

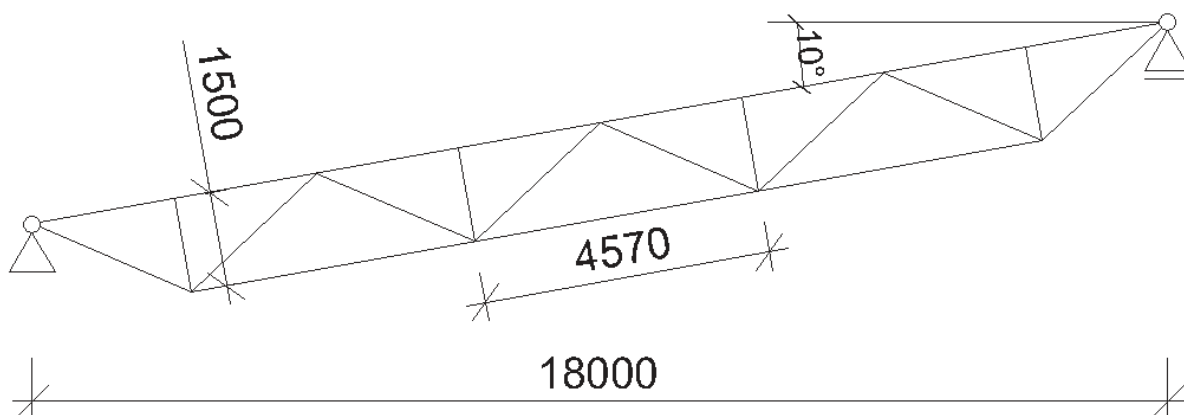
2.4. Kratownica – dźwigar przekrycia hali stalowej o dachu jednospadowym

Uwaga: Omawiany przykład skierowany jest do osób znających podstawy programu Autodesk Robot. Jeżeli jesteś nowym użytkownikiem i stawiasz pierwsze kroki w programie zaleca się rozpoczęcie od przykładu: 2.1 Belka swobodnie podparta w warunkach użytkowania i w warunkach montażu (nie zabezpieczona przed zwichrzeniem) – Przykład 7.2 [1]

2.4.1. Dane

Zaprojektowano dźwigar kratowy jednospadowego dachu hali stalowej o rozpiętości 18 m.

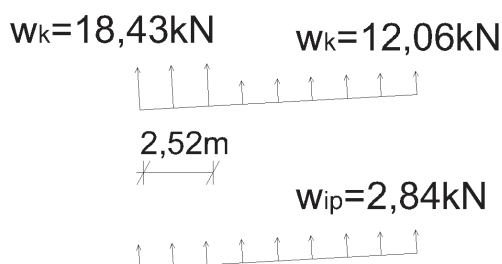
- rozstaw płatwi: 2,25 m
- rozstaw głównych układów poprzecznych: 9 m
- pasy górny i dolny – belki ciągłe
- stal: S355
- kształtowniki – rury kwadratowe



Zestawienie obciążeń:

Obciążenie	obciążenia charakterystyczne [kN]	współczynnik γ_G
Obciążenia stałe:		
ciężar kratownicy – przyjmowane przez program	-	1,35
ciężar pokrycia: $0,32 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,25 \text{ m} \cdot 9 \text{ m}$	6,48	1,35
ciężar własny belki IPE 180: $0,188 \text{ kN/m} \cdot 9 \text{ m}$	1,69	1,35
Σ	$g_k=8,17$	
Obciążenia zmienne		
śnieg: $s = 0,96 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,25 \text{ m} \cdot 9 \text{ m}$	$s_k=19,44$	1,5
wiatr: W_e	18,43	1,5
W_e	12,06	1,5
W_{ip} - ciśnienie wewnętrzne	2,84	1,5

Oddziaływanie wiatru na kratownicę (siły skupione przyłożone do węzłów):



2.4.2. Modelowanie konstrukcji

Uruchamiamy program Robot i postępujemy wg punktu: „1Przygotowanie programu do pracy na płaskich układach zgodnie z Eurokodami” na stronie... . Jeżeli zapisaliśmy swoje ustawianie do pliku, wystarczy, że wybierzemy je z listy.

Program możemy rozpocząć wybierając z ekranu początkowego:



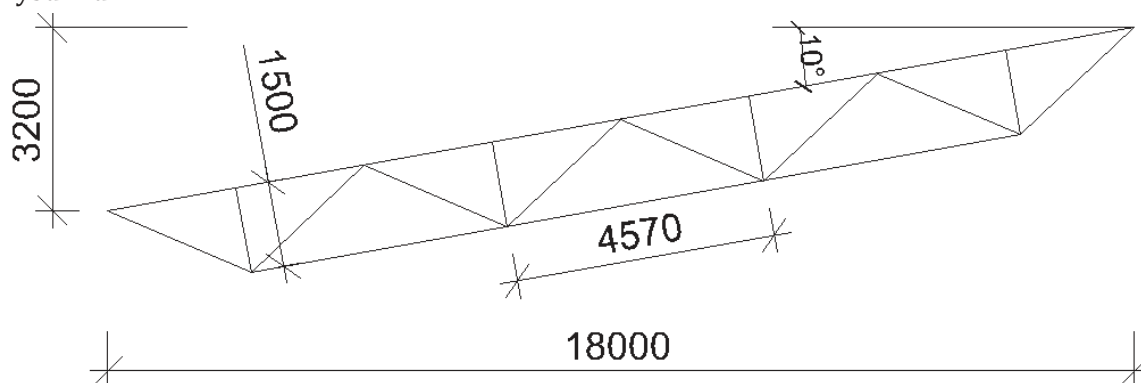
(projektowanie kratownicy płaskiej)

Wówczas program zmieni ustawienia do projektowania kratownicy, której pręty pracują tylko i wyłącznie na ściskanie bądź rozciąganie (w prętach nie ma ścinania i zginania), a podpory blokują tylko przesuw w osi z i x.

Naszą kratownicę możemy zamodelować posługując się gotowym podkładem w formacie .dwg lub .dxf, lub wprowadzając współrzędne punktów (jeżeli je znamy).

Modelowanie konstrukcji za pomocą podkładu

1. Przygotowujemy podkład w formacie .dwg (np. w programie AutoCAD) o wymiarach jak na rysunku:



2. W programie Robot w ekranie

FR Start

otwieramy menu: **Plik** → **Importuj** →

Podkłady DXF, DWG.... Wyszukujemy nasz

plik z podkładem i klikamy **Otwórz**.

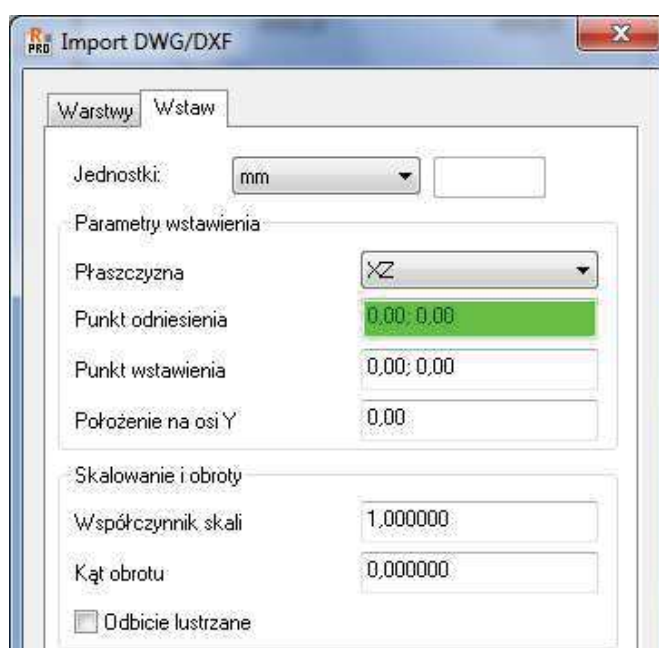
W oknie „Import DWG/DXF” wybieramy jednostkę w jakiej narysowany jest podkład.

Jeśli rysowaliśmy w milimetrach z listy wybieramy „mm”.


W pozycji „Płaszczyzna” wybieramy z listy XZ - jest to płaszczyzna w której będziemy modelować układ. Klikamy

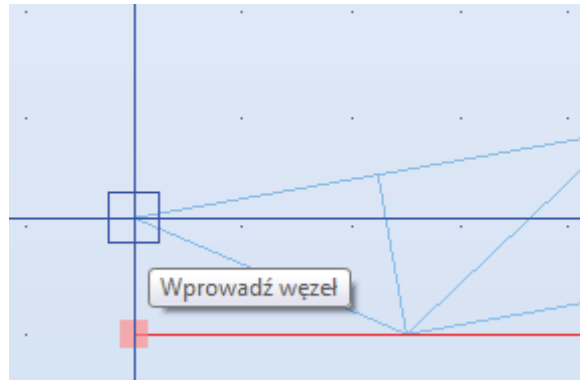
OK.

W oknie powinniśmy ujrzeć zaimpor-




towany rysunek,

- Przechodzimy do ekranu  Węzły i w oknie „Widok” klikamy na podkład w punktach węzłów kratownicy:



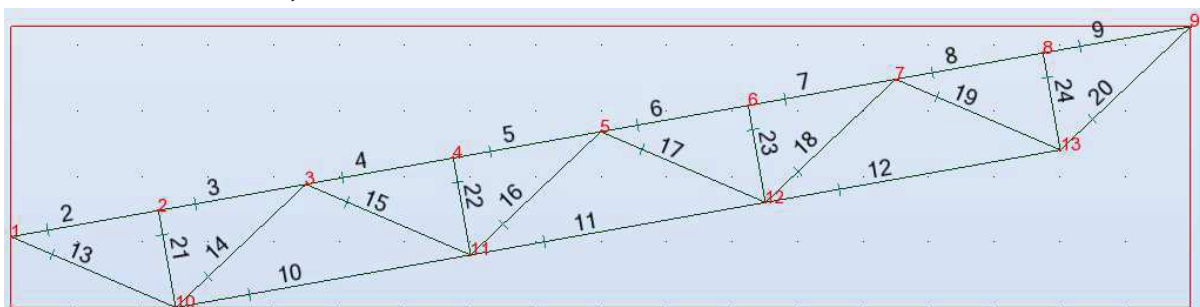
Zaczynamy od lewej strony górnego pasa, kończymy z prawej strony pasa dolnego.



- Zmieniamy ekran na:  Pręty i łączymy węzły prętami. Układ powinien wyglądać następująco:

Węzeł	X (m)	Z (m)
1	0,0	1,08
2	2,25	1,48
3	4,50	1,88
4	6,75	2,28
5	9,00	2,68
6	11,25	3,08
7	13,50	3,48
8	15,75	3,88
9	18,00	4,28
10	2,51	0,0
11	7,01	0,80
12	11,51	1,60
13	16,01	2,40


Pręt	Węzeł 1	Węzeł 2
2	1	2
3	2	3
4	3	4
5	4	5
6	5	6
7	6	7
8	7	8
9	8	9
10	10	11
11	11	12
12	12	13
13	1	10
14	10	3
15	3	11
16	11	5
17	5	12
18	12	7
19	7	13
20	13	9
21	2	10
22	4	11
23	6	12
24	8	13

Widok konstrukcji:



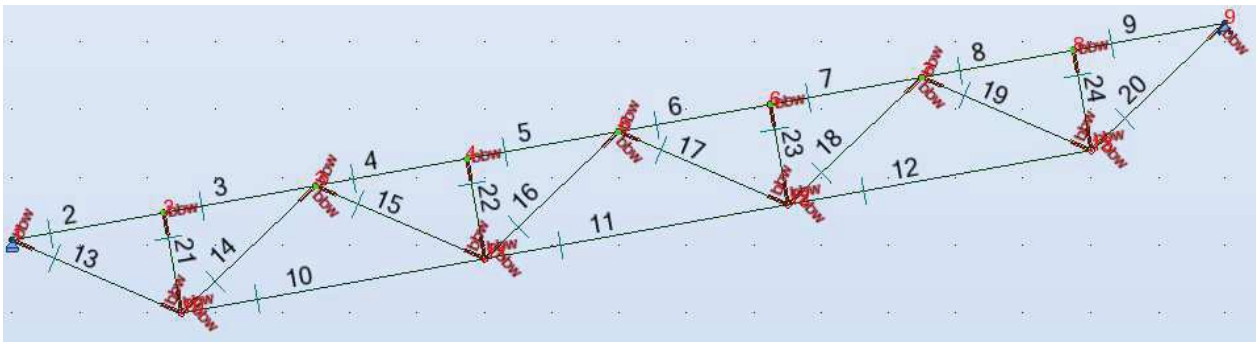
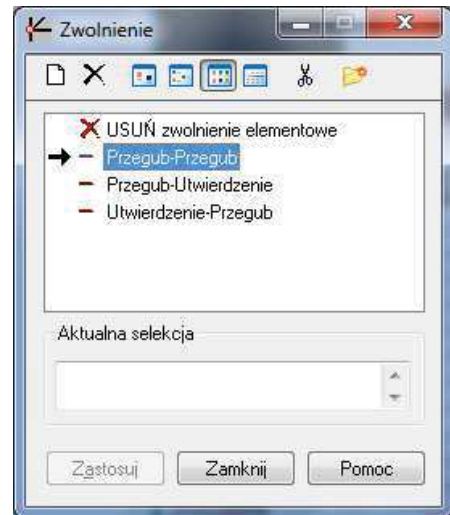
5. Nasza konstrukcja jest kratownicą, więc pręty będą ze sobą połączone przegubowo. Aby zdefiniować przeguby w układzie należy w oknie  kliknąć przycisk  (zwolnienia).




Pasy górny i dolny w dźwigarach kratowych projektowane są jako pręty ciągłe, więc przegubowo połączone będą jedynie słupki i krzyżulce.

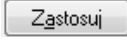
Wybieramy zwolnienie  i klikamy na wszystkie słupki i krzyżulce kratownicy w oknie „Widok”

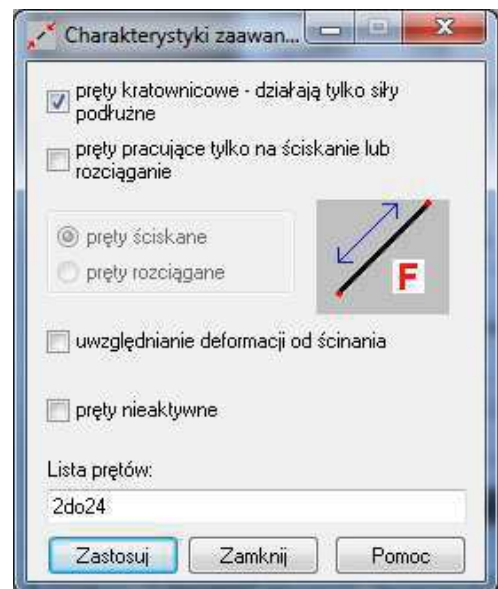
Definiując zwolnienia prętów należy pamiętać aby w węzle przynajmniej jeden pręt był bez zwolnienia w przeciwnym wypadku program wykryje niestabilność w tym punkcie i obliczenia będą niepoprawne.


W naszej konstrukcji na końcu każdego zaznaczonego pręta powinny pojawić się zwolnienia:



6. Jeżeli na początku pracy (zaraz po uruchomieniu programu) wybraliśmy „projektowanie ramy płaskiej”, to musimy nadać prętom cechę pręta kratowego – pracujący tylko na ściskanie i rozciągane. W tym celu wybieramy: menu **Geometria** → **Cechy dodatkowe** →  (lub klikamy  w ekranie ).

W oknie „Charakterystyki zaawansowane prętów” zaznaczoną zostawiamy tylko pozycję „pręty kratownicowe – działają tylko siły podłużne”. W polu „Lista prętów” wpisujemy wszystkie pręty, dla których chcemy przypisać charakterystykę: wpisujemy „2do24” i klikamy .



7. Przechodzimy do ekranu  i w węzłach 1 i 9 wstawiamy podpory:

Nazwa podpory	Lista węzłów	UX	UZ	RY
Podpora przesowna	9	wolny	zablokowany	wolny
Przegub	1	zablokowany	zablokowany	wolny

8. Z listy wybieramy ekran **Przekroje i Materiały**.

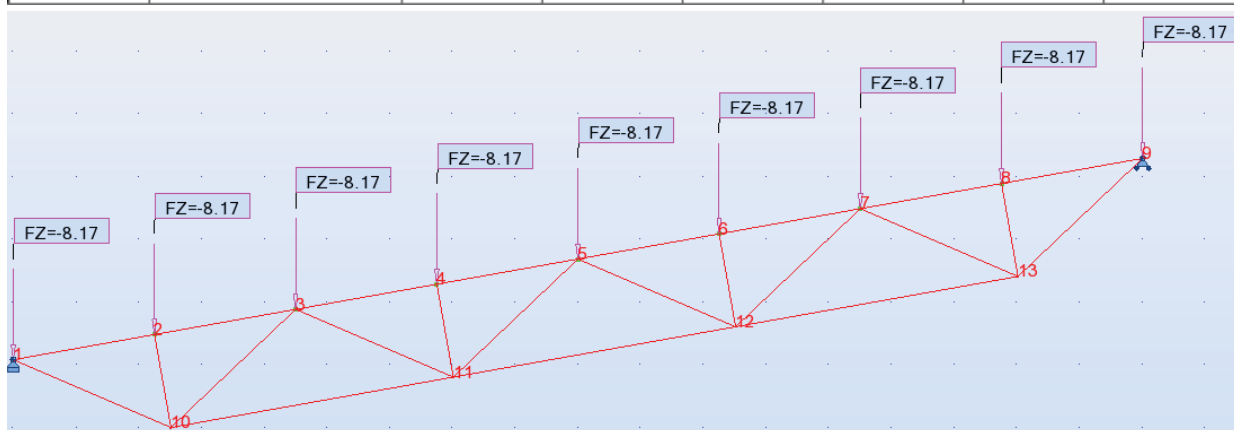
Naszym zadaniem jest zaprojektowanie elementu więc wstępnie przyjmujemy dowolny przekrój stalowy z listy, np. IPE 100 i zastosowujemy go dla wszystkich prętów kratownicy.

9. Aby zdefiniować obciążenia i kombinacje przechodzimy do ekranu **Obciążenia**. Tworzymy 3 przypadki obciążenia: stałe, śnieg oraz wiatr:

Numer	Nazwa przypadku	Natura
➔ 1	STA1	Konstrukcyjne
2	SN1	Śnieg H<100...
3	WIATR1	wiatr

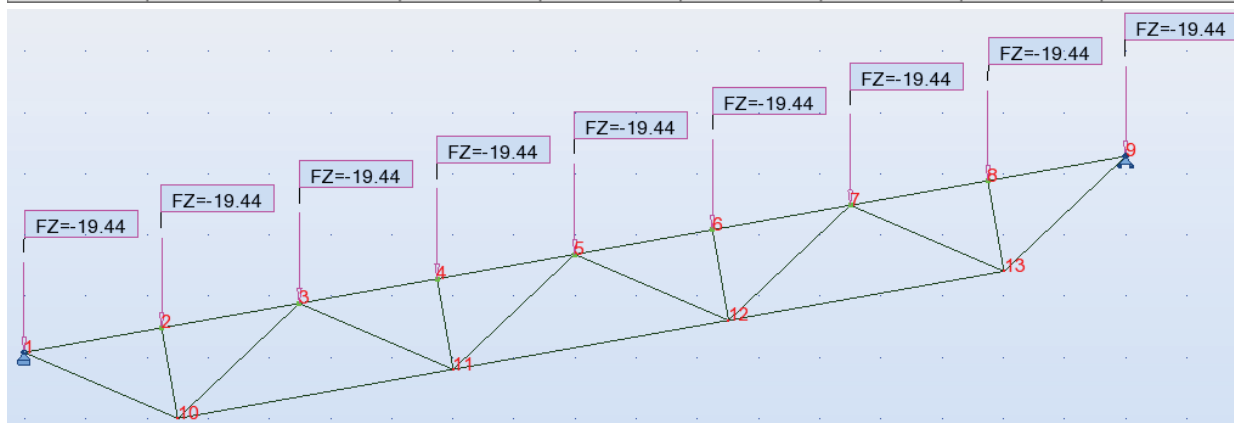
– W pierwszym przypadku STA1 pozwalamy aby program automatycznie przyjął obciążenie ciężarem własnym, oraz definiujemy dodatkowo obciążenia węzłowe – ciężar przekrycia

1:STA1	ciężar własny	2do24	Cała konstruk	-Z	Wsp=1,00	MEMO :	
1:STA1	siła węzłowa	1do9	FX=0,0	FZ=-8,17	CY=0,0	BE=0,0	MEMO :



– W przypadku SN1 definiujemy obciążenia węzłowe zmienne od śniegu

2:SN1	siła węzłowa	1do9	FX=0,0	FZ=-19,44	CY=0,0	BE=0,0	MEMO :
-------	--------------	------	--------	-----------	--------	--------	--------

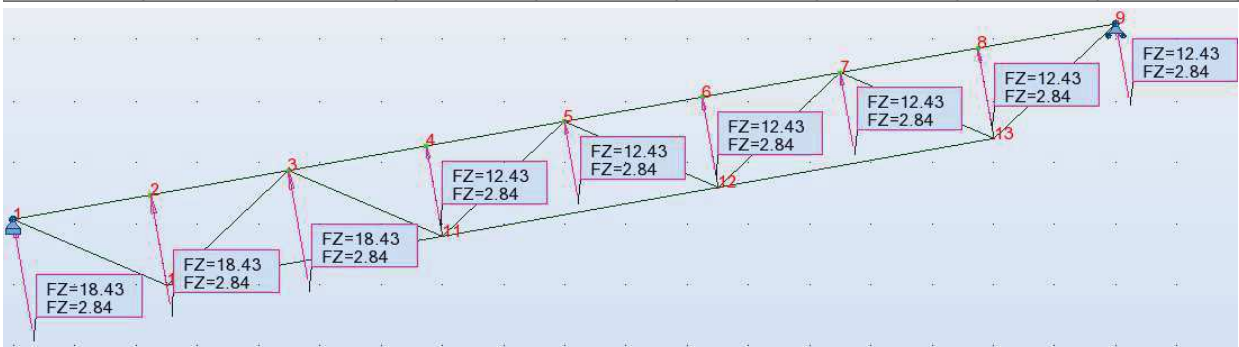



– W przypadku WIATR1 tworzymy obciążenia węzłowe zmienne od wiatru

Podczas definiowania obciążenia w oknie „Siła węzłowa” w kolumnie (Deg) wierszu Y wpisujemy „-10” – jest to kąt pod jakim przyłożona będzie siła do węzła (prostopadle do powierzchni dachu).

	F (kN)	M (kN*m)	∇ (Deg)
X:	0,00	0,00	0,0
Y:	0,00	0,00	-10,0
Z:	18,43	0,00	0,0

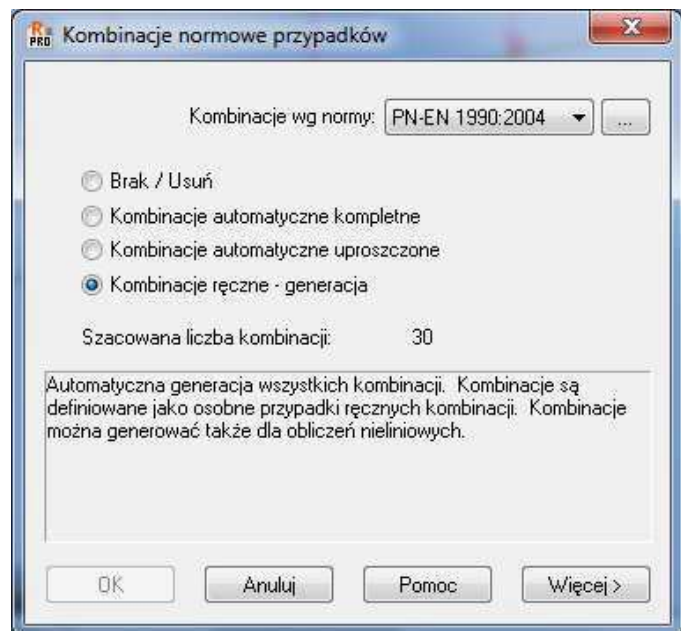
3:WIATR1	siła węzłowa	1do3	FX=0,0	FZ=18,43	CY=0,0	BE=-10,0	MEMO :
3:WIATR1	siła węzłowa	4do9	FX=0,0	FZ=12,43	CY=0,0	BE=-10,0	MEMO :
3:WIATR1	siła węzłowa	1do9	FX=0,0	FZ=2,84	CY=0,0	BE=-10,0	MEMO :



10. Kombinacje możemy zdefiniować sami lub pozwolić programowi aby wygenerował je automatycznie wg Eurokodu PN-EN 1990:2004. W tym celu klikamy na przycisk  (kombinacje normowe).

W otwartym oknie „Kombinacje normowe przypadków” zaznaczamy opcję „Kombinacje ręczne – generacja”.


Klikamy .




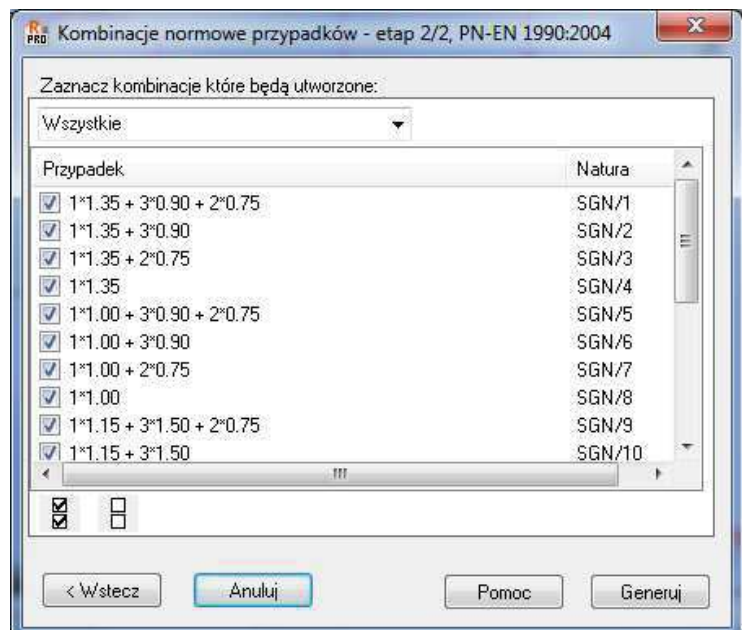
W zakładce „Kombinacje” zostawiamy zaznaczoną tylko pozycję „SGN”

Program wygeneruje tylko kombinacje do wymiarowania elementów w stanie granicznym nośności.

Klikamy .

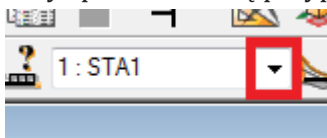
Program wyświetli listę kombinacji które może wygenerować. Zaznaczamy wszystkie kombinacje klikając .


Aby zakończyć definiowanie i wygenerować kombinacje klikamy przycisk .



Program powinien wygenerować 18 różnych kombinacji.




Możemy sprawdzić listę przypadków obciążenia i kombinacji, wystarczy kliknąć na:





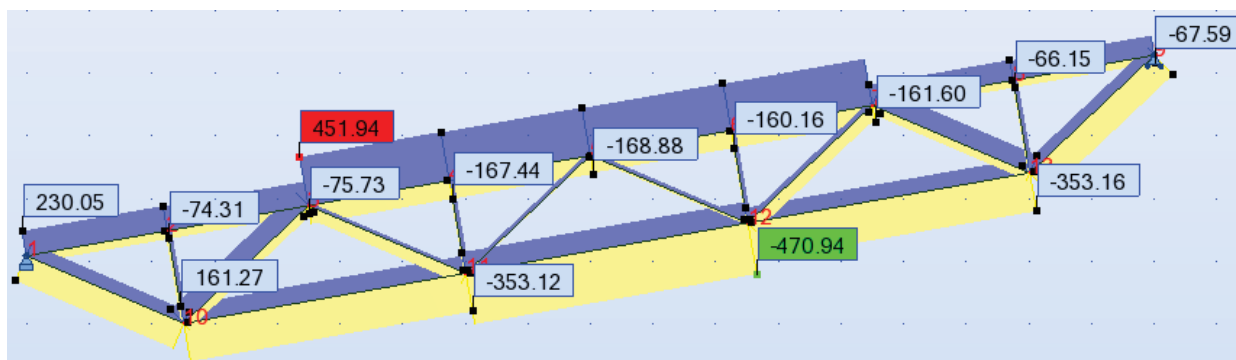
11. Po zamodelowaniu konstrukcji oraz zadaniu obciążeń dokonujemy obliczeń statycznych klikając .

12. W celu wyświetlenia wyników obliczeń przechodzimy do ekranu:  **Rezultaty**  **Rezultaty**.

Z zakładki „NTM” w oknie „Wykresy” wybieramy:  Siła F_x . W zakładce „Parametry” wybieramy następujące pozycje:

- „Opisy wykresów” karteczki 
- „Wartości dodatnie i ujemne” rozróżniane 
- „Wypełnianie” pełne 

Klikamy . Rozwijamy listę:  1: STA1 (w górnej części okna) i wybieramy „Kombinacje”. Wyświetlony powinien zostać wykres obwiedni sił osiowych w prętach kratownicy:



Pozostałe siły wewnętrzne (momenty zginające i siły poprzecznych) są zerowe lub nie aktywne w oknie „Wykresy”.

2.4.3. Wymiarowanie dźwigara kratowego

Wymiarowanie Stali


1. Przechodzimy do ekranu:  Wymiarowanie stali/aluminium

Pręty w kratownicy zostaną podzielone na 4 grupy:

- pas górny
- pas dolny
- słupki
- krzyżulce

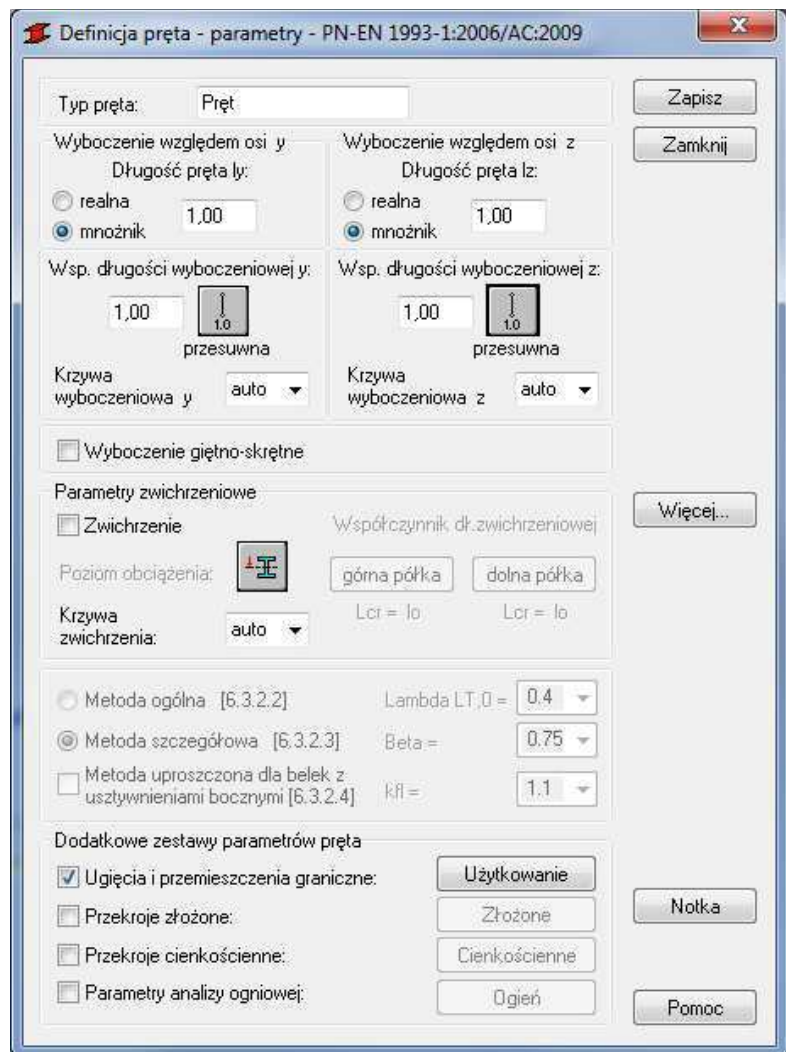
Pas górny zabezpieczony jest przed wyboczeniem z płaszczyzny kratownicy w punktach oparcia płatwi (węzły w pasie górnym – miejsca przyłożenia sił skupionych).

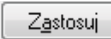
Dla uproszczenia przyjęto, że w dźwigarze występują 2 pionowe tężniki (w punktach 11 i 12), zmniejszające długość wybocheniową pasa dolnego.

Klikamy na  na pasku z prawej strony okna. W oknie „Typ pręta”. Widzimy gotowe zdefiniowane typy prętów stalowych, w tym „Pręt”, klikamy na niego dwukrotnie.

- pręty w naszej kratownicy nie są zginane, więc zwichrzenie nie wystąpi – pozycja „Zwichrzenie” jest odznaczona.
- długości wybocheniowe wszystkich prętów są równe ich rzeczywistym długościom więc mnożnik długości pręta i „Wsp. długości wybocheniowej” wynoszą: 1,00.
- W pozycji „Krzywa wybocheniowa” jest „auto” – dzięki temu program automatycznie dobierze parametr do obliczeń.


Typ pręta „Pręt” będzie więc odpowiednim typem dla całej kratownicy.

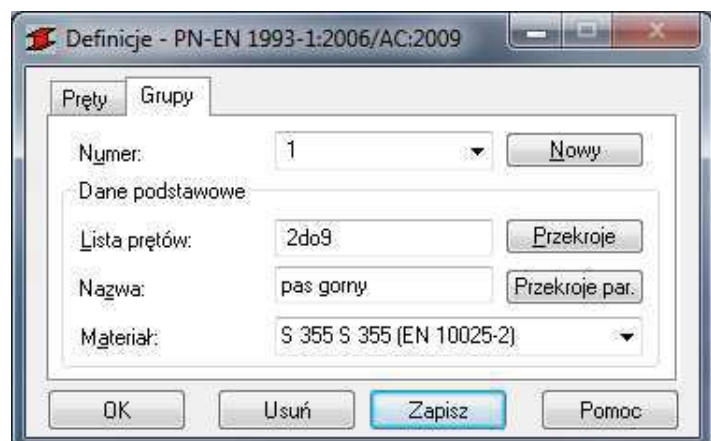


Zamykamy okno bez zapisywania zmian. W oknie „Typ pręta” wybieramy „Pręt i w pozycji „Linie/pręty” wpisujemy pręty, którym chcemy nadać nowy typ – wpisujemy „2do24” i potwierdzamy klikając: .

Możemy sprawdzić jakiego aktualnie typu jest dany pręt otwierając tabelę prętów: wybieramy z menu „Okno” → „Dodaj widok” → „Tabele - dane” → „Pręty”.


2. W oknie „Definicje” w zakładce „Grupy” utworzymy 4 grupy, które będziemy wymiarować:

- klikamy: 
- naszą grupę nazywamy „pas górny”
- w pozycji „Lista prętów” wpisujemy numery prętów, które stanowią pas górny kratownicy – wpisujemy



„2do9”

– w pozycji „Materiał” wybieramy z listy stal, którą chcemy użyć w naszej konstrukcji – wybieramy „S 355 S 355 (EN 10025-2)”

- klikamy , wybieramy listę interesujących nas przekrojów które program może nam zaproponować dla wybranej grupy. W nowo otwartym oknie „Selekcja przekrojów” wybieramy



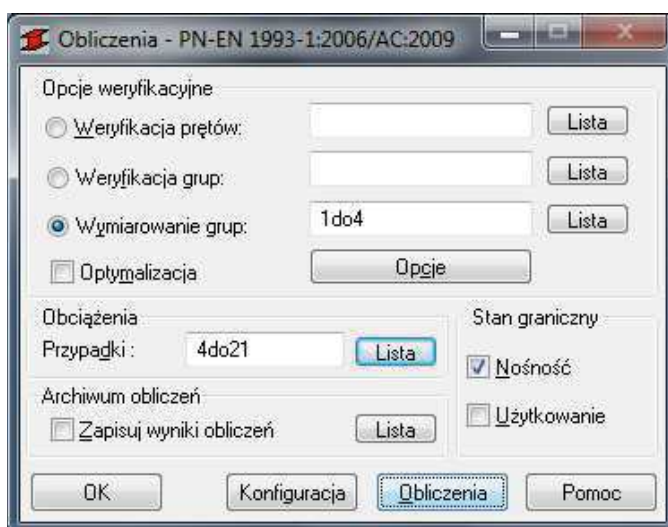
następnie bazę „Polska 2007” i zaznaczamy rodzinę profili RK. W liście „Wybrane profile” powinny pojawić się tylko rury kwadratowe: RK.

Punkt 2 powtarzamy trzykrotnie tworząc 3 kolejne grupy prętów:

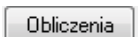
- „pas dolny”, dla prętów „10do12”
- „krzyżulce” dla prętów „13do20”
- „słupki”, dla prętów „21do24”

3. Przechodzimy do okna „Obliczenia”:

- wybieramy „Wymiarowanie grup” aby przeprowadził obliczenia i przedstawił listę proponowanych przekrojów
- z przypadków obciążeń wybieramy tylko kombinacje („Przypadki:” 4do21)
- wybieramy obliczenia tylko dla stanu granicznego nośności.





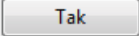
Wykonujemy obliczenia klikając



Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Wyteż.	Przypadek
Grupa : 1 pas gorny						
4 Pręt_4	RK 80x80x6.	S 355	76.39	76.39	1.06	19 SGN/16=1*1.15 + 2*1.50
	RK 80x80x8		78.67	78.67	0.88	
	RK 90x90x4		65.41	65.41	1.23	
Grupa : 2 pas dolny						
11 Pręt_11	RK 90x90x5	S 355	129.68	129.68	1.13	16 SGN/13=1*1.00 + 3*1.50
	RK 90x90x6		134.10	134.10	0.98	
	RK 90x90x6.		134.79	134.79	0.94	
Grupa : 3 krzyzulce						
19 Pręt_19	RK 70x70x4	S 355	102.00	102.00	1.06	19 SGN/16=1*1.15 + 2*1.50
	RK 70x70x5		103.55	103.55	0.89	
	RK 70x70x6		105.35	105.35	0.77	
Grupa : 4 słupki						
22 Pręt_22	RK 30x30x3	S 355	137.44	137.44	1.27	19 SGN/16=1*1.15 + 2*1.50
	RK 40x40x2.		98.47	98.47	0.61	
	RK 40x40x3		99.92	99.92	0.53	

Program wyświetlił listę przekrojów z katalogu rur kwadratowych.

4. Wybieramy dla każdej z grup pręt oznaczony , za każdym razem klikając , za wyjątkiem grupy „słupki” – wybieramy pozycję „RK 40x40x3” aby ścianka przekroju nie była cieńsza niż 3mm (przekroje o ściance <3mm należy obliczać jako cienkościennie).

Program wyświetli komunikat, że po zmianie przekroju należy będzie przeprowadzić ponownie obliczenia statyczne – zatwierdzamy klikając . Po zmianie przekroju, zmienia się ciężar własny konstrukcji.





Wykonujemy ponownie obliczenia statyczne klikając: .

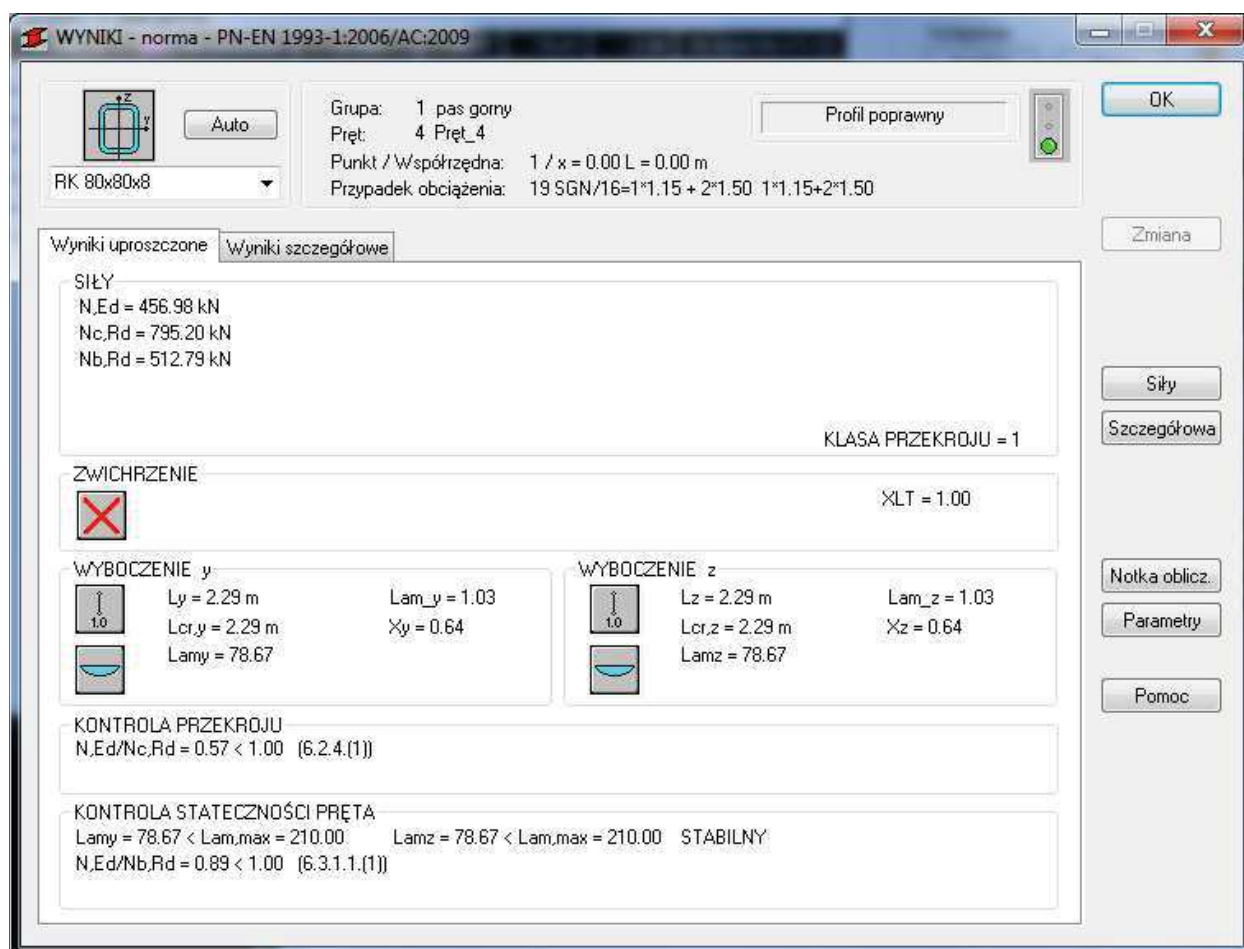
5. Wykonujemy ponownie „Wymiarowanie grup” powtarzając punkt 3. Sprawdzamy, czy dla nowych obciążeń, program nie proponuje innych przekrojów, lub tylko sprawdzamy wytyczenie wybranych w punkcie 4tym profili (pozycja „Weryfikacja grup”).

Przekroje powinny być dobrane poprawnie – program nie proponuje innych.

6. Aby wyświetlić wyniki dla poszczególnych grup prętów wykonujemy obliczenia: „Weryfikacja grup”. W oknie „Weryfikacja grup prętów” klikamy na poszczególne pozycje.

Wyświetlone zostaną wyniki dla pręta z grupy w kombinacji, w której jego wytyczenie było największe.

Pręt	Profil	Materiał	Lay	Laz	Wytyż.	Przypadek
Grupa : 1 pas gorny						
4 Pręt_4	 RK 80x80x8	S 355	78.67	78.67	0.89	19 SGN/16=1*1.15
Grupa : 2 pas dolny						
11 Pręt_11	 RK 90x90x6	S 355	134.10	134.10	0.95	16 SGN/13=1*1.00
Grupa : 3 krzyzulce						
19 Pręt_19	 RK 70x70x5	S 355	103.55	103.55	0.90	19 SGN/16=1*1.15
Grupa : 4 słupki						
24 Pręt_24	 RK 40x40x3	S 355	99.92	99.92	0.54	19 SGN/16=1*1.15



7. Grupy zostały zwymiarowane, dla kombinacji dających największe wyęężenie. Jeżeli przykładowo chcemy sprawdzić wyęężenie dla grupy „pas gorny” przy rozciąganiu, musimy ręcznie zdefiniować kombinację, w której w pasie górnym pojawi się największa siła rozciągająca.

W tym przypadku kombinacją dającą największe obciążenie rozciągające w pasie górnym będzie przypadek: 16 SGN/13=1*1.00 + 3*1.50. W oknie „Obliczenia” w pozycji „Przypadki” wybieramy kombinację 16 i wykonujemy obliczenia.

2.4.4. Zestawienie wyników:

PAS GÓRNY:

Sprawdzenie klasy przekroju

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
smukłość ścianki: c/t	-	6,0	7,0
klasa przekroju:	-	1	1

Sprawdzenie nośności przekroju ściskanego osiowo

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
obliczeniowa nośność przekroju $N_{c,Rd}$	kN	795,2	795,2
maksymalna siła osiowa N_{Ed}	kN	456,98	455,53
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,57	0,57
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Nośność na wybooczenie względem osi y

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
współczynnik długości wybozeniowej μ_y	-	1,0	1,0
długość wybozeniowa	m	2,29	2,29
smukłość względna względem osi y λ_y	-	1,03	1,03
krzywa wybozeniowa	-	a	a
parametr imperfekcji α_y	-	0,21	0,21
parametr krzywej niestateczności Φ_y	-	1,12	1,118
współczynnik wybozeniowy χ_y	-	0,64	0,645
nośność na ściskanie ze względu na wybożenie względem osi y	kN	512,79	512,56
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,89	0,89
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Nośność na wybożenie względem osi z

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
współczynnik długości wybozeniowej μ_z	-	1,0	1,0
długość wybozeniowa	m	2,29	2,29
smukłość względna względem osi y λ_z	-	1,03	1,03
krzywa wybozeniowa	-	a	a
parametr imperfekcji α_z	-	0,21	0,21
parametr krzywej niestateczności Φ_z	-	1,12	1,118
współczynnik wybozeniowy χ_z	-	0,64	0,645
nośność na ściskanie ze względu na wybożenie względem osi z	kN	512,79	512,56
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,89	0,89
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Sprawdzenie nośności przekroju na rozciąganie

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
obliczeniowa nośność przekroju $N_{c,Rd}$	kN	795,2	795,2
maksymalna rozciągająca siła osiowa N_{Ed}	kN	160,2	161,07
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,20	0,20
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

PAS DOLNY:

Sprawdzenie klasy przekroju

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
smukłość ścianki: c/t	-	11,0	12,0
klasa przekroju:	-	1	1

Sprawdzenie nośności przekroju ściskanego osiowo

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
obliczeniowa nośność przekroju $N_{c,Rd}$	kN	702,9	702,9
maksymalna siła osiowa N_{Ed}	kN	198,81	185,03
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,26	0,26
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Nośność na wyboczenie względem osi y

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
współczynnik długości wyboczeniowej μ_y	-	1,0	1,0
długość wyboczeniowa	m	4,57	4,57
smukłość względna względem osi y λ_y	-	1,76	1,75
krzywa wyboczeniowa	-	a	a
parametr imperfekcji α_y	-	0,21	0,21
parametr krzywej niestateczności Φ_y	-	2,20	2,19
współczynnik wyboczeniowy χ_y	-	0,28	0,284
nośność na ściskanie ze względu na wyboczenie względem osi y	kN	198,81	199,62
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,93	0,93
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Nośność na wyboczenie względem osi z

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
współczynnik długości wyboczeniowej μ_z	-	1,0	1,0
długość wyboczeniowa	m	4,57	4,57
smukłość względna względem osi y λ_z	-	1,76	1,75
krzywa wyboczeniowa	-	a	a
parametr imperfekcji α_z	-	0,21	0,21
parametr krzywej niestateczności Φ_z	-	2,20	2,19
współczynnik wyboczeniowy χ_z	-	0,28	0,284
nośność na ściskanie ze względu na wyboczenie względem osi z	kN	198,81	199,62
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,93	0,93
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Sprawdzenie nośności przekroju na rozciąganie

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
obliczeniowa nośność przekroju $N_{c,Rd}$	kN	795,2	702,9
maksymalna rozciągająca siła osiowa N_{Ed}	kN	476,15	474,82
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,68	0,68
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

SŁUPKI:

Sprawdzenie klasy przekroju

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
smukłość ścianki: c/t	-	9,33	10,33
klasa przekroju:	-	1	1

Sprawdzenie nośności przekroju ściskanego osiowo

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
obliczeniowa nośność przekroju $N_{c,Rd}$	kN	154,07	154,07
maksymalna siła osiowa N_{Ed}	kN	38,44	38,65
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,25	0,25
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Nośność na wyboczenie względem osi y

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
współczynnik długości wyboczeniowej μ_y	-	1,0	1,0
długość wyboczeniowa	m	1,50	1,50
smukłość względna względem osi y λ_y	-	1,31	1,309
krzywa wyboczeniowa	-	a	a
parametr imperfekcji α_y	-	0,21	0,21
parametr krzywej niestateczności Φ_y	-	1,47	1,473
współczynnik wyboczeniowy χ_y	-	0,47	0,465
nośność na ściskanie ze względu na wyboczenie względem osi y	kN	71,80	71,70
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,54	0,54
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Nośność na wyboczenie względem osi z

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
współczynnik długości wyboczeniowej μ_z	-	1,0	1,0
długość wyboczeniowa	m	1,50	1,5
smukłość względna względem osi z λ_z	-	1,31	1,309
krzywa wyboczeniowa	-	a	a
parametr imperfekcji α_z	-	0,21	0,21
parametr krzywej niestateczności Φ_z	-	1,47	1,473
współczynnik wyboczeniowy χ_z	-	0,47	0,465
nośność na ściskanie ze względu na wyboczenie względem osi z	kN	71,80	71,70
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,54	0,54
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Sprawdzenie nośności przekroju na rozciąganie

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
obliczeniowa nośność przekroju $N_{c,Rd}$	kN	154,07	154,07
maksymalna rozciągająca siła osiowa N_{Ed}	kN	23,47	22,84
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,15	0,15
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

KRZYŻULCE:

Sprawdzenie klasy przekroju

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
smukłość ścianki: c/t	-	10,0	12
klasa przekroju:	-	1	1

Sprawdzenie nośności przekroju ściskanego osiowo

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
obliczeniowa nośność przekroju $N_{c,Rd}$	kN	450,85	450,85
maksymalna siła osiowa N_{Ed}	kN	177,96	177,49
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,39	0,39
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Nośność na wyboczenie względem osi y

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
współczynnik długości wyboczeniowej μ_y	-	1,0	1,0
długość wyboczeniowa	m	2,73	2,74
smukłość względna względem osi y λ_y	-	1,36	1,359
krzywa wyboczeniowa	-	a	a
parametr imperfekcji α_y	-	0,21	0,21
parametr krzywej niestateczności Φ_y	-	1,54	1,544
współczynnik wyboczeniowy χ_y	-	0,44	0,439
nośność na ściskanie ze względu na wyboczenie względem osi y	kN	198,59	197,83
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,90	0,90
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Nośność na wyboczenie względem osi z

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
współczynnik długości wyboczeniowej μ_z	-	1,0	1,0
długość wyboczeniowa	m	2,73	2,74
smukłość względna względem osi y λ_z	-	1,36	1,359
krzywa wyboczeniowa	-	a	a
parametr imperfekcji α_z	-	0,21	0,21
parametr krzywej niestateczności Φ_z	-	1,54	1,544
współczynnik wyboczeniowy χ_z	-	0,44	0,439
nośność na ściskanie ze względu na wyboczenie względem osi z	kN	198,59	197,83
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,90	0,90
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK

Sprawdzenie nośności przekroju na rozciąganie

Parametr:	Jednostka	Robot	Obl. ręczne
obliczeniowa nośność przekroju $N_{c,Rd}$	kN	450,85	450,85
maksymalna rozciągająca siła osiowa N_{Ed}	kN	249,33	248,48
kontrola wytrzymałości przekroju	-	0,55	0,55
nośność jest zapewniona:	-	TAK	TAK