823-954,958-1011    |                 |                  |                  |               |                                  |           |                                                                                                                                     |
|               | 688                                                                  | 0.000           |                  | SO1              | KW58          | 0.000                            | SP0100.00 | Sprawdzenie przekroju   Pomijalne siły wewnętrzne                                                                                   |
|               | 793                                                                  |                 |                  | SO1              | KW58          | 0.049                            | SP1100.00 | Sprawdzenie przekroju   Rozciąganie wg EN 1993-1-1, 6.2.3                                                                           |
|               | 1009                                                                 | 0.999           |                  | SO1              | KW58          | 0.034                            | SP1200.00 | Sprawdzenie przekroju   Ściskanie wg EN 1993-1-1, 6.2.4                                                                             |
|               |                                                                      | 0.500           |                  | SO1              | KW58          | 0.007                            | SP4100.03 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.5   Projektowanie plastyczne                                    |
|               | 793                                                                  |                 |                  | SO1              | KW58          | 0.009                            | SP6500.02 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne |
|               | 865                                                                  | 0.000           |                  | SO1              | KW58          | 0.000                            | ST1100.00 | Stateczność   Wyboczenie giętne względem głównej osi y wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                        |
|               |                                                                      |                 |                  | SO1              | KW58          | 0.000                            | ST1300.00 | Stateczność   Wyboczenie giętne względem głównej osi z wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                        |
| 6             | Belka   6 - CHS 33.7x3.2   L : 0.999 m   820-822,955-957             |                 |                  |                  |               |                                  |           |                                                                                                                                     |
|               | 820                                                                  | 0.000           |                  | SO1              | KW58          | 0.000                            | SP0100.00 | Sprawdzenie przekroju   Pomijalne siły wewnętrzne                                                                                   |
|               | 955                                                                  |                 |                  | SO1              | KW58          | 0.419                            | SP1100.00 | Sprawdzenie przekroju   Rozciąganie wg EN 1993-1-1, 6.2.3                                                                           |
|               | 821                                                                  | 0.500           |                  | SO1              | KW58          | 0.004                            | SP4100.03 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.5   Projektowanie plastyczne                                    |
|               | 955                                                                  |                 |                  | SO1              | KW58          | 0.230                            | SP6500.02 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne |

6.6.2

## DECYDUJĄCE SIŁY WEWNĘTRZNE WEDŁUG REPREZENTATYWNYCH PRĘTÓW

## Projektowanie konstrukcji stalowych

| Pręt repr. nr | Pręt nr                                                     | Położenie x [m] | Punkt napręż. nr | Sytuacja oblicz. | Obciążenie nr | Siły [kN]    |                |                | Momenty [kNm]   |                |                | Sprawdzenie warunku projektowego |  | Typ       | Opis                                                                                         |
|---------------|-------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------------------------|--|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
|               |                                                             |                 |                  |                  |               | N            | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>tr</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> | η [-]                            |  |           |                                                                                              |
| 1             | Belka   3 - CHS 76.1x4.0   L : 10.000 m   7,11,15,1012-1035 |                 |                  |                  |               |              |                |                |                 |                |                |                                  |  |           |                                                                                              |
|               | 7                                                           | 0.000           |                  | SO1              | KW58          | 0.00         | 0.00           | 0.00           | 0.00            | 0.00           | 0.00           | 0.000                            |  | SP0100.00 | Sprawdzenie przekroju   Pomijalne siły wewnętrzne                                            |
|               | 1026                                                        | 5.833           |                  | SO1              | KW58          | 184.87       | 1.15           | -0.67          | 0.00            | 0.00           | -0.44          | 0.575                            |  | SP1100.00 | Sprawdzenie przekroju   Rozciąganie wg EN 1993-1-1, 6.2.3                                    |
|               | 1020                                                        | 7.500           |                  | SO1              | KW58          | -244.83<br>3 | 1.73           | -0.13          | 0.00            | -0.14          | 0.78           | 0.761                            |  | SP1200.00 | Sprawdzenie przekroju   Ściskanie wg EN 1993-1-1, 6.2.4                                      |
|               | 1034                                                        | 5.833           |                  | SO1              | KW58          | 172.21       | -0.02          | 1.25           | 0.00            | 0.29           | 0.23           | 0.011                            |  | SP3100.02 | Sprawdzenie przekroju   Ścinanie w osi z wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)   Projektowanie plastyczne |
|               | 1020                                                        | 7.500           |                  | SO1              | KW58          | -244.83<br>3 | 1.75           | 0.03           | 0.00            | -0.14          | 0.34           | 0.015                            |  | SP3200.02 | Sprawdzenie przekroju   Ścinanie w osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)   Projektowanie plastyczne |
|               |                                                             |                 |                  | SO1              | KW58          | -240.50<br>0 | 1.75           | -0.13          | 0.00            | -0.13          | 0.79           | 0.015                            |  | SP3300.02 | Sprawdzenie przekroju   Wypadkowe ścinanie wg EN                                             |

6.6.2

**DECYDUJĄCE SIŁY WEWNĘTRZNE WEDŁUG REPREZENTATYWNYCH PRĘTÓW****Projektowanie konstrukcji stalowych**

| Pręt<br>repr. nr | Pręt<br>nr                                                           | Położenie<br>x [m] | Punkt<br>napręż. nr | SytuacjaObciążeni<br>oblicz. nr | N            | Siły [kN]      |                |                | Momenty [kNm]  |                |             | Sprawdzenie warunku projektowe |                                                                                    | Typ                                                                                                                                              | Opis                                          |
|------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                  |                                                                      |                    |                     |                                 |              | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> | η [-]       |                                |                                                                                    |                                                                                                                                                  |                                               |
| 1                | 1020                                                                 | 7.500              |                     |                                 |              |                |                |                |                |                |             |                                |                                                                                    |                                                                                                                                                  | 1993-1-1, 6.2.6(2)   Projektowanie plastyczne |
|                  | 11                                                                   | 0.000              |                     | SO1 KW58                        | -136.80<br>0 | -0.76          | -1.27          | 0.00           | 0.94           | -0.07          | <div></div> | 0.127                          | SP4100.03                                                                          | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.5                                                                            |                                               |
|                  | 15                                                                   |                    |                     | SO1 KW58                        | -137.48<br>8 | 1.45           | -0.06          | -0.01          | -0.39          | 0.83           | <div></div> | 0.113                          | SP5100.03                                                                          | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi z wg EN 1993-1-1, 6.2.5                                                 |                                               |
|                  | 1020                                                                 | 8.333              |                     | SO1 KW58                        | -244.76<br>6 | 1.75           | 0.02           | 0.00           | -0.19          | -0.79          | <div></div> | 0.088                          | SP6500.01                                                                          | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Zginanie dwukierunkowe, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10               |                                               |
|                  | 1018                                                                 | 4.167              |                     | SO1 KW58                        | -205.93<br>3 | 0.29           | -0.04          | 0.00           | 0.42           | 0.00           | <div></div> | 0.526                          | SP6500.02                                                                          | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10              |                                               |
|                  | 1026                                                                 | 5.833              |                     | SO1 KW58                        | 184.87       | 1.15           | -0.67          | 0.00           | 0.00           | -0.44          | <div></div> | 0.449                          | SP6500.03                                                                          | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi z, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10              |                                               |
|                  | 11                                                                   | 10.000             |                     | SO1 KW58                        | -0.26        | 0.95           | 0.08           | 0.00           | 0.18           | -0.40          | <div></div> | 0.003                          | SP6500.04                                                                          | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Zginanie dwukierunkowe i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne |                                               |
|                  | 1020                                                                 | 7.500              |                     | SO1 KW58                        | -244.83<br>3 | 1.73           | -0.13          | 0.00           | -0.14          | 0.78           | <div></div> | 0.805                          | ST1200.00                                                                          | Stateczność   Wyboczenie giętne względem geometrycznej osi y wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                               |                                               |
|                  |                                                                      |                    | SO1 KW58            | -244.83<br>3                    | 1.73         | -0.13          | 0.00           | -0.14          | 0.78           | <div></div>    | 0.805       | ST1400.00                      | Stateczność   Wyboczenie giętne względem geometrycznej osi z wg EN 1993-1-1, 6.3.1 |                                                                                                                                                  |                                               |
| 4                | Belka   4 - CHS 33.7x3.2   L : 1.301 m   359,361,363,365,367,369-687 |                    |                     |                                 |              |                |                |                |                |                |             |                                |                                                                                    |                                                                                                                                                  |                                               |
|                  | 359                                                                  | 0.000              |                     | SO1 KW58                        | 0.00         | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | <div></div> | 0.000                          | SP0100.00                                                                          | Sprawdzenie przekroju   Pomijalne siły wewnętrzne                                                                                                |                                               |
|                  | 638                                                                  | 1.301              |                     | SO1 KW58                        | 12.73        | 0.00           | -0.01          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | <div></div> | 0.117                          | SP1100.00                                                                          | Sprawdzenie przekroju   Rozciąganie wg EN 1993-1-1, 6.2.3                                                                                        |                                               |
|                  | 482                                                                  | 0.000              |                     | SO1 KW58                        | -16.23       | 0.00           | 0.02           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | <div></div> | 0.149                          | SP1200.00                                                                          | Sprawdzenie przekroju   Ściskanie wg EN 1993-1-1, 6.2.4                                                                                          |                                               |
|                  | 359                                                                  | 1.301              | 1                   | SO1 KW58                        | 6.28         | 0.00           | -0.01          | -0.01          | 0.00           | 0.00           | <div></div> | 0.010                          | SP2100.00                                                                          | Sprawdzenie przekroju   Skręcanie wg EN 1993-1-1, 6.2.7                                                                                          |                                               |
|                  | 620                                                                  | 0.651              |                     | SO1 KW58                        | -2.44        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.01           | 0.00           | <div></div> | 0.009                          | SP4100.03                                                                          | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.5                                                                            |                                               |
|                  | 359                                                                  | 1.301              | 1                   | SO1 KW58                        | 6.28         | 0.00           | -0.01          | -0.01          | 0.00           | 0.00           | <div></div> | 0.059                          | SP6100.00                                                                          | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Naprężenie osiowe i ścinające wg EN 1993-1-1, 6.2.1(5)                                        |                                               |
|                  | 482                                                                  | 0.651              |                     | SO1 KW58                        | -16.22       | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.01           | 0.00           | <div></div> | 0.045                          | SP6500.02                                                                          | Projektowanie sprężyste   Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10               |                                               |
|                  |                                                                      | 0.000              |                     | SO1 KW58                        | -16.23       | 0.00           | 0.02           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | <div></div> | 0.250                          | ST1100.00                                                                          | Projektowanie plastyczne   Stateczność   Wyboczenie giętne względem głównej osi y wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                          |                                               |
|                  |                                                                      |                    |                     | SO1 KW58                        | -16.23       | 0.00           | 0.02           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | <div></div> | 0.250                          | ST1300.00                                                                          | Stateczność   Wyboczenie giętne względem głównej osi z wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                                     |                                               |
|                  |                                                                      |                    | SO1 KW58            | -16.23                          | 0.00         | 0.02           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | <div></div>    | 0.260       | ST3100.00                      | Stateczność   Zginanie i wyboczenie względem osi głównych wg EN 1993-1-1, 6.3.3    |                                                                                                                                                  |                                               |
| 5                | Belka   4 - CHS 33.7x3.2   L : 0.999 m   688-819,823-954,958-1011    |                    |                     |                                 |              |                |                |                |                |                |             |                                |                                                                                    |                                                                                                                                                  |                                               |
|                  | 688                                                                  | 0.000              |                     | SO1 KW58                        | 0.00         | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | <div></div> | 0.000                          | SP0100.00                                                                          | Sprawdzenie przekroju   Pomijalne siły wewnętrzne                                                                                                |                                               |
|                  | 793                                                                  |                    |                     | SO1 KW58                        | 5.37         | 0.00           | 0.01           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | <div></div> | 0.049                          | SP1100.00                                                                          | Sprawdzenie przekroju                                                                                                                            |                                               |



6.6.2

## DECYDUJĄCE SIŁY WEWNĘTRZNE WEDŁUG REPREZENTATYWNYCH PRĘTÓW

## Projektowanie konstrukcji stalowych

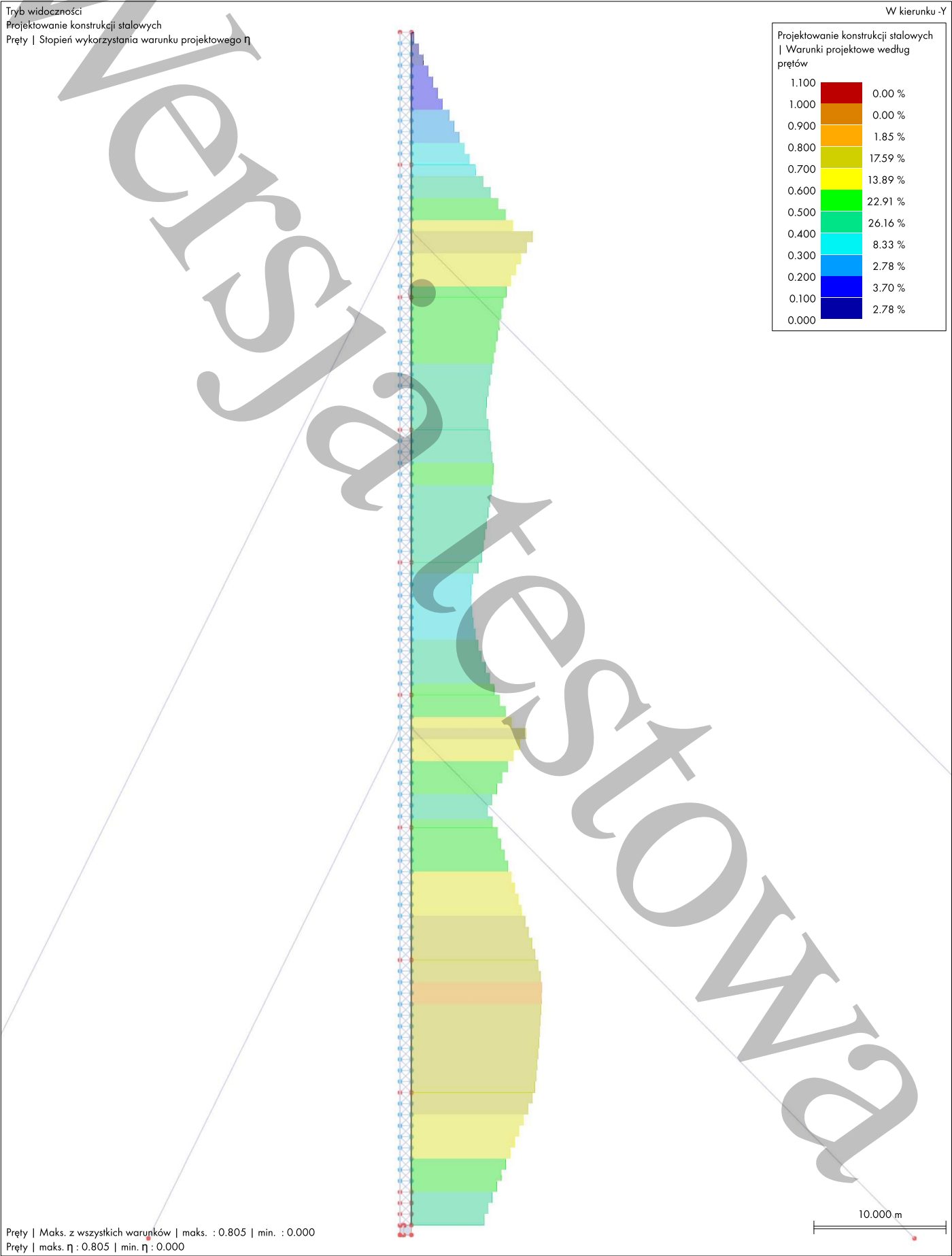
| Pręt repr. nr | Pręt nr                                                  | Położenie x [m] | Punkt napręż. nr | Sytuacja oblicz. | Obciążeni nr | Siły [kN] |                |                | Momenty [kNm]  |                |                | Sprawdzenie warunku projektowe |  | Typ       | Opis                                                                                                                                |
|---------------|----------------------------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|--------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|--|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               |                                                          |                 |                  |                  |              | N         | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> | η [-]                          |  |           |                                                                                                                                     |
| 5             |                                                          | 0.000           |                  |                  |              |           |                |                |                |                |                |                                |  |           | Rozciąganie wg EN 1993-1-1, 6.2.3                                                                                                   |
|               | 1009                                                     | 0.999           |                  | SO1              | KW58         | -3.70     | 0.00           | -0.01          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.034                          |  | SP1200.00 | Sprawdzenie przekroju   Ściskanie wg EN 1993-1-1, 6.2.4                                                                             |
|               |                                                          | 0.500           |                  | SO1              | KW58         | -0.51     | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.01           | 0.00           | 0.007                          |  | SP4100.03 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.5   Projektowanie plastyczne                                    |
|               | 793                                                      |                 |                  | SO1              | KW58         | 5.37      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.009                          |  | SP6500.02 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne |
|               | 865                                                      | 0.000           |                  | SO1              | KW58         | -1.45     | 0.00           | 0.01           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.000                          |  | ST1100.00 | Stateczność   Wyboczenie giętne względem głównej osi y wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                        |
|               |                                                          |                 |                  | SO1              | KW58         | -1.45     | 0.00           | 0.01           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.000                          |  | ST1300.00 | Stateczność   Wyboczenie giętne względem głównej osi z wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                        |
|               | 1009                                                     | 0.999           |                  | SO1              | KW58         | -3.70     | 0.00           | -0.01          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.051                          |  | ST3100.00 | Stateczność   Zginanie i wyboczenie względem osi głównych wg EN 1993-1-1, 6.3.3                                                     |
| 6             | Belka   6 - CHS 33.7x3.2   L : 0.999 m   820-822,955-957 |                 |                  |                  |              |           |                |                |                |                |                |                                |  |           |                                                                                                                                     |
|               | 820                                                      | 0.000           |                  | SO1              | KW58         | 0.00      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.000                          |  | SP0100.00 | Sprawdzenie przekroju   Pomijalne siły wewnętrzne                                                                                   |
|               | 955                                                      |                 |                  | SO1              | KW58         | 45.66     | 0.00           | 0.01           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.419                          |  | SP1100.00 | Sprawdzenie przekroju   Rozciąganie wg EN 1993-1-1, 6.2.3                                                                           |
|               | 821                                                      | 0.500           |                  | SO1              | KW58         | 17.79     | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.004                          |  | SP4100.03 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.5   Projektowanie plastyczne                                    |
|               | 955                                                      |                 |                  | SO1              | KW58         | 45.66     | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.230                          |  | SP6500.02 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne |



6.6.3

PROJEKTOWANIE KONSTRUKCJI STALOWYCH: MAKS. Z WSZYSTKICH WARUNKÓW, STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI, W KIERUNKU -Y

Projektowanie konstrukcji stalowych



## 7 Przegląd obliczeń



## 7.1 PRZEGLĄD OBLICZEŃ

## Przegląd obliczeń

|  | Obiekty                              |              |      | Wymiarowa                       | Obciążenie | Sprawdzenie warunku projektowego |                              | Typ                       | Opis                                                                                                                                |
|--|--------------------------------------|--------------|------|---------------------------------|------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Rozszerzenie                         | Typ          | Nr   |                                 |            | Położenie [m]                    | Sytuacja                     |                           |                                                                                                                                     |
|  | Analiza naprężeniowo-odkształceniowa | Powierzchnia | 2    | X, Y, Z: -0.288, -0.500, -1.000 | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.932 | $\sigma_2$                | Naprężenie w kierunku głównej osi 2 powierzchni                                                                                     |
|  | Analiza naprężeniowo-odkształceniowa | Powierzchnia | 2    | X, Y, Z: -0.288, -0.500, -1.000 | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.893 | $\sigma_{eqv, von Mises}$ | Naprężenie zastępcze powierzchni                                                                                                    |
|  | Analiza naprężeniowo-odkształceniowa | Powierzchnia | 2    | X, Y, Z: -0.288, -0.500, -1.000 | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.870 | $\sigma_{2,m}$            | Naprężenie membranowe w kierunku osi głównej 2 od siły osiowej $n_2$                                                                |
|  | Analiza naprężeniowo-odkształceniowa | Powierzchnia | 2    | X, Y, Z: -0.288, -0.500, -1.000 | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.841 | $\sigma_{eqv, von Mises}$ | Maksymalna wartość bezwzględna membranowego naprężenia zastępczego                                                                  |
|  | Analiza naprężeniowo-odkształceniowa | Powierzchnia | 5    | X, Y, Z: 0.000, 0.000, -0.250   | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.816 | $\sigma_1$                | Naprężenie w kierunku głównej osi 1 powierzchni                                                                                     |
|  | Analiza naprężeniowo-odkształceniowa | Powierzchnia | 4    | X, Y, Z: -0.288, 0.500, -1.000  | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.331 | $\sigma_{1,m}$            | Naprężenie membranowe w kierunku osi głównej 1 od siły osiowej $n_1$                                                                |
|  | Analiza naprężeniowo-odkształceniowa | Powierzchnia | 5    | X, Y, Z: 0.000, 0.000, -0.250   | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.194 | $T_{max}$                 | Maksymalne naprężenie styczne prostopadłe do powierzchni                                                                            |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 1020 | x: 7.500                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.805 | ST1200.00                 | Stateczność   Wyboczenie gięte względem geometrycznej osi y wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                   |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 1020 | x: 7.500                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.805 | ST1400.00                 | Stateczność   Wyboczenie gięte względem geometrycznej osi z wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                   |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 1020 | x: 7.500                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.761 | SP1200.00                 | Sprawdzenie przekroju   Ściskanie wg EN 1993-1-1, 6.2.4                                                                             |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 1026 | x: 5.833                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.575 | SP1100.00                 | Sprawdzenie przekroju   Rozciąganie wg EN 1993-1-1, 6.2.3                                                                           |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 1018 | x: 4.167                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.526 | SP6500.02                 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 1026 | x: 5.833                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.449 | SP6500.03                 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi z, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 482  | x: 0.000                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.260 | ST3100.00                 | Stateczność   Zginanie i wyboczenie względem osi głównych wg EN 1993-1-1, 6.3.3                                                     |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 482  | x: 0.000                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.250 | ST1100.00                 | Stateczność   Wyboczenie gięte względem głównej osi y wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                         |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 482  | x: 0.000                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.250 | ST1300.00                 | Stateczność   Wyboczenie gięte względem głównej osi z wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                         |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 11   | x: 0.000                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.127 | SP4100.03                 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.5   Projektowanie plastyczne                                    |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 15   | x: 0.000                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.113 | SP5100.03                 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi z wg EN 1993-1-1, 6.2.5   Projektowanie plastyczne                                    |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 1020 | x: 8.333                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.088 | SP6500.01                 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie dwukierunkowe, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10   Projektowanie plastyczne  |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 359  | x: 1.301                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.059 | SP6100.00                 | Sprawdzenie przekroju   Naprężenie osiowe i ścinające wg EN 1993-1-1, 6.2.1(5)   Projektowanie sprężyste                            |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 1020 | x: 7.500                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.015 | SP3300.02                 | Sprawdzenie przekroju   Wypadkowe ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)   Projektowanie plastyczne                                      |
|  | Projektowanie konstrukcji stalowych  | Pręt         | 1020 | x: 7.500                        | SO1        | KW58                             | <div><div></div></div> 0.015 | SP3200.02                 | Sprawdzenie przekroju   Ścinanie w osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)   Projektowanie plastyczne                                        |



7.1

## PRZEGLĄD OBLICZEŃ

## Przegląd obliczeń

| Rozszerzenie                        | Typ                  | Obiekty                                      | Nr | Położenie [m] | Wymiarowa | Sytuacja | Obciążenie | Sprawdzenie warunku projektowego | Typ       | Opis                                                                                                                                |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------|----|---------------|-----------|----------|------------|----------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Pręt                 | 1034                                         |    | x: 5.833      | SO1       | KW58     |            | 0.011                            | SP3100.02 | Sprawdzenie przekroju   Ścinanie w osi z wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)                                                                   |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Pręt                 | 359                                          |    | x: 1.301      | SO1       | KW58     |            | 0.010                            | SP2100.00 | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Skręcanie wg EN 1993-1-1, 6.2.7                                                  |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Pręt                 | 11                                           |    | x: 10.000     | SO1       | KW58     |            | 0.003                            | SP6500.04 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie dwukierunkowe i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10                                          |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Pręt                 | 7, 11, 15, 359, 361, 363, 365, 367, 369-1035 |    | x: 0.000      | SO1       | KW58     |            | 0.000                            | SP0100.00 | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Pomijalne siły wewnętrzne                                                        |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 7.500      | SO1       | KW58     |            | 0.805                            | ST1200.00 | Stateczność   Wyboczenie gięte względem geometrycznej osi y wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                   |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 7.500      | SO1       | KW58     |            | 0.805                            | ST1400.00 | Stateczność   Wyboczenie gięte względem geometrycznej osi z wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                   |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 7.500      | SO1       | KW58     |            | 0.761                            | SP1200.00 | Sprawdzenie przekroju   Ścisnienie wg EN 1993-1-1, 6.2.4                                                                            |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 5.833      | SO1       | KW58     |            | 0.575                            | SP1100.00 | Sprawdzenie przekroju   Rozciąganie wg EN 1993-1-1, 6.2.3                                                                           |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 4.167      | SO1       | KW58     |            | 0.526                            | SP6500.02 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10                            |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 5.833      | SO1       | KW58     |            | 0.449                            | SP6500.03 | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi z, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10 |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 4                                            |    | x: 0.000      | SO1       | KW58     |            | 0.260                            | ST3100.00 | Projektowanie plastyczne   Stateczność   Zginanie i wyboczenie względem osi głównych wg EN 1993-1-1, 6.3.3                          |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 4                                            |    | x: 0.000      | SO1       | KW58     |            | 0.250                            | ST1100.00 | Stateczność   Wyboczenie gięte względem głównej osi y wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                         |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 4                                            |    | x: 0.000      | SO1       | KW58     |            | 0.250                            | ST1300.00 | Stateczność   Wyboczenie gięte względem głównej osi z wg EN 1993-1-1, 6.3.1                                                         |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 0.000      | SO1       | KW58     |            | 0.127                            | SP4100.03 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.5                                                               |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 0.000      | SO1       | KW58     |            | 0.113                            | SP5100.03 | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Zginanie względem osi z wg EN 1993-1-1, 6.2.5                                    |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 8.333      | SO1       | KW58     |            | 0.088                            | SP6500.01 | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Zginanie dwukierunkowe, siła osiowa i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10  |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 4                                            |    | x: 1.301      | SO1       | KW58     |            | 0.059                            | SP6100.00 | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Naprężenie osiowe i ścinające wg EN 1993-1-1, 6.2.1(5)                           |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 7.500      | SO1       | KW58     |            | 0.015                            | SP3300.02 | Projektowanie sprężyste   Sprawdzenie przekroju   Wypadkowe ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)                                       |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 7.500      | SO1       | KW58     |            | 0.015                            | SP3200.02 | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Ścinanie w osi y wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)                                        |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 5.833      | SO1       | KW58     |            | 0.011                            | SP3100.02 | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Ścinanie w osi z wg EN 1993-1-1, 6.2.6(2)                                        |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 4                                            |    | x: 1.301      | SO1       | KW58     |            | 0.010                            | SP2100.00 | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Skręcanie wg EN 1993-1-1, 6.2.7                                                  |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1                                            |    | x: 10.000     | SO1       | KW58     |            | 0.003                            | SP6500.04 | Sprawdzenie przekroju   Zginanie dwukierunkowe i ścinanie wg EN 1993-1-1, 6.2.9.1 i 6.2.10                                          |
| Projektowanie konstrukcji stalowych | Reprezentatywny pręt | 1,4-6                                        |    | x: 0.000      | SO1       | KW58     |            | 0.000                            | SP0100.00 | Projektowanie plastyczne   Sprawdzenie przekroju   Pomijalne siły wewnętrzne                                                        |

# Załącznik nr. 2

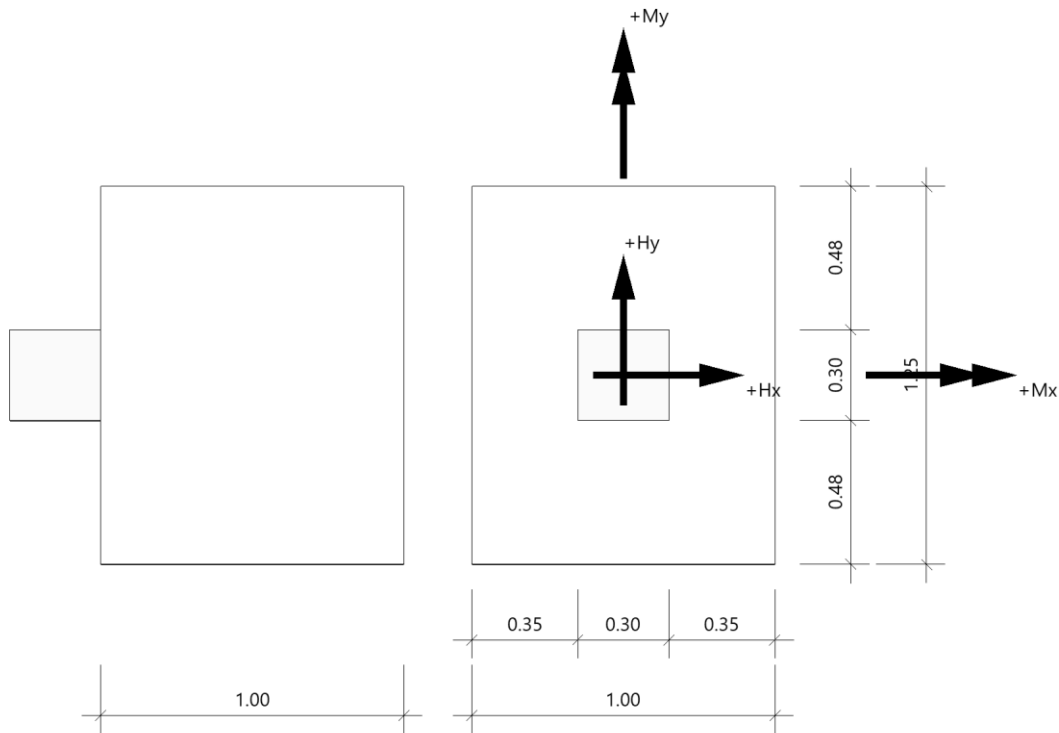
## Raport obliczeń Frilo

# Fundament pod maszt

Stopa fundamentowa (x64) FD+ 02/2025B (FRILO R-2025-2/P04)

**Schemat**

Rzut poziomy



Fundament wg PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2010 i PN EN 1997-1/NA:2011-10

**Element**

| Element   | Beton   | Stal zbrojeniowa | Szerokość (x)<br>m | Szerokość (y)<br>m | Wysokość (z)<br>m |
|-----------|---------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Fundament | C 25/30 | B 500(A)         | 1.00               | 1.25               | 1.00              |
| Słup      | C 25/30 | B 500(A)         | 0.30               | 0.30               | 0.00              |

Głębokość osadzenia fundamentu w podłożu 1.00 m. Bez wód gruntowych.

**Grunt**

| Nr | Określenie | d<br>m | z<br>m | Do<br>m | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma'$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\phi'$<br>° | $c'$<br>kN/m <sup>2</sup> |
|----|------------|--------|--------|---------|-------------------------------|--------------------------------|--------------|---------------------------|
| 1  | Pozostałe  | 1.50   | 0.00   | -1.50   | 18.50                         | 11.00                          | 30.0         | 0.00                      |

**Dalsze wartości warstw gruntu do obliczenia osiadania**

| Nr | d<br>m | z<br>m | Do<br>m | $\nu$ | $E_s$<br>kN/m <sup>2</sup> | x    | $E^*$<br>kN/m <sup>2</sup> | k<br>m/s               | Drenaż       |
|----|--------|--------|---------|-------|----------------------------|------|----------------------------|------------------------|--------------|
| 1  | 1.50   | 0.00   | -1.50   | 0.2   | 2473.00                    | 0.50 | 4946.00                    | 1.000*10 <sup>-9</sup> | Jednostronny |

**Obciążenia**

**Oddziaływania (Oddz.)**

| Oddz. | Nazwa              | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Przynależne przypadki obciążeń |
|-------|--------------------|----------|----------|----------|--------------------------------|
| I     | obciążenia wiatrem | 0.60     | 0.20     | 0.00     | 1                              |

**Obciążenia słupa - Charakterystyczne**

| Nr | Oddz. | Oznaczenie             | N<br>kN | M <sub>x</sub><br>kNm | M <sub>y</sub><br>kNm | H <sub>x</sub><br>kN | H <sub>y</sub><br>kN | Gr. przynależn. | Alt. |
|----|-------|------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|------|
| 1  | I     | Przypadek obciążenia 1 | 260.1   | 0.00                  | 0.00                  | 4.5                  | 0.0                  | 0               | 0    |

W analizach ciężar własny jest uwzględniony. Ciężar właściwy Beton :  $\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3$ . Fundament całkowity Bez cokołu wzgl. słupa  $1.250 \text{ m}^3 / 31.25 \text{ kN}$ . Obciążenia poziome działają na górną krawędź podstawy cokołu lub słupa. Nie uwzględniono skręcania od obciążeń poziomych.

**superpozycja****Kombinacje**

| Nr | BS | Superpozycja  |
|----|----|---------------|
| 1  | P  | 1.5 x (1)     |
| 2  | P  | 1.0 x (1)     |
| 3  | P  | 1.5 x (1)     |
| 4  | P  | Ciężar własny |

BS: Sytuacja obliczeniowa P: Stałe  
Numery przypadków obciążeń podano w nawiasach.

**Wyniki****Podgląd Analizy**

| Analiza                                                               | Superpozycja | $\eta$             |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------|
| Połączenie rozwierne Tylko obciążenia stałe ULS                       | 4            | 0.00               |
| Połączenie rozwierne Obciążenia stałe i zmienne ULS                   | 1            | 0.002              |
| Połączenie rozwierne Tylko obciążenia stałe SGU Charakterystyczne     | 4            | 0.00               |
| Połączenie rozwierne Obciążenia stałe i zmienne SGU Charakterystyczne | 2            | 0.002              |
| Bezpieczeństwo położenia                                              | 3            | 0.03               |
| Osiadania                                                             | 2            | 0.82 <sup>1)</sup> |
| Zabezpieczenie przed poślizgiem                                       | 1            | 0.07               |
| Uszkodzenie ziemne                                                    | 1            | 0.84               |

1 : dozw. str. = 2.0 cm

**Podgląd Zbrojenie**

| Typ                 | Superpozycja | cm <sup>2</sup> |
|---------------------|--------------|-----------------|
| Zginanie $AS_{x,u}$ | 1            | 15.8            |
| Zginanie $AS_{y,u}$ | 1            | 12.4            |

**Bezpieczeństwo położenia Wg PN EN 1997-1/NA:2011-10 Superpozycja**

| Nr | Przy |   | m     | M <sub>Ed,dst</sub><br>kNm | M <sub>Ed,st</sub><br>kNm | $\eta$ |
|----|------|---|-------|----------------------------|---------------------------|--------|
| 3  | x    | = | 0.50  | 6.80                       | 209.15                    | 0.03   |
| 3  | x    | = | -0.50 | 0.00                       | 215.94                    | 0.00   |
| 3  | y    | = | 0.63  | 0.00                       | 261.43                    | 0.00   |
| 3  | y    | = | -0.63 | 0.00                       | 261.43                    | 0.00   |

Bezpieczeństwo położenia: stabilizujące i destabilizujące momenty wokół zewnętrznych krawędzi  
Współczynniki częściowe superpozycji są dla każdego przypadku obciążeń stałe.  
Nie jest brana pod uwagę składowa pionowego parcia gruntu od fundamentu.

**Zabezpieczenie przed poślizgiem Wg PN EN 1997-1/NA:2011-10 Superpozycja**

| Nr | T <sub>Edx</sub><br>kN | T <sub>Edy</sub><br>kN | N <sub>k</sub><br>kN | $\delta_{SK}$<br>° | R <sub>tk</sub><br>kN | R <sub>td</sub><br>kN | $\gamma_{Rh}$ | $\eta$ |
|----|------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|--------|
| 1  | 6.8                    | 0.0                    | 291.4                | 20.00              | 106.0                 | 96.4                  | 1.1           | 0.07   |

Kąt tarcia na styku konstrukcji z gruntem wzięto z warstwy gruntu na poziomie podstawy fundamentu i ograniczono do 35°. Procent kąta tarcia wewnętrznego wynosi: 67%.

#### Uszkodzenie ziemne

#### Uszkodzenie ziemne Wg PN EN 1997-1/NA:2011-10 Superpozycja

#### Odporność na uszkodzenia ziemne Superpozycja 1 - Parametry podłoża

|   | z<br>m | d<br>m | ls<br>m | $\phi$<br>° | $ls \cdot \sigma \cdot \phi$<br>°kN/m | $ls \cdot \sigma$<br>kN/m | c<br>kN/m <sup>2</sup> | $ls \cdot c$<br>kN/m | A<br>m <sup>2</sup> | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | A· $\gamma$<br>kN/m |
|---|--------|--------|---------|-------------|---------------------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| 1 | -0.16  | 0.84   | 2.65    | 30.0        | 29.5                                  | 1.0                       | 0.00                   | 0.0                  | 3.48                | 18.50                         | 64.44               |
| 2 | 0.20   | 0.36   | 1.11    | 30.0        | 26.5                                  | 0.9                       | 0.00                   | 0.0                  | 0.98                | 18.50                         | 18.20               |
| 3 | 0.31   | 0.11   | 0.44    | 30.0        | 17.2                                  | 0.6                       | 0.00                   | 0.0                  | 0.23                | 18.50                         | 4.23                |
| 4 | 0.54   | 0.23   | 1.93    | 30.0        | 14.7                                  | 0.5                       | 0.00                   | 0.0                  | 0.28                | 18.50                         | 5.23                |

Procedura według Schultzego.

#### Odporność na uszkodzenia ziemne Superpozycja 1 - Współczynniki

|                | N      | NO     | v     | i     | $\lambda$ | $\zeta$ |
|----------------|--------|--------|-------|-------|-----------|---------|
| N <sub>b</sub> | 7.404  | 10.047 | 0.768 | 0.960 | 1.000     | 1.000   |
| N <sub>d</sub> | 24.906 | 18.401 | 1.387 | 0.976 | 1.000     | 1.000   |
| N <sub>c</sub> | 41.389 | 30.140 | 1.410 | 0.974 | 1.000     | 1.000   |

$m_a = 1.437$   $m_b = 1.563$   $m = 1.563$

#### Odporność na uszkodzenia ziemne Superpozycja 1 - System

| a'<br>m | b'<br>m | d<br>m | s<br>m | $\beta$<br>° | $\gamma_1$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_2$<br>kN/m <sup>3</sup> | c'<br>kN/m <sup>2</sup> | $\phi'$<br>° | $\alpha$<br>° | $p_v$<br>kN/m <sup>2</sup> |
|---------|---------|--------|--------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|----------------------------|
| 1.25    | 0.97    | 1.00   | 0.00   | 0.0          | 18.50                           | 18.50                           | 0.00                    | 30.0         | 0.0           | 0.00                       |

Procedura według Schultzego.

#### PN EN 1997-1/NA:2011-10 - Kierunek przerwania w dodatnim kierunku X - Odporność na uszkodzenia ziemne Superpozycja 1

| d'<br>m | N <sub>Ek</sub><br>kN | T <sub>Ekx</sub><br>kN | T <sub>Eky</sub><br>kN | $\delta$<br>° | $\omega$<br>° | N <sub>Ed</sub><br>kN | T <sub>Edx</sub><br>kN | T <sub>Edy</sub><br>kN | R <sub>nk</sub><br>kN | R <sub>nd</sub><br>kN | $\eta$ |
|---------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------|---------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|
| 1.00    | 291.4 kN              | 4.5 kN                 | 0.0 kN                 | 0.9           | 90.0          | 432.4 kN              | 0.0 kN                 | 6.8 kN                 | 718.5 kN              | 513.2 kN              | 0.84   |

Procedura według Schultzego.

#### Połączenie rozwiernie

#### Połączenie rozwiernie Wg PN EN 1997-1/NA:2011-10 Superpozycja

| Nr | SG  | BS | N<br>kN | e <sub>x</sub><br>m | e <sub>y</sub><br>m | a*/(1/6)    | b*/(1/9)    | $\eta_G$ | $\eta_{G,Q}$ |
|----|-----|----|---------|---------------------|---------------------|-------------|-------------|----------|--------------|
| 4  | STR | P  | 31.3    | 0.00                | 0.00                | 0.000/0.167 |             | 0.00     |              |
| 1  | STR | P  | 432.4   | 0.02                | 0.00                |             | 0.000/0.111 |          | 0.002        |
| 4  | STR | P  | 31.3    | 0.00                | 0.00                | 0.000/0.167 |             | 0.00     |              |
| 2  | SGU | P  | 291.4   | 0.02                | 0.00                |             | 0.000/0.111 |          | 0.002        |

$a^* = e_x/b_x + e_y/b_y$   $b^* = (e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2$

#### Osiedzenia Wg PN EN 1997-1/NA:2011-10

#### Obliczenie

#### Siły wewnętrzne w płaszczyźnie odwróconej Th.1.0

Wynikowa nacisku podstawy N = 291.4 kN  
Wynikowa nacisku podstawy M<sub>x</sub> = 0.00 kNm  
Wynikowa nacisku podstawy M<sub>y</sub> = 4.53 kNm  
Wynikowa nacisku podstawy H<sub>x</sub> = 4.5 kN  
Wynikowa nacisku podstawy H<sub>y</sub> = 0.0 kN

#### Zestawienie naprężenia - Superpozycja 2

|   | GKT<br>m | z<br>m | $\Delta d$<br>m | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\Delta \sigma_a$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\sigma_a$<br>kN/m <sup>2</sup> | 0,2* $\sigma_a$<br>kN/m <sup>2</sup> | z/b  | i    | $\sigma_z$<br>kN/m <sup>2</sup> |
|---|----------|--------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------|------|---------------------------------|
| 1 | -1.00    | 0.00   | 1.00            | 18.50                         | 18.50                                  | 18.50                           | 3.70                                 | 0.00 | 1.00 | 214.59                          |
| 2 | -1.50    | 0.50   | 0.50            | 18.50                         | 9.25                                   | 27.75                           | 5.55                                 | 0.50 | 0.62 | 132.63                          |

Uwaga! Nie osiągnięto limitu głębokości.

Określenie osiadania poprzez integrację odkształceń - Superpozycja 2

| Nr. | z<br>m | Δh<br>m | E*<br>kN/m² | Σσ <sub>R</sub> | σ <sub>1</sub><br>kN/m² | S <sub>0</sub><br>cm | S <sub>1</sub><br>cm | S<br>cm |
|-----|--------|---------|-------------|-----------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------|
| 1   | 0.00   | 1.00    | 4946.00     | 0.000           | 0.00                    | 0.0                  | 0.0                  | 0.0     |
| 2   | -0.50  | 0.50    | 4946.00     | 34.681          | 233.09                  | 0.1                  | 1.5                  | 1.6     |
|     |        |         |             |                 |                         | 0.1                  | 1.5                  | 1.6     |

Określenie osiadania poprzez integrację odkształceńOsiadania z obciążeń stałych i zmiennych G<sub>k,j</sub>+Q<sub>k,1</sub>+Q<sub>k,i</sub>\*ψ<sub>0,i</sub>. Nie uwzględniono wtórnych osiadań

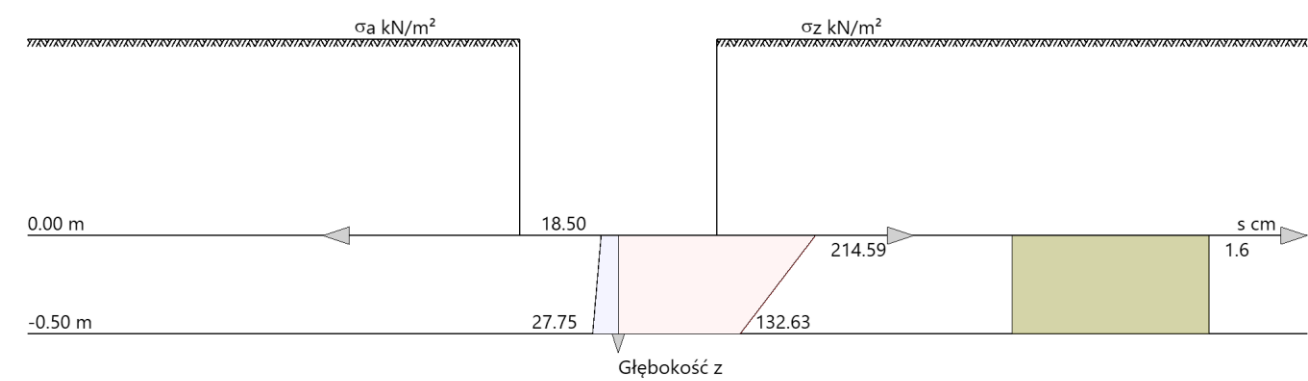
Obliczenie innego udziału osiadania Δs

$$(\Delta s_x = 2 \cdot V \cdot e_a / a^2 \cdot E_m) \cdot f(s, \Delta s)$$
$$(\Delta s_y = 2 \cdot V \cdot e_b / b^2 \cdot E_m) \cdot f(s, \Delta s)$$

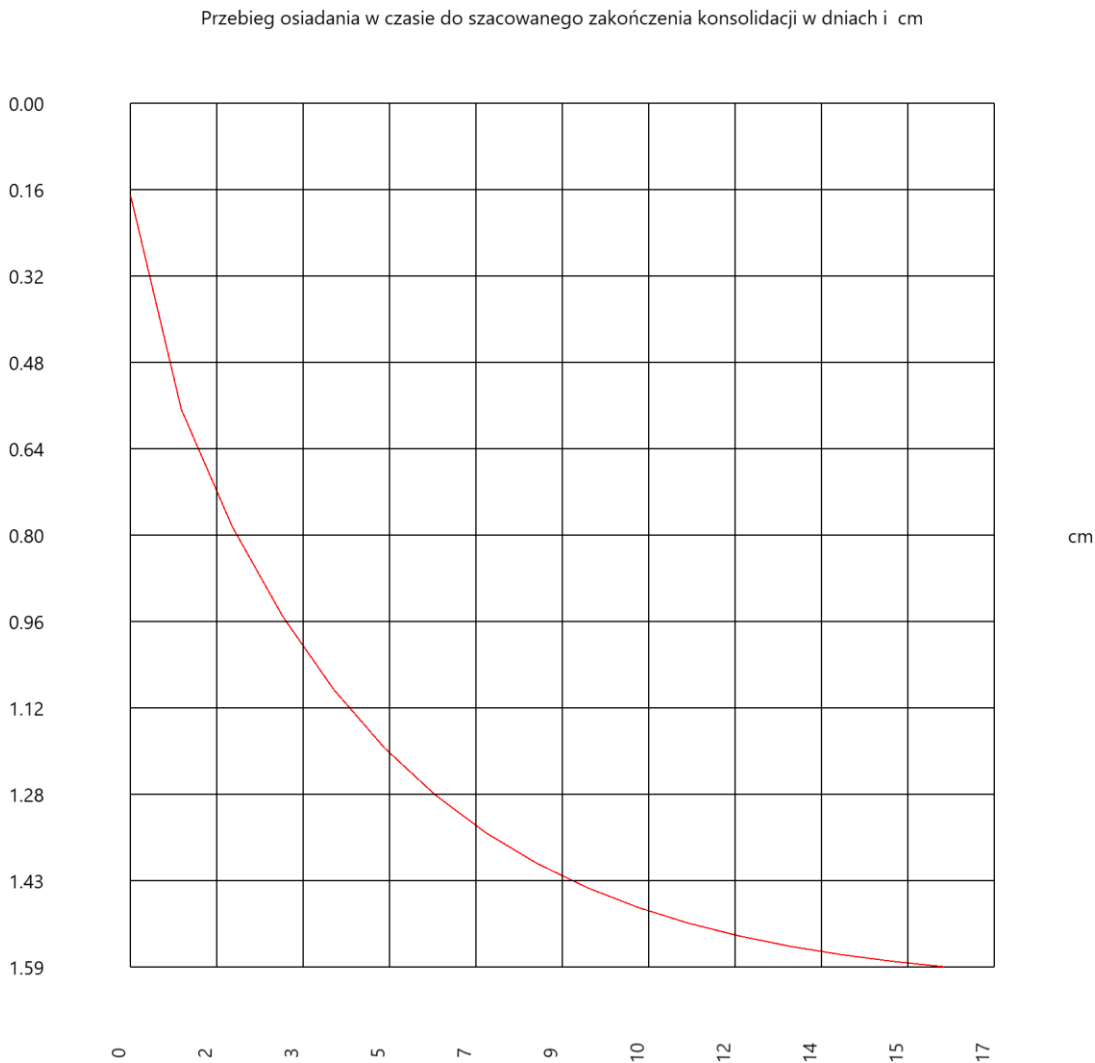
$$= (2 \cdot 291.4 \cdot 0.02 / 0.002 \cdot 4946.00) \cdot 0.59$$
$$= (2 \cdot 291.4 \cdot 0.00 / 0.002 \cdot 4946.00) \cdot 0.77$$

$$= 0.1 \text{ cm}$$
$$= 0.0 \text{ cm}$$

Osiadania Naprężenia Obciążenia stałe i zmienne G<sub>k,j</sub>+Q<sub>k,1</sub>+Q<sub>k,i</sub>\*ψ<sub>0,i</sub>



Przebieg osiadania w czasie Konsolidacja Obciążenia stałe i zmienne  $G_{k,j}+Q_{k,1}+Q_{k,i}*\psi_{0,i}$



Zginanie

Wymiarowanie Superpozycje

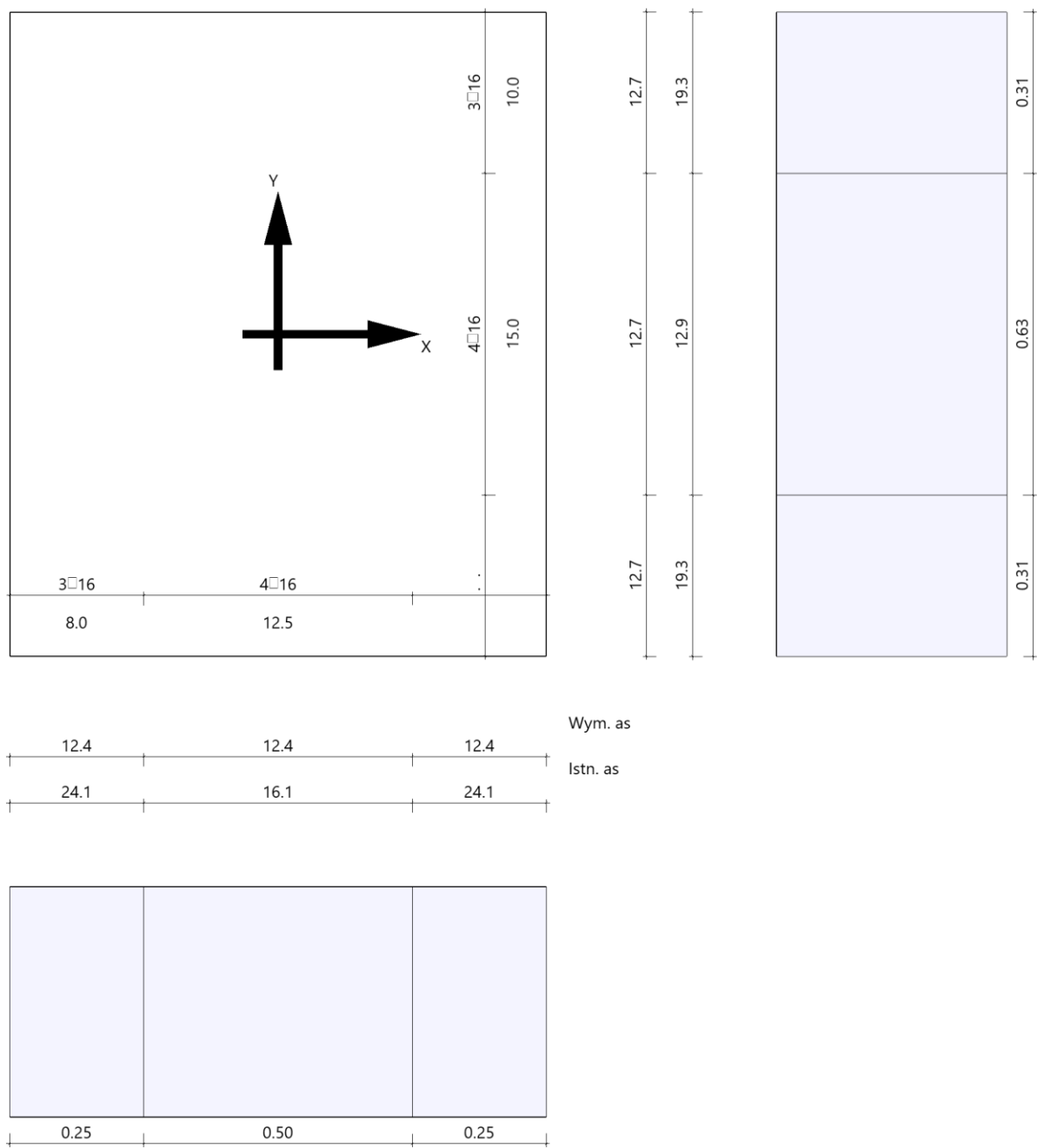
| OP | $M_{yu,Ed}$<br>kNm | $M_{xu,Ed}$<br>kNm | $M_{yo,Ed}$<br>kNm | $M_{xo,Ed}$<br>kNm | $A_{s,xu}$<br>cm2 | $A_{s,yu}$<br>cm2 | $A_{s,xo}$<br>cm2 | $A_{s,yo}$<br>cm2 |
|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1  | 37.53              | 46.33              | 0.00               | 0.00               | 15.8*             | 12.4*             | 0.0               | 0.0               |

\*: Minimalne zbrojenie wg PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2010 9.2.1.1 (1)

Fundament pod masztem

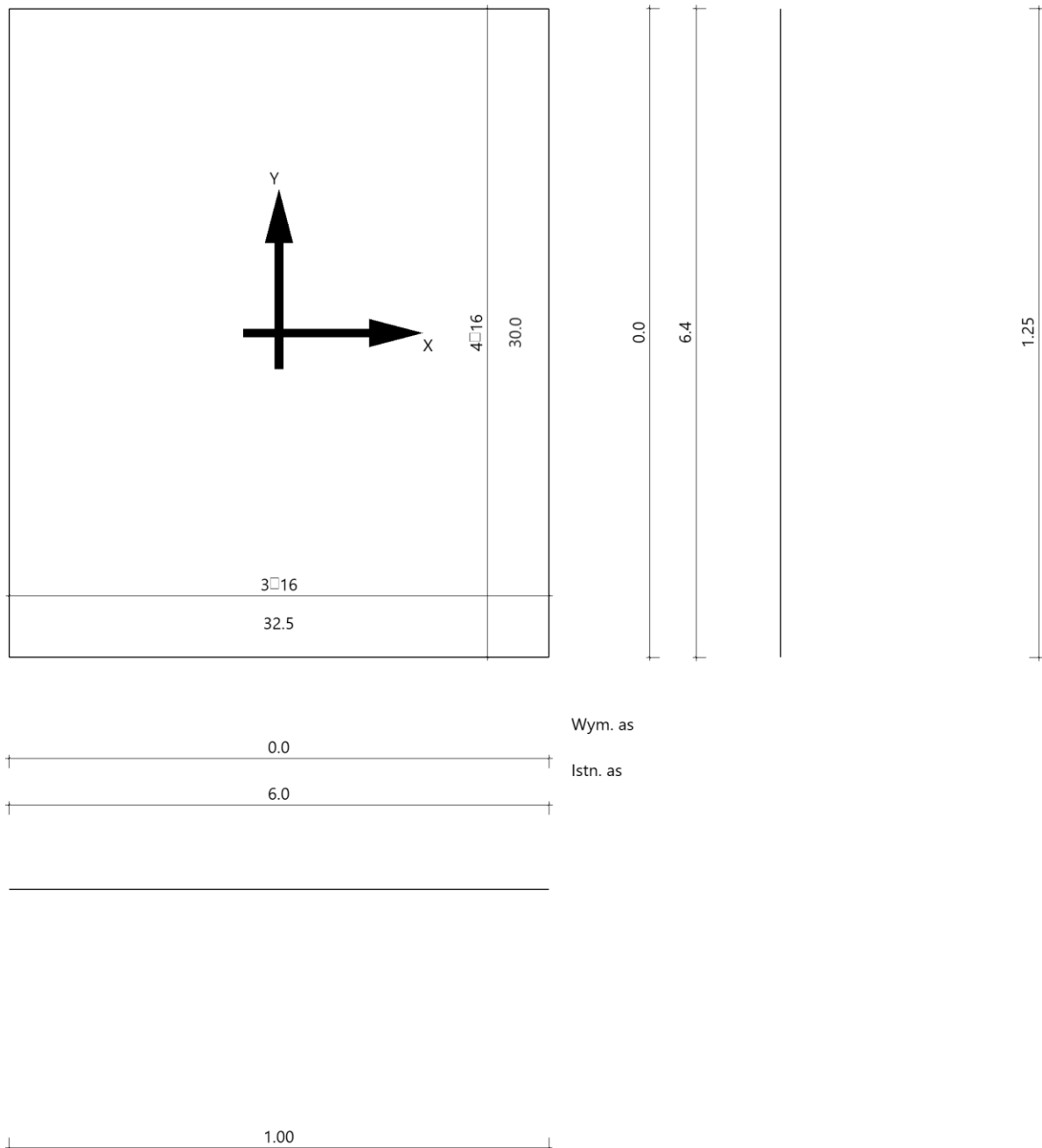
Położenie zbrojenia Zbrojenie W kierunku x d1,x = 5.1 cm. Położenie zbrojenia Zbrojenie W kierunku y d1,y = 6.7 cm. Położenie zbrojenia Zbrojenie W kierunku x d2,x = 3.8 cm. Położenie zbrojenia Zbrojenie W kierunku y d2,y = 5.4 cm. Zaokrąglony moment zginający z osi słupa. Uwzględniono 20% zbrojenia poprzecznego.

Rozkład zbrojenia Na dole W m, cm2/m



Dolne zbrojenie: Uwzględniono najwyższe wartości rozkładu zgodnie z Broszurą 631 Niemieckiego Komisji ds. Żelbetonu. Dlatego wymagane tutaj zbrojenie może być większe niż zbrojenie wymagane statycznie. W celu zapewnienia nośności na ścinanie, fundament został zwymiarowany w obszarze przebiecia dla momentów minimalnych zgodnie z równaniem (NA.6.54.1), o ile wyznaczenie sił wewnętrznych nie prowadzi do wyższych wartości.

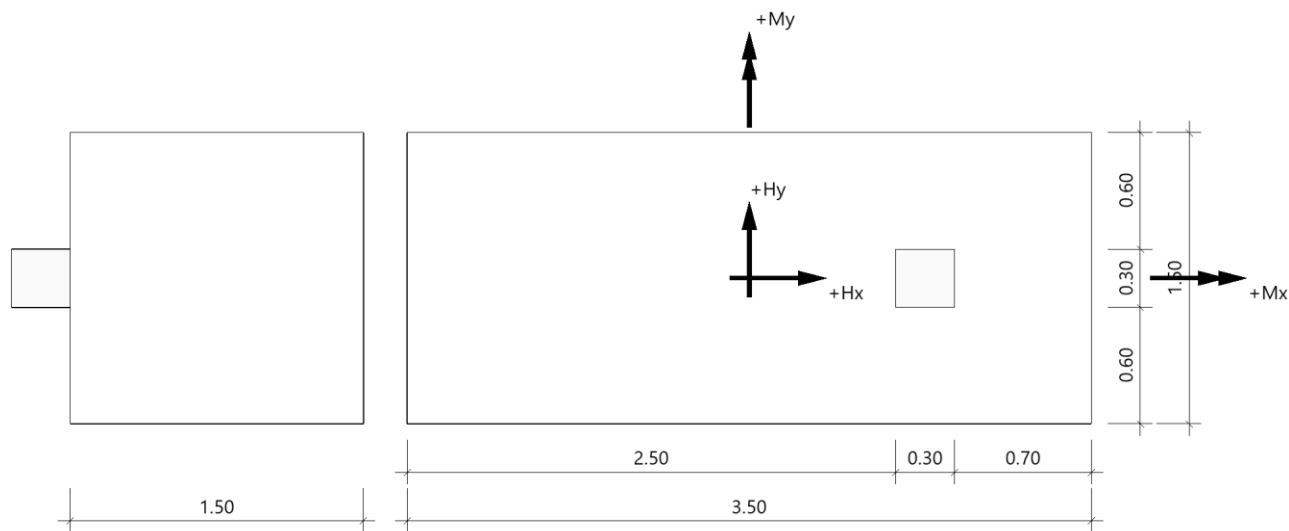
**Rozkład zbrojenia Na górze W m, cm<sup>2</sup>/m**



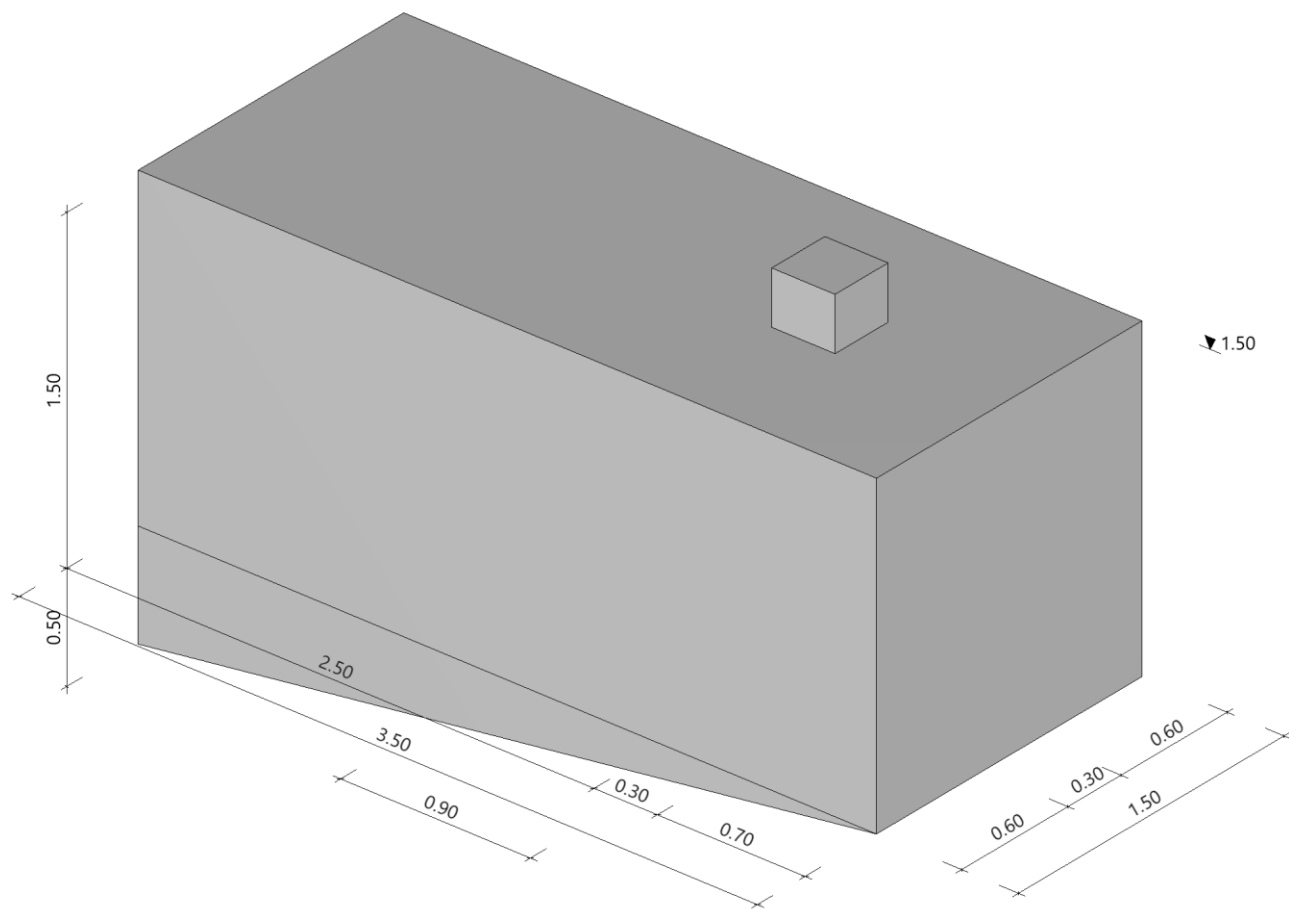
# Fundament pod odciąganiem

**Schemat**

Rzut poziomy



**Izometria**



**Fundament wg PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2010 i PN EN 1997-1/NA:2011-10****Element**

| Element   | Beton   | Stal zbrojeniowa | Szerokość (x)<br>m | Szerokość (y)<br>m | Wysokość (z)<br>m |
|-----------|---------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Fundament | C 25/30 | B 500(A)         | 3.50               | 1.50               | 1.50              |
| Słup      | C 25/30 | B 500(A)         | 0.30               | 0.30               | 0.00              |

Mimośród  $e_x = 0.90\text{m}$ . Głębokość osadzenia fundamentu w podłożu 1.50 m. Bez wód gruntowych. Nachylenie podszwy W kierunku x  $-8.1^\circ$ . W obliczeniach żelbetowych nie uwzględniono nachylenia podłoża.

**Grunt**

| Nr | Określenie | d<br>m | z<br>m | Do<br>m | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma'$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\phi'$<br>° | $c'$<br>kN/m <sup>2</sup> |
|----|------------|--------|--------|---------|-------------------------------|--------------------------------|--------------|---------------------------|
| 1  | Pozostałe  | 1.50   | 0.00   | -1.50   | 18.50                         | 11.00                          | 30.0         | 0.00                      |

**Dalsze wartości warstw gruntu do obliczenia osiadania**

| Nr | d<br>m | z<br>m | Do<br>m | $\nu$ | $E_s$<br>kN/m <sup>2</sup> | x    | $E^*$<br>kN/m <sup>2</sup> | k<br>m/s              | Drenaż       |
|----|--------|--------|---------|-------|----------------------------|------|----------------------------|-----------------------|--------------|
| 1  | 1.50   | 0.00   | -1.50   | 0.2   | 2473.00                    | 0.50 | 4946.00                    | $1.000 \cdot 10^{-9}$ | Jednostronny |

**Obciążenia****Oddziaływania (Oddz.)**

| Oddz. | Nazwa              | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ | Przynależne przypadki obciążeń |
|-------|--------------------|----------|----------|----------|--------------------------------|
| I     | obciążenia wiatrem | 0.60     | 0.20     | 0.00     | 1                              |

**Obciążenia słupa - Charakterystyczne**

| Nr | Oddz. | Oznaczenie             | N<br>kN | $M_x$<br>kNm | $M_y$<br>kNm | $H_x$<br>kN | $H_y$<br>kN | Gr. przynależn. | Alt. |
|----|-------|------------------------|---------|--------------|--------------|-------------|-------------|-----------------|------|
| 1  | I     | Przypadek obciążenia 1 | -55.9   | 0.00         | 0.00         | 59.5        | 2.1         | 0               | 0    |

W analizach ciężar własny jest uwzględniony. Ciężar właściwy Beton :  $\gamma = 25.00\text{ kN/m}^3$ . Fundament całkowity Bez cokołu wzgl. słupa  $7.875\text{ m}^3 / 196.88\text{ kN}$ . Obciążenia poziome działają na górną krawędź podstawy cokołu lub słupa. Nie uwzględniono skręcania od obciążeń poziomych.

**superpozycja****Kombinacje**

| Nr | BS | Superpozycja  |
|----|----|---------------|
| 1  | P  | 1.5 x (1)     |
| 2  | P  | 1.0 x (1)     |
| 3  | P  | 1.5 x (1)     |
| 4  | P  | Ciężar własny |

BS: Sytuacja obliczeniowa P: Stałe

Numery przypadków obciążeń podano w nawiasach.

**Wyniki****Podgląd Analizy**

| Analiza                                                                | Superpozycja | $\eta$      |
|------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|
| Połączenie rozwiernie Tylko obciążenia stałe ULS                       | 4            | 0.14        |
| Połączenie rozwiernie Obciążenia stałe i zmienne ULS                   | 1            | 0.05        |
| Połączenie rozwiernie Tylko obciążenia stałe SGU Charakterystyczne     | 4            | 0.14        |
| Połączenie rozwiernie Obciążenia stałe i zmienne SGU Charakterystyczne | 2            | 0.03        |
| Bezpieczeństwo położenia                                               | 3            | 0.54        |
| Weryfikacja unoszenia                                                  | 3            | 0.38        |
| Osiadania                                                              | 2            | $0.00^{1)}$ |
| Zabezpieczenie przed poślizgiem                                        | 1            | 0.95        |
| Uszkodzenie ziemne                                                     | 1            | 0.13        |

**Podgląd Zbrojenie**

| Typ                 | Superpozycja | cm2  |
|---------------------|--------------|------|
| Zginanie $As_{x,u}$ | 1            | 28.9 |
| Zginanie $As_{y,u}$ | 4            | 67.5 |
| Zginanie $As_{x,o}$ | 1            | 28.9 |
| Zginanie $As_{y,o}$ | 1            | 67.5 |

**Bezpieczeństwo położenia Wg PN EN 1997-1/NA:2011-10 Superpozycja**

| Nr | Przy |   | m     | $M_{Ed,dst}$<br>kNm | $M_{Ed,st}$<br>kNm | $\eta$ |
|----|------|---|-------|---------------------|--------------------|--------|
| 3  | x    | = | 1.75  | 205.18              | 378.73             | 0.54   |
| 3  | x    | = | -1.75 | 222.08              | 478.34             | 0.46   |
| 3  | y    | = | 0.75  | 67.56               | 154.96             | 0.44   |
| 3  | y    | = | -0.75 | 62.85               | 159.66             | 0.39   |

Bezpieczeństwo położenia: stabilizujące i destabilizujące momenty wokół zewnętrznych krawędzi

Współczynniki częściowe superpozycji są dla każdego przypadku obciążeń stałe.

Nie jest brana pod uwagę składowa pionowego parcia gruntu od fundamentu.

**Zabezpieczenie przed poślizgiem Wg PN EN 1997-1/NA:2011-10 Superpozycja**

| Nr | $T_{Edx}$<br>kN | $T_{Edy}$<br>kN | $N_k$<br>kN | $\delta_{sk}$<br>° | $R_{tk}$<br>kN | $R_{td}$<br>kN | $\gamma_{Rh}$ | $\eta$             |
|----|-----------------|-----------------|-------------|--------------------|----------------|----------------|---------------|--------------------|
| 1  | 56.5            | 3.1             | 180.3       | 20.00              | 65.6           | 59.7           | 1.1           | 0.95               |
| 1  | 89.3            | 3.1             | 197.9       | 30.00              | 114.2          | 103.9          | 1.1           | 0.86 <sup>1)</sup> |

1 : Zabezpieczenie przed poślizgiem w poziomej powierzchni pęknięcia w gruncie

Kąt tarcia na styku konstrukcji z gruntem wzięto z warstwy gruntu na poziomie podstawy fundamentu i ograniczono do 35°. Procent kąta tarcia wewnętrznego wynosi: 67%.

**Uszkodzenie ziemne****Uszkodzenie ziemne Wg PN EN 1997-1/NA:2011-10 Superpozycja****Odporność na uszkodzenia ziemne Superpozycja 1 - Parametry podłoża**

|   | z<br>m | d<br>m | $l_s$<br>m | $\phi$<br>° | $l_s \cdot \sigma \cdot \phi$<br>°kN/m | $l_s \cdot \sigma$<br>kN/m | c<br>kN/m <sup>2</sup> | $l_s \cdot c$<br>kN/m | A<br>m <sup>2</sup> | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | A· $\gamma$<br>kN/m |
|---|--------|--------|------------|-------------|----------------------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| 1 | -0.25  | 1.25   | 3.96       | 30.0        | 13.3                                   | 0.4                        | 0.00                   | 0.0                   | 7.73                | 18.50                         | 143.09              |
| 2 | 0.28   | 0.53   | 1.63       | 30.0        | 13.1                                   | 0.4                        | 0.00                   | 0.0                   | 2.14                | 18.50                         | 39.56               |
| 3 | 0.45   | 0.16   | 0.65       | 30.0        | 8.2                                    | 0.3                        | 0.00                   | 0.0                   | 0.51                | 18.50                         | 9.36                |
| 4 | 0.79   | 0.34   | 2.88       | 30.0        | 32.5                                   | 1.1                        | 0.00                   | 0.0                   | 0.62                | 18.50                         | 11.54               |

Procedura według Schultzego.

**Odporność na uszkodzenia ziemne Superpozycja 1 - Współczynniki**

|       | N      | $N_0$  | $\nu$ | i     | $\lambda$ | $\zeta$ |
|-------|--------|--------|-------|-------|-----------|---------|
| $N_b$ | 4.152  | 10.047 | 0.854 | 0.484 | 1.000     | 1.000   |
| $N_d$ | 15.109 | 18.401 | 1.243 | 0.661 | 1.000     | 1.000   |
| $N_c$ | 24.287 | 30.140 | 1.257 | 0.641 | 1.000     | 1.000   |

$m_a = 1.327$   $m_b = 1.673$   $m = 1.328$

**Odporność na uszkodzenia ziemne Superpozycja 1 - System**

| a'<br>m | b'<br>m | d<br>m | s<br>m | $\beta$<br>° | $\gamma_1$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\gamma_2$<br>kN/m <sup>3</sup> | c'<br>kN/m <sup>2</sup> | $\phi'$<br>° | $\alpha$<br>° | $p_v$<br>kN/m <sup>2</sup> |
|---------|---------|--------|--------|--------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|----------------------------|
| 2.98    | 1.45    | 1.50   | 0.00   | 0.0          | 18.50                           | 18.50                           | 0.00                    | 30.0         | -8.1          | 0.00                       |

Procedura według Schultzego.

**PN EN 1997-1/NA:2011-10 - Kierunek przzerwania w dodatnim kierunku Y - Odporność na uszkodzenia ziemne Superpozycja 1**

| d'<br>m | $N_{Ek}$<br>kN | $T_{Ekx}$<br>kN | $T_{Eky}$<br>kN | $\delta$<br>° | $\omega$<br>° | $N_{Ed}$<br>kN | $T_{Edx}$<br>kN | $T_{Edy}$<br>kN | $R_{nk}$<br>kN | $R_{nd}$<br>kN | $\eta$ |
|---------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------|
| 1.50    | 163.6 kN       | 34.5 kN         | 2.1 kN          | 15.0          | 3.2           | 211.3 kN       | 56.5 kN         | 3.1 kN          | 2292.6 kN      | 1637.6 kN      | 0.13   |

Procedura według Schultzego.

### Połączenie rozwierne

#### Połączenie rozwierne Wg PN EN 1997-1/NA:2011-10 Superpozycja

| Nr | SG  | BS | N<br>kN | $e_x$<br>m | $e_y$<br>m | $a^*/(1/6)$ | $b^*/(1/9)$ | $\eta_G$ | $\eta_{G,Q}$ |
|----|-----|----|---------|------------|------------|-------------|-------------|----------|--------------|
| 4  | STR | P  | 227.3   | -0.08      | 0.00       | 0.024/0.167 |             | 0.14     |              |
| 1  | STR | P  | 211.3   | 0.26       | 0.03       |             | 0.006/0.111 |          | 0.05         |
| 4  | STR | P  | 227.3   | -0.08      | 0.00       | 0.024/0.167 |             | 0.14     |              |
| 2  | SGU | P  | 163.6   | 0.21       | 0.02       |             | 0.004/0.111 |          | 0.03         |

$a^* = e_x/b_x + e_y/b_y$   
 $b^* = (e_x/b_x)^2 + (e_y/b_y)^2$

#### Osiadania Wg PN EN 1997-1/NA:2011-10

##### Obliczenie

##### Siły wewnętrzne w płaszczyźnie odwróconej Th.1.O

Wynikowa nacisku podstawy  $N = 173.7$  kN  
Wynikowa nacisku podstawy  $M_x = 3.14$  kNm  
Wynikowa nacisku podstawy  $M_y = 19.94$  kNm  
Wynikowa nacisku podstawy  $H_x = 59.5$  kN  
Wynikowa nacisku podstawy  $H_y = 2.1$  kN

##### Zestawienie naprężenia - Superpozycja 2

|   | GKT<br>m | z<br>m | $\Delta d$<br>m | $\gamma$<br>kN/m <sup>3</sup> | $\Delta \sigma_a$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\sigma_a$<br>kN/m <sup>2</sup> | $0,2 \cdot \sigma_a$<br>kN/m <sup>2</sup> | z/b  | i    | $\sigma_z$<br>kN/m <sup>2</sup> |
|---|----------|--------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|------|------|---------------------------------|
| 1 | -1.50    | 0.00   | 1.50            | 18.50                         | 27.75                                  | 27.75                           | 5.55                                      | 0.00 | 1.00 | 5.33                            |

Osiągnięto limit głębokości.

##### Określenie osiadania poprzez integrację odkształceń - Superpozycja 2

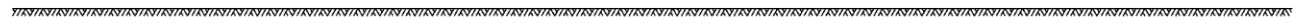
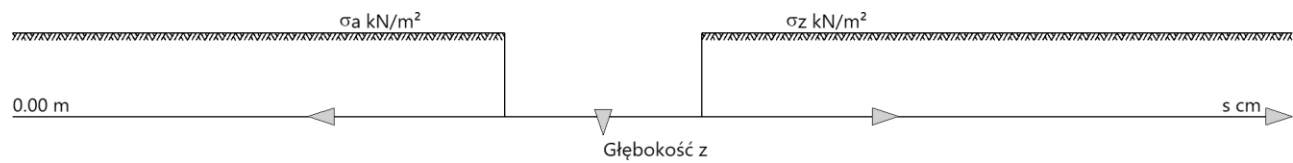
| Nr. | z<br>m | $\Delta h$<br>m | $E^*$<br>kN/m <sup>2</sup> | $\Sigma \sigma_R$ | $\sigma_1$<br>kN/m <sup>2</sup> | $s_0$<br>cm | $s_1$<br>cm | s<br>cm |
|-----|--------|-----------------|----------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------|-------------|---------|
| 1   | 0.00   | 1.50            | 4946.00                    | 0.000             | 0.00                            | 0.0         | 0.0         | 0.0     |
|     |        |                 |                            |                   |                                 | 0.0         | 0.0         | 0.0     |

Określenie osiadania poprzez integrację odkształceń Osiadania z obciążeń stałych i zmiennych  $G_{k,j} + Q_{k,1} + Q_{k,i} \cdot \psi_{0,i}$ . Nie uwzględniono wtórnych osiadań

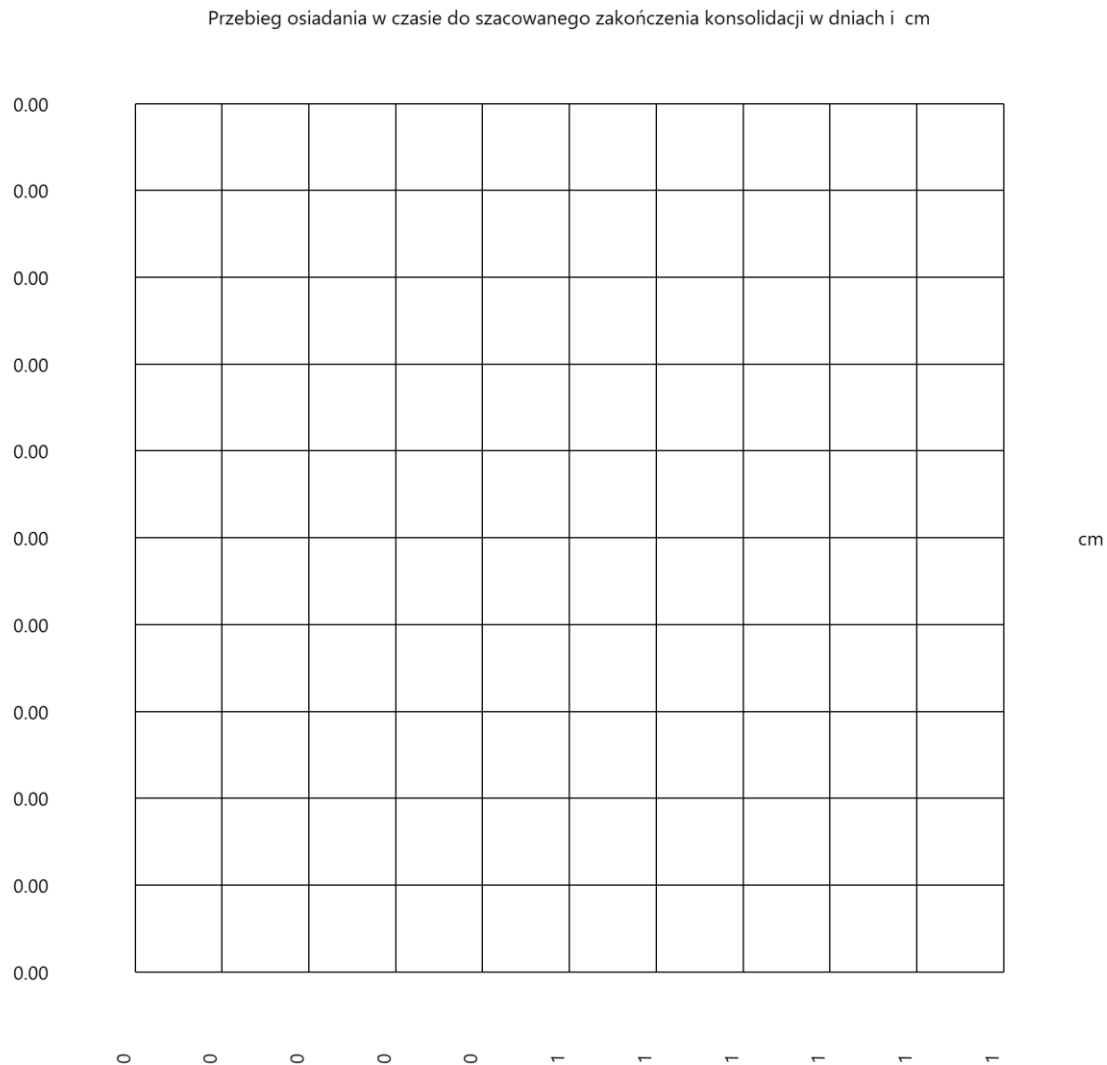
##### Obliczenie innego udziału osiadania $\Delta s$

$$\begin{aligned} (\Delta s_x &= 2 \cdot V \cdot e_a / a^2 \cdot E_m) \cdot f(s, \Delta s) &= (2 \cdot 173.7 \cdot 0.11 / 0.002 \cdot 4946.00) \cdot 0.22 &= 0.01 \text{ cm} \\ (\Delta s_y &= 2 \cdot V \cdot e_b / b^2 \cdot E_m) \cdot f(s, \Delta s) &= (2 \cdot 173.7 \cdot 0.02 / 0.002 \cdot 4946.00) \cdot 0.20 &= 0.01 \text{ cm} \end{aligned}$$

Osiadania Naprężenia Obciążenia stałe i zmienne  $G_{k,j}+Q_{k,1}+Q_{k,i}*\psi_{0,i}$



Przebieg osiadania w czasie Konsolidacja Obciążenia stałe i zmienne  $G_{k,j}+Q_{k,1}+Q_{k,i}*\psi_{0,i}$



Zginanie

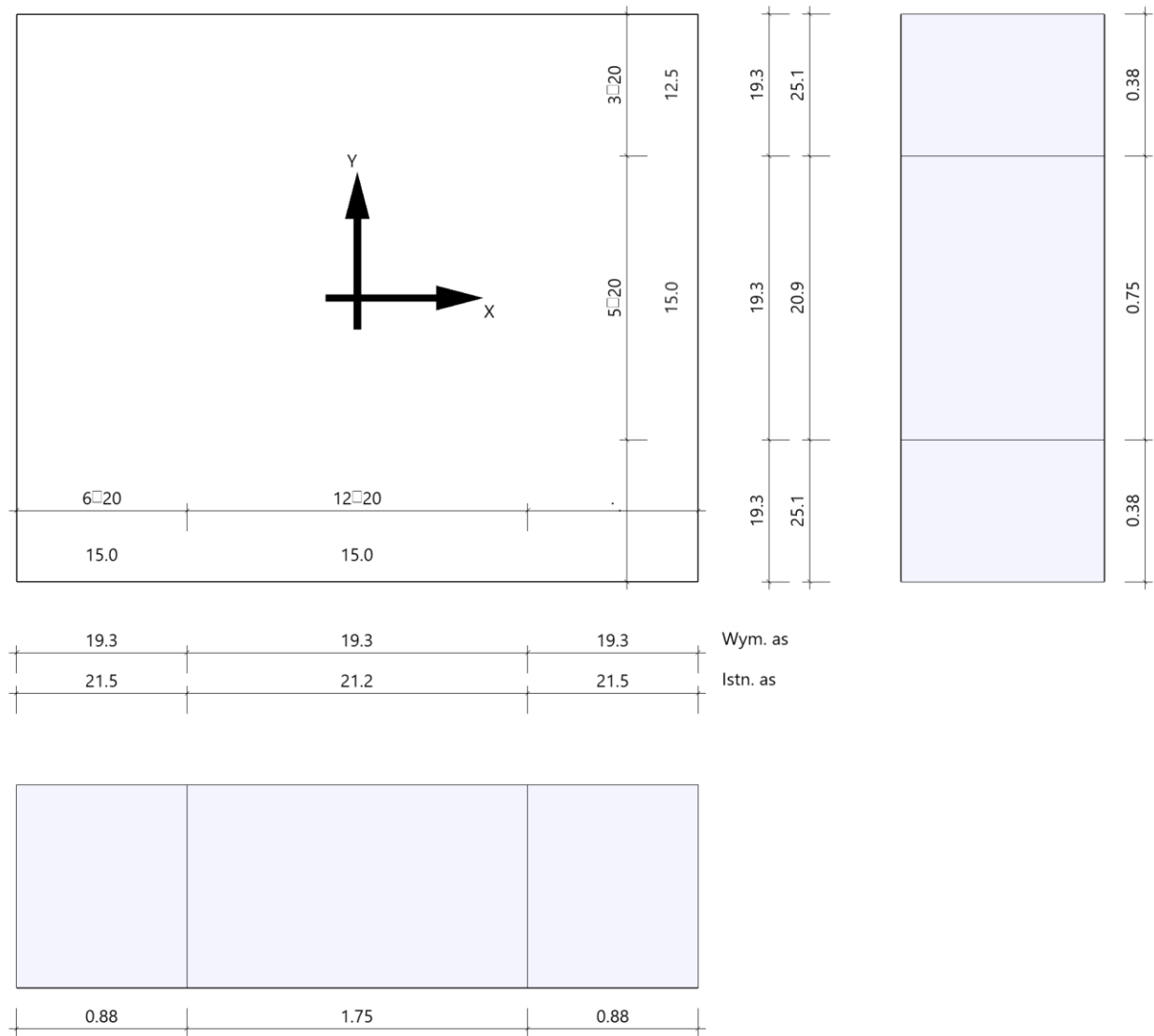
Wymiarowanie Superpozycje

| OP | $M_{y_u,Ed}$<br>kNm | $M_{x_u,Ed}$<br>kNm | $M_{y_o,Ed}$<br>kNm | $M_{x_o,Ed}$<br>kNm | $A_{s,x_u}$<br>cm2 | $A_{s,y_u}$<br>cm2 | $A_{s,x_o}$<br>cm2 | $A_{s,y_o}$<br>cm2 |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1  | 3.90                | 0.00                | -133.03             | -9.78               | 28.9*              | 13.5               | 28.9*              | 67.5*              |
| 4  | 0.55                | 6.13                | 0.00                | 0.00                | 28.9*              | 67.5*              | 0.0                | 0.0                |

\*: Minimalne zbrojenie wg PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2010 9.2.1.1 (1)

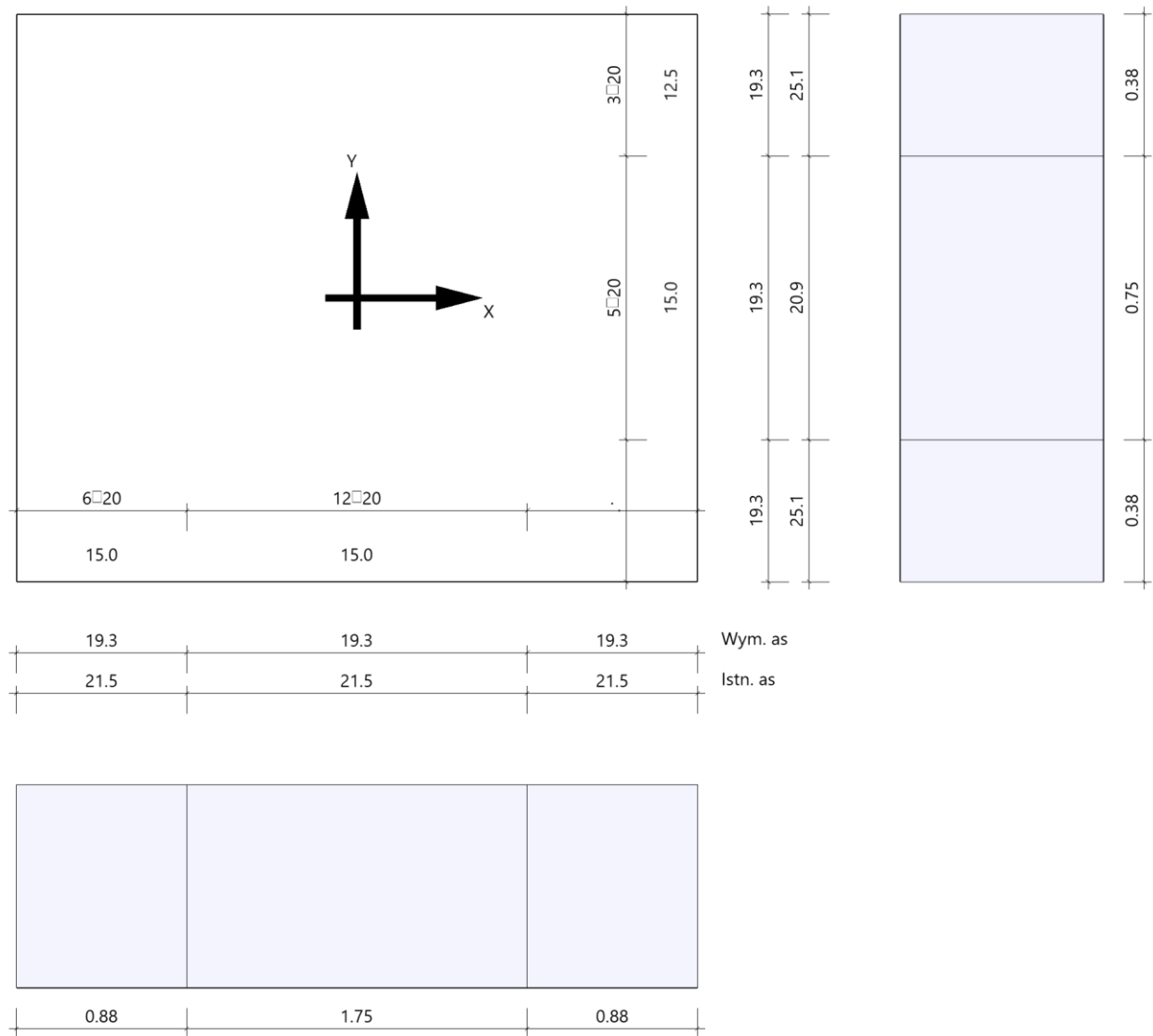
Położenie zbrojenia Zbrojenie W kierunku x d1,x = 5.3 cm. Położenie zbrojenia Zbrojenie W kierunku y d1,y = 5.3 cm. Położenie zbrojenia Zbrojenie W kierunku x d2,x = 5.3 cm. Położenie zbrojenia Zbrojenie W kierunku y d2,y = 5.3 cm. Zaokrąglony moment zginający z osi słupa. Uwzględniono 20% zbrojenia poprzecznego.

Rozkład zbrojenia Na dole W m, cm2/m



Dolne zbrojenie: Uwzględniono najwyższe wartości rozkładu zgodnie z Broszurą 631 Niemieckiego Komisji ds. Żelbetonu. Dlatego wymagane tutaj zbrojenie może być większe niż zbrojenie wymagane statycznie. W celu zapewnienia nośności na ścinanie, fundament został zwymiarowany w obszarze przebiecia dla momentów minimalnych zgodnie z równaniem (NA.6.54.1), o ile wyznaczenie sił wewnętrznych nie prowadzi do wyższych wartości.

Rozkład zbrojenia Na górze W m, cm2/m



# Załącznik nr. 3

## Raport obliczeń IdeaStatica

## Element projektu Połączenie odciagu z trzonem masztu

### Wymiarowanie

|         |                                                    |
|---------|----------------------------------------------------|
| Nazwa   | Połączenie odciagu z trzonem masztu                |
| Opis    |                                                    |
| Analiza | Naprężenia, odkształcenia/ obciążenia w równowadze |

### Elementy

#### Geometria

| Nazwa | Przekrój Poprzeczny | $\beta$ – Kierunek<br>[°] | $\gamma$ - nachylenie<br>[°] | $\alpha$ - obrót<br>[°] | Offset ex<br>[mm] | Offset ey<br>[mm] | Offset ez<br>[mm] |
|-------|---------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1026  | 14 - CHS76.1/4.0    | 0,0                       | 0,0                          | 0,0                     | 0                 | 0                 | 0                 |
| 636   | 3 - CHS33.7/3.2     | 0,0                       | 50,2                         | 0,0                     | 0                 | 0                 | -12               |
| 631   | 3 - CHS33.7/3.2     | 180,0                     | 50,2                         | 0,0                     | 0                 | 0                 | -12               |
| 955   | 3 - CHS33.7/3.2     | 0,0                       | 90,0                         | 180,0                   | 0                 | 0                 | 0                 |
| 956   | 3 - CHS33.7/3.2     | 90,0                      | 30,0                         | 0,0                     | 0                 | 0                 | 0                 |
| 346   | 9 - CHS50,15        | -153,4                    | -37,7                        | 0,0                     | 0                 | 0                 | 0                 |

#### Podpory i siły

| Nazwa           | Podparcie        | Siły w | X<br>[mm] |
|-----------------|------------------|--------|-----------|
| 1026 / początek | N-Vy-Vz-Mx-My-Mz | Węzeł  | 0         |
| 1026 / koniec   |                  | Węzeł  | 0         |
| 636 / koniec    |                  | Węzeł  | 0         |
| 631 / koniec    |                  | Węzeł  | 0         |
| 955 / koniec    |                  | Węzeł  | 0         |
| 956 / koniec    |                  | Węzeł  | 0         |
| 346 / koniec    |                  | Śruby  | 0         |



## Šrubby

### Efekty obciążenia (siły w równowadze)

| Nazwa | Element         | N<br>[kN] | Vy<br>[kN] | Vz<br>[kN] | Mx<br>[kNm] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] |
|-------|-----------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| LE1   | 1026 / Początek | 184,8     | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
|       | 1026 / koniec   | -98,0     | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
|       | 636 / koniec    | 12,1      | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
|       | 631 / koniec    | 11,1      | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
|       | 955 / koniec    | 32,6      | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
|       | 956 / koniec    | 50,5      | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
|       | 346 / koniec    | 123,6     | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |

## Niezerównoważone siły

| Nazwa | X<br>[kN] | Y<br>[kN] | Z<br>[kN] | Mx<br>[kNm] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] |
|-------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| LE1   | 0,0       | 0,0       | 0,0       | 0,0         | 0,0         | 0,0         |

## Sprawdzenie

### Podsumowanie

| Nazwa              | Wartość        | Status sprawdzenia |
|--------------------|----------------|--------------------|
| Analiza            | 100,0%         | OK                 |
| Płyty              | $0,9 < 5,0\%$  | OK                 |
| Lokalna deformacja | $0,5 < 3\%$    | OK                 |
| Śruby              | $37,0 < 100\%$ | OK                 |
| Spoiny             | $98,1 < 100\%$ | OK                 |
| Stateczność        | Nie obliczono  |                    |
| GMNA               | Obliczony      |                    |

### Płyty

| Nazwa     | $t_p$<br>[mm] | Obciążenia | $\sigma_{Ed}$<br>[MPa] | $\epsilon_{pl}$<br>[%] | $\sigma_{c,Ed}$<br>[MPa] | Status |
|-----------|---------------|------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------|
| 1026      | 4,0           | LE1        | 356,9                  | 0,9                    | 0,0                      | OK     |
| 636       | 3,2           | LE1        | 129,0                  | 0,0                    | 0,0                      | OK     |
| 631       | 3,2           | LE1        | 126,5                  | 0,0                    | 0,0                      | OK     |
| 955       | 3,2           | LE1        | 172,7                  | 0,0                    | 0,0                      | OK     |
| 956       | 3,2           | LE1        | 285,9                  | 0,0                    | 0,0                      | OK     |
| 346       | 15,0          | LE1        | 85,9                   | 0,0                    | 0,0                      | OK     |
| SM4-bfl 1 | 8,0           | LE1        | 105,8                  | 0,0                    | 0,0                      | OK     |
| SM3-bfl 1 | 8,0           | LE1        | 355,8                  | 0,4                    | 0,0                      | OK     |
| CPL2a     | 12,0          | LE1        | 205,9                  | 0,0                    | 9,5                      | OK     |
| CPL2b     | 10,0          | LE1        | 81,8                   | 0,0                    | 0,0                      | OK     |
| CPL2c     | 15,0          | LE1        | 102,9                  | 0,0                    | 9,6                      | OK     |
| CPL2d     | 15,0          | LE1        | 102,9                  | 0,0                    | 9,6                      | OK     |

### Dane projektowe

| Materiał | $f_y$<br>[MPa] | $\epsilon_{lim}$<br>[%] |
|----------|----------------|-------------------------|
| S 355    | 355,0          | 5,0                     |

### Objaśnienie symbolu

|                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| $t_p$            | Grubość płyty                  |
| $\sigma_{Ed}$    | Równoważne naprężenie          |
| $\epsilon_{pl}$  | Odkształcenie plastyczne       |
| $\sigma_{c,Ed}$  | Naprężenie dociskowe           |
| $f_y$            | Wytrzymałość na rozciąganie    |
| $\epsilon_{lim}$ | Limit odkształceń plastycznych |

## Szczegółowe wyniki dla 1026

### Wartości obliczeniowe użyte w analizie

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = 355,0 \text{ MPa}$$

Gdzie:

$f_{yk} = 355,0 \text{ MPa}$  – charakterystyczna granica plastyczności

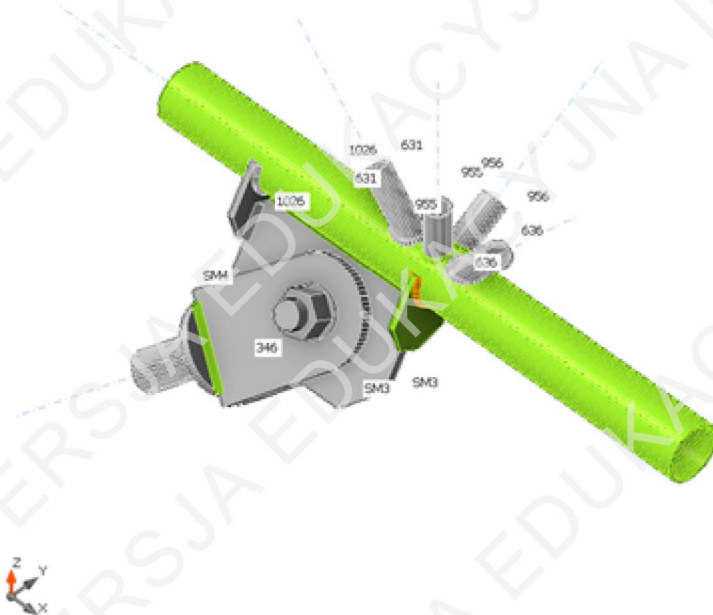
$\gamma_{M0} = 1,00$  – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla materiału stalowego EN 1993-1-1 – 6.1

### Lokalna deformacja

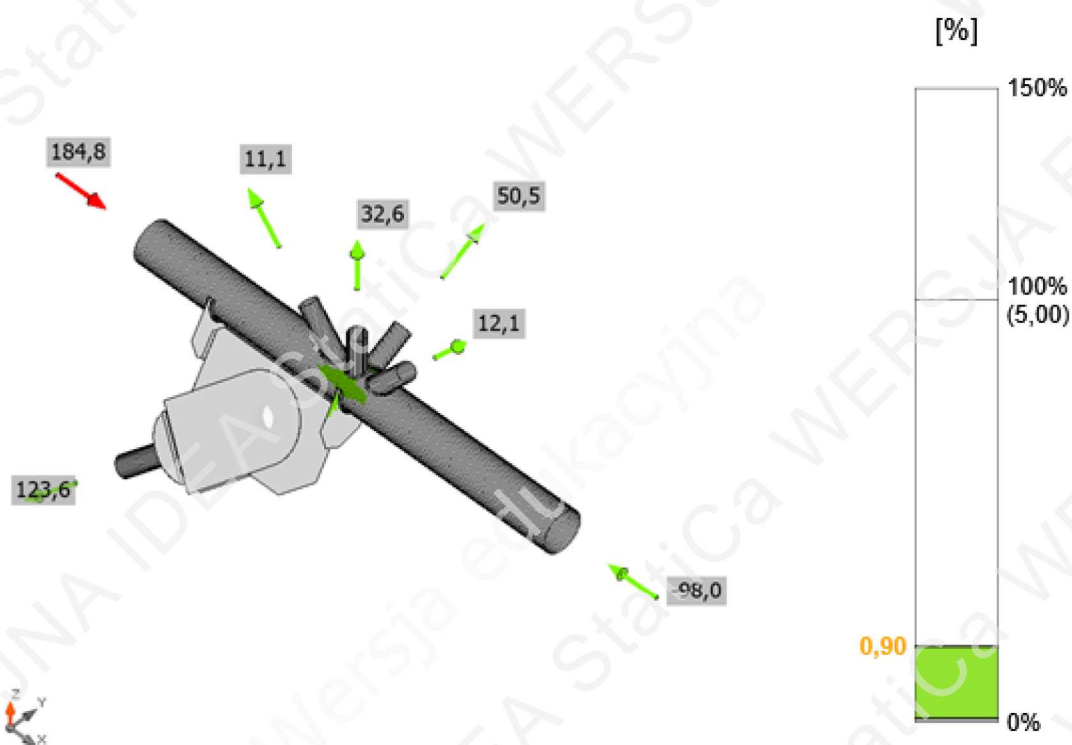
| Nazwa | $d_0$<br>[mm] | Obciążenia | $\delta$<br>[mm] | $\delta_{lim}$<br>[mm] | $\delta/d_0$<br>[%] | Status sprawdzenia |
|-------|---------------|------------|------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| 1026  | 76            | LE1        | 0                | 2                      | 0,5                 | OK                 |
| 636   | 34            | LE1        | 0                | 1                      | 0,0                 | OK                 |
| 631   | 34            | LE1        | 0                | 1                      | 0,0                 | OK                 |
| 955   | 34            | LE1        | 0                | 1                      | 0,0                 | OK                 |
| 956   | 34            | LE1        | 0                | 1                      | 0,0                 | OK                 |
| 346   | 50            | LE1        | 0                | 2                      | 0,0                 | OK                 |

### Objaśnienie symbolu

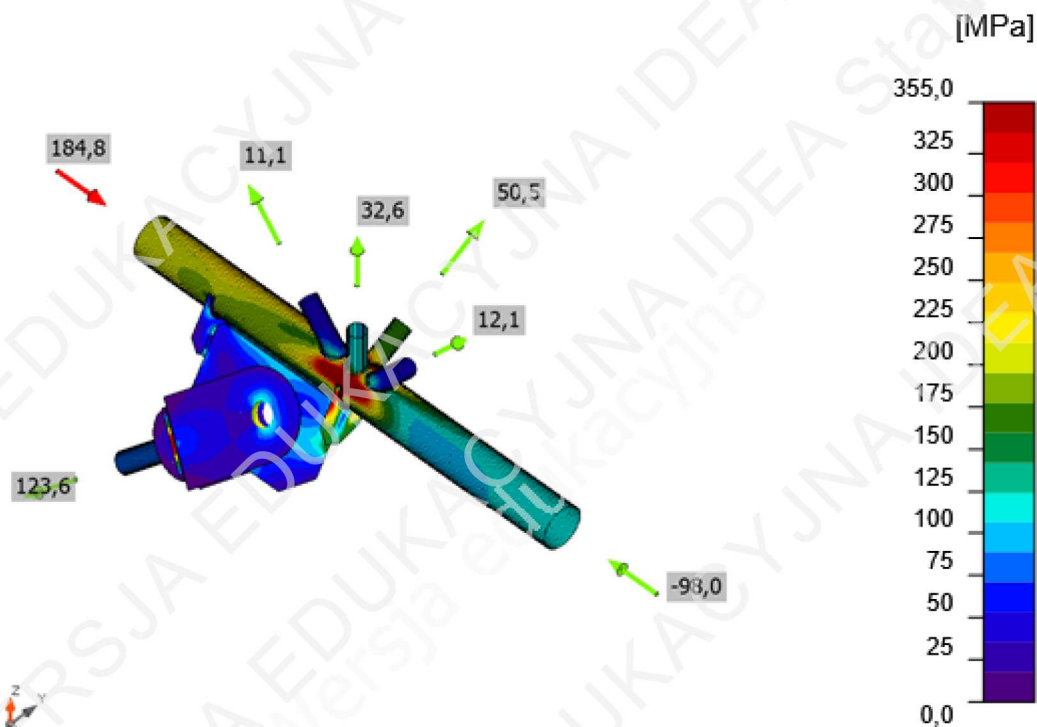
|                |                              |
|----------------|------------------------------|
| $d_0$          | Rozmiar przekroju            |
| $\delta$       | Lokalna deformacja przekroju |
| $\delta_{lim}$ | Dopuszczalna deformacja      |



Sprawdzenie ogólne, LE1

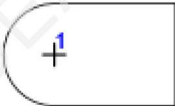


Sprawdzenie odkształcenia, LE1



Równoważne naprężenie, LE1

## Śruby

| Kształt                                                                           | Pozycja | Gatunek      | Obciążenia | $F_{t,Ed}$<br>[kN] | $F_{v,Ed}$<br>[kN] | $F_{b,Rd}$<br>[kN] | $U_{t,t}$<br>[%] | $U_{t,s}$<br>[%] | $U_{t,ts}$<br>[%] | Status |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|--------|
|  | B1      | M36 10.9 - 1 | LE1        | 13,7               | 61,8               | 334,2              | 2,3              | 37,0             | 14,3              | OK     |

### Dane projektowe

| Gatunek      | $F_{t,Rd}$<br>[kN] | $B_{p,Rd}$<br>[kN] | $F_{v,Rd}$<br>[kN] |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| M36 10.9 - 1 | 588,2              | 641,7              | 488,6              |

### Objaśnienie symbolu

|            |                                                                           |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $F_{t,Ed}$ | Siła rozciągająca                                                         |
| $F_{v,Ed}$ | Wypadkowa sił ścinających w śrubie $V_y$ i $V_z$ w płaszczyznach ścinania |
| $F_{b,Rd}$ | Nośność blachy na docisk EN 1993-1-8 — Tabela 3.4                         |
| $U_{t,t}$  | Wyężenie w rozciąganiu                                                    |
| $U_{t,s}$  | Wyężenie w ścinaniu                                                       |
| $U_{t,ts}$ | Interakcja rozciągania i ścinania EN 1993-1-8 – Tabela 3.4                |
| $F_{t,Rd}$ | Nośność śruby na rozciąganie EN 1993-1-8 – Tabela 3.4                     |
| $B_{p,Rd}$ | Nośność na przebicie EN 1993-1-8 — Tabela 3.4                             |
| $F_{v,Rd}$ | Nośność śruby na ścinanie EN 1993-1-8 – Tabela 3.4                        |

### Szczegółowe wyniki dla B1

#### Sprawdzenie wytrzymałości na rozciąganie (EN 1993-1-8 – Table 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 588,2 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 13,7 \text{ kN}$$

Gdzie:

|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| $k_2 = 0,90$                  | – Współczynnik                      |
| $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$ | – Wytrzymałość śruby na rozciąganie |
| $A_s = 817 \text{ mm}^2$      | – Pole przekroju czynnego śruby     |
| $\gamma_{M2} = 1,25$          | – Współczynnik bezpieczeństwa       |

#### Sprawdzenie nośności na przeciąganie (EN 1993-1-8 – Table 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 641,7 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 13,7 \text{ kN}$$

Gdzie:

|                           |                                                                                                              |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $d_m = 58 \text{ mm}$     | – Średnia ze średnic wpisanej i opisanej na łbie śruby lub nakrętki (przyjmuje się mniejszą wartość średnią) |
| $t_p = 15 \text{ mm}$     | – Grubość płyty                                                                                              |
| $f_u = 490,0 \text{ MPa}$ | – Wytrzymałość na rozciąganie                                                                                |
| $\gamma_{M2} = 1,25$      | – Współczynnik bezpieczeństwa                                                                                |

#### Sprawdzenie nośności ścinania (EN 1993-1-8 – Table 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 488,6 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 61,8 \text{ kN}$$

Gdzie:

- $\beta_p = 1,00$  – Współczynnik redukcyjny dla przekładek
- $\alpha_v = 0,60$  – Współczynnik redukcyjny dla naprężeń ścinających
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$  – Wytrzymałość śruby na rozciąganie
- $A = 1018 \text{ mm}^2$  – Powierzchnia brutto przekroju śruby
- $\gamma_{M2} = 1,25$  – Współczynnik bezpieczeństwa

#### Nośność śruby na docisk (EN 1993-1-8 – Table 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 334,2 \text{ kN} \geq F_{b,Ed} = 123,6 \text{ kN}$$

Gdzie:

- $k_1 = \min(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7, 2,5) = 2,50$  – Współczynnik odległości krawędzi i rozstawu śrub prostopadłej do kierunku przenoszenia obciążenia - EN 1993-1-8 - Tabela 3.4
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0,79$  – Współczynnik odległości końcowej i rozstawu śrub w kierunku działania obciążenia
- $e_2 = 89 \text{ mm}$  – Odległość do krawędzi blachy prostopadła do kierunku siły ścinającej
- $p_2 = \infty \text{ mm}$  – Odległość między śrubami prostopadłe do kierunku siły ścinającej
- $d_0 = 39 \text{ mm}$  – Średnica otworu na śrubę
- $e_1 = 92 \text{ mm}$  – Odległość do krawędzi blachy w kierunku siły ścinającej
- $p_1 = \infty \text{ mm}$  – Odległość między śrubami w kierunku siły ścinającej
- $f_{ub} = 1000,0 \text{ MPa}$  – Wytrzymałość śruby na rozciąganie
- $f_u = 490,0 \text{ MPa}$  – Maksymalna wytrzymałość płyty
- $d = 36 \text{ mm}$  – Nominalna średnica łącznika
- $t = 12 \text{ mm}$  – Grubość blachy
- $\gamma_{M2} = 1,25$  – Współczynnik bezpieczeństwa

#### Wykorzystanie w rozciąganiu

$$\frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 0,02 \leq 1,0$$

Gdzie:

- $F_{t,Ed} = 13,7 \text{ kN}$  – Siła rozciągająca
- $F_{t,Rd} = 588,2 \text{ kN}$  – Nośność na rozciąganie
- $B_{p,Rd} = 641,7 \text{ kN}$  – Nośność na przeciąganie

Projekt: Praca magisterska  
Projekt nr: Załącznik nr 3  
Autor: Mariusz Ziola

### Wykorzystanie ścinania

$$\max\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}, \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = 0,37 \leq 1,0$$

Gdzie:

$F_{v,Ed} = 61,8 \text{ kN}$  – Siła ścinająca (w decydującej płaszczyźnie ścinania)

$F_{v,Rd} = 488,6 \text{ kN}$  – Nośność na ścinanie

$F_{b,Ed} = 123,6 \text{ kN}$  – Siła docisku (dla płyty decydującej)

$F_{b,Rd} = 334,2 \text{ kN}$  – Nośność na docisk

### Interakcja rozciągania i ścinania (EN 1993-1-8 – Table 3.4)

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} = 0,14 \leq 1,0$$

Gdzie:

$F_{v,Ed} = 61,8 \text{ kN}$  – Siła ścinająca (w decydującej płaszczyźnie ścinania)

$F_{v,Rd} = 488,6 \text{ kN}$  – Nośność na ścinanie

$F_{t,Ed} = 13,7 \text{ kN}$  – Siła rozciągająca

$F_{t,Rd} = 588,2 \text{ kN}$  – Nośność na rozciąganie

### Spoiny

| Pozycja     | Krawędź | $T_w$<br>[mm] | L<br>[mm] | Obciążenia | $\sigma_{w,Ed}$<br>[MPa] | $\epsilon_{pl}$<br>[%] | $\sigma_{\perp}$<br>[MPa] | $\tau_{\perp}$<br>[MPa] | $\tau_{\parallel}$<br>[MPa] | Ut<br>[%] | Ut <sub>c</sub><br>[%] | Status |
|-------------|---------|---------------|-----------|------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------|--------|
| 1026-arc 43 | CPL2a   | ▲ 4,0 ▼       | 219       | LE1        | 266,8                    | 0,0                    | 5,6                       | -5,8                    | 153,9                       | 61,3      | 34,7                   | OK     |
|             |         | ▲ 4,0 ▼       | 219       | LE1        | 259,0                    | 0,0                    | 5,8                       | 5,5                     | -149,4                      | 59,5      | 33,8                   | OK     |
| CPL2b       | CPL2c   | ▲ 5,0         | 105       | LE1        | 361,7                    | 0,0                    | 176,6                     | 182,2                   | -0,2                        | 83,0      | 45,0                   | OK     |
| CPL2b       | CPL2d   | ▲ 5,0         | 105       | LE1        | 362,0                    | 0,0                    | 177,3                     | -182,2                  | 1,5                         | 83,1      | 44,8                   | OK     |
| SM4-bfl 1   | CPL2a   | ▲ 5,0 ▼       | 47        | LE1        | 116,1                    | 0,0                    | -53,6                     | -52,9                   | 27,1                        | 26,7      | 20,4                   | OK     |
|             |         | ▲ 5,0 ▼       | 47        | LE1        | 116,9                    | 0,0                    | -52,4                     | 53,3                    | -28,3                       | 26,8      | 19,9                   | OK     |
| SM3-bfl 1   | CPL2a   | ▲ 5,0 ▼       | 47        | LE1        | 371,2                    | 0,0                    | 67,0                      | 66,0                    | 200,2                       | 85,2      | 59,3                   | OK     |
|             |         | ▲ 5,0 ▼       | 47        | LE1        | 375,1                    | 0,0                    | 66,5                      | -67,7                   | -202,1                      | 86,1      | 60,0                   | OK     |
| 1026-arc 14 | 636     | ▲ 3,0         | 112       | LE1        | 145,9                    | 0,0                    | 26,2                      | -20,3                   | -80,3                       | 33,5      | 24,5                   | OK     |
| 1026-arc 14 | 631     | ▲ 3,0         | 112       | LE1        | 155,5                    | 0,0                    | 16,4                      | -23,9                   | 86,0                        | 35,7      | 25,1                   | OK     |
| 1026-arc 13 | 955     | ▲ 3,0         | 97        | LE1        | 286,0                    | 0,0                    | 134,0                     | -40,4                   | -140,2                      | 65,7      | 47,8                   | OK     |
| 1026-arc 2  | 956     | ▲ 3,0         | 97        | LE1        | 370,8                    | 0,0                    | 232,4                     | -131,3                  | -102,8                      | 85,1      | 56,2                   | OK     |
| 1026-arc 27 | SM4     | ▲ 4,0 ▼       | 113       | LE1        | 121,9                    | 0,0                    | 14,8                      | 12,8                    | -68,7                       | 28,0      | 21,0                   | OK     |
| 1026-arc 27 | SM3     | ▲ 4,0 ▼       | 113       | LE1        | 427,3                    | 0,3                    | 84,9                      | 85,4                    | 226,2                       | 98,1      | 76,8                   | OK     |
| CPL2b       | 346     | ▲ 5,0         | 110       | LE1        | 306,2                    | 0,0                    | 201,0                     | -132,6                  | 14,1                        | 70,3      | 59,6                   | OK     |
|             |         | ▲ 4,0 ▼       | 113       | LE1        | 110,8                    | 0,0                    | 12,1                      | -14,1                   | 62,0                        | 25,4      | 16,2                   | OK     |
|             |         | ▲ 4,0 ▼       | 113       | LE1        | 427,2                    | 0,2                    | 85,9                      | -85,0                   | -226,2                      | 98,1      | 73,7                   | OK     |

### Dane projektowe

| Materiał | $f_u$<br>[MPa] | $\beta_w$<br>[-] | $\sigma_{w,Rd}$<br>[MPa] | $0,9 \sigma$<br>[MPa] |
|----------|----------------|------------------|--------------------------|-----------------------|
| S 355    | 490,0          | 0,90             | 435,6                    | 352,8                 |

### Objaśnienie symbolu

|                    |                                                                       |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| $T_w$              | Grubość efektywna a                                                   |
| $L$                | Długość                                                               |
| $\sigma_{w,Ed}$    | Równoważne naprężenie                                                 |
| $\epsilon_{Pl}$    | Odkształcenie                                                         |
| $\sigma_{\perp}$   | Naprężenie prostopadłe                                                |
| $\tau_{\perp}$     | Naprężenia ścinające prostopadłe do osi spoiny                        |
| $\tau_{\parallel}$ | Naprężenia ścinające równoległe do osi spoiny                         |
| $U_t$              | Wykorzystanie                                                         |
| $U_{t,c}$          | Oszacowanie nośności spoiny                                           |
| ▲                  | Spoina pachwinowa                                                     |
| $f_u$              | Maksymalna wytrzymałość spoiny                                        |
| $\beta_w$          | Współczynnik korelacji EN 1993-1-8 – Tabela 4.1                       |
| $\sigma_{w,Rd}$    | Ekwiwalentna wytrzymałość naprężeniowa                                |
| $0.9 \sigma$       | Prostopadła wytrzymałość naprężeniowa - $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ |

### Szczegółowe wyniki dla 1026-arc 27 / SM3

#### Sprawdzenie nośności spoiny (EN 1993-1-8 – Cl. 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 435,6 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 427,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0,9 f_u / \gamma_{M2} = 352,8 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 84,9 \text{ MPa}$$

gdzie:

$$f_u = 490,0 \text{ MPa} \quad \text{– Wytrzymałość na rozciąganie}$$

$$\beta_w = 0,90 \quad \text{– Współczynnik korelacji EN 1993-1-8 – Tabela 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25 \quad \text{– Współczynnik bezpieczeństwa}$$

#### Wykorzystane naprężenie

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 0,98 \leq 1,0$$

Gdzie:

$$\sigma_{w,Ed} = 427,3 \text{ MPa} \quad \text{– Maksymalne naprężenie normalne poprzeczne do osi spoiny}$$

$$\sigma_{w,Rd} = 435,6 \text{ MPa} \quad \text{– Ekwiwalentna wytrzymałość naprężeniowa}$$

$$\sigma_{\perp} = 84,9 \text{ MPa} \quad \text{– Naprężenie normalne prostopadłe do przekroju spoiny}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 352,8 \text{ MPa} \quad \text{– Prostopadła wytrzymałość naprężeniowa}$$

### Stateczność

Analiza wyboczeniowa nie została przeliczona.

## Element projektu Połączenie segmentów

### Wymiarowanie

|         |                                                   |
|---------|---------------------------------------------------|
| Nazwa   | Połączenie segmentów                              |
| Opis    |                                                   |
| Analiza | Naprężenia, odkształcenia/ uproszczone obciążenie |

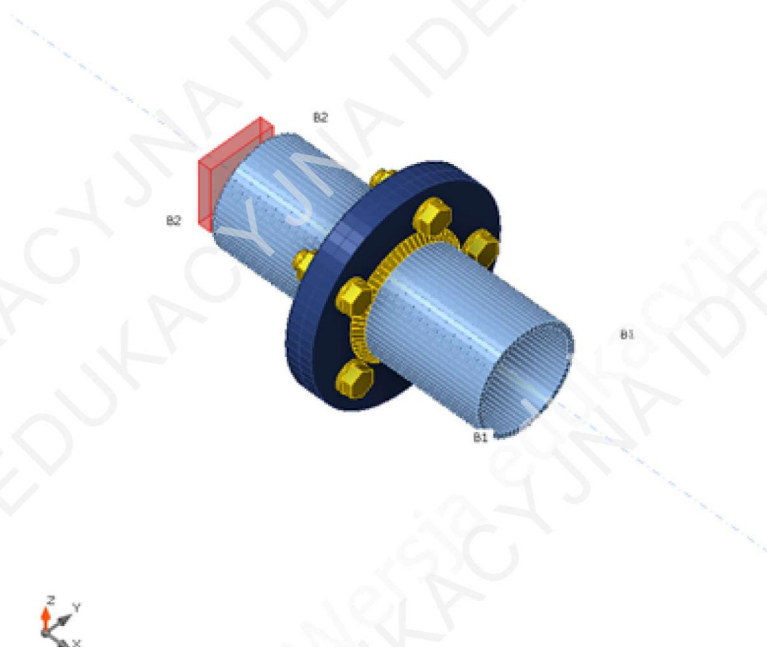
### Elementy

#### Geometria

| Nazwa | Przekrój Poprzeczny | $\beta$ – Kierunek<br>[°] | $\gamma$ - nachylenie<br>[°] | $\alpha$ - obrót<br>[°] | Offset ex<br>[mm] | Offset ey<br>[mm] | Offset ez<br>[mm] |
|-------|---------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| B1    | 1 - CHS76.1/4.0     | 0,0                       | 0,0                          | 0,0                     | 0                 | 0                 | 0                 |
| B2    | 2 - CHS76.1/4.0     | 180,0                     | 0,0                          | 0,0                     | 0                 | 0                 | 0                 |

#### Podpory i siły

| Nazwa       | Podparcie        | Siły w | X<br>[mm] |
|-------------|------------------|--------|-----------|
| B1 / koniec |                  | Węzeł  | 0         |
| B2 / koniec | N-Vy-Vz-Mx-My-Mz | Węzeł  | 0         |



### Przekroje

| Nazwa           | Materiał |
|-----------------|----------|
| 1 - CHS76.1/4.0 | S 355    |
| 2 - CHS76.1/4.0 | S 355    |

## Śruby

| Nazwa    | Średnica<br>[mm] | $f_y$<br>[MPa] | $f_u$<br>[MPa] | Pole brutto<br>[mm <sup>2</sup> ] |
|----------|------------------|----------------|----------------|-----------------------------------|
| M12 10.9 | 12               | 900,0          | 1000,0         | 113                               |

## Efekty obciążenia (Równowaga nie jest wymagana)

| Nazwa | Element     | N<br>[kN] | Vy<br>[kN] | Vz<br>[kN] | Mx<br>[kNm] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] |
|-------|-------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| LE1   | B1 / koniec | 185,0     | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| LE2   | B1 / koniec | -245,0    | 0,0        | 0,0        | 0,0         | 0,0         | 0,0         |

## Sprawdzenie

### Podsumowanie

| Nazwa              | Wartość       | Status sprawdzenia |
|--------------------|---------------|--------------------|
| Analiza            | 100,0%        | OK                 |
| Płyty              | 0,0 < 5,0%    | OK                 |
| Lokalna deformacja | 0,0 < 3%      | OK                 |
| Śruby              | 90,3 < 100%   | OK                 |
| Spoiny             | 87,5 < 100%   | OK                 |
| Stateczność        | 36,59         |                    |
| GMNA               | Nie obliczono |                    |

## Płyty

| Nazwa | $t_p$<br>[mm] | Obciążenia | $\sigma_{Ed}$<br>[MPa] | $\epsilon_{pl}$<br>[%] | $\sigma_{c,Ed}$<br>[MPa] | Status |
|-------|---------------|------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------|
| B1    | 4,0           | LE1        | 342,0                  | 0,0                    | 0,0                      | OK     |
| B2    | 4,0           | LE1        | 342,1                  | 0,0                    | 0,0                      | OK     |
| PP1a  | 10,0          | LE1        | 345,8                  | 0,0                    | 115,2                    | OK     |
| PP1b  | 10,0          | LE1        | 345,8                  | 0,0                    | 115,2                    | OK     |

### Dane projektowe

| Materiał | $f_y$<br>[MPa] | $\epsilon_{lim}$<br>[%] |
|----------|----------------|-------------------------|
| S 355    | 355,0          | 5,0                     |

### Objaśnienie symbolu

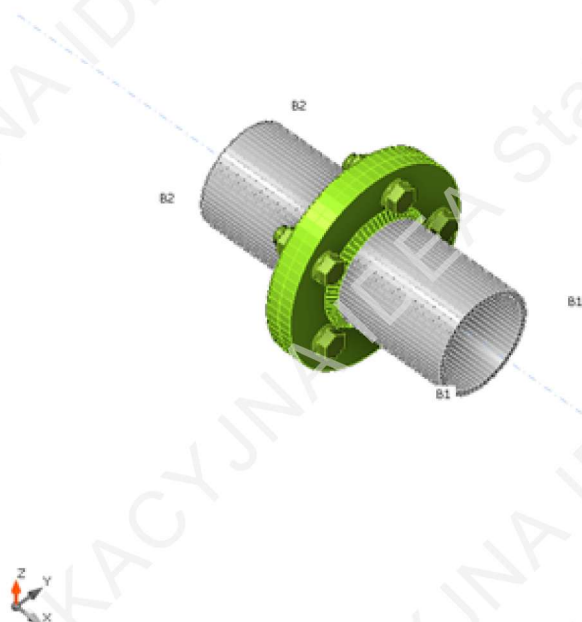
|                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| $t_p$            | Grubość płyty                  |
| $\sigma_{Ed}$    | Równoważne naprężenie          |
| $\epsilon_{pl}$  | Odkształcenie plastyczne       |
| $\sigma_{c,Ed}$  | Naprężenie dociskowe           |
| $f_y$            | Wytrzymałość na rozciąganie    |
| $\epsilon_{lim}$ | Limit odkształceń plastycznych |

## Lokalna deformacja

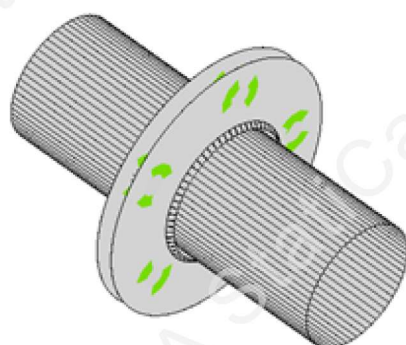
| Nazwa | $d_0$<br>[mm] | Obciążenia | $\delta$<br>[mm] | $\delta_{lim}$<br>[mm] | $\delta/d_0$<br>[%] | Status sprawdzenia |
|-------|---------------|------------|------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| B1    | 76            | LE2        | 0                | 2                      | 0,0                 | OK                 |
| B2    | 76            | LE2        | 0                | 2                      | 0,0                 | OK                 |

## Objaśnienie symbolu

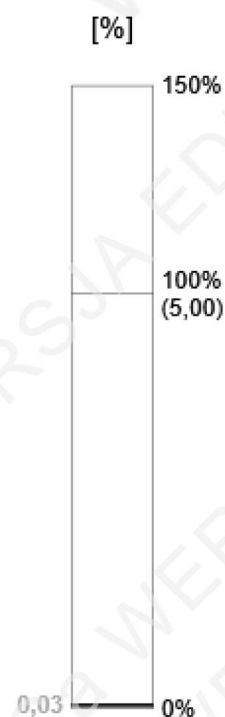
|                |                              |
|----------------|------------------------------|
| $d_0$          | Rozmiar przekroju            |
| $\delta$       | Lokalna deformacja przekroju |
| $\delta_{lim}$ | Dopuszczalna deformacja      |



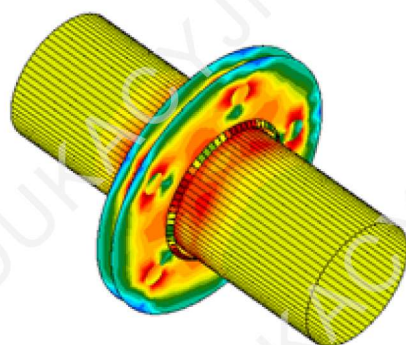
Sprawdzenie ogólne, LE1



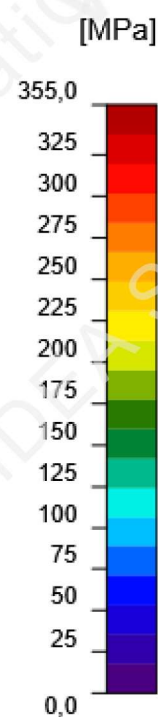
185,0



Sprawdzenie odkształcenia, LE1

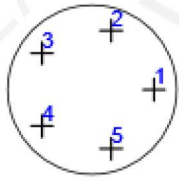


185,0



Równoważne naprężenie, LE1

## Śruby

| Kształt                                                                           | Pozycja | Gatunek         | Obciążenia | $F_{t,Ed}$<br>[kN] | $F_{v,Ed}$<br>[kN] | $F_{b,Rd}$<br>[kN] | $U_t$<br>[%] | $U_s$<br>[%] | $U_{ts}$<br>[%] | Reguły konstrukcyjne | Status |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------|------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|-----------------|----------------------|--------|
|  | B1      | M12 10.9<br>- 1 | LE1        | 54,8               | 0,0                | 60,3               | 90,3         | 0,0          | 64,5            | OK                   | OK     |
|                                                                                   | B2      | M12 10.9<br>- 1 | LE1        | 54,8               | 0,0                | 60,1               | 90,3         | 0,0          | 64,5            | OK                   | OK     |
|                                                                                   | B3      | M12 10.9<br>- 1 | LE1        | 54,8               | 0,0                | 60,1               | 90,3         | 0,0          | 64,5            | OK                   | OK     |
|                                                                                   | B4      | M12 10.9<br>- 1 | LE1        | 54,8               | 0,0                | 60,1               | 90,3         | 0,0          | 64,5            | OK                   | OK     |
|                                                                                   | B5      | M12 10.9<br>- 1 | LE1        | 54,8               | 0,0                | 60,1               | 90,3         | 0,0          | 64,5            | OK                   | OK     |

### Dane projektowe

| Gatunek      | $F_{t,Rd}$<br>[kN] | $B_{p,Rd}$<br>[kN] | $F_{v,Rd}$<br>[kN] |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| M12 10.9 - 1 | 60,7               | 140,5              | 33,7               |

### Objaśnienie symbolu

|            |                                                                           |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $F_{t,Ed}$ | Siła rozciągająca                                                         |
| $F_{v,Ed}$ | Wypadkowa sił ścinających w śrubie $V_y$ i $V_z$ w płaszczyznach ścinania |
| $F_{b,Rd}$ | Nośność blachy na docisk EN 1993-1-8 — Tabela 3.4                         |
| $U_t$      | Wyężenie w rozciąganiu                                                    |
| $U_s$      | Wyężenie w ścinaniu                                                       |
| $U_{ts}$   | Interakcja rozciągania i ścinania EN 1993-1-8 – Tabela 3.4                |
| $F_{t,Rd}$ | Nośność śruby na rozciąganie EN 1993-1-8 – Tabela 3.4                     |
| $B_{p,Rd}$ | Nośność na przebicie EN 1993-1-8 — Tabela 3.4                             |
| $F_{v,Rd}$ | Nośność śruby na ścinanie EN 1993-1-8 – Tabela 3.4                        |

## Spoiny

| Pozycja | Krawędź | $T_w$<br>[mm] | L<br>[mm] | Obciążenia | $\sigma_{w,Ed}$<br>[MPa] | $\epsilon_{pI}$<br>[%] | $\sigma_{\perp}$<br>[MPa] | $\tau_{\perp}$<br>[MPa] | $\tau_{\parallel}$<br>[MPa] | $U_t$<br>[%] | $U_c$<br>[%] | Reguły konstrukcyjne | Status |
|---------|---------|---------------|-----------|------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|----------------------|--------|
| PP1a    | B1      | ▲<br>4,0      | 226       | LE1        | 381,3                    | 0,0                    | 241,2                     | -159,8                  | 59,6                        | 87,5         | 73,7         | OK                   | OK     |
| PP1b    | B2      | ▲<br>4,0      | 226       | LE1        | 381,2                    | 0,0                    | 241,2                     | -159,7                  | -59,5                       | 87,5         | 57,9         | OK                   | OK     |

### Dane projektowe

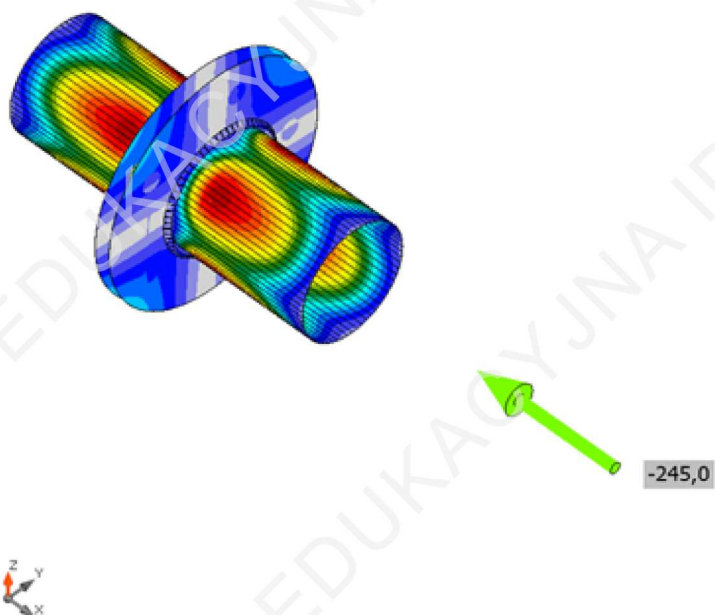
| Materiał | $f_u$<br>[MPa] | $\beta_w$<br>[-] | $\sigma_{w,Rd}$<br>[MPa] | $0.9 \sigma$<br>[MPa] |
|----------|----------------|------------------|--------------------------|-----------------------|
| S 355    | 490,0          | 0,90             | 435,6                    | 352,8                 |

#### Objaśnienie symbolu

|                  |                                                                       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| $T_w$            | Grubość efektywna a                                                   |
| $L$              | Długość                                                               |
| $\sigma_{w,Ed}$  | Równoważne naprężenie                                                 |
| $\epsilon_{PI}$  | Odształcenie                                                          |
| $\sigma_{\perp}$ | Naprężenie prostopadłe                                                |
| $\tau_{\perp}$   | Naprężenia ścinające prostopadłe do osi spoiny                        |
| $\tau_{  }$      | Naprężenia ścinające równoległe do osi spoiny                         |
| $U_t$            | Wykorzystanie                                                         |
| $U_{t,c}$        | Oszacowanie nośności spoiny                                           |
| ▲                | Spoina pachwinowa                                                     |
| $f_u$            | Maksymalna wytrzymałość spoiny                                        |
| $\beta_w$        | Współczynnik korelacji EN 1993-1-8 – Tabela 4.1                       |
| $\sigma_{w,Rd}$  | Ekwiwalentna wytrzymałość naprężeniowa                                |
| $0.9 \sigma$     | Prostopadła wytrzymałość naprężeniowa - $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ |

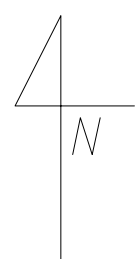
#### Stateczność

| Obciążenia | Kształt | Współczynnik<br>[-] |
|------------|---------|---------------------|
| LE1        | 1       | 823,42              |
|            | 2       | 959,77              |
|            | 3       | 1459,35             |
|            | 4       | 1485,92             |
|            | 5       | 1586,01             |
|            | 6       | 1615,64             |
| LE2        | 1       | 36,59               |
|            | 2       | 36,61               |
|            | 3       | 39,78               |
|            | 4       | 39,79               |
|            | 5       | 39,91               |
|            | 6       | 39,91               |



Pierwszy kształt postaci wyboczeniowej, LE2

Schemat rozmieszczenia odcigów – Skala 1:500



+81,00

## Segment 8

+75,84

Odciag systemowe  
PFEIFER PV90  
Full Locked Cables

+71,00  
▽

Segment 7

+61,00

Segment 6

+51,00

### Segment 5

+41,00

$$+38,33$$

Odcigi systemowe  
PFEIFER PV90  
Full Locked Cables

## Segment 4

+31,00  
▽

### Segment 3

+21,00  
▽

## Segment 2

+11,00  
▽

Segment 1

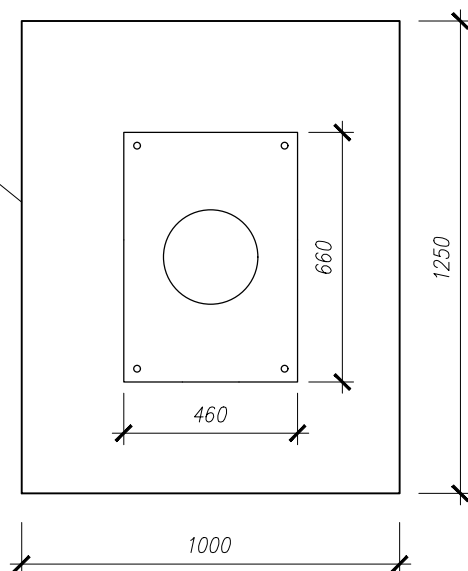
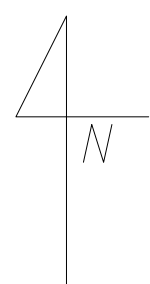
+1,00  
▽

Przegub centralny

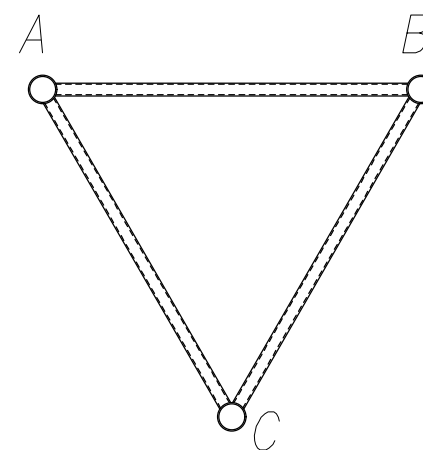
Stopa fundam.  $\frac{1250 \times 1000 \times 1000}{C25/30}$

$\pm 0,00 \underline{\underline{\nabla}}$   
 $-1,00 \underline{\underline{\nabla}}$

---



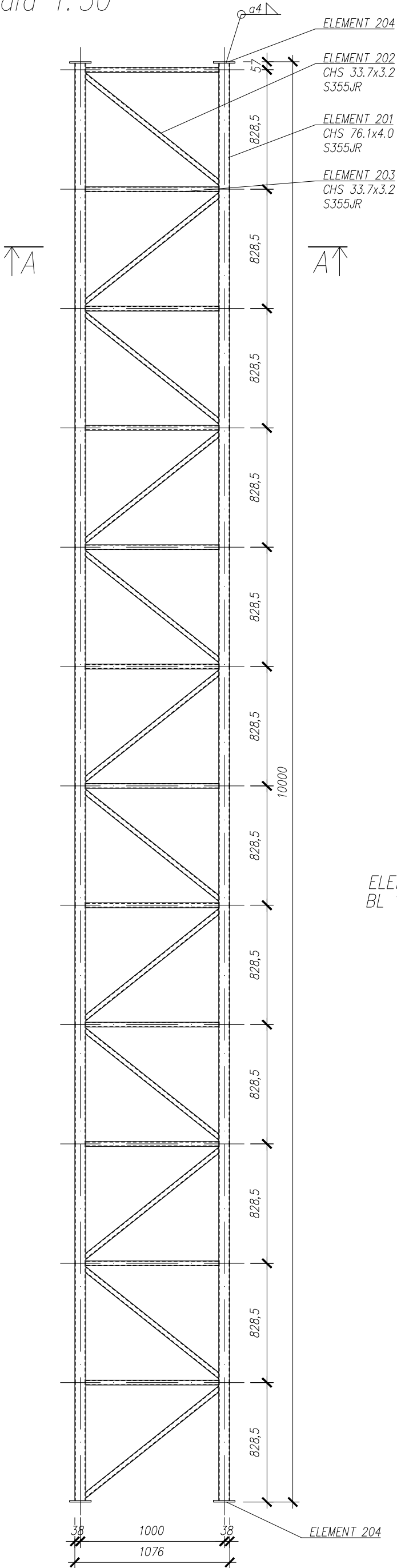
Przekrój A-A  
Skala 1:20



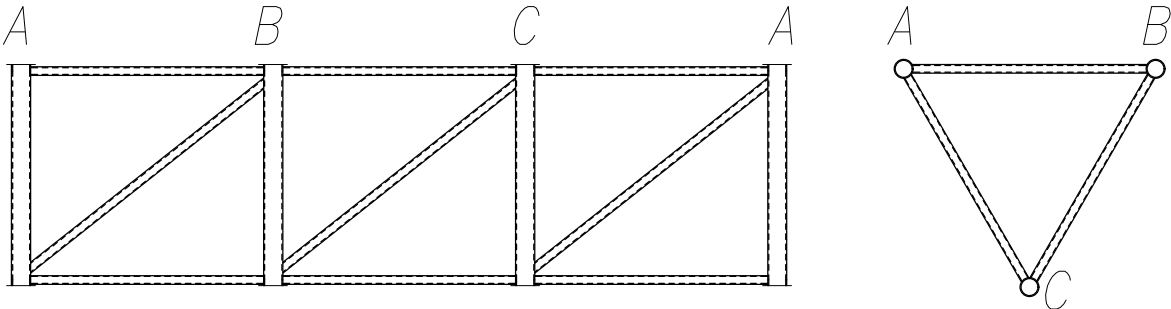
- Uwagi:
1. Klasa niezawodności – 2
2. Wysokość masztu 91,0m
3. Rury stalowe górczalcowane S355JR
4. Szerokość ściany masztu 1076mm
5. Skratowanie typu "K"
6. Połączenia pomiędzy segmentami:
  - sprężone M12, 10,9
7. Nachylenie odcigów masztu: 45°
8. Dwa poziomy odcigów
9. Spoiny niezaczone należy wykonać jako spoiny pachwinowe ciągłe, zgodnie z PN–EN ISO 5817, klasa jakości C. Wymiary spoin:
  - dla połączeń z rur:  $a = \min(1,0 \times \text{grubość cieńszego elementu}; 5 \text{ mm})$ ,
  - dla pozostałych połączeń:  $a = \min(0,7 \times \text{grubość cieńszego elementu}; 5 \text{ mm})$ .
10. Niniejsze opracowanie stanowi integralną część projektu i może być rozpatrywana wyłącznie z pozostałymi branżami oraz opisem technicznym

|                                                               |  |            |                   |
|---------------------------------------------------------------|--|------------|-------------------|
| Nazwa rysunku: <i>Rysunek gabarytowy masztu [Zatęcznik 4]</i> |  |            |                   |
| Faza opracowania: <i>Projekt Wykonawczy</i>                   |  | Data:      | Skala:            |
| Branża: <i>Konstrukcja</i>                                    |  | 10.09.2025 | 1:20<br>1:160/500 |
| Opracował: <i>inż. Mariusz Ziota</i>                          |  |            | Nr Rys.<br><br>1  |
| Sprawdził: <i>dr hab. inż. Łukasz Domagański</i>              |  |            |                   |

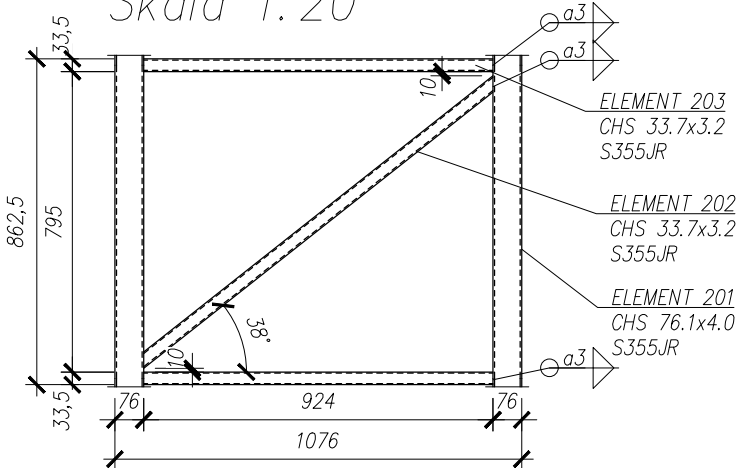
Segment 1-3, 5-7, 9, S355JR  
Skala 1:30



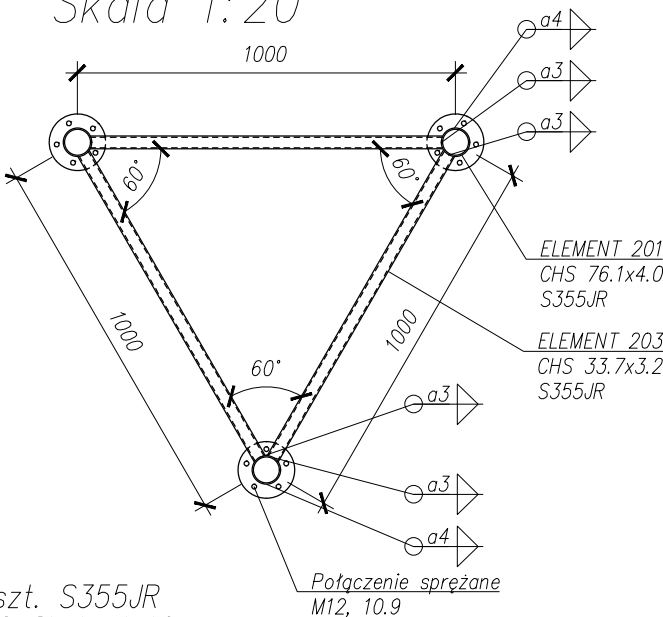
Schemat skratowania  
Skala 1:30



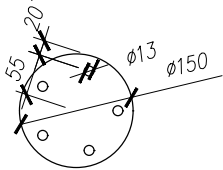
Schemat wykonawczy skratowania  
Skala 1:20



Przekrój A-A  
Skala 1:20



ELEMENT 204, 6szt. S355JR  
BL 150x10, L=150 Skala 1:10



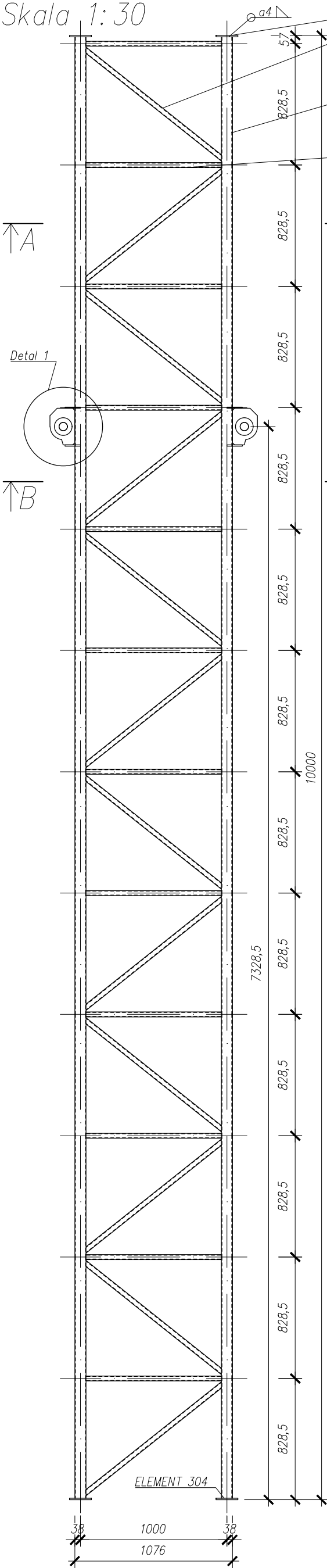
- Uwagi:
- Klasa niezawodności - 2
  - Wysokość masztu 91,0m
  - Rury stalowe gorącowalcowane S355JR
  - Szerokość ściany masztu 1076mm
  - Skratowanie typu "K"
  - Połączenia pomiędzy segmentami:  
- sprężane M12, 10.9
  - Nachylenie odcinków masztu: 45°
  - Dwa poziome odcinki
  - Spoiny nieoznaczone należy wykonać jako spoiny pachwinowe ciągłe, zgodnie z PN-EN ISO 5817, klasa jakości C. Wymiary spoin:  
- dla połączeń z rur:  $a = \min(1,0 \times \text{grubość cieńszego elementu}; 5 \text{ mm})$ ,  
- dla pozostałych połączeń:  $a = \min(0,7 \times \text{grubość cieńszego elementu}; 5 \text{ mm})$ .
  - Niniejsze opracowanie stanowi integralną część projektu i może być rozpatrywane wyłącznie z pozostałymi branżami oraz opisem technicznym

Zestawienie stali dla segmentów: 1-3, 5-7,9 jest jednakowe.

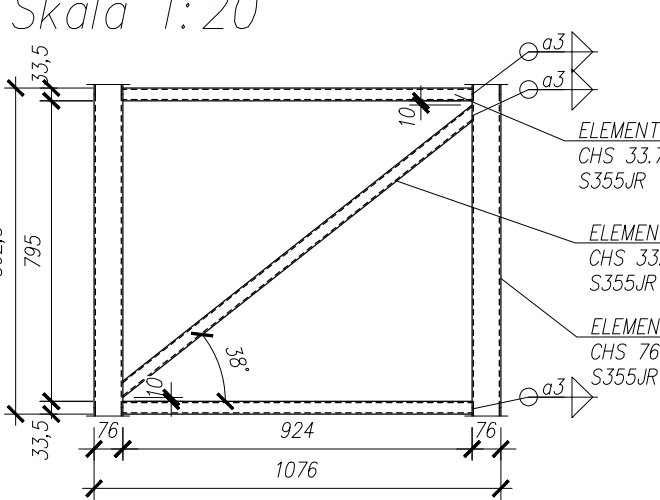
| Zestawienie stali - Segment 1 |                 |               |        |        |              |              |        |                  |                |
|-------------------------------|-----------------|---------------|--------|--------|--------------|--------------|--------|------------------|----------------|
| nr                            | Nazwa przekroju | Ciężar (kg/m) | b (mm) | d (mm) | Długość (mm) | Ilość (szt.) | Stal   | Masa elementu(k) | Suma masy (kg) |
| 201                           | CHS 76.1x4.0    | 7,1           | -      | -      | 9980         | 3            | S355JR | 70,9             | 212,6          |
| 202                           | CHS 33.7x3.2    | 2,4           | -      | -      | 1180         | 36           | S355JR | 2,8              | 102,0          |
| 203                           | CHS 33.7x3.2    | 2,4           | -      | -      | 924          | 36           | S355JR | 2,2              | 79,8           |
| 204                           | -               |               | 150    | 10     | 150          | 6            | S355JR | 1,8              | 10,6           |
| Suma (kg)                     |                 |               |        |        |              |              |        |                  | 405,0          |
| Spoiny ~2% (kg)               |                 |               |        |        |              |              |        |                  | 8,1            |
| Całkowite (kg)                |                 |               |        |        |              |              |        |                  | 413,1          |

|                                                  |                  |                   |
|--------------------------------------------------|------------------|-------------------|
| Nazwa rysunku: Segment 1-3, 5-7, 9 [Załącznik 5] |                  |                   |
| Faza opracowania: Projekt Wykonawczy             | Data: 10.09.2025 | Skala: 1:10/20/30 |
| Branża: Konstrukcja                              |                  |                   |
| Opracował: inż. Mariusz Ziota                    | Nr Rys. 2        |                   |
| Sprawdził: dr hab. inż. Łukasz Domagalski        |                  |                   |

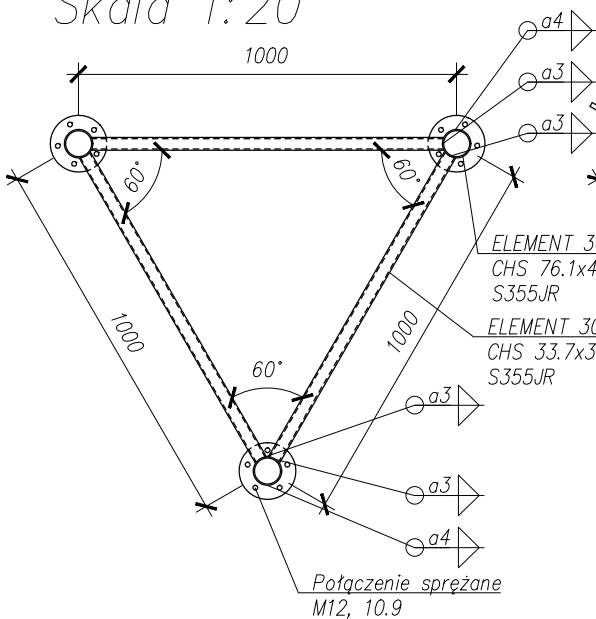
Segment 4, S355JR  
Skala 1:30



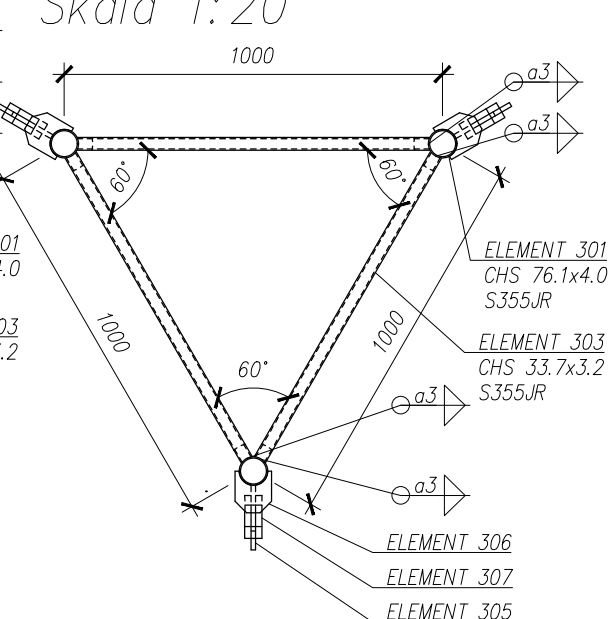
Schemat wykonawczy skratowania  
Skala 1:20



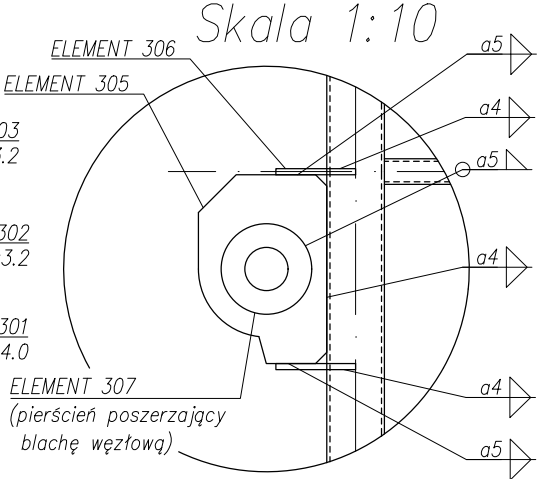
Przekrój A-A  
Skala 1:20



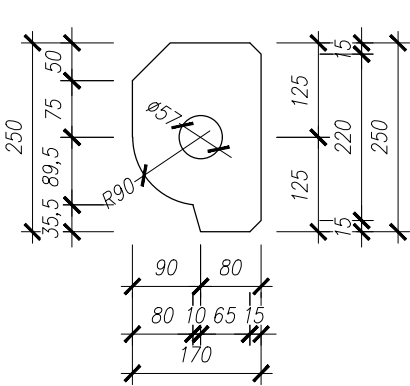
Przekrój B-B  
Skala 1:20



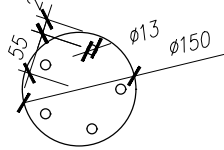
Detal 1  
Skala 1:10



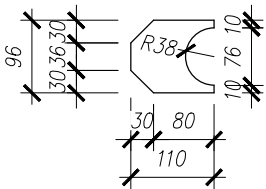
ELEMENT 305, 3szt. S355JR  
BL 170x12, L=250 Skala 1:10



ELEMENT 304, 6szt. S355JR  
BL 150x10, L=150 Skala 1:10



ELEMENT 306, 6szt. S355JR  
BL 110x8, L=96 Skala 1:10



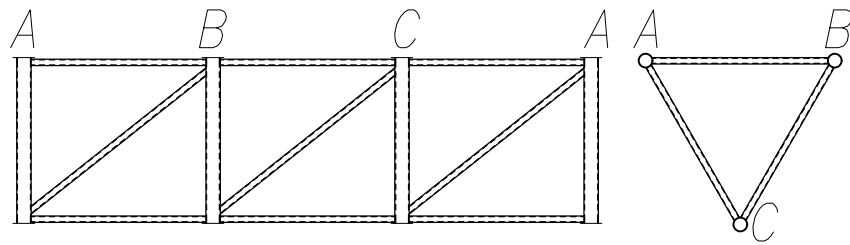
ELEMENT 307, 6szt. S355JR  
BL 120x16,5, L=120 Skala 1:10  
(pierścień poszerzający blachę węzłową)



- Uwagi:
- Klasa niezawodności – 2
  - Wysokość masztu 91,0m
  - Rury stalowe gorzcowalcowane S355JR
  - Szerokość ściany masztu 1076mm
  - Skratowanie typu "K"
  - Połączenia pomiędzy segmentami:
    - sprężane M12, 10.9
  - Nachylenie odcigów masztu: 45°
  - Dwa poziomy odcigów
  - Spoiny nieoznaczone należy wykonać jako spoiny pachwinowe ciągłe, zgodnie z PN-EN ISO 5817, klasa jakości C. Wymiary spoin:
    - dla połączeń z rur:  $a = \min(1,0 \times \text{grubość cieńszego elementu}; 5 \text{ mm})$ ,
    - dla pozostałych połączeń:  $a = \min(0,7 \times \text{grubość cieńszego elementu}; 5 \text{ mm})$ .
  - Niniejsze opracowanie stanowi integralną część projektu i może być rozpatrywane wyłącznie z pozostałymi branżami oraz opisem technicznym

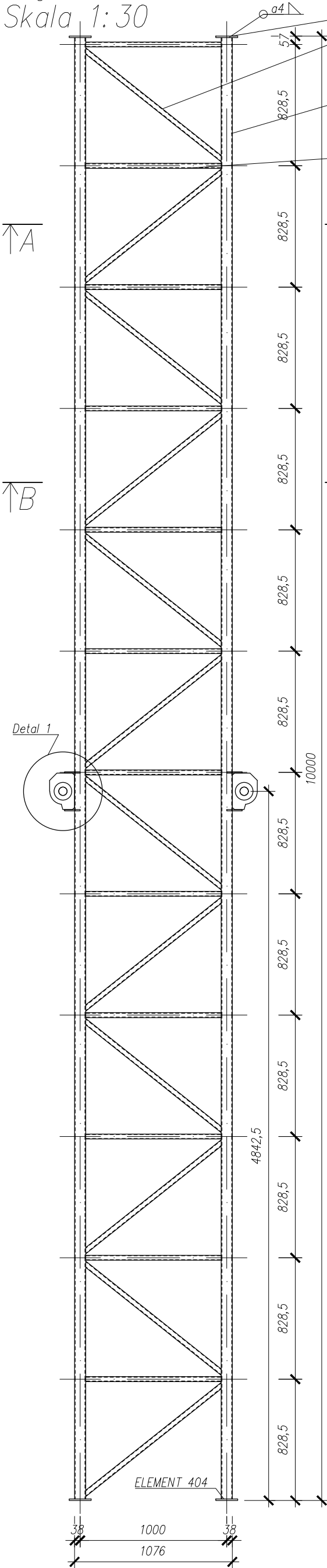
| Zestawienie stali - Segment 4 |                 |               |        |        |              |              |        |                  |               |
|-------------------------------|-----------------|---------------|--------|--------|--------------|--------------|--------|------------------|---------------|
| nr                            | Nazwa przekroju | Ciężar (kg/m) | b (mm) | d (mm) | Długość (mm) | Ilość (szt.) | Stal   | Masa elementu(k) | Suma masy(kg) |
| 301                           | CHS 76.1x4.0    | 7,1           | -      | -      | 9980         | 3            | S355JR | 70,9             | 212,6         |
| 302                           | CHS 33.7x3.2    | 2,4           | -      | -      | 1180         | 36           | S355JR | 2,8              | 102,0         |
| 303                           | CHS 33.7x3.2    | 2,4           | -      | -      | 924          | 36           | S355JR | 2,2              | 79,8          |
| 304                           | -               | -             | 150    | 10     | 150          | 6            | S355JR | 1,8              | 10,6          |
| 305                           | -               | -             | 170    | 12     | 250          | 3            | S355JR | 4,0              | 12,0          |
| 306                           | -               | -             | 110    | 8      | 96           | 6            | S355JR | 0,7              | 4,0           |
| 307                           | -               | -             | 120    | 16,5   | 120          | 6            | S355JR | 1,9              | 11,2          |
|                               |                 |               |        |        |              |              |        | Suma (kg)        | 432,1         |
|                               |                 |               |        |        |              |              |        | Spoiny ~2% (kg)  | 8,6           |
|                               |                 |               |        |        |              |              |        | Całkowite (kg)   | 440,8         |

Schemat skratowania Skala 1:40

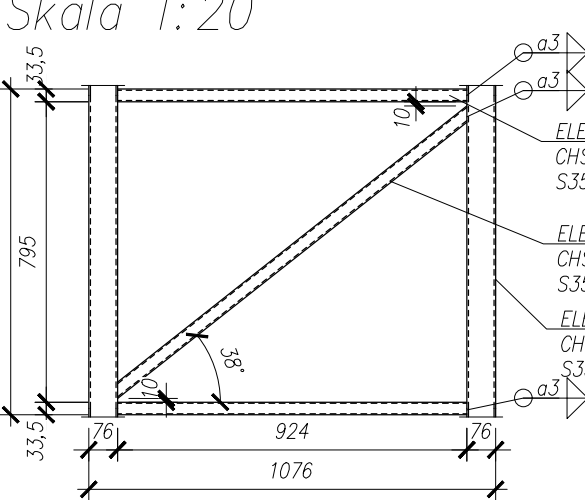


|                                           |  |                  |                           |
|-------------------------------------------|--|------------------|---------------------------|
| Nazwa rysunku: Segment 4 [Załącznik 6]    |  |                  |                           |
| Faza opracowania: Projekt Wykonawczy      |  | Data: 10.09.2025 | Skala: 1:10/20<br>1:30/40 |
| Branża: Konstrukcja                       |  |                  |                           |
| Opracował: inż. Mariusz Ziota             |  |                  | Nr Rys. 3                 |
| Sprawdził: dr hab. inż. Łukasz Domagalski |  |                  |                           |

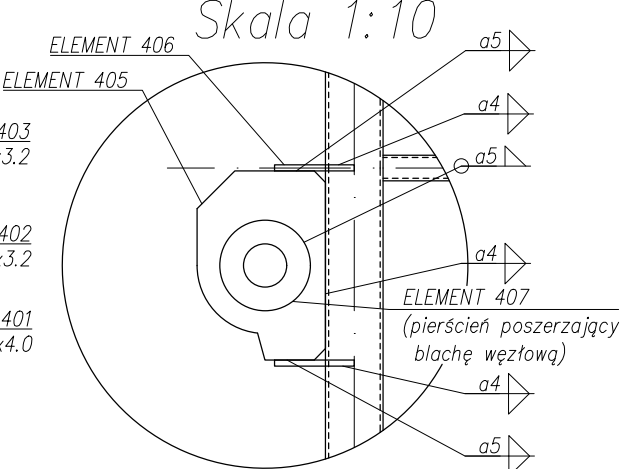
Segment 8, S355JR  
Skala 1:30



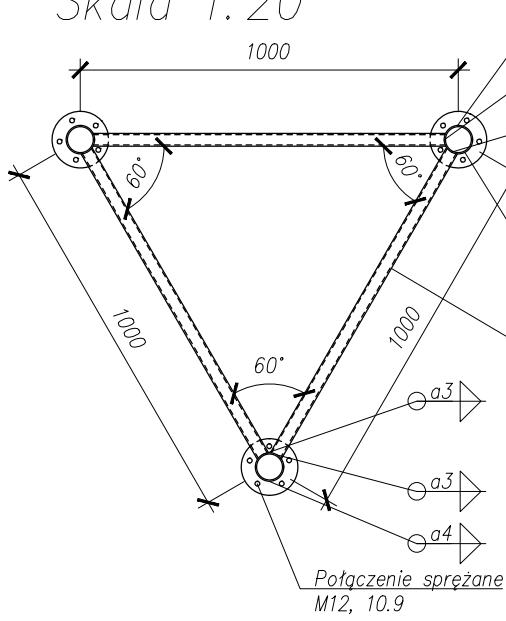
Schemat wykonawczy skratowania  
Skala 1:20



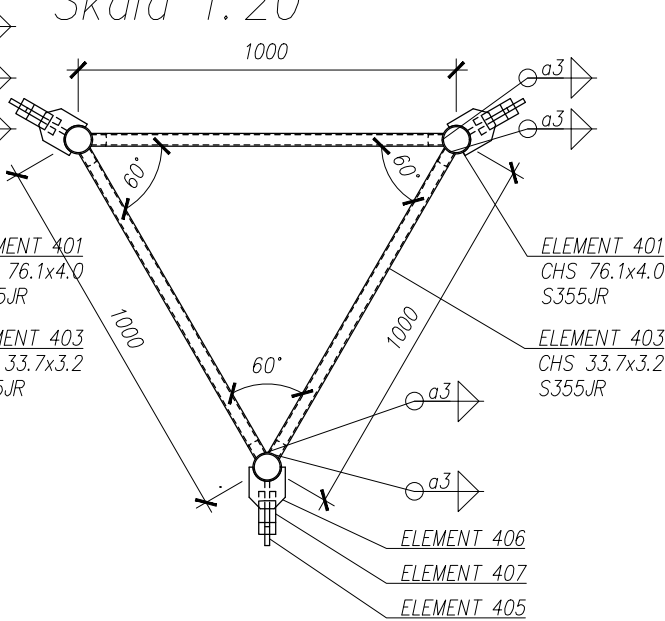
Detal 1  
Skala 1:10



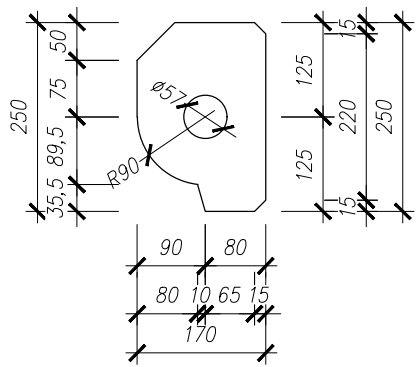
Przekrój A-A  
Skala 1:20



Przekrój B-B  
Skala 1:20



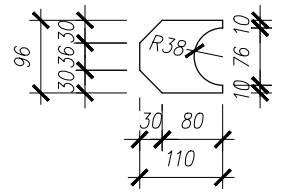
ELEMENT 405, 3szt. S355JR  
BL 170x12, L=250 Skala 1:10



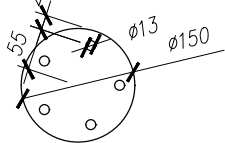
ELEMENT 407, 6szt. S355JR  
BL 120x16,5, L=120 Skala 1:10  
(pierścienie poszerzające blachę węzłową)



ELEMENT 406, 6szt. S355JR  
BL 110x8, L=96 Skala 1:10



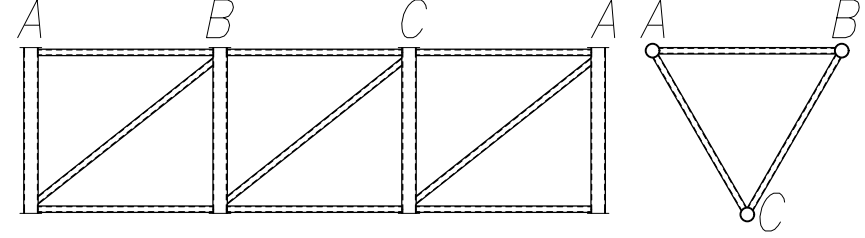
ELEMENT 404, 6szt. S355JR  
BL 150x10, L=150 Skala 1:10



- Uwagi:
- Klasa niezawodności – 2
  - Wysokość masztu 91,0m
  - Rury stalowe gorzcowalcowane S355JR
  - Szerokość ściany masztu 1076mm
  - Skratowanie typu "K"
  - Połączenia pomiędzy segmentami:  
– sprężane M12, 10.9
  - Nachylenie odcinków masztu: 45°
  - Dwa poziomy odcinki
  - Spoiny nieoznaczone należy wykonać jako spoiny pachwinowe ciągłe, zgodnie z PN-EN ISO 5817, klasa jakości C. Wymiary spoin:  
– dla połączeń z rur:  $a = \min(1,0 \times \text{grubość cieńszego elementu}; 5 \text{ mm})$ ,  
– dla pozostałych połączeń:  $a = \min(0,7 \times \text{grubość cieńszego elementu}; 5 \text{ mm})$ .
  - Niniejsze opracowanie stanowi integralną część projektu i może być rozpatrywane wyłącznie z pozostałymi branżami oraz opisem technicznym

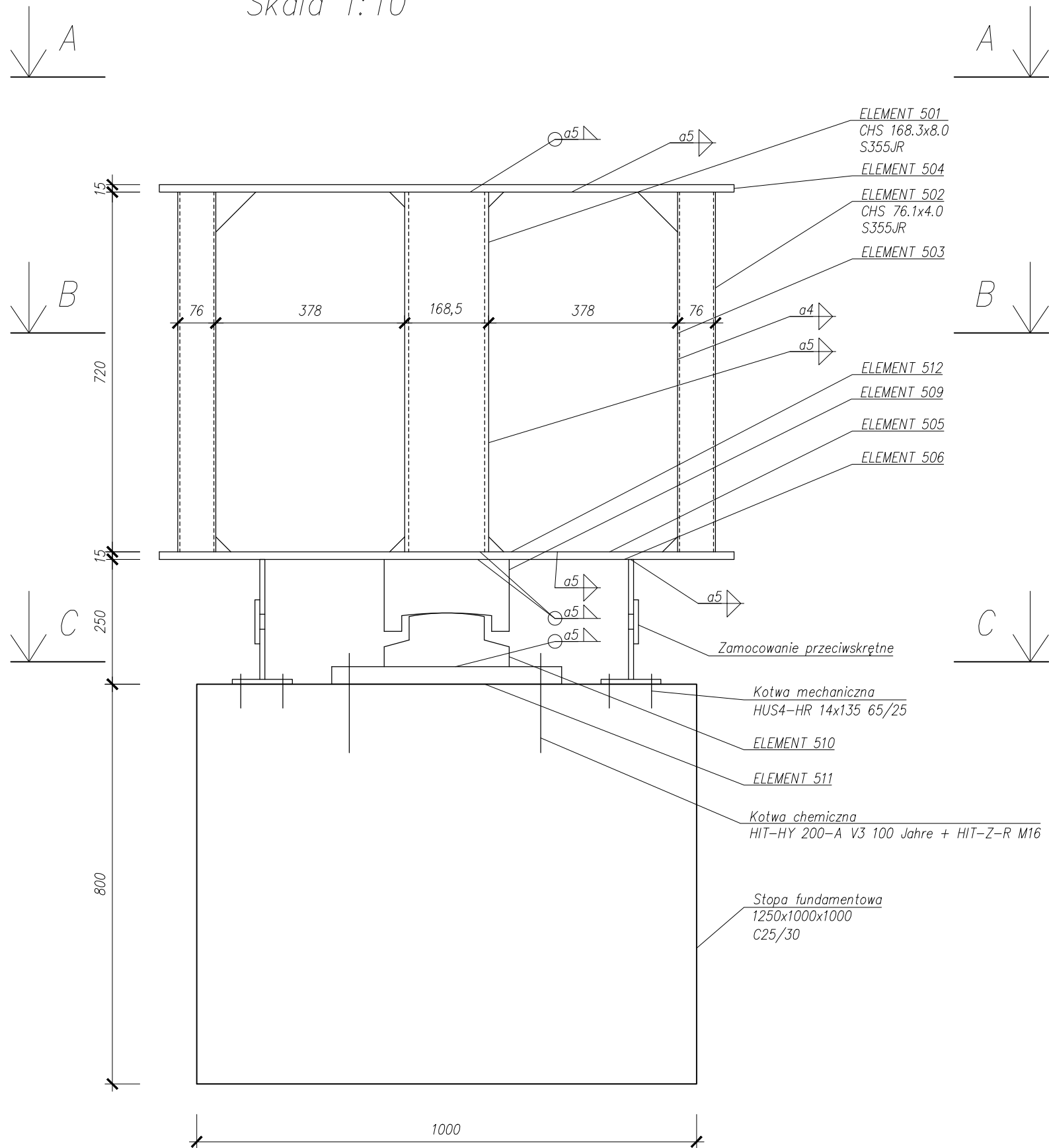
| Zestawienie stali - Segment 8 |                 |               |        |        |              |              |        |                  |                |
|-------------------------------|-----------------|---------------|--------|--------|--------------|--------------|--------|------------------|----------------|
| nr                            | Nazwa przekroju | Ciężar (kg/m) | b (mm) | d (mm) | Długość (mm) | Ilość (szt.) | Stal   | Masa elementu(k) | Suma masy (kg) |
| 401                           | CHS 76.1x4.0    | 7,1           | -      | -      | 9980         | 3            | S355JR | 70,9             | 212,6          |
| 402                           | CHS 33.7x3.2    | 2,4           | -      | -      | 1180         | 36           | S355JR | 2,8              | 102,0          |
| 403                           | CHS 33.7x3.2    | 2,4           | -      | -      | 924          | 36           | S355JR | 2,2              | 79,8           |
| 404                           | -               | -             | 150    | 10     | 150          | 6            | S355JR | 1,8              | 10,6           |
| 405                           | -               | -             | 170    | 12     | 250          | 3            | S355JR | 4,0              | 12,0           |
| 406                           | -               | -             | 110    | 8      | 96           | 6            | S355JR | 0,7              | 4,0            |
| 407                           | -               | -             | 120    | 16,5   | 120          | 6            | S355JR | 1,9              | 11,2           |
|                               |                 |               |        |        |              |              |        | Suma (kg)        | 432,1          |
|                               |                 |               |        |        |              |              |        | Spoiny ~2% (kg)  | 8,6            |
|                               |                 |               |        |        |              |              |        | Całkowite (kg)   | 440,8          |

Schemat skratowania Skala 1:40

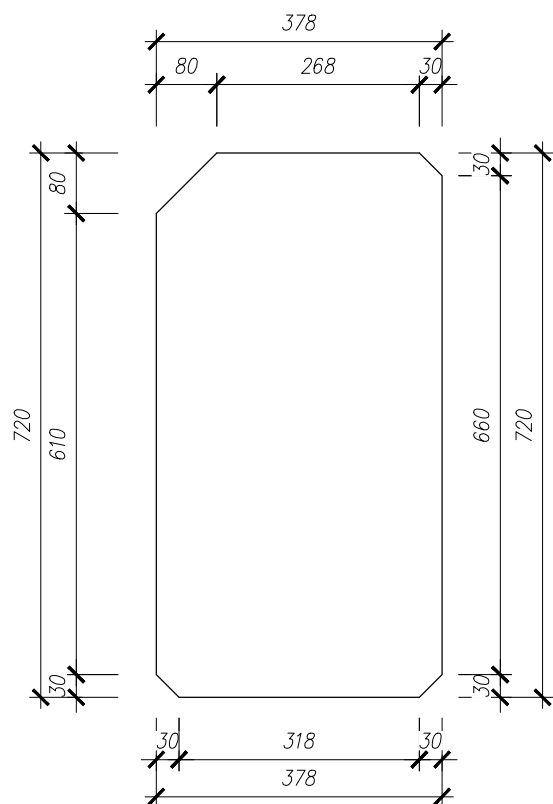


|                                           |  |                  |                             |
|-------------------------------------------|--|------------------|-----------------------------|
| Nazwa rysunku: Segment 8 [Załącznik 7]    |  |                  |                             |
| Faza opracowania: Projekt Wykonawczy      |  | Data: 10.09.2025 | Skala: 1: 10/20<br>1: 30/40 |
| Branża Konstrukcja                        |  |                  |                             |
| Opracował: inż. Mariusz Ziota             |  |                  | Nr Rys. 4                   |
| Sprawdził: dr hab. inż. Łukasz Domagalski |  |                  |                             |

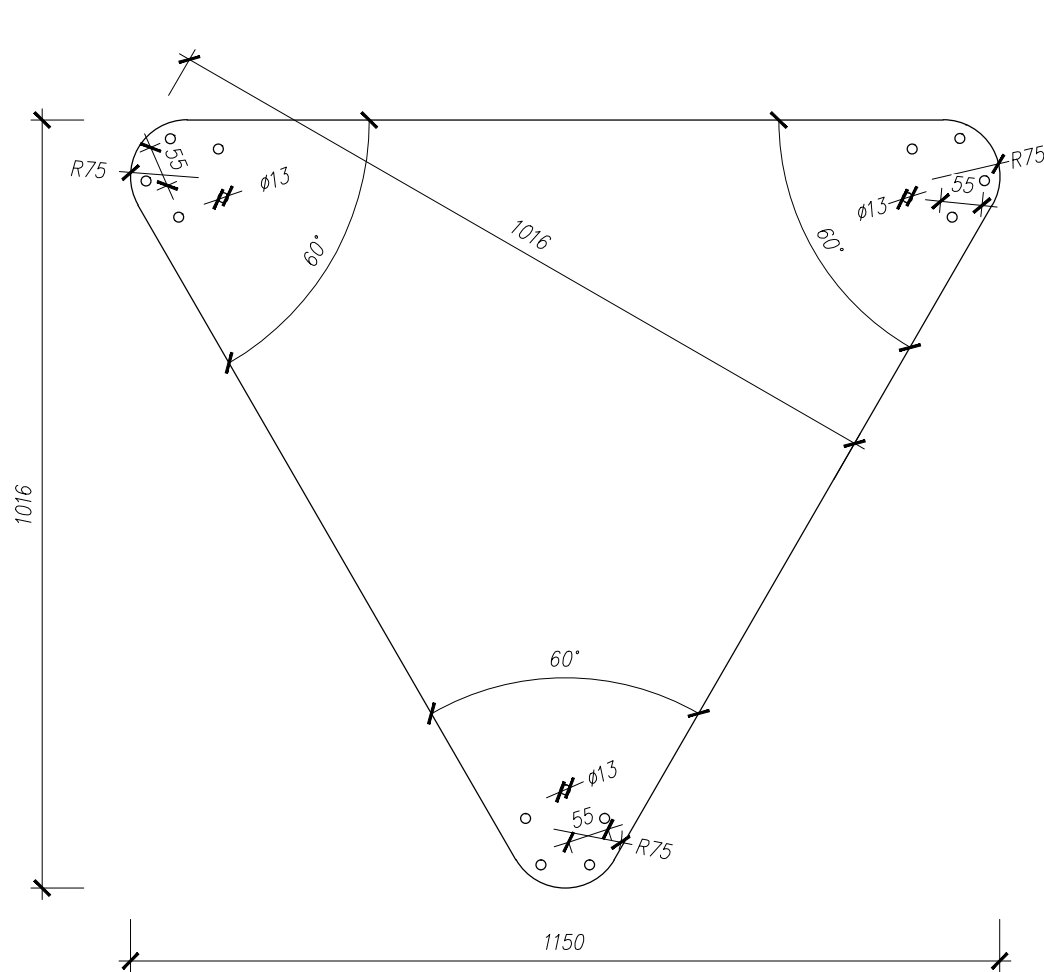
Podstawa trzonu, S355JR  
Skala 1:10



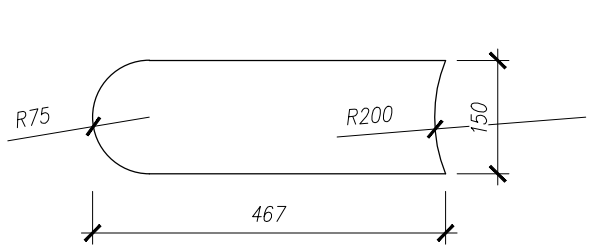
ELEMENT 503, 3szt. S355JR  
BL 378x15, L=720 Skala 1:10



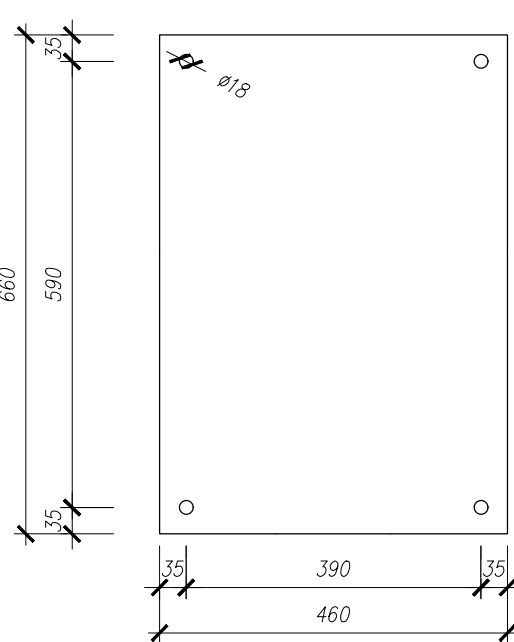
ELEMENT 504, 1szt. S355JR  
BL 1016x15, L=1150 Skala 1:10



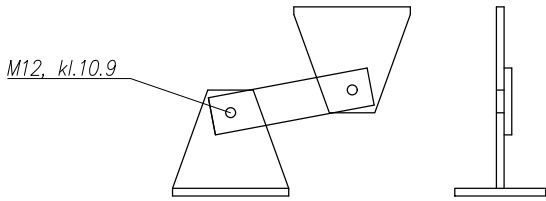
ELEMENT 505, 3szt. S355JR  
BL 150x15, L=467 Skala 1:10



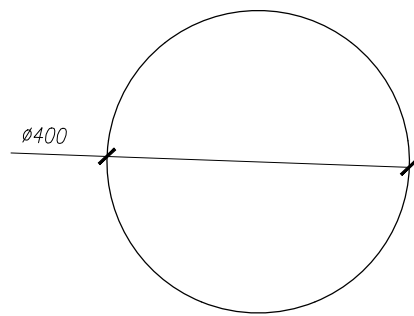
ELEMENT 511, 1szt. S355JR  
BL 460x35, L=660 Skala 1:10



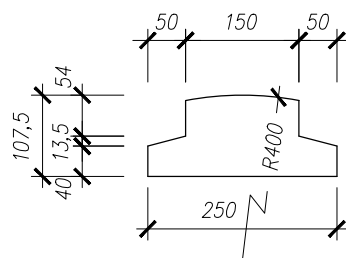
Zamocowanie przeciwnie  
Skala 1:10



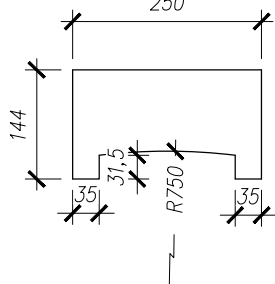
ELEMENT 512, 1szt. S355JR  
BL 400x15, L=400 Skala 1:10



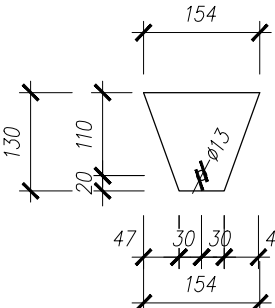
ELEMENT 510, 1szt. S355JR  
R250 L=107,5 Skala 1:10



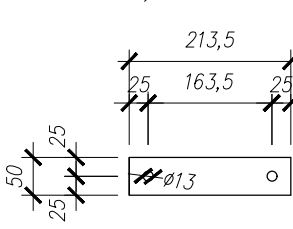
ELEMENT 509, 1szt. S355JR  
R250 L=144 Skala 1:10



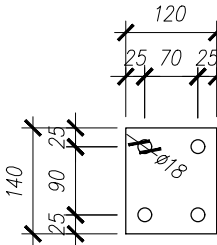
ELEMENT 506, 6szt. S355JR  
BL 130x10, L=154 Skala 1:10



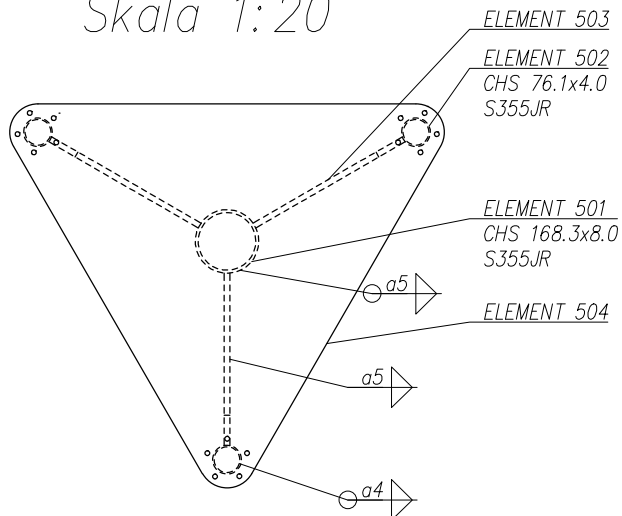
ELEMENT 507, 3szt. S355JR  
BL 120x10, L=140 Skala 1:10



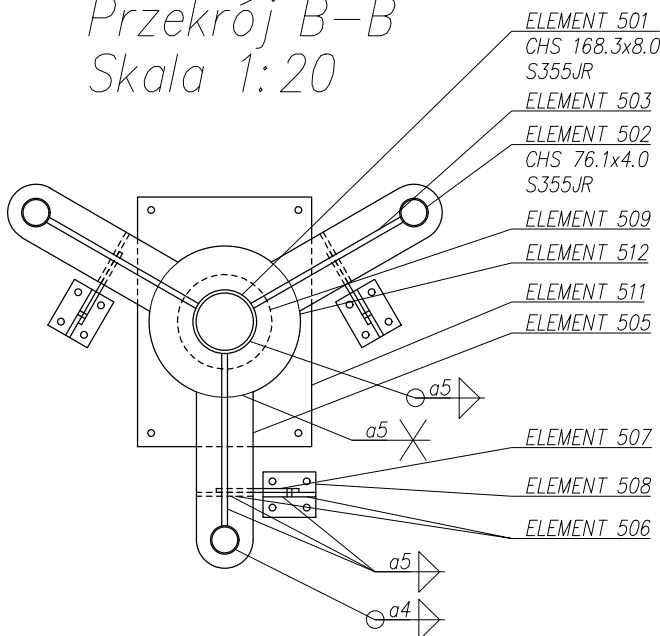
ELEMENT 508, 3szt. S355JR  
BL 120x10, L=140 Skala 1:10



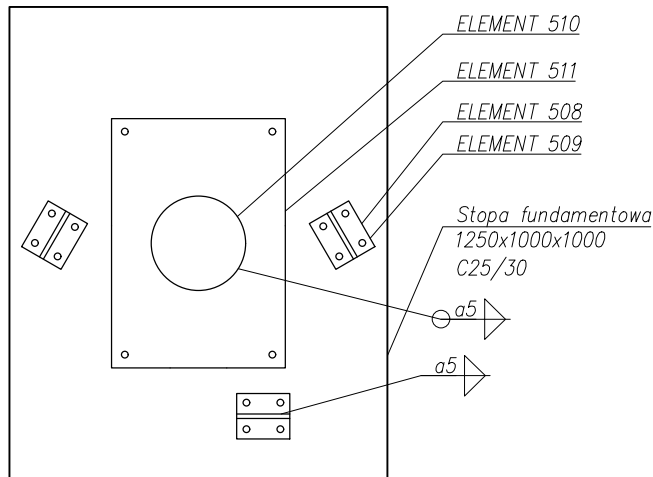
Przekrój A-A  
Skala 1:20



Przekrój B-B  
Skala 1:20



Przekrój C-C  
Skala 1:20



- Uwagi:
- Klasa niezawodności – 2
  - Wysokość masztu 91,0m
  - Rury stalowe gorczawcowane S355JR
  - Szerokość ściany masztu 1076mm
  - Skratowanie typu "K"
  - Połączenia pomiędzy segmentami:  
– sprężane M12, 10.9
  - Nachylenie odcinków masztu: 45°
  - Dwa poziomy odcinki
  - Spoiny nieoznaczone należy wykonać jako spoiny pachwinowe ciągłe, zgodnie z PN-EN ISO 5817, klasa jakości C. Wymiary spoin:  
– dla połączeń z rur:  $a = \min(1,0 \times \text{grubość cieńszego elementu}; 5 \text{ mm})$ ,  
– dla pozostałych połączeń:  $a = \min(0,7 \times \text{grubość cieńszego elementu}; 5 \text{ mm})$ .
  - Niniejsze opracowanie stanowi integralną część projektu i może być rozpatrywane wyłącznie z pozostałymi branżami oraz opisem technicznym

| Zestawienie stali - Podstawa masztu |                 |               |        |        |              |              |        |                 |                |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|--------|--------|--------------|--------------|--------|-----------------|----------------|
| nr                                  | Nazwa przekroju | Ciężar (kg/m) | b (mm) | d (mm) | Długość (mm) | Ilość (szt.) | Stal   | Masa elementu(k | Suma masy (kg) |
| 501                                 | CHS 168.3x8.0   | 31,6          | -      | -      | 720          | 1            | S355JR | 22,8            | 22,8           |
| 502                                 | CHS 76.1x4.0    | 7,1           | -      | -      | 720          | 3            | S355JR | 5,1             | 15,3           |
| 503                                 | -               | -             | 378    | 15     | 720          | 3            | S355JR | 32,0            | 96,1           |
| 504                                 | -               | -             | 1016   | 15     | 1150         | 1            | S355JR | 137,6           | 137,6          |
| 505                                 | -               | -             | 150    | 15     | 467          | 3            | S355JR | 8,2             | 24,7           |
| 506                                 | -               | -             | 130    | 10     | 154          | 6            | S355JR | 1,6             | 9,4            |
| 507                                 | -               | -             | 120    | 10     | 140          | 3            | S355JR | 1,3             | 4,0            |
| 508                                 | -               | -             | 120    | 10     | 140          | 3            | S355JR | 1,3             | 4,0            |
| 509                                 | R250            | 385,3         | -      | -      | 144          | 1            | S355JR | 55,5            | 55,5           |
| 510                                 | R250            | 385,3         | -      | -      | 108          | 1            | S355JR | 41,6            | 41,6           |
| 511                                 | -               | -             | 460    | 35     | 660          | 1            | S355JR | 83,4            | 83,4           |
| 512                                 | -               | -             | 400    | 15     | 400          | 1            | S355JR | 18,8            | 18,8           |
|                                     |                 |               |        |        |              |              |        | Suma (kg)       | 513,2          |
|                                     |                 |               |        |        |              |              |        | Spoiny ~2% (kg) | 10,3           |
|                                     |                 |               |        |        |              |              |        | Całkowite (kg)  | 523,5          |

Nazwa rysunku: Podstawa masztu [Załącznik 8]

|                   |                                |            |         |
|-------------------|--------------------------------|------------|---------|
| Faza opracowania: | Projekt Wykonawczy             | Data:      | Skala:  |
| Branża            | Konstrukcja                    | 10.09.2025 | 1:10/20 |
| Opracował:        | inż. Mariusz Ziota             | Nr Rys.    |         |
| Sprawdził:        | dr hab. inż. Łukasz Domagalski |            |         |