



Krok po kroku

Samouczek podstawowy STATYKA Z WYMIAROWANIEM

Niniejszy samouczek powstał na bazie AxisVM w wersji X6 R1. Jeżeli używasz nowszej wersji, część okien dialogowych tutaj przedstawionych może się różnić.

Edited by: Inter-CAD Kft.
Translated by: GammaCAD

©2021 Inter-CAD Kft.
All rights reserved

™ All brand and product names are trademarks or registered trademarks.

Pusta strona

SPIS TREŚCI

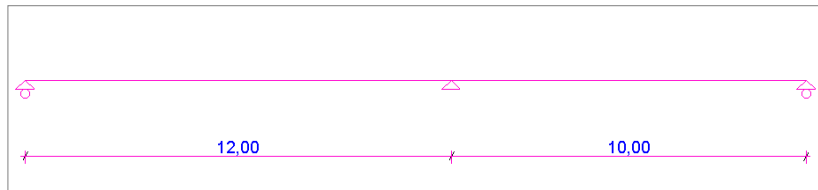
1. MODEL BELKOWY	5
2. MODEL RAMOWY	30
3. MODEL PŁYTOWY	69
4. MODEL TARCZOWY.....	109
5. MODEL POWŁOKOWY	123

Pusta strona

1. MODEL BELKOWY

Cel

W poniższym przykładzie przedstawiono wyznaczenie sił wewnętrznych oraz zbrojenia podłużnego i poprzecznego w dwuprzęsłowej belce żelbetowej pokazanej na rysunku. Belka wymiarowana będzie w oparciu o normę Eurokod 2.



Start



Uruchom program **AxisVM X6**.

Nowy



Utwórz nowy model klikając ikonę **Nowy**. W oknie dialogowym w polu tekstowym **Nazwa pliku modelu** wpisz nazwę '**belka**', w polu **Norma projektowa** wybierz **Eurokod [PL]**, a w polu **Jednostki i formaty** ustaw **EU**.

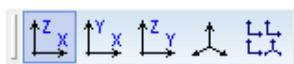
Jeżeli to konieczne, podaj nazwę projektu (**Projekt**) i projektanta (**Obliczenia wykonał**). **Logo firmy** również może być dodane. Te dane pojawiają się w nagłówku stron raportu.

Zatwierdź wprowadzone informacje przyciskiem **OK**.

Widoki



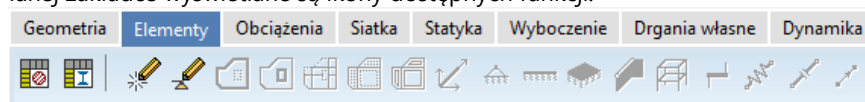
Po uruchomieniu programu ustaw widok modelu (płaszczyznę roboczą). Z lewej strony głównego okna znajdziesz ikonę **Widoki**. Wywołaj ją i wybierz widok **X-Z**. Aktualny widok jest pokazany za pomocą globalnego znaku układu współrzędnych w lewym dolnym rogu głównego okna.



Podczas modelowania, globalny układ współrzędnych może być zmieniony jak również mogą być ustawione lokalne układy współrzędnych lub płaszczyzny robocze. Kierunki głównego układu współrzędnych oznaczone są wielkimi literami (**X**, **Y** i **Z**). Zwróć uwagę, że zgodnie z ustawieniami domyślnymi siła grawitacji działa po kierunku **-Z** (może to zostać zmienione przez użytkownika).

Definicja geometrii - Elementy

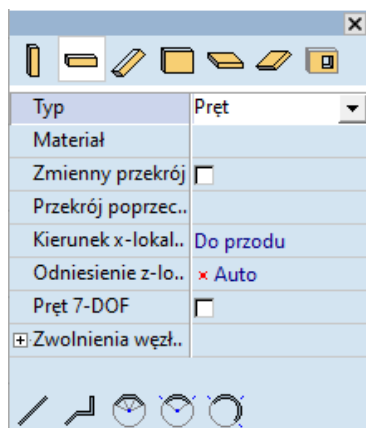
Przejdź na zakładkę **Elementy** w celu określenia geometrii i właściwości strukturalnych belki. W wywołanej zakładce wyświetlane są ikony dostępnych funkcji.



Rysuj obiekty bezpośrednio



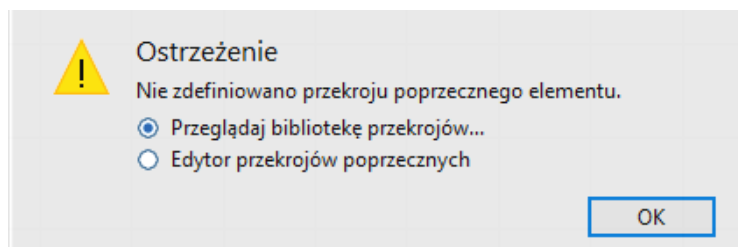
Po wybraniu ikony **Rysuj obiekty bezpośrednio** wyświetlone zostanie poniższe okno:



Belka pozioma



Wybierz ikonę **Belka pozioma**. Kliknij ją nawet jeśli jest aktywna. Pozwoli to prześledzić pełną sekwencję kroków. Poniższy panel dialogowy zostanie wyświetlony po kliknięciu tej ikony:

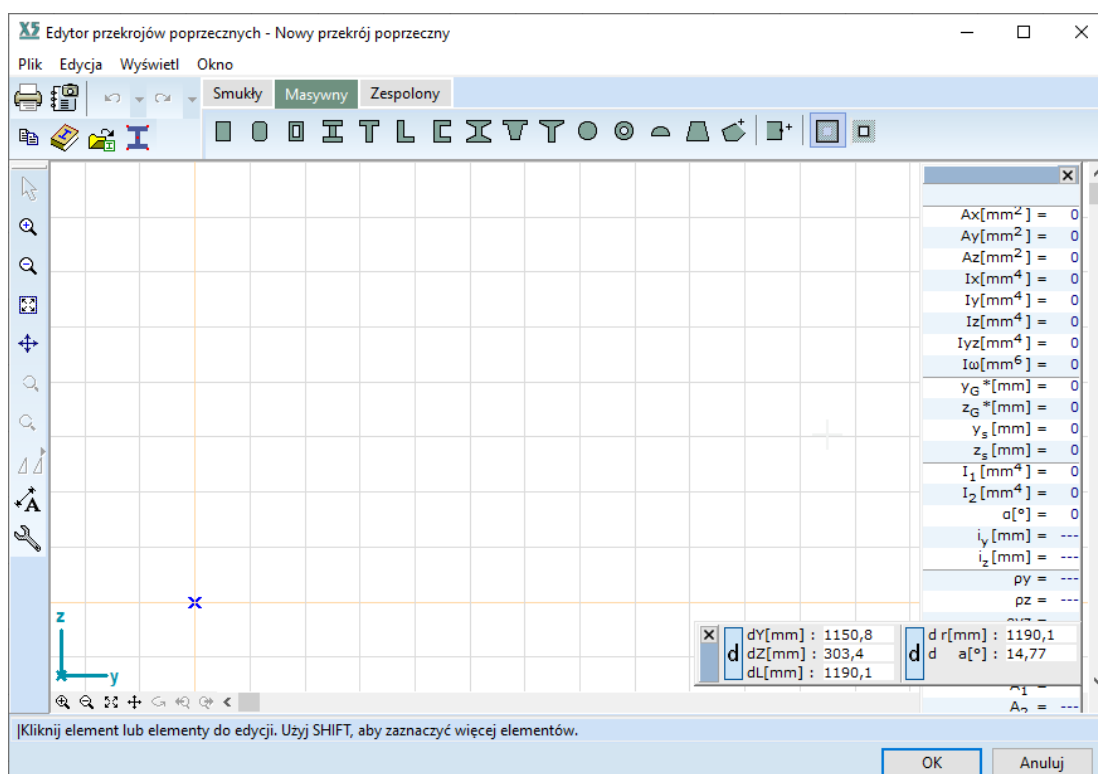


Wybierz pole **Edytor przekrojów poprzecznych** i kliknij **OK**.

Edytor przekrojów poprzecznych



Okno **Edytora przekrojów poprzecznych** jest wyświetlone poniżej:



Przekrój prostokątny



Wybierz ikonę **Przekrój prostokątny**:

Przekrój prostokątny

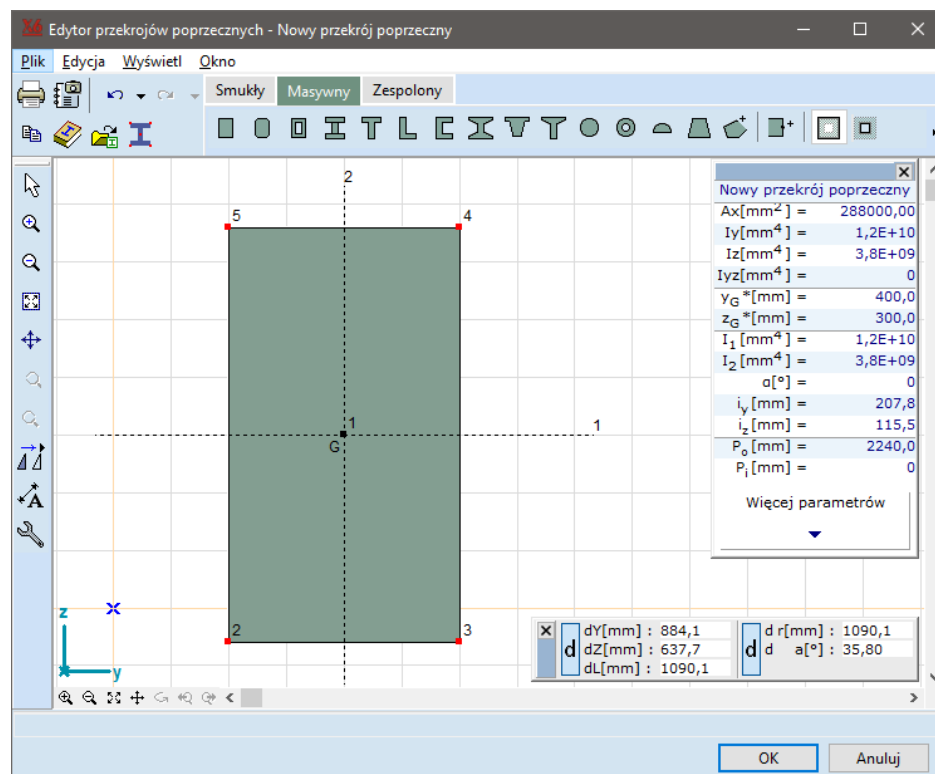
Proces wytwarzania
☒ Inne
☐ Walcowany

b [mm] = 400,0
 h [mm] = 720

Obrót
 α [°] = 0

OK Anuluj

Wpisz **720** w polu wysokość (h [mm] =) i zatwierdź przekrój przyciskiem **OK** (wymiar szerokości b niech przyjmie wartość domyślną). Po wstawieniu przekroju w dowolnym punkcie płaszczyzny roboczej, zostanie wyświetlony następujący widok:



Uwaga: **Punkty wyznaczania naprężeń** są automatycznie ustawiane w narożach przekroju i jego środku ciężkości (numery 1 – 5). Naprężenia są wyznaczane tylko w tych zdefiniowanych punktach. Punkty wyznaczania naprężeń mogą być modyfikowane, usuwane i dodawane. W naszym zadaniu nie jest to konieczne, ponieważ zbrojenie główne jest obliczane bezpośrednio z sił wewnętrznych.

Po kliknięciu przycisku **OK** pojawi się okno, w którym można określić nazwę przekroju:

Nowy przekrój poprzeczny

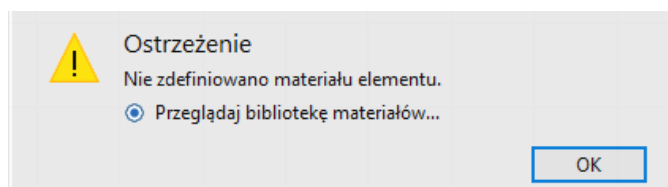
Wprowadź nazwę przekroju poprzecznego.

Nazwa

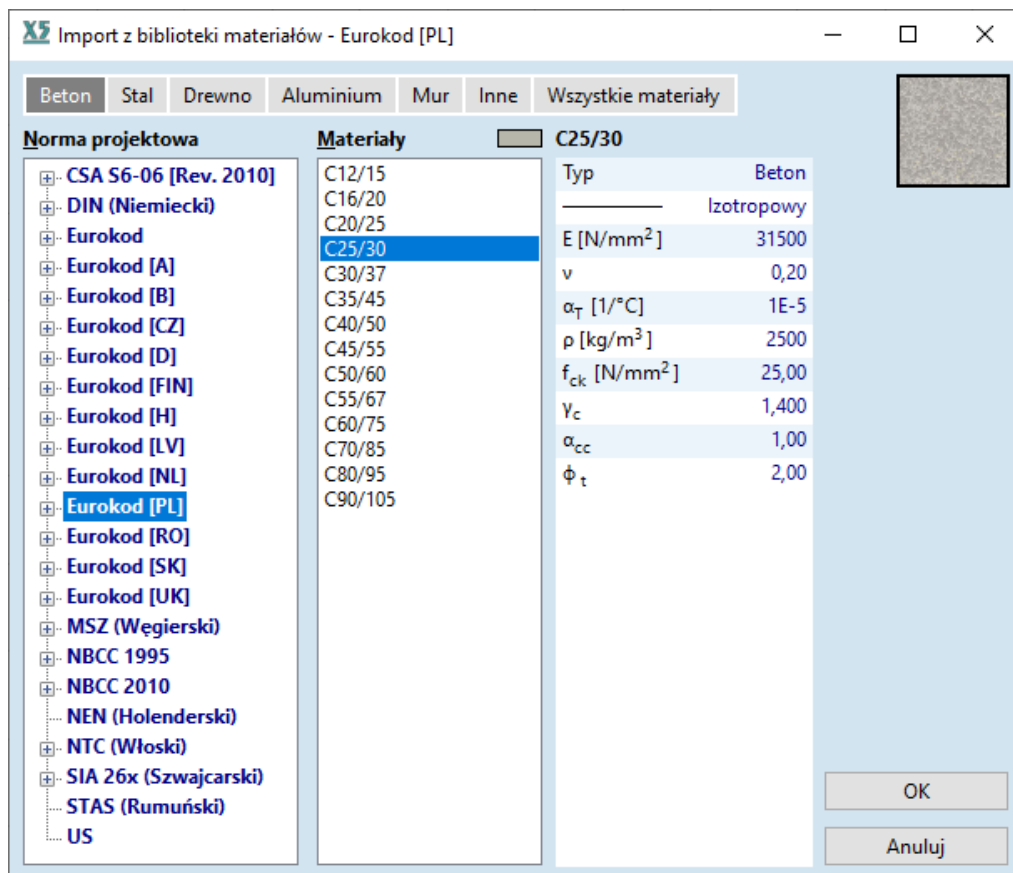
☒ Zapamiętaj położenie przekroju poprzecznego

OK Anuluj

Po zatwierdzeniu nazwy przyciskiem **OK** pojawi się następne okno:



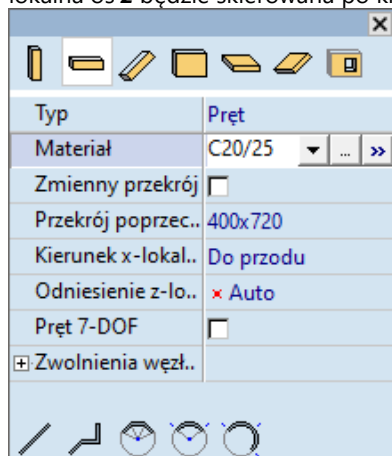
Po potwierdzeniu komunikatu przyciskiem **OK** pojawi się kolejne okno:



Wybierz zakładkę **Beton** a następnie z listy **Materiały** wybierz beton klasy **C25/30**. Następnie zatwierdź wybór przyciskiem **OK**.

Odniesienie

Pozostawiając odniesienia w opcji auto lokalna oś **x** belki będzie skierowana wzdłuż belki podczas gdy lokalna oś **z** będzie skierowana po kierunku pionowym. Panel konfiguracji jest widoczny poniżej:



Element prętowy
z polilinią



W panelu konfiguracji przełącz się na **Element prętowy z polilinią**, a następnie narysuj oś belki. Oś belki może być narysowana graficznie w przestrzeni roboczej lub za pomocą współrzędnych.

Definicja geometrii za pomocą współrzędnych:

W naszym przykładzie oś belki jest zdefiniowana za pomocą dwóch linii i trzech podpór. Współrzędne osi belki mogą być wprowadzone za pomocą panelu **Współrzędnych**. Domyślnie znajduje się on w prawym dolnym rogu ekranu. Współrzędne mogą być wprowadzane względem globalnego lub względnego układu odniesienia. Względny układ odniesienia symbolizowany jest na płaszczyźnie roboczej niebieskim krzyżykiem (obróconym o kąt 45 stopni), który przyjmuje pozycję w punkcie końcowym ostatnio definiowanego punktu. Punkt położenia względnego układu odniesienia może być wprowadzony w dowolnym miejscu przestrzeni roboczej po wciśnięciu klawisza **Insert**. Rozpoczynając pracę z nowym modelem, względny układ współrzędnych umiejscowiony zostanie w początku globalnego układu współrzędnych.

Jeżeli przycisk **d** jest podświetlony w panelu **Współrzędnych** wpisywane współrzędne będą odnoszone do względnego układu odniesienia (**dX**, **dY**, itd. ...). Jeżeli przycisk **d** nie jest podświetlony współrzędne będą odnoszone do układu globalnego.

W naszym przykładzie wykorzystamy względny układ współrzędnych. Lokalny układ odniesienia będzie znajdował się w początku globalnego układu współrzędnych. Aby określić punkt początkowy linii (**X=0**, **Y=0**, **Z=0**), wciśnij klawisz **x**, co spowoduje podświetlenie pola tekstowego współrzędnej **X** w panelu **Współrzędnych**. Nadpisz podświetloną wartość rzeczywistą wpisując **0**.

x	dX[m] : 8,900	d	d r[m] : 8,968
	dY[m] : 0		d a[°] : 7,05
	dZ[m] : 1,100		d h[m] : 0
	dL[m] : 8,968		

Po wciśnięciu klawisza **y** również wpisz wartość **0**. Analogicznie należy postąpić ze współrzędną **Z**. Zatwierdź wprowadzone współrzędne klawiszem **Enter**.

Współrzędne
węzłów
w względnym ukła-
dzie współrzędnych

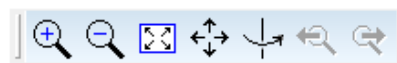
Pozostałe dwa punkty wprowadź zgodnie z poniżej przedstawionym porządkiem:

x 12 **y** 0 **z** 0 **<Enter>**
x 10 **y** 0 **z** 0 **<Enter>**,

Aby zakończyć rysowanie konstrukcji, kliknij prawym przyciskiem myszy i wybierz **Anuluj**. Żeby opuścić funkcję **Rysuj obiekty bezpośrednio**, dwukrotnie wciśnij klawisz **Esc**.

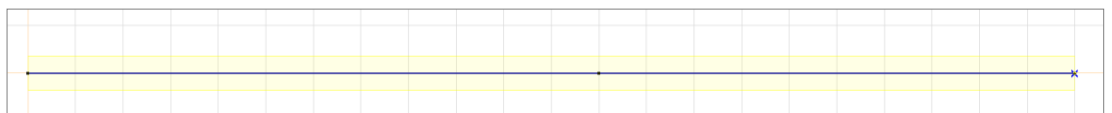
Powiększenie

Aby wyświetlić pasek ikony **Powiększania** przesuń kursor myszy na ikonę **Powiększenie**. Wybierz ikonę **Dopasuj do okna**. Ta funkcja skaluje rysunek modelu, aby dopasować go do obszaru roboczego. Funkcja ta może być aktywowana po wciśnięciu **Ctrl-W** lub podwójnym kliknięciu środkowego przycisku myszy.



Alternatywnym sposobem powiększania/pomniejszania jest naciśnięcie **+** / **-** na klawiaturze numerycznej.

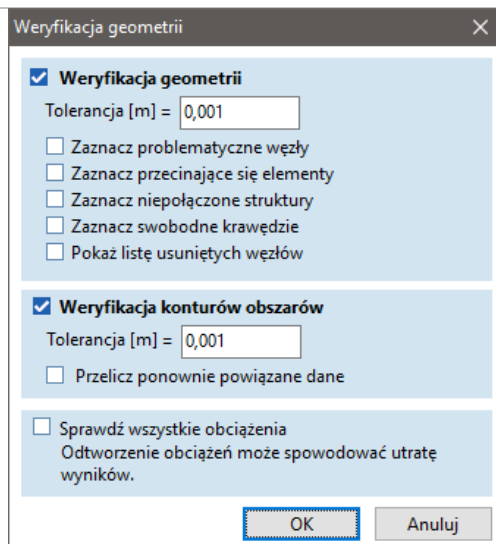
W programie oś elementów belki jest wyświetlana na niebiesko, a widok konturowy przekroju poprzecznego belek jest wyświetlany na żółto:



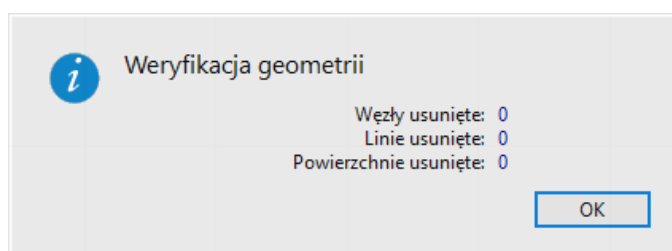
Weryfikacja
geometrii



Wybierz ikonę **Weryfikacja geometrii** w zakładce **Geometria** pozwalającą na filtrowanie błędów geometrii modelu. W panelu **Weryfikacja geometrii** może być określona maksymalna tolerancja (odległość), w obrębie której program automatycznie scala węzły (lub jedynie je wskazuje, jeśli zaznaczona została opcja **Zaznacz problematyczne węzły**)



Po sprawdzeniu geometrii wyświetlane jest podsumowanie usuniętych elementów:



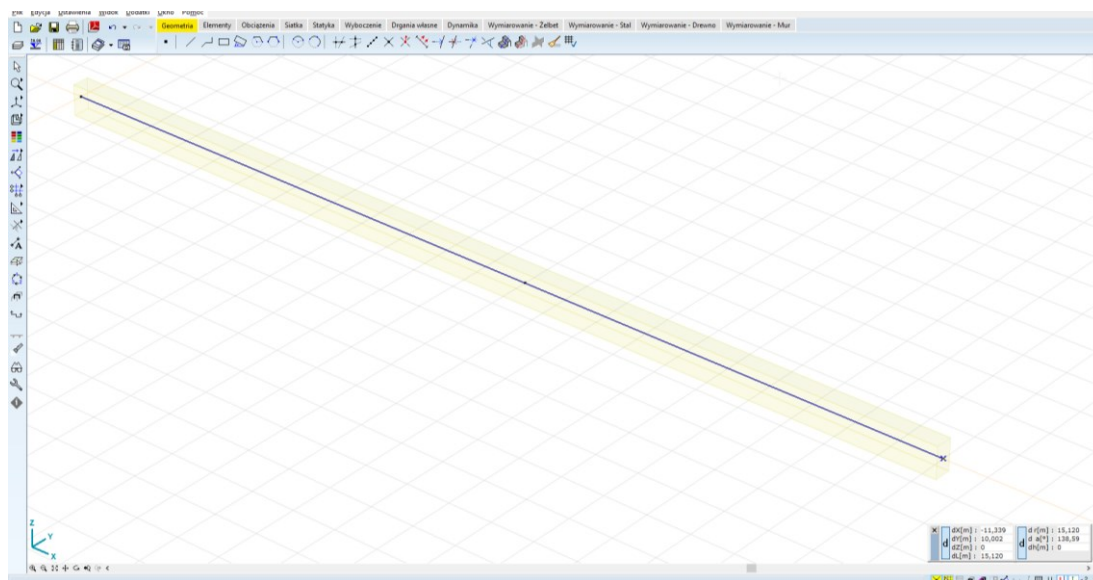
Ustawienie per-
spektywy widoku



Aby ustawić widok perspektywiczny belki, kliknij ikonę **Perspektywa** (lewy pasek ikon).

W menu **Okno** można aktywować panel **Ustawienia perspektywy** umożliwiający modyfikację parametrów widoku perspektywicznego i obracanie modelu.

Rzeczywisty widok można obracać jednocześnie naciskając **[Alt]** i kółko myszy.



Opcje wyświetlania

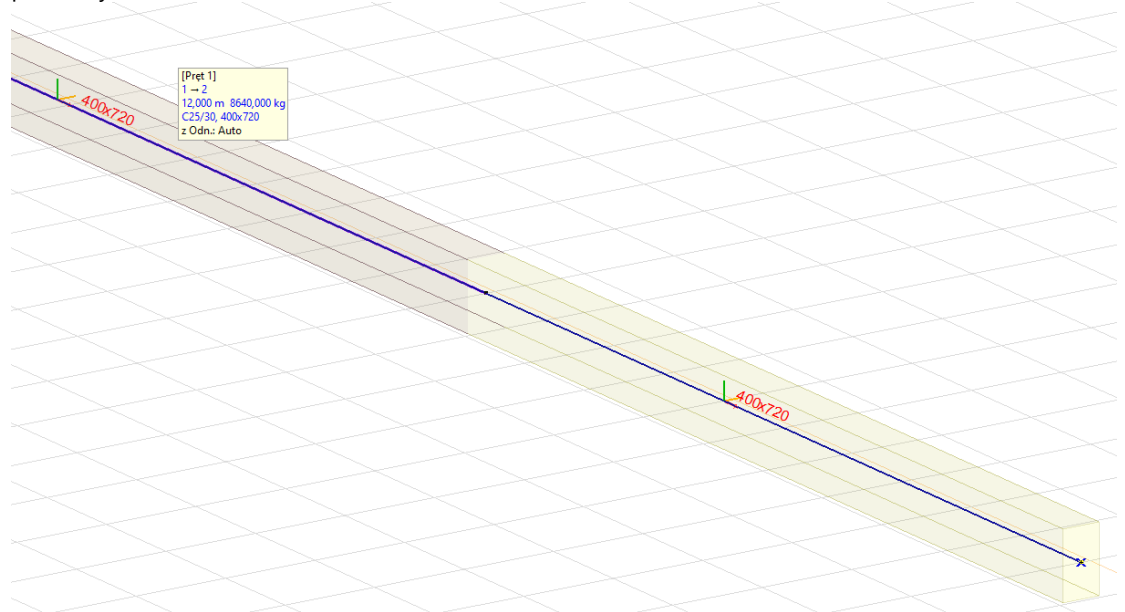


Po zamknięciu panelu perspektywy tryb widoku zostaje zachowany.

Kliknięcie ikony **Opcje wyświetlania** umożliwia ustawienie wyświetlania lokalnego układu współrzędnych elementów, numeracji węzłów, symboli graficznych itp. Menu **Opcji wyświetlania** można aktywować w dowolnym momencie, klikając prawym przyciskiem myszy i wybierając ostatnie polecenie. W zakładce **Symbolne** w grupie **Układy lokalne** zaznacz **Pręt**. W zakładce **Etykiety** w grupie **Właściwości** zaznacz **Nazwa przekroju poprzecznego**.

Po zamknięciu okna przyciskiem **OK** zarówno etykieta lokalnego układu współrzędnych belki, jak i nazwa przekroju poprzecznego, będą wyświetlone. Najeżdżając kursorem na linię odniesienia elementu zostaną wyświetlone następujące informacje: numer pręta, numer węzła początkowego i końcowego, długość

pręta, materiał, nazwa przekroju poprzecznego oraz kierunek odniesienia **z** (domyślny lub zdefiniowany przez użytkownika).



Zmień widok z perspektywy na widok w płaszczyźnie **X-Z**.

Dopasuj do okna



Kliknij ikonę **Dopasuj do okna**, aby dopasować widok konstrukcji do obszaru roboczego.

Podpora węzłowa



W zakładce **Elementy** wybierz polecenie **Podpora węzłowa**, a następnie wskaż węzeł wewnętrzny. Zakończ wybór węzłów klikając **OK**. W oknie, które zostanie wyświetlone będzie możliwe określenie sztywności w każdym kierunku. Ustal sztywności podpory w odniesieniu do globalnego układu współrzędnych. Składowymi translacyjnymi są symbole K_x , K_y i K_z , a składowymi rotacyjnymi są symbole K_{xx} , K_{yy} i K_{zz} . Domyślna wartość sztywności ($1E+10$) odpowiada sztywnemu zamocowaniu podczas gdy 0 oznacza brak sztywności. W zadaniu ustaw składowe rotacyjne K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} oraz składową translacyjną K_y równe 0. Pozostałe składowe (K_x i K_z) zostaw z wartościami domyślnymi ($1E+10$ [kN/m]).

Podpora dla węzła 2

☒ Definiuj ☐ Modyfikuj

Kierunek

- ☒ Globalny
- ☐ Lokalny
- ☐ W kier. odniesienia
- ☐ Względny do pręta/żebra
- ☐ Względny do krawędzi
- ☐ Izolator sejsmiczny

Sprężyna

Charakterystyki sprężyn		Sztywność początkowa		Sztywność modalna	
X:	Sztywny - Przesuwn	K_x [kN/m] =	1E+10	K_{xV} [kN/m] =	1E+10
Y:	—	K_y [kN/m] =	0	K_{yV} [kN/m] =	0
Z:	Sztywny - Przesuwn	K_z [kN/m] =	1E+10	K_{zV} [kN/m] =	1E+10
XX:	—	K_{xx} [kNm/rad] =	0	K_{xxV} [kNm/rad] =	0
YY:	—	K_{yy} [kNm/rad] =	0	K_{yyV} [kNm/rad] =	0
ZZ:	—	K_{zz} [kNm/rad] =	0	K_{zzV} [kNm/rad] =	0

Pobierz z... >> Obliczenia... OK Anuluj

Zatwierdź dane przyciskiem **OK**.

Wybierz pozostałe dwa węzły i przypisz im charakterystykę podpory przegubowo przesuwnej:

Podpory węzłowe

☒ Definiuj ☐ Modyfikuj

Kierunek

☒ Globalny
☐ Lokalny
☐ W kier. odniesienia
☐ Względny do pręta/żebra
☐ Względny do krawędzi
☐ Izolator sejsmiczny

Sprężyna

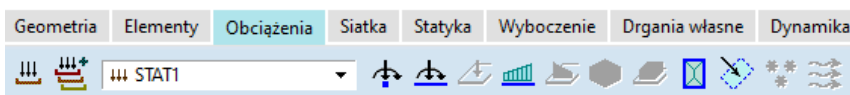
Charakterystyki sprężyn	Szttywność początkowa	Szttywność modalna
X: —	K_X [kN/m] = 0	K_{XV} [kN/m] = 0
Y: —	K_Y [kN/m] = 0	K_{YV} [kN/m] = 0
Z: Szttywny - Przesuwny	K_Z [kN/m] = 1E+10	K_{ZV} [kN/m] = 1E+10
XX: —	K_{XX} [kNm/rad] = 0	K_{XXV} [kNm/rad] = 0
YY: —	K_{YY} [kNm/rad] = 0	K_{YYV} [kNm/rad] = 0
ZZ: —	K_{ZZ} [kNm/rad] = 0	K_{ZZV} [kNm/rad] = 0

Pobierz z... >> Obliczenia... OK Anuluj

Na ekranie niezerowe składowe podpory są zaznaczone brązowymi symbolami.

Obciążenia

Funkcje obciążenia i osiadania znajdują się na zakładce **Obciążenia**.



Przypadki i grupy obciążeń

Różne obciążenia i osiadania podpór muszą być rozdzielone na przypadki obciążenia. Po wybraniu **Przypadki i grupy obciążeń** pojawi się następujące okno:

Przypadki i grupy obciążeń

Przypadek obciążenia

STAT1
nie zawiera obciążeń.

Duplikuj
Konwersja

Grupa obciążeń
Niepogrupowane

Eurokod [PL]

Grupa obciążeń

Dodaj

Usun Relacje grup dla kombinacji decydujących... OK Anuluj

Program automatycznie generuje przypadek **STAT1**, który znajduje się na liście po lewej stronie. Kliknij nazwę **ST1**, żeby zmienić ją na **CIĘŻAR WŁASNY**. Aby powrócić do obszaru modelu kliknij **OK**. Aktywnym przypadkiem obciążenia jest zawsze ostatnio edytowany przypadek (w naszym przypadku będzie to **CIĘŻAR WŁASNY**). Można to sprawdzić w panelu informacyjnym w lewym górnym rogu ekranu.

Opcje wyświetlania

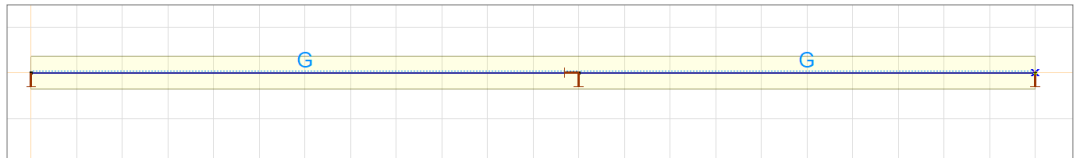


Kliknij ikonę **Opcje wyświetlania**. W zakładce **Symbole**: w grupie **Graficznych symboli** odznacz **Kontury obiektów w 3D** i **Kształt przekroju poprzecznego**, w grupie **Układy lokalne** odznacz **Pręt**. W zakładce **Etykiety**: w grupie **Właściwości** odznacz **Nazwę przekroju poprzecznego**.

Ciężar własny



Kliknij ikonę **Ciężar własny**, a następnie wybierz wszystkie elementy za pomocą przycisku * (**Wszystko**). Po kliknięciu **OK**, na wybranych elementach pojawia się niebieska przerywana linia, która informuje o obciążeniu ciężarem własnym. Przyjętą wartość przyspieszenia ziemskiego można sprawdzić w zakładce **Grawitacja (Ustawienia/Grawitacja)**. Wartość domyślna przyspieszenia ziemskiego wynosi $9,81 \text{ m/s}^2$ i jest skierowana po kierunku **Z**.



Przypadek obciążenia statycznego



Otwórz **Przypadki i grupy obciążeń**, a następnie w polu **Dodaj** wybierz ikonę z obciążeniem **Statycznym**. W ten sposób stwórz przypadki obciążenia o nazwach **OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 1**, **OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 2** i **PRZEMIESZCZENIE PODÓR**. Wybierz **OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 1** i zamknij okno przyciskiem **OK**.

Obciążenie rozłożone elementów liniowych



Kliknij **Obciążenie rozłożone elementów liniowych**, a następnie wybierz belkę z lewej strony. Po zatwierdzeniu wyboru przyciskiem **OK** pojawi się okno wyświetlone poniżej:

Obciążenia rozłożone (Pręt 1)

Definiuj

Kierunek

- ☒ Globalny na elemencie
- ☐ Globalny rzutowany
- ☐ Lokalny

Typ

Położenie

☐ W odległości ☒ Względne

Punkt początkowy

$a_1 = 0$

Punkt końcowy

$a_2 = 1,000$

$p_{x1} [\text{kN/m}] = 0$ $p_{x2} [\text{kN/m}] = 0$

$p_{y1} [\text{kN/m}] = 0$ $p_{y2} [\text{kN/m}] = 0$

$p_{z1} [\text{kN/m}] = 0$ $p_{z2} [\text{kN/m}] = 0$

Moment i mimośród są definiowane w układzie lokalnym elementu

$m_{skr1} [\text{kNm/m}] = 0$ $m_{skr2} [\text{kNm/m}] = 0$

$m_{y1} [\text{kNm/m}] = 0$ $m_{y2} [\text{kNm/m}] = 0$

$m_{z1} [\text{kNm/m}] = 0$ $m_{z2} [\text{kNm/m}] = 0$

☒ Definiuj moment ☐ Definiuj mimośród przyłożenia obciążenia

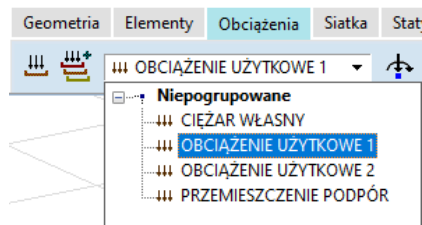
Pobierz z... >>

OK Anuluj

Obciążenie rozłożone będzie zdefiniowane na belce w układzie globalnym. Wpisz wartość **-17,5** w polach **p_{z1}** i **p_{z2}** , a następnie kliknij **OK**. Znak minus oznacza, że obciążenie działa w dół.

Obciążenia

Na pasku zakładki **Obciążenia** znajduje się lista rozwijana.



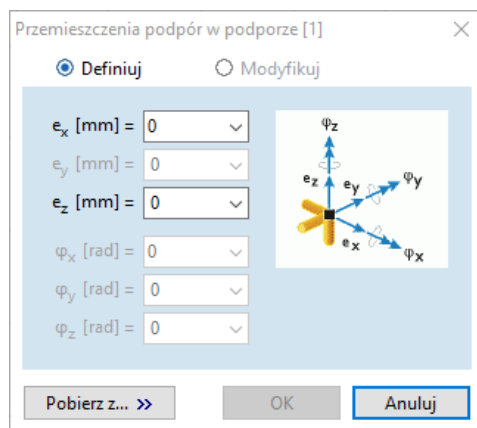
Lista zawiera zdefiniowane przypadki obciążenia. Aktywny przypadek wyróżniony jest niebieskim tłem. Wybierz **OBciążENIE UŻYTKOWE 2**.

W ten sam sposób dodaj obciążenie liniowe o wartości **-17,5 kN/m** (po kierunku **Z**) na obu belkach.

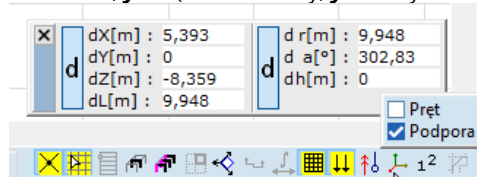
Przemieszczenia podpór



Zmień przypadek obciążenia na **PRZEMIESZCZENIA PODPÓR**. Następnie kliknij ikonę **Przemieszczenie podpór** wybierz podporę wewnętrzną i kliknij **OK**. Wyświetlone zostanie następujące okno:



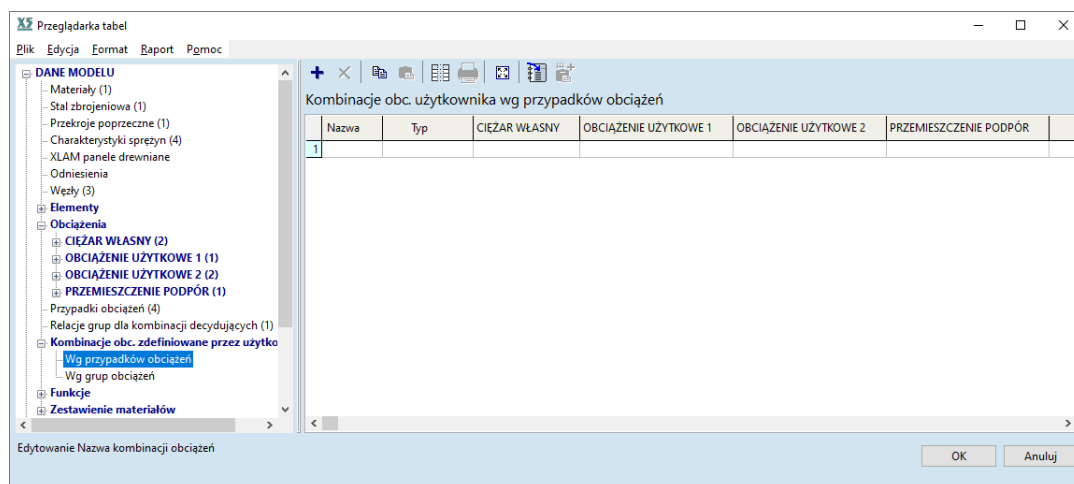
Wprowadź wartość **20** w polu **e_z**. Podczas wprowadzania danych zawsze obserwuj kierunki i zwroty. Jeżeli to konieczne, włącz lokalny układ współrzędnych wybierając **Opcje wyświetlania** / zakładka **Symbole** / grupa **Układy lokalne** / pole wyboru **Podpora**. Kolorowy układ współrzędnych pokazuje kierunki **x**, **y** i **z** (**x** – czerwony, **y** – żółty i **z** – zielony).



Kombinacje obciążeń



Aktywuj **Kombinacje obciążeń** klikając jego ikonę. Zostanie wyświetlona **Przeglądarka tabel**:



Opisane poniżej działania polegają na ręcznej definicji dowolnej liczby kombinacji obciążeń poprzez wpisywanie mnożników dla poszczególnych przypadków. Zamiast takiej metody, program umożliwia skorzystanie z narzędzia do automatycznej kombinatoryki zgodnie z przyjętą w ustawieniach zadania

normą. Warunkiem uzyskania kombinacji decydujących, tj. obwiedni z kompletnego zestawu kombinacji, jest zdefiniowanie grup obciążeń – dokładna procedura została omówiona w Podręczniku użytkownika programu AxisVM.

Nowy wiersz



Zdefiniuj nowy stan graniczny nośności **SGN** wybierając ikonę **Nowy wiersz**. Współczynniki obciążenia muszą zostać zdefiniowane dla każdego przypadku obciążenia. Przyjmij następujące współczynniki obciążenia:

1. Kombinacja obciążenia (**Co.#1**):

CIĘŻAR WŁASNY	1,35	<Tab>
OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 1	1,50	<Tab>
OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 2	0	<Tab>
PRZEMIESZCZENIE PODPÓR	1,00	<Tab>

Wprowadź wartości w komórki, a następnie zdefiniuj kolejną kombinację obciążenia **SGN** o nazwie **Co.#2**, stosując poniżej zdefiniowane współczynniki obciążenia:

CIĘŻAR WŁASNY	1,35	<Tab>
OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 1	0	<Tab>
OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 2	1,50	<Tab>
PRZEMIESZCZENIE PODPÓR	1,00	<Tab>

Zdefiniuj trzecią kombinację obciążenia dla quasi-stałego stanu granicznego użytkowania (**SGU Quasi-stała**) przyjmując poniżej określone współczynniki obciążenia:

CIĘŻAR WŁASNY	1,00	<Tab>
OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 1	0	<Tab>
OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 2	0,60	<Tab>
PRZEMIESZCZENIE PODPÓR	0	<Tab>

Po wprowadzeniu danych pojawi się poniższa tabela:

Nazwa	Typ	CIĘŻAR WŁASNY	OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 1	OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE 2	PRZEMIESZCZENIE PODPÓR
Co.#1	SGN	1,35	1,50	0	1,00
Co.#2	SGN	1,35	0	1,50	1,00
Co.#3	SGU Quasi-stała	1,00	0	0,60	0

Uwaga: komórki są zaznaczane innymi odcieniami. Odcienie wskazują na różnice pomiędzy określonymi wartościami. Więcej informacji na ten temat znajduje się w **Podręczniku użytkownika**.

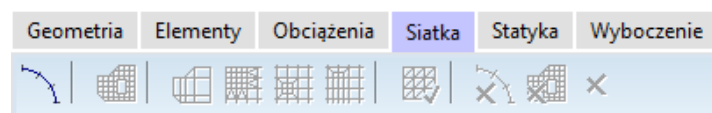
Zakończ klikając **OK**.

Siatka

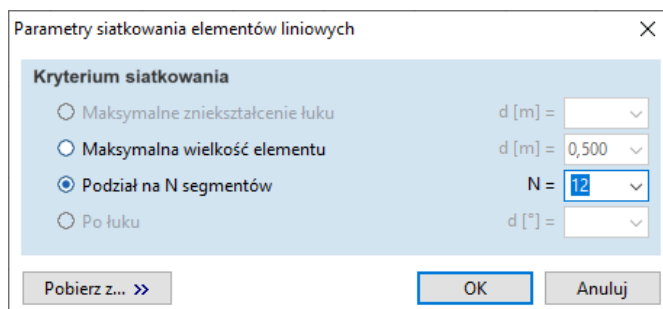


Belka powinna zostać podzielona na segmenty za pomocą polecenia **Generowanie siatki dla elementu liniowego**, ponieważ typ i liczba prętów zbrojenia mogą być dostosowane tylko do segmentu. Siatkowanie można modyfikować lub usuwać. Usunięcie siatki nie powoduje usunięcia obciążenia i parametrów wymiarowania.

Przejdź na zakładkę **Siatka** i wybierz **Generowanie siatki** dla element liniowego (będzie to jedyna aktywna funkcja na tej zakładce).



W pierwszej kolejności wybierz belkę z lewej strony i podziel ją na 12 segmentów wpisując w polu **Podział na N segmentów** liczbę **12**.

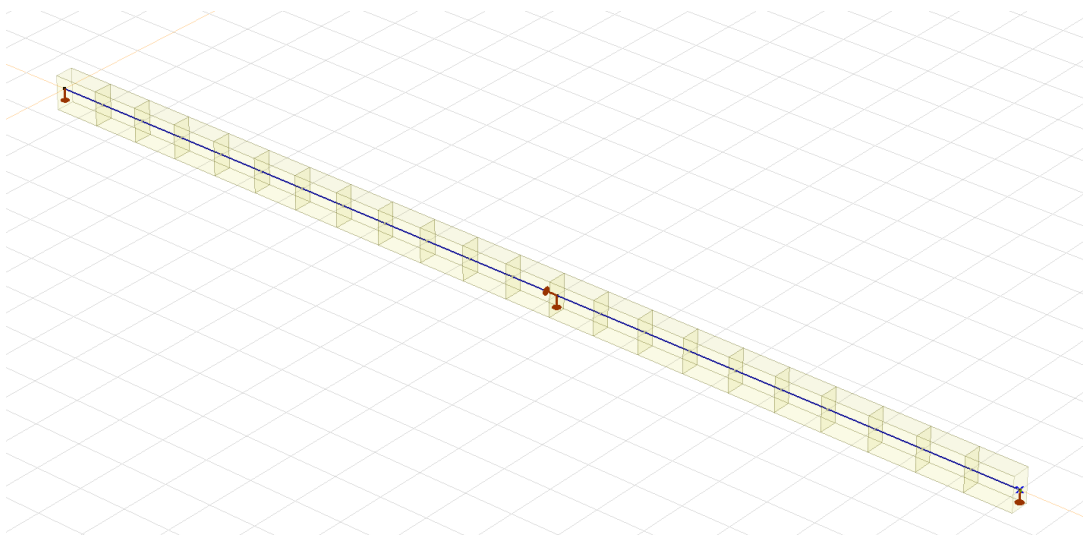


Następnie wskaż belkę z prawej strony i podziel ją na **10** segmentów.

Wyświetlanie siatki
wyl/włącz

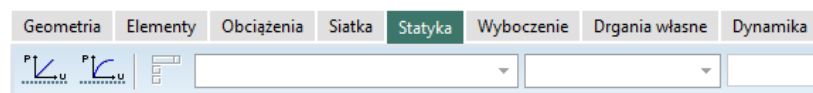


W dolnym prawym rogu wśród przycisków **Szybkiego wyboru** znajdź ikonę **Wyświetlanie siatki wyl/włącz**. Za pomocą tej funkcji można włączać lub wyłączać wyświetlanie siatki. W widoku perspektywnym otrzymamy:



Statyka

Przejdź na zakładkę **Statyka** w celu przeprowadzenia analizy statycznej.



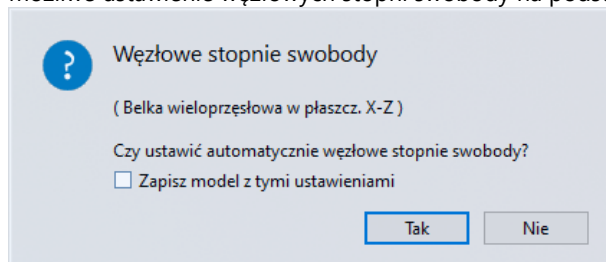
Liniowa analiza statyczna



Wybierz **Liniową analizę statyczną**. Przed uruchomieniem obliczeń program wymaga, aby zapisać model, jeśli wcześniej nie został zapisany.

Węzłowe stopnie swobody

Analiza rozpoczyna się komunikatem ostrzegawczym. Węzłowe stopnie swobody muszą zostać ustawione, jeśli nie były ustawione wcześniej. W tym przypadku program analizuje model i proponuje możliwe ustawienie węzłowych stopni swobody na podstawie modelu i jego geometrii.



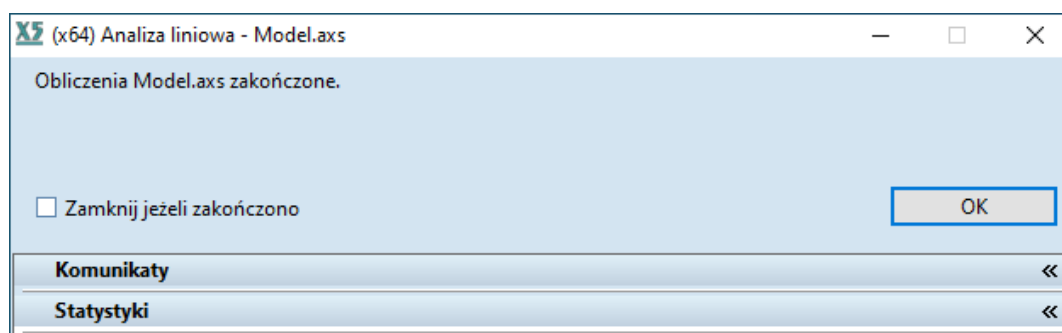
Z jednej strony model jest niepodparty po kierunku **Y**. Z drugiej strony ma możliwość obrotu wokół osi **X**. Pamiętaj że program odfiltruje tylko podstawowe błędy na wejściu danych i nie znajdzie każdego błędu, który mógłby powodować problemy przy wyznaczaniu macierzy sztywności konstrukcji.

W oknie dialogowym zaznacz **Zapisz model z tymi ustawieniami** i kliknij **Tak** aby zaakceptować proponowane ustawienia (**Belka wieloprzęśłowa w płaszc. X-Z**).

Uwagi: W zakładce **Elementy** dostępna jest funkcja **Węzłowe stopnie swobody** umożliwiające ich ustawienie. Dla wszystkich węzłów powinny być przypisane następujące ustawienia: **e_x** – wolny, **e_y** – zablokowany, **e_z** – wolny, **Q_x** – zablokowany, **Q_y** – wolny, **Q_z** – zablokowany. Takie ustawienie węzłowych stopni swobody odpowiada **Ramie w płaszc. X-Z**.

Statystyki

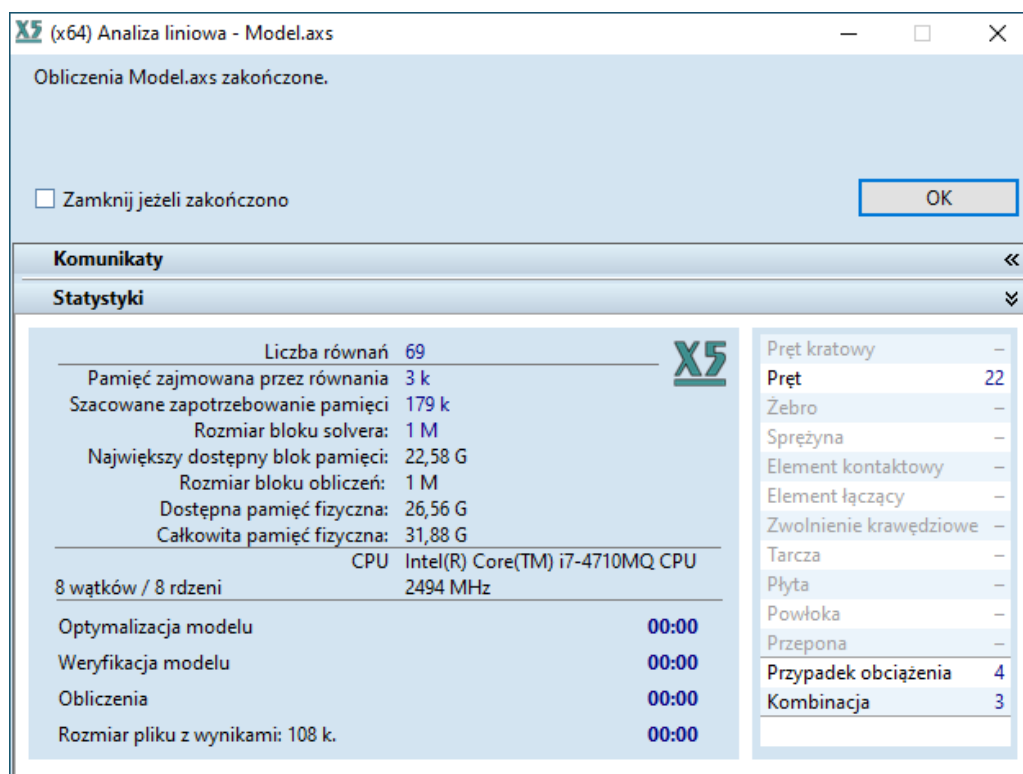
Obliczenia są kontynuowane i kończą się następującym komunikatem:



Rozwiń **Statystyki**, aby zobaczyć szczegółowe informacje o analizie statycznej.

Statyka

Zamknij okno przyciskiem **OK**. Program przełącza się na wyświetlanie wyników: aktywny jest przypadek obciążenia **CIĘŻAR WŁASNY**, przemieszczenia poziome **eZ [mm]** są wyświetlane za pomocą **Izopowierzchni 2D**. Należy zauważyć, że odkształcenia obliczone w analizie liniowej nie są równe rzeczywistym odkształceniom belki żelbetowej. Dlatego po zdefiniowaniu zbrojenia należy przeprowadzić analizę nieliniową.



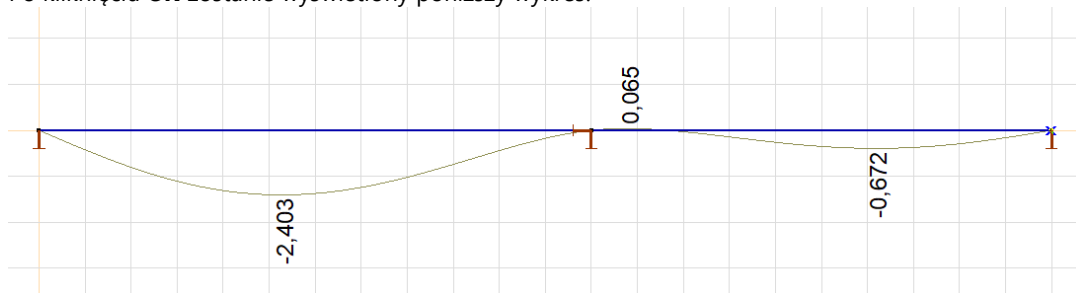
Parametry wyświetlania wyników



Po kliknięciu ikony **Parametry wyświetlania wyników** pojawia się poniższe okno:

W polu **Przypadek obciążenia** wybierz **CIĘŻAR WŁASNY**, a w polu **Komponent** wybierz przemieszczenie **eZ [mm]**. Zmień **Tryb prezentacji** na **Wykres**. Jeśli w polu **Wyświetl kształt** zaznaczone pozostanie **Niezdeform.**, wyniki będą rysowane na niezdeformowanym modelu. Sprawdź pola **Linii** i **Węzłów** w obszarze **Przypisz wartości do**.

Po kliknięciu **OK** zostanie wyświetlony poniższy wykres:



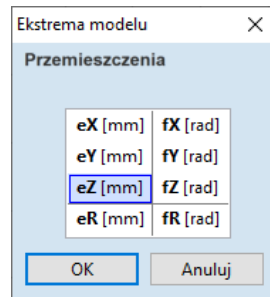
Skalę wykresu można odczytać lub zmienić w polu obok **Trybu wyświetlania**.

Sprawdź ugięcia dla wszystkich przypadków obciążenia i kombinacji. Większość błędów w danych wejściowych można odfiltrować weryfikując uzyskane wartości przemieszczeń. W tym celu kliknij listę obok ikony **Parametry wyświetlania wyników**. Wybierz pierwszą kombinację obciążeń **Co.#1**.

Min, max wartości

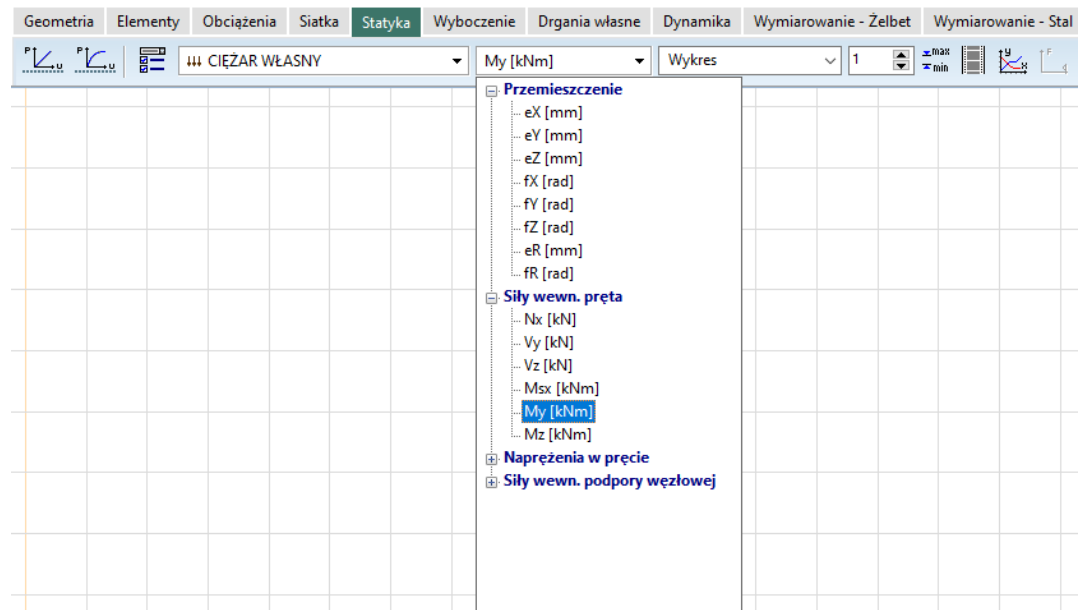


Aby znaleźć wartości minimalne i maksymalne kliknij ikonę **Min, Max wartości** znajdującą się na pasku narzędziowym zakładki **Statyka**. Pojawi się następujące okno:

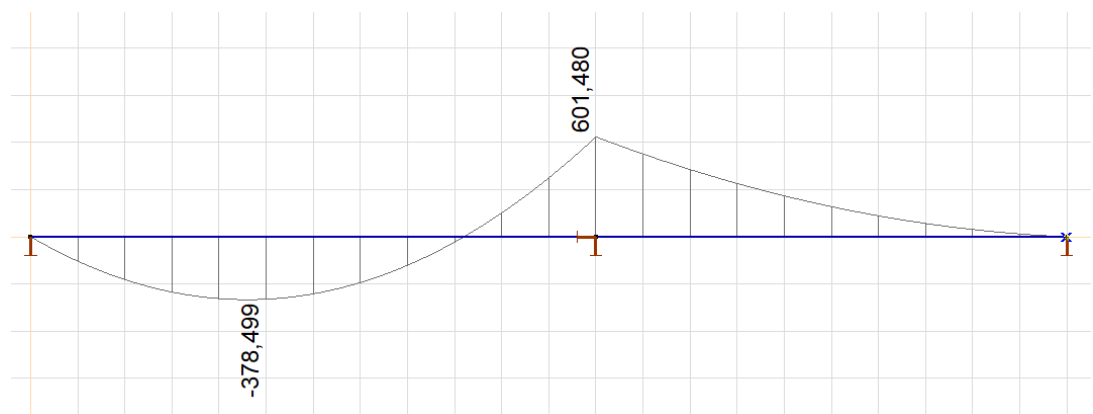


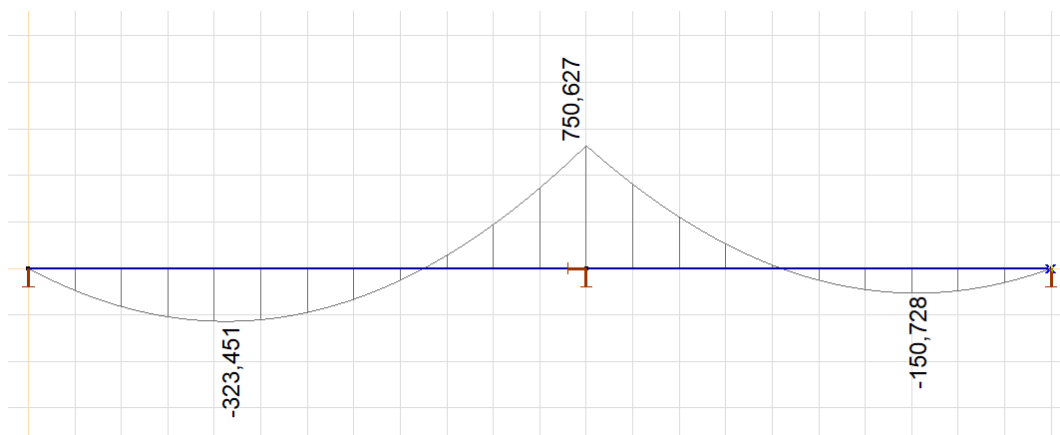
Wybierz **ez** i kliknij **OK**. Panel wyników pokaże największą ujemną wartość przemieszczenia i jego położenie. Po ponownym kliknięciu **OK** panel wyników pokaże największą dodatnią wartość przemieszczenia. Kliknij **OK**, aby zakończyć funkcję.

Kliknij na drugą rozwijaną listę (obok listy z przypadkami obciążeń) z której można wybrać odpowiedni komponent wyniku: przemieszczenia, siły wewnętrzne, naprężenia itd. Najpierw wybierz **My [kNm]** z listy **Siły wewn. pręta** dla pierwszej i drugiej kombinacji obciążeń (**Co.#1, Co.#2**).



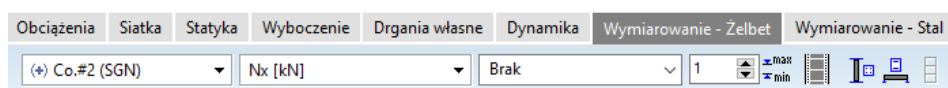
Co.#1 – My [kNm]:



Co.#2 – M_y [kNm]:

Wymiarowanie – Żelbet

Żeby zaprojektować zbrojenie należy przejść na zakładkę **Wymiarowanie – Żelbet**:



Wymiarowanie zbrojenia belki

Kliknij ikonę **Wymiarowanie zbrojenia belki**, zaznacz wszystkie pręty za pomocą przycisku * (**Wszystko**), a następnie kliknij **OK**. W oknie **Parametry zbrojenia belki ustaw**:



Parametry zbrojenia



Parametry zbrojenia belki - Eurokod [PL]

Przekrój poprzeczny Parametry

Beton C25/30 D_{max} [mm] = 16

Klasa konstrukcji S4

400x720

b_w [mm] = 400,0 h [mm] = 720,0

Klasy środowiska, otuliny

Górny: (+z) XC1 Lewy: (-y) XC1 Prawy: (+y) XC1 Dolny: (-z) XC1

☒ Zastosuj minimalną otulinę

c_v (+z) [mm] = 25,0 c_v (-y) [mm] = 25,0 c_v (+y) [mm] = 25,0 c_v (-z) [mm] = 25,0

Strzemię B500B Liczba cięć strzemion = 2 ϕ_y [mm] = 10

Zbrojenie podłużne B500B Typ Żebrowane

ϕ_g [mm] = 16 ϕ_g [mm] = 25 ϕ_d [mm] = 25 ϕ_d [mm] = 25

Krok dla rozstawu strzemion Δs [mm] = 50,0

Zbrojenie boczne na skręcanie ϕ_{skr} [mm] = 16

Maksymalna liczba zastosowanych układów wkładek 3

☐ Zapisz jako domyślne OK Anuluj

W razie konieczności w zakładce **Przekrój poprzeczny** przekrój poprzeczny może być zmodyfikowany. Należy jednak pamiętać, że siły wewnętrzne zostaną przeliczone tylko wtedy, kiedy zostanie przeprowadzona nowa analiza statyczna.

Klasa betonu (pole **Beton**) jak również maksymalna wielkość kruszywa (D_{max}) mogą być zmienione. W przypadku wielkości kruszywa pozostaw wartość domyślną tj. **16 mm**.

Klasy środowiskowe i otulina muszą być ustalone dla wszystkich boków przekroju. W naszym przykładzie wybierz klasę środowiskową **XC1** dla każdego boku. Klikając symbol **klamry** przypisujesz wszystkim bokom przekroju wspólną klasę środowiskową. Zaznacz przycisk wyboru **Zastosuj minimalną otulinę**, żeby obliczyć otulinę automatycznie.

Ustalenie parametrów zbrojenia poprzecznego (strzemion) znajduje się po lewej stronie okna, a parametrów zbrojenia podłużnego po prawej. Strzemiona są wyświetlane na zielono, zbrojenie podłużne w narożnikach na czerwono, a pośrednie pręty podłużne na niebiesko. Średnica każdego z prętów podłużnych (narożnikowe, pośrednie, górne i dolne) może być ustalona niezależnie.

Przyjmij stal **B500B** dla strzemion i prętów podłużnych. Przyjmij strzemiona o średnicy **10 mm** w domyślnym rozstawie **50 mm**. Ustaw następujące średnice dla prętów podłużnych: **25 mm** dla prętów dolnych i pośrednich prętów górnych, **16 mm** dla prętów narożnikowych górnych. W ramach opcji **Maksymalna liczba zastosowanych układów wkładek** ogranicza się liczbę różnych schematów rozkładu prętów zbrojeniowych wzdłuż belki (liczbę rozkładów prętów górnych i dolnych można ustawić niezależnie).

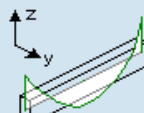
W zakładce **Parametry** można zdefiniować następujące parametry:

Parametry zbrojenia belki - Eurokod [PL]

Przekrój poprzeczny

Parametry

Wymiarujące siły wewnętrzne

☒ Vz - My
 ☐ Vy - Mz
 

☐ Sprawdzenie skręcania
 ☐ Redukcja siły tnącej na podporach

Kąt betonowych krzyżulców ściskanych

☒ 45°
 ☐ Zmienny
 ☐ Niestandardowy

θ = 45

27°

45°

Szerokości rys

☒ Zwiększ ilość zbrojenia w celu ograniczenia szerokości rysy

Szerokość rysy górnej [mm] = 0,30

Szerokość rysy dolnej [mm] = 0,30

☒ Uwzględnij wytrzymałość betonu na rozciąganie

☐ Krótkotrwałe (kt = 0.6)
 ☒ Długotrwałe (kt = 0.4)

Sprawdź dopuszczalne ugięcie

Weryfikacja ugięcia jest przeprowadzana tylko, gdy ustawiona jest rzeczywista klasa betonu i rzeczywisty przekrój poprzeczny.

Pręt: L / 250

Wspornik: L / 400

Analiza nieliniowa

☒ Uwzględnij wytrzymałość betonu na rozciąganie

☒ f_{ctm}
☐ $f_{ctm,fl}$

ϵ_{cs} [‰] = 0,409

Wskaźnik dla sił sejsmicznych

f_{se} = 1

☐ Zapisz jako domyślne

OK

Anuluj

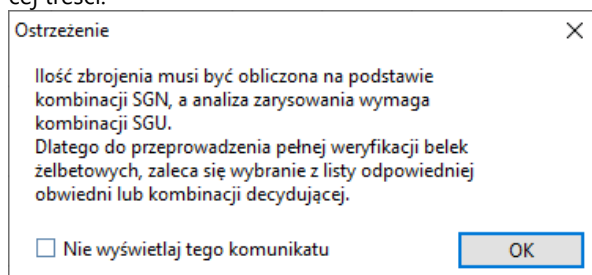
Zaznaczenie pola wyboru **Redukcja siły tnącej na podporach** pozwala aplikacji na zastosowanie metod redukcji siły ścinającej zgodnie z aktualną normą. W naszym przykładzie nie włączaj tej funkcji.

Eurokod 2 pozwala na określenie kąta nachylenia ściskanych krzyżulców betonowych θ . W przykładzie pozostaw wartość domyślną 45° .

Zaznaczenie pola **Zwiększ ilość zbrojenia w celu ograniczenia szerokości rysy** pozwala na wprowadzenie dopuszczalnych szerokości rys. W tym przypadku program będzie zwiększał górne/dolne zbrojenie w celu ograniczenia rys do określonej wartości dopuszczalnej. Analiza rys wymaga określenia czasu trwania obciążenia. W przykładzie w polu **Czas trwania obciążenia** zaznacz obciążenie **Długotrwałe** ($kt=0,4$). Jako dopuszczalne ugięcie belki przyjmij kryterium **L/250**, gdzie **L** odnosi się do rozpiętości przęsła. Weryfikacja ugięć jest przeprowadzana tylko wtedy, kiedy ustawiona jest rzeczywista klasa betonu i rzeczywisty przekrój poprzeczny.

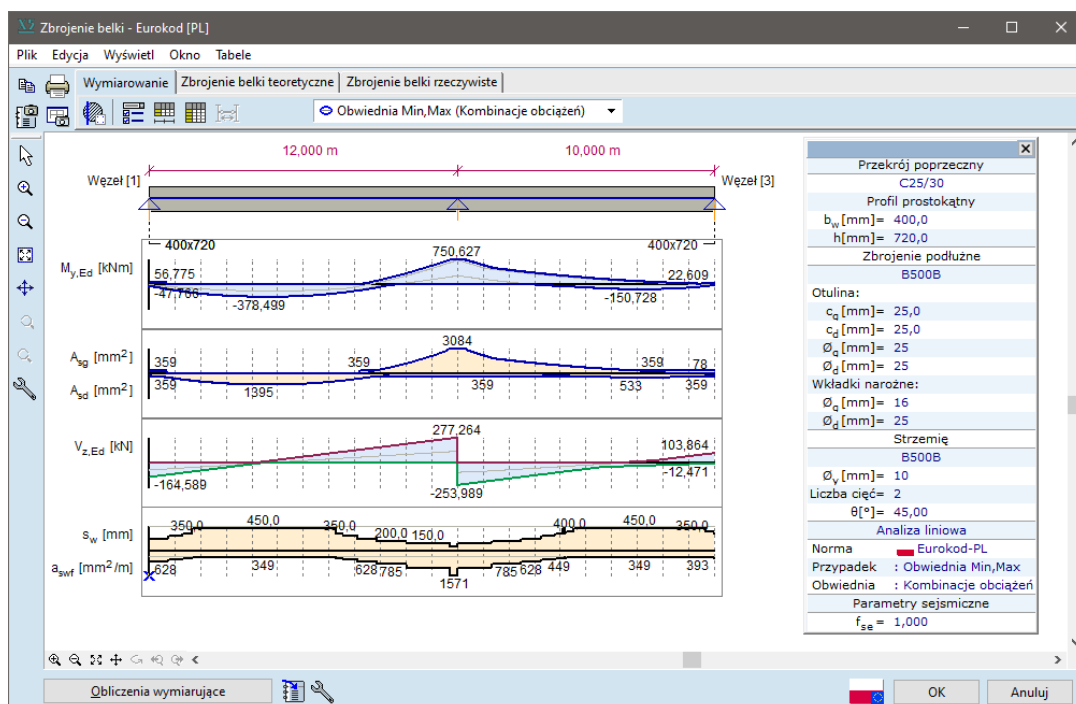
Zaznacz pole **Uwzględnij wytrzymałość betonu na rozciąganie w Analizie nieliniowej**. Obciążenie sejsmiczne nie było definiowane, dlatego należy zostawić wartość domyślną wskaźnika dla sił sejsmicznych.

Po zatwierdzeniu ustawień przyciskiem **OK** program wyświetli komunikat ostrzegawczy o następującej treści:

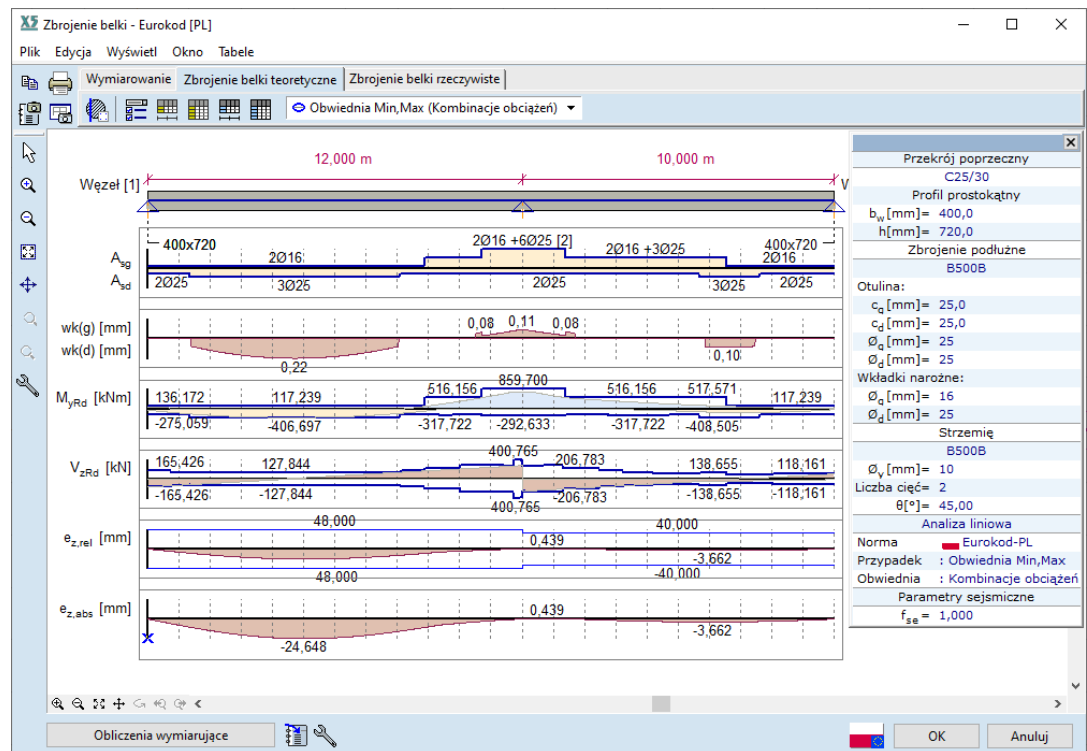


Po zaakceptowaniu ostrzeżenia, wyświetlone zostanie okno **Zbrojenie belki**. W zakładce **Wymiarowanie** wyświetlone zostaną poniższe wykresy:

- schemat belki z wymiarami;
- obliczeniowy wykres momentów $M_{y,Ed}$. Jeżeli na liście rozwijanej wybrano nie przypadek czy kombinację obciążeń, lecz którąś z obwiedni (np. **Obwiednia Min, Max (Kombinacje obciążeń)**), wtedy zostanie wyświetlona obwiednia momentów. Niebieska gruba linia odnosi się do krzywej odsuniętej zgodnie z obowiązującą normą projektową;
- trzeci wykres odnosi się do wymaganego pola zbrojenia górnego i dolnego;
- czwarty wykres przedstawia obwiednie sił poprzecznych;
- ostatni wykres pokazuje wymagane zbrojenie ze względu na ścinane i jego rozstaw.



Po przejściu na zakładkę **Zbrojenie belki teoretyczne** wyświetlone zostaną wykresy pokazane poniżej: obwiednie zbrojenia (A_s), zarysowanie (wk), nośność obliczeniowa na zginanie (M_{yRd}), nośność przekroju na ścinanie (V_{zRd}), względne ugięcie ($e_{z,rel}$) i bezwzględne ugięcie ($e_{z,abs}$). Aby wyświetlać poszczególne wykresy dla adekwatnego typu kombinacji (siły wewnętrzne od kombinacji SGN, zarysowanie i ugięcie od kombinacji SGU), wybierz **Obwiednia Min, Max (Kombinacje obciążeń)**.



Przy określaniu rozkładu zbrojenia podłużnego brane pod uwagę są zadane parametry prętów zbrojeniowych i posiatkowanie elementu (patrz wyżej).

Ustawia parametry wyświetlania



Po wybraniu polecenia **Ustawia parametry wyświetlania** wyświetlony zostanie panel, za pomocą którego można włączać i wyłączać prezentowane wykresy.

Wykresy	Wyświetl	Opisz ekstrema
Schemat statyczny	<input checked="" type="checkbox"/>	
Obwiednia zbrojenia [$A_{sd}; A_{sg}$]	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Zbrojenie boczne na skręcanie [$A_{sl,T+}$]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Szerokości rys [$wk(g)$]	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Obliczony rozstaw strzemion [$s_w; a_{pwf}$]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zastosowany rozstaw strzemion [$s^*; a_{pwf}^*$]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moment graniczny [M_{yRd}]	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Maksymalna siła tnąca [V_{zRd}]	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nośność na skręcanie [T_{zRd}]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stopień wykorzystania na zginanie [M_{yEd}/M_{yRd}]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stopień wykorzystania na ścinanie [V_{zEd}/V_{zRd}]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stopień wykorzystania na skręcanie [T_{zEd}/T_{zRd}]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ugięcie względne [$e_{z,rel}$]	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ugięcie bezwzględne [$e_{z,abs}$]	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ugięcie względne, stopień wykorzystania [$e_{z,rel}/e_{z,max}$]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ugięcie bezwzględne, stopień wykorzystania [$e_{z,abs}/e_{z,max}$]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

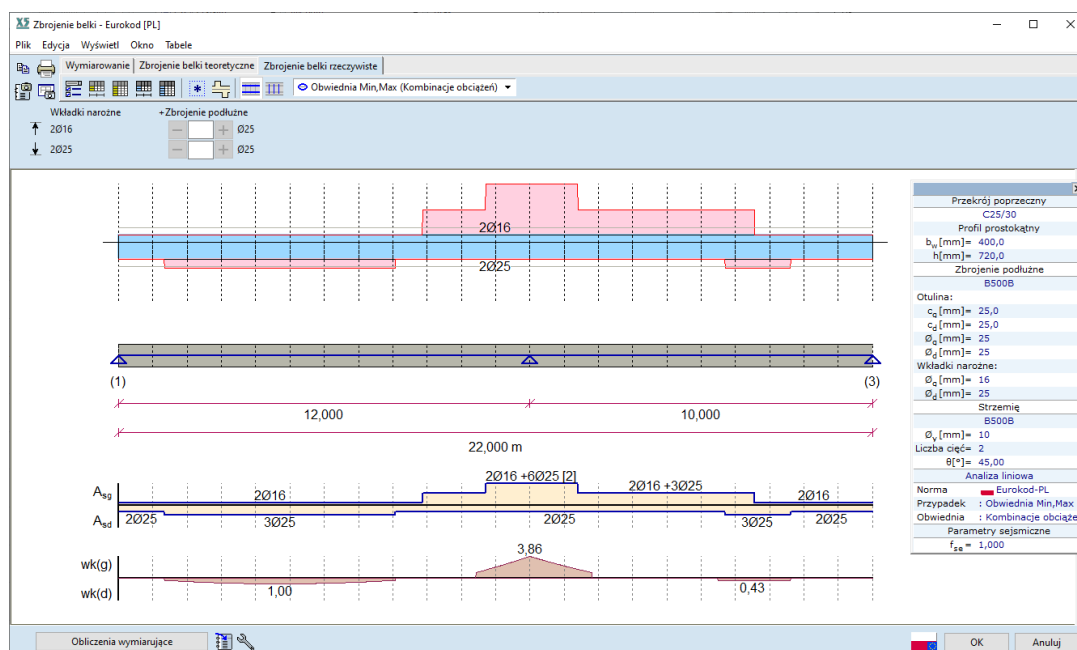
☐ Wyświetl belkę w rzeczywistych proporcjach
☒ Pokaż dopuszczalne ugięcie
☒ Siatka pionowa

dx [m] =

☐ Bieżące ustawienia jako domyślne

OK Anuluj

Po zamknięciu okna **Ustawia parametry wyświetlania** na zakładce **Zbrojenie belki rzeczywiste** obliczone zbrojenie można zastosować jako zbrojenie rzeczywiste. Przejdź na tę zakładkę aby wprowadzić zbrojenie rzeczywiste.



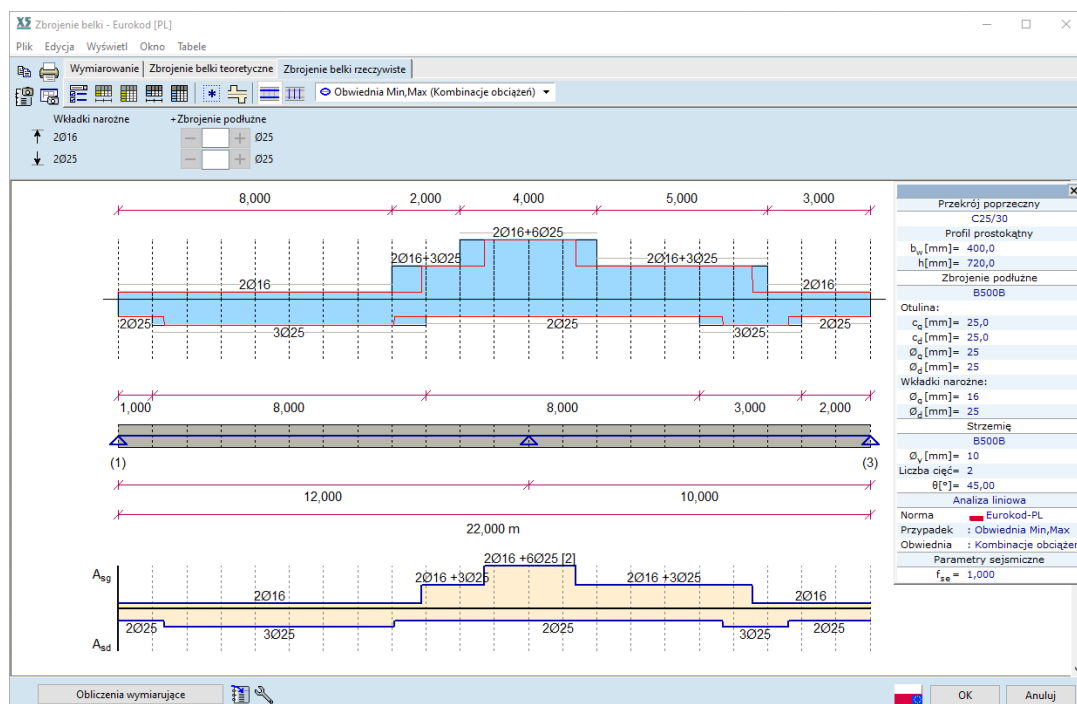
Liczba prętów zbrojeniowych może być modyfikowana. Pola edycji pozwalają na zmianę liczby prętów w górnym i dolnym zbrojeniu dla zaznaczonej/ych sekcji belki. Przyciski - / + odpowiednio zmniejszają/zwiększają liczbę prętów.

Wkładki narożne		+Zbrojenie podłużne	
↑	2016	-	0
↓	2025	+	025

Zastosuj zbrojenie obliczone



Z listy rozwijalnej wybierz **Obwiednia Min, Max (Kombinacje obciążeń)**. Kliknij **Zastosuj zbrojenie obliczone**. Wyświetlone zostaną poniższe wykresy:



Oprogramowanie wyznacza zbrojenie rzeczywiste zgodnie z przebiegiem sił wewnętrznych, zwiększając lub zmniejszając liczbę prętów zbrojeniowych.

Ustawia parametry
wyświetlania



Klikając na ikonę **Ustawia parametry wyświetlania** możesz wybrać tylko potrzebne wykresy. Pozostałe mogą być wyłączone. Tym razem pozostaw aktywne tylko te wykresy, które posłużą do weryfikacji warunków zarysowania i ugięcia: **Schemat statyczny**, **Szerokość rys**, **Ugięcie względne**.

Wyświetl

Wykresy	Wyświetl	Opisz ekstrema
Schemat statyczny	<input checked="" type="checkbox"/>	
Obwiednia zbrojenia $[A_{sd}; A_{sg}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zbrojenie boczne na skręcanie $[A_{sl}; T_{+}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Szerokości rys $[wk(g)]$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Obliczony rozstaw strzemion $[s_w; a_{swf}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zastosowany rozstaw strzemion $[s^*; a_{swf}^*]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moment graniczny $[M_{yRd}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maksymalna siła tnąca $[V_{zRd}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nośność na skręcanie $[T_{zRd}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stopień wykorzystania na zginanie $[M_{yEd}/M_{yRd}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stopień wykorzystania na ścinanie $[V_{zEd}/V_{zRd}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stopień wykorzystania na skręcanie $[T_{zEd}/T_{zRd}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ugięcie względne $[e_{z,rel}]$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ugięcie bezwzględne $[e_{z,abs}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ugięcie względne, stopień wykorzystania $[e_{z,rel}/e_{z,max}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ugięcie bezwzględne, stopień wykorzystania $[e_{z,abs}/e_{z,max}]$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wielkość wykresu

☒ Stała szerokość

Marginesy Lewy: 10% Prawy: 20%

☐ Pomniejsz/powiększ

Pionowa wielkość wykresów z wynikami 100%

☐ Wyświetl belkę w rzeczywistych proporcjach

☒ Pokaż dopuszczalne ugięcie

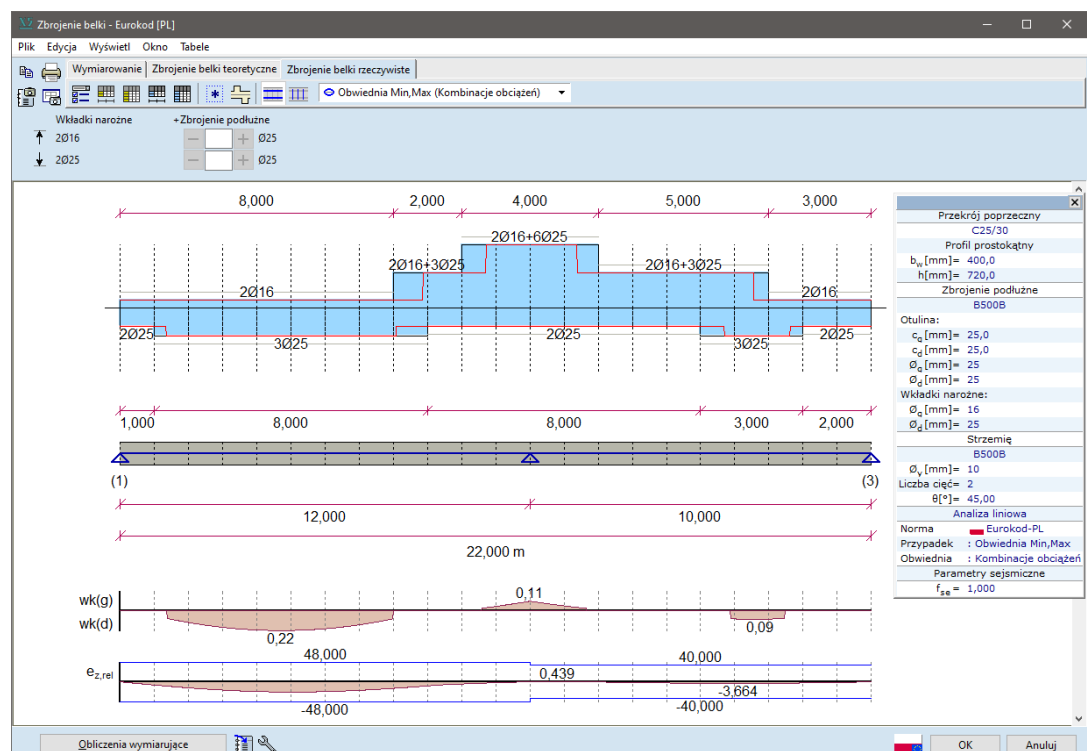
☒ Siatka pionowa

dx [m] = 1,000

☐ Bieżące ustawienia jako domyślne

OK Anuluj

Po zatwierdzeniu przyciskiem **OK**, wyświetlone zostaną poniższe wyniki w oparciu o zbrojenie rzeczywiste. Przypominamy, że przy wyborze **Obwiednia Min, Max (Kombinacje obciążeń)** wyświetlone wykresy zarysowania i ugięcia pochodzą od kombinacji SGU.



Nieliniowa analiza statyczna



Powyższe wyniki ugięcia są przybliżone, ponieważ bez uwzględnienia wpływu skurczu wartość pełzania jest przybliżona. Dokładniejsze obliczenia można wykonać za pomocą nieliniowej analizy statycznej. Zamknij okno **Zbrojenie belki** a następnie przejdź na zakładkę **Statyka**. Po wywołaniu ikony **Nieliniowa analiza statyczna** zostanie wyświetlone poniższe okno:

Nieliniowa analiza statyczna

Przypadki obciążeń

- Wszystko
 - Przypadki obciążeń
 - Kombinacje obciążeń
 - SGN
 - Co.#1 (SGN)
 - Co.#2 (SGN)
 - SGU Quasi-stała
 - Co.#3 (SGU Quasi-stała)

1 z 7

Sterowanie rozwiązaniem

☒ Siła
 ☐ Przeszczenie
 ☐ Pushover

☐ Wzrost pomocniczy
 ☐ Kierunek: X
 ☐ Przeszczenie maksymalne: [mm] = 1

☒ Równe przyrosty
 ☐ Funkcja przyrostu

Liczba przyrostów: 10

<Równe przyrosty>

Wsp. obciążenia: 1,0000

0 10

Kryterium zbieżności

Maksymalna liczba iteracji: 30

☒ Przeszczenie: 0,001
 ☐ Siła: 0,001
 ☐ Praca: 1E-6

☐ Użyj sztywności sieciowej (tylko w odpowiednich przypadkach)

Sterowanie iteracją

☒ Automatyczne ograniczenie przyrostu odkształcenia
 ☐ Ograniczenie przyrostu przeszczenia

Przeszczenie [mm] = 10,000 Obrót [rad] = 0,17453

☒ Uwzględnij zbrojenie w obliczeniach
 ☐ Zbrojenie rzeczywiste
 ☐ Zbrojenie teoretyczne obliczone dla decydujących sił wewnętrznych

☒ Pełzanie
 ☐ Skurcz

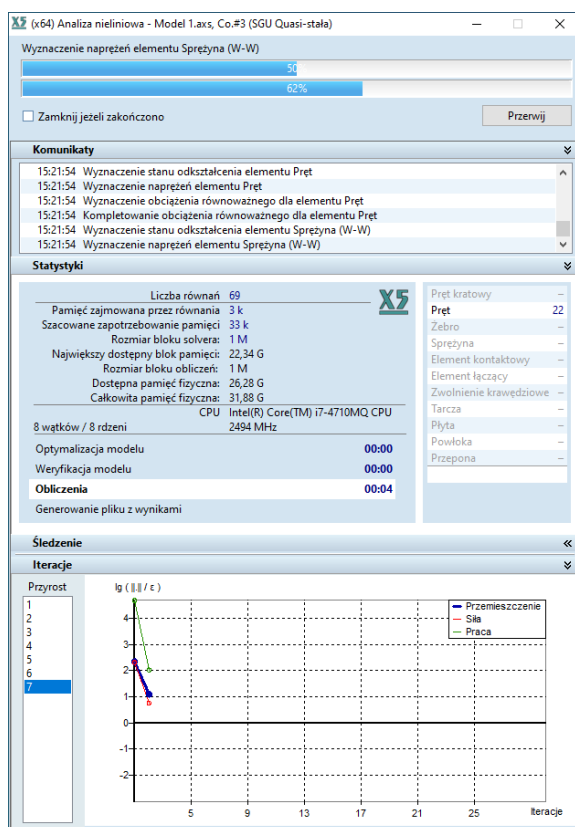
Nieliniowość

☒ Nieliniowe właściwości materiałów i elementów skończonych
 ☒ Geometryczna nieliniowość dla prętów, prętów kratowych, żeber i powłok

☒ Zachowaj tylko ostatni przyrost

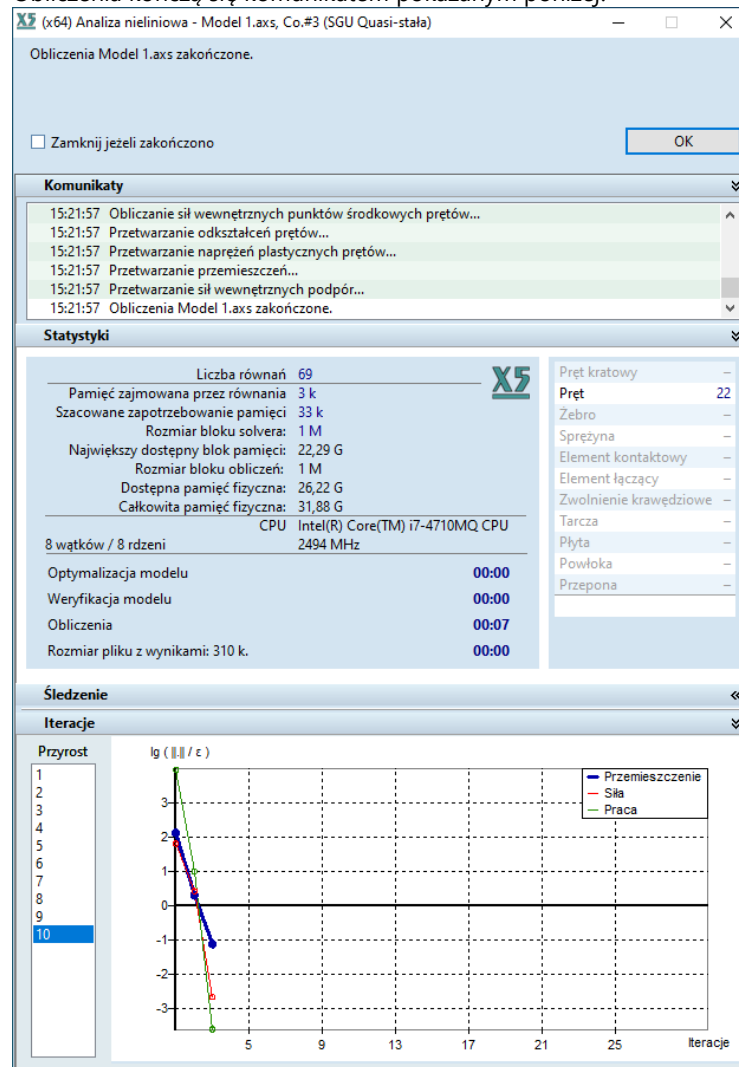
OK Anuluj

W tym zadaniu jedynym celem przeprowadzenia analizy nieliniowej będzie zweryfikowanie deformacji konstrukcji, dlatego zostanie ona przeprowadzona tylko dla kombinacji **Co.#3 (SGU Quasi-stała)**. Sprawdź czy zaznaczone są następujące pola wyboru: **Uwzględnij zbrojenie w obliczeniach** i **Pełzanie**. Pozostałe parametry analizy nieliniowej powinny być ustawione zgodnie z oknem przedstawionym powyżej. Uruchom analizę klikając **OK**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

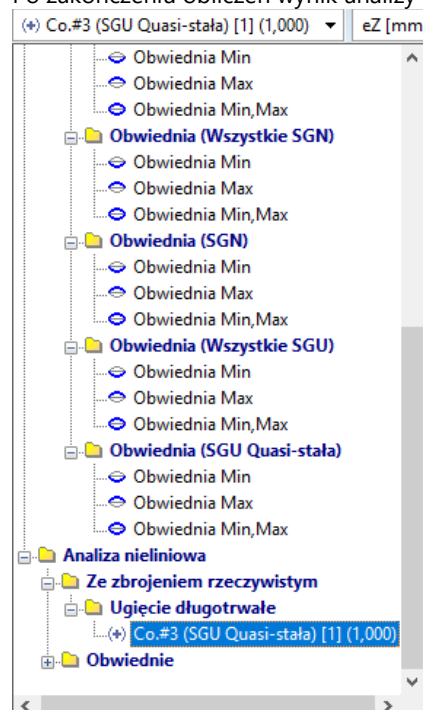


W trakcie obliczeń wyświetlane są informacje o aktualnym przyroście na liście **Komunikaty**. W oknie **Iteracje** wyświetlana jest zbieżność dla każdego przyrostu.

Obliczenia kończą się komunikatem pokazanym poniżej:



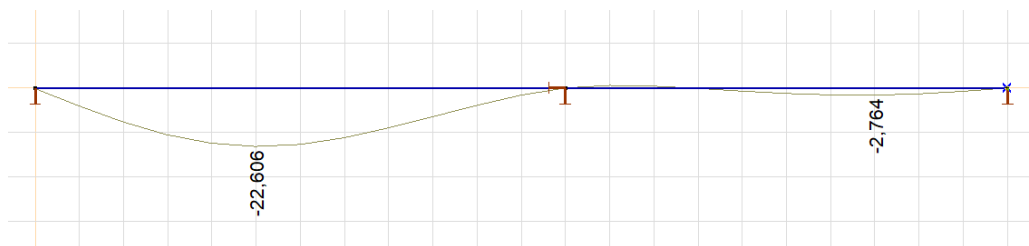
Po zakończeniu obliczeń wynik analizy nieliniowej można znaleźć na liście rozwijanej.



Linia ugięcia belki otrzymana w wyniku analizy nieliniowej (**Przemieszczenie – eZ [mm]**) jest wyświetlona poniżej. Przedstaw wyniki jako **Wykres**. Dostosuj skalę wykresu.

Elementy	Obciążenia	Siatka	Statyka	Wyboczenie	Drgania własne	Dynamika	Wymiarowanie - Żelbet
(+ Co.#3 (SGU Quasi-stała) [1] (1,000)		eZ [mm]		Wykres		1	

Poniższy wynik otrzymano z analizy nieliniowej.

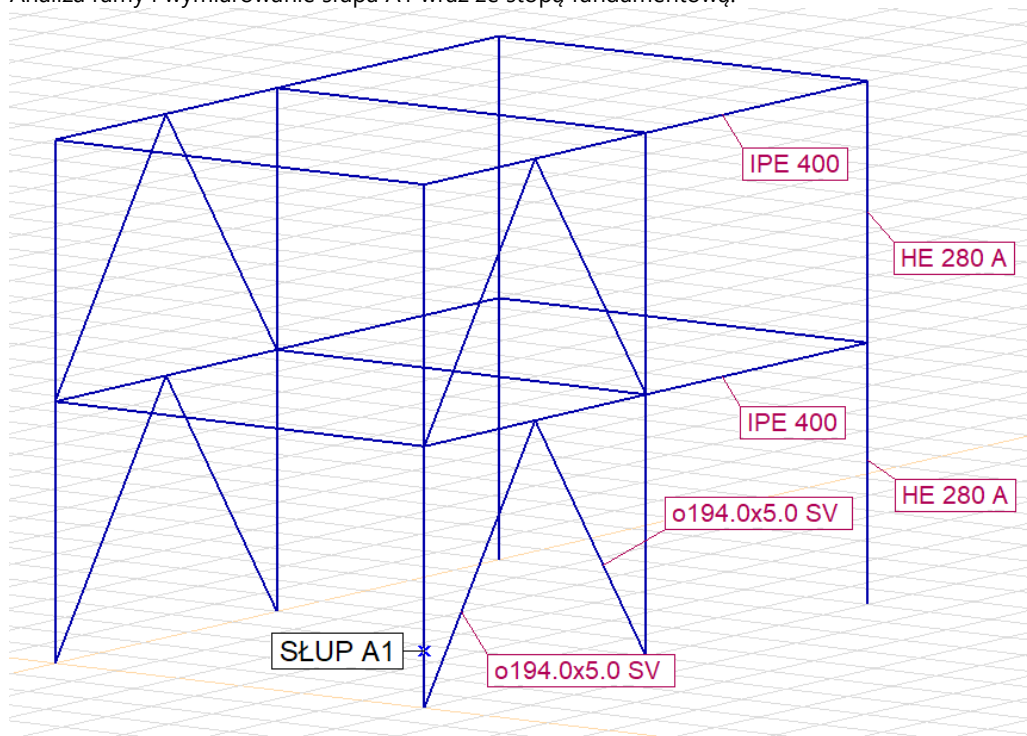


Pusta strona

2. MODEL RAMOWY

Cel

Analiza ramy i wymiarowanie słupa A1 wraz ze stopą fundamentową:



Na poziome belki przyjęto przekroje IPE 400 a na słupy HE 280 A. Pręty stężenia to przekrój $\phi 194.0 \times 5.0$ SV. Przyjmij stal S235. Wymiarowanie według Eurokodu.

Start
X6

Uruchom program **AxisVM X6**.

Nowy

Utwórz nowy model klikając ikonę **Nowy**. W oknie dialogowym w polu tekstowym **Nazwa pliku modelu** wpisz nazwę **'rama'**, w polu **Norma projektowa** wybierz **Eurokod [PL]**, a w polu **Jednostki i formaty** ustaw **EU**.

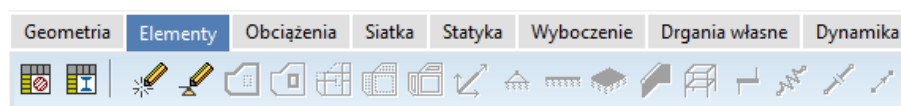
Początkową płaszczyznę roboczą można również ustawić po lewej stronie okna startowego. Zmień płaszczyznę roboczą na **X-Y Widok z góry**. Ustawienia widoku można zmienić za pomocą ikony **Widoki**. Kliknij **OK**, żeby zamknąć okno.

Geometria ramy zostanie utworzona przy użyciu narzędzi do edycji. Można to zrobić na kilka sposobów. Geometria może być stworzona przez zdefiniowanie linii, do których zostaną przypisane właściwości materiałowe i przekroje. W przykładzie zaś zostanie wykorzystana funkcja **Rysuj obiekty bezpośrednio**, która pozwala na szybsze zdefiniowanie konstrukcji.

Definicja geometrii

- Elementy

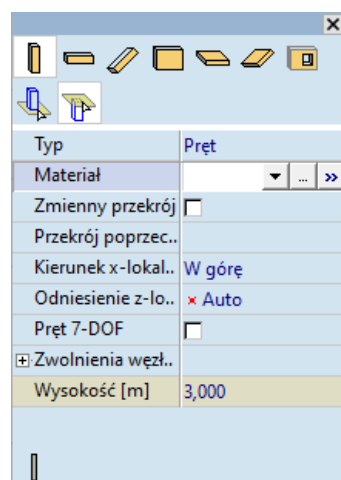
Przejdź na zakładkę **Elementy**.



Rysuj obiekty bezpośrednio

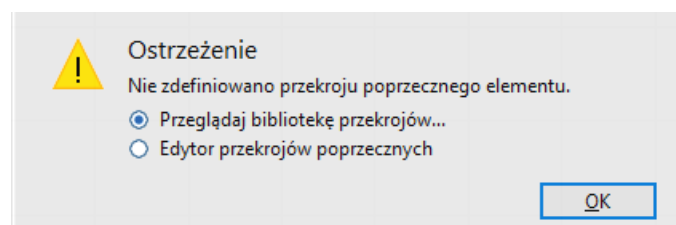


Jako pierwsze zdefiniowane zostaną słupy. Kliknięcie na ikonę **Rysuj obiekty bezpośrednio** wywoła poniższe okno:

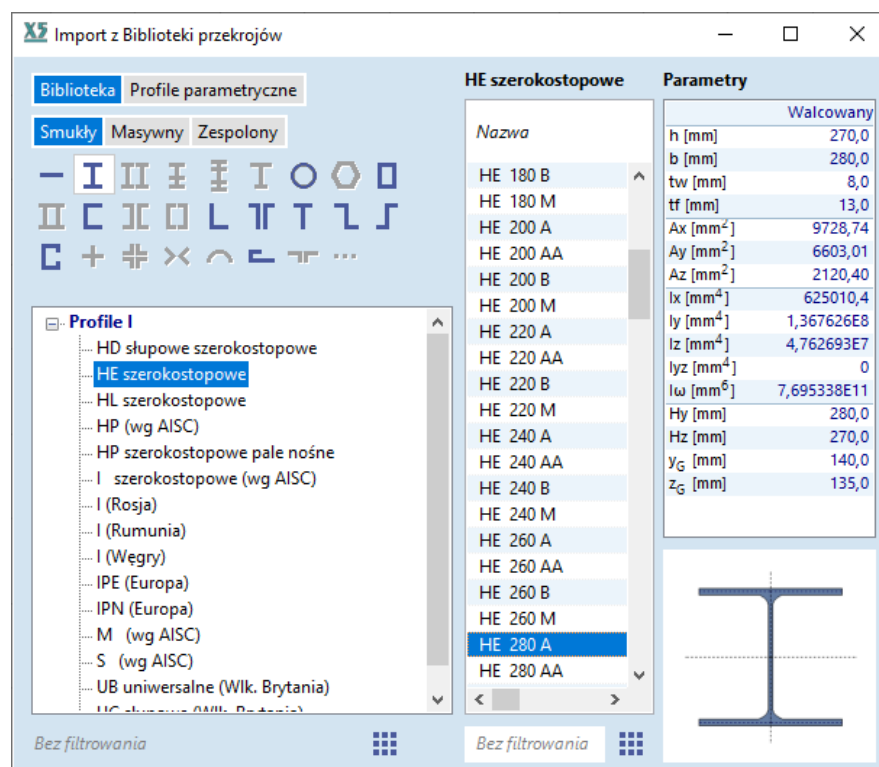


Kliknij ikonę **Słup** nawet wtedy, kiedy jest ona aktywna.

Zostanie wyświetlone ostrzeżenie pokazane poniżej:

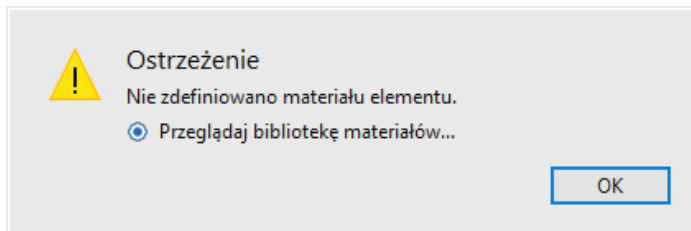


Wybierz **Przeglądaj bibliotekę przekrojów...** i kliknij **OK**. Wyświetlone zostanie poniższe okno:



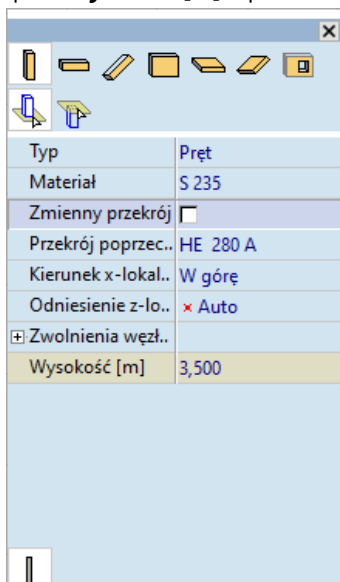
Przewiń tabelę z listą przekrojów za pomocą pionowego suwaka (lub za pomocą kółka myszki), w pierwszej kolejności wybierz **HE szerokostopowe**, a następnie **HEA 280 A**. Zatwierdź wybór przyciskiem **OK**.

Zostanie wyświetlone kolejne ostrzeżenie:



Po kliknięciu **OK** z listy **Materiały** wybierz stal **S235**, a następnie zatwierdź wybór przyciskiem **OK**. Wybrany przekrój poprzeczny i materiał zostanie wyświetlony w oknie **Rysuj obiekty bezpośrednio**.

W polu **Wysokość [m]** wpisz wartość **3,5**:

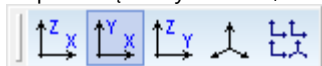


Uwaga: w oknie **Rysuj obiekty bezpośrednio** można ustawić kilka parametrów, które nie były tutaj wymienione. Przykładowo **Zwolnienia węzłowe** i kierunek lokalnego układu współrzędnych elementu mogą być zmodyfikowane. W przykładzie zostawiamy ustawienia domyślne (oznacza to, że zwolnienia węzłowe definiujemy jako sztywne).

Widoki



Zmień widok na widok z góry (płaszczyzna **X-Y**). Uwaga: w razie potrzeby widok można zmodyfikować za pomocą ikony **Widoki**, nawet jeśli aktywne jest polecenie edycji.

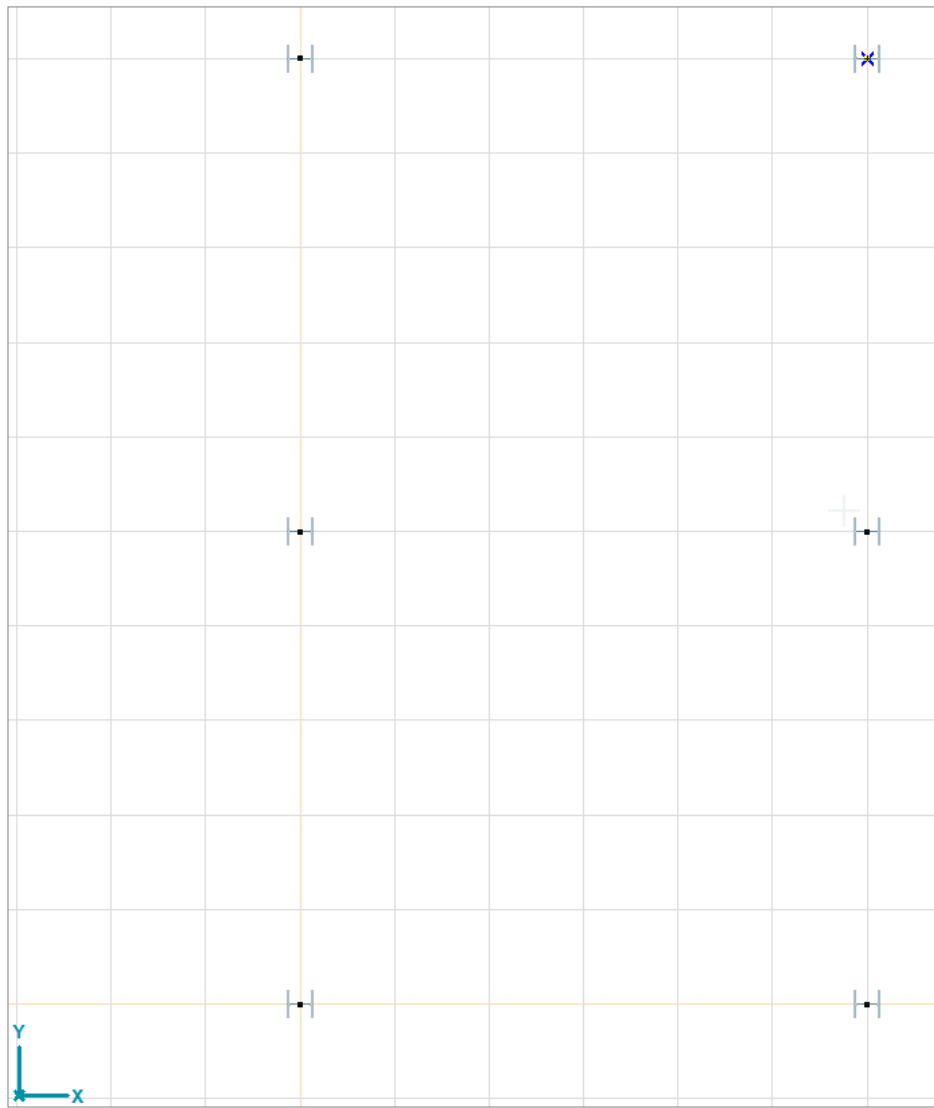


Słup



Kliknij ikonę **Słup**, żeby wstawić do modelu słupy wg następujących współrzędnych: **(0; 0) – (6; 0) – (0; 5) – (6; 5) – (0; 10) – (6; 10)**.

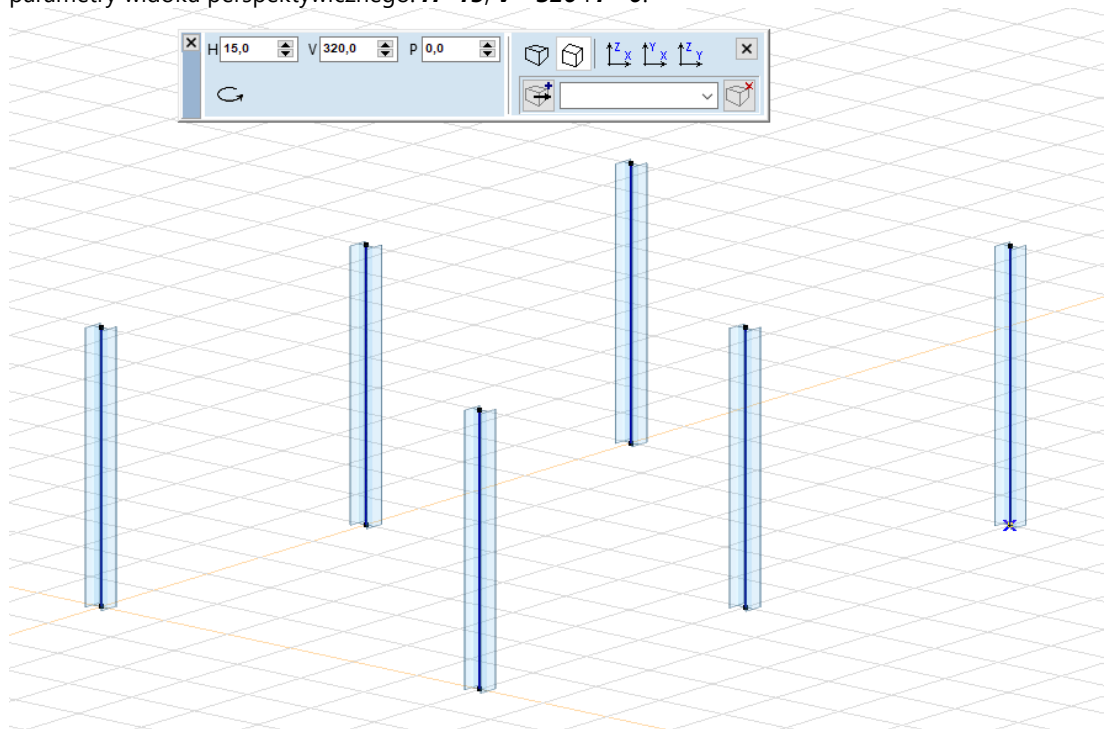
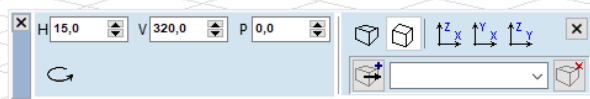
Rysunek poniżej przedstawia ustawienie słupów w płaszczyźnie **X-Y**:



Widoki



Zmień widok na **Perspektywę**, wybierając **Ustawienia perspektywy** z menu **Widok**. Zadań następujące parametry widoku perspektywnego: **H=15**, **V= 320** i **P=0**:



Belka pozioma

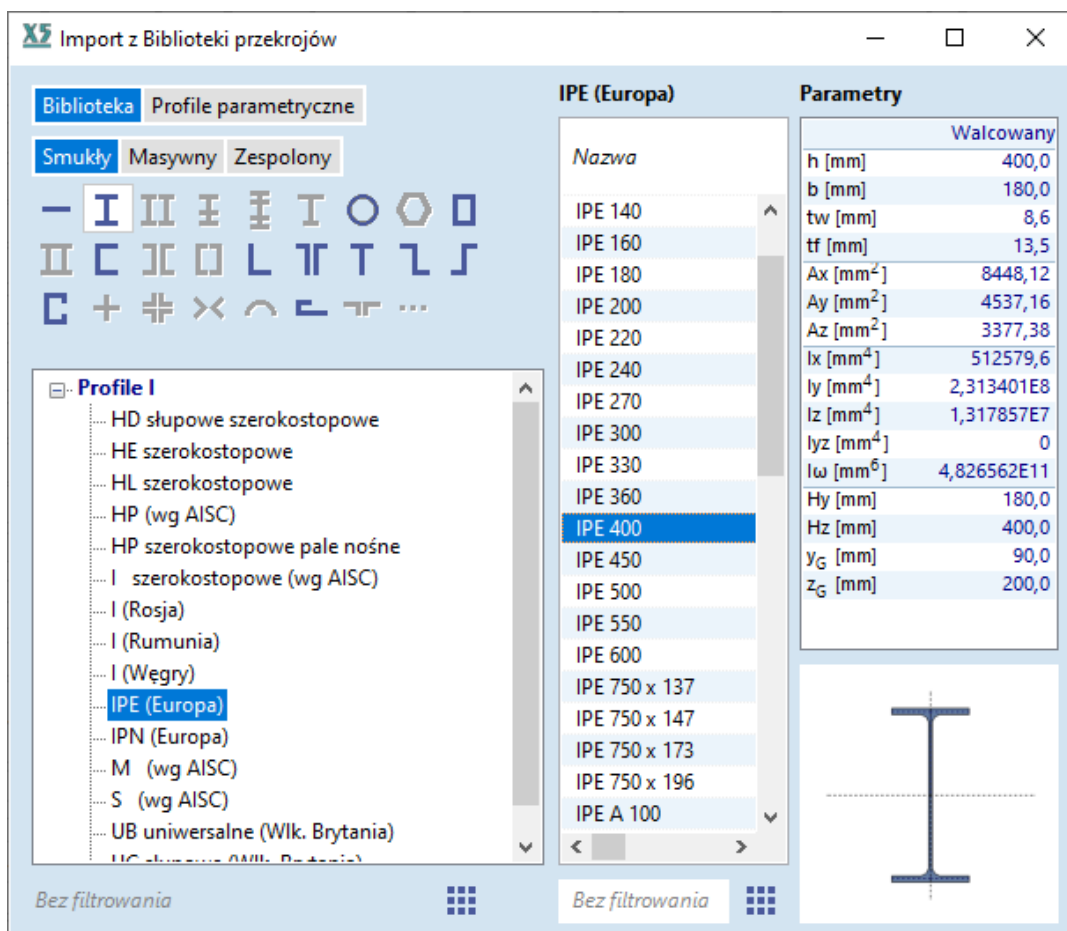


Następnie, kliknij ikonę **Belka pozioma**.

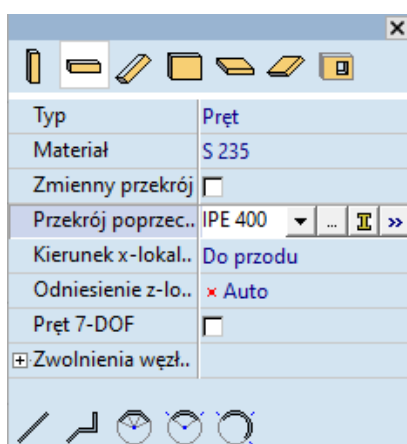
Import z biblioteki przekrojów



Kliknij na wiersz **Przekrój poprzeczny** a następnie wybierz ikonę **Import z biblioteki przekrojów**. Wybierz przekrój **IPE 400**.



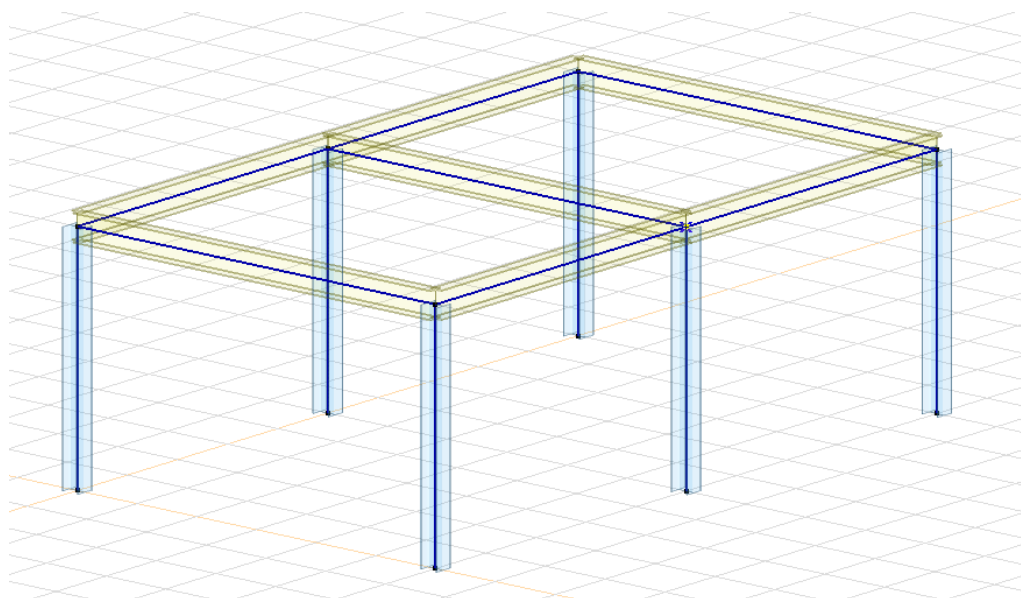
Zatwierdź wybór klikając **OK**. Wybrany przekrój jest teraz wyświetlony w oknie **Rysuj obiekty bezpośrednio**:



Element prętowy z polilinii



Aktywuj funkcję **Element prętowy z polilinii**, a następnie klikając na wierzchołki słupów narysuj osie belek. W pierwszej kolejności narysuj belki obwodowe a następnie naciśnij **Esc**, żeby przerwać rysowanie. Na koniec narysuj belkę wewnętrzną. Wynik będzie następujący:



Belka

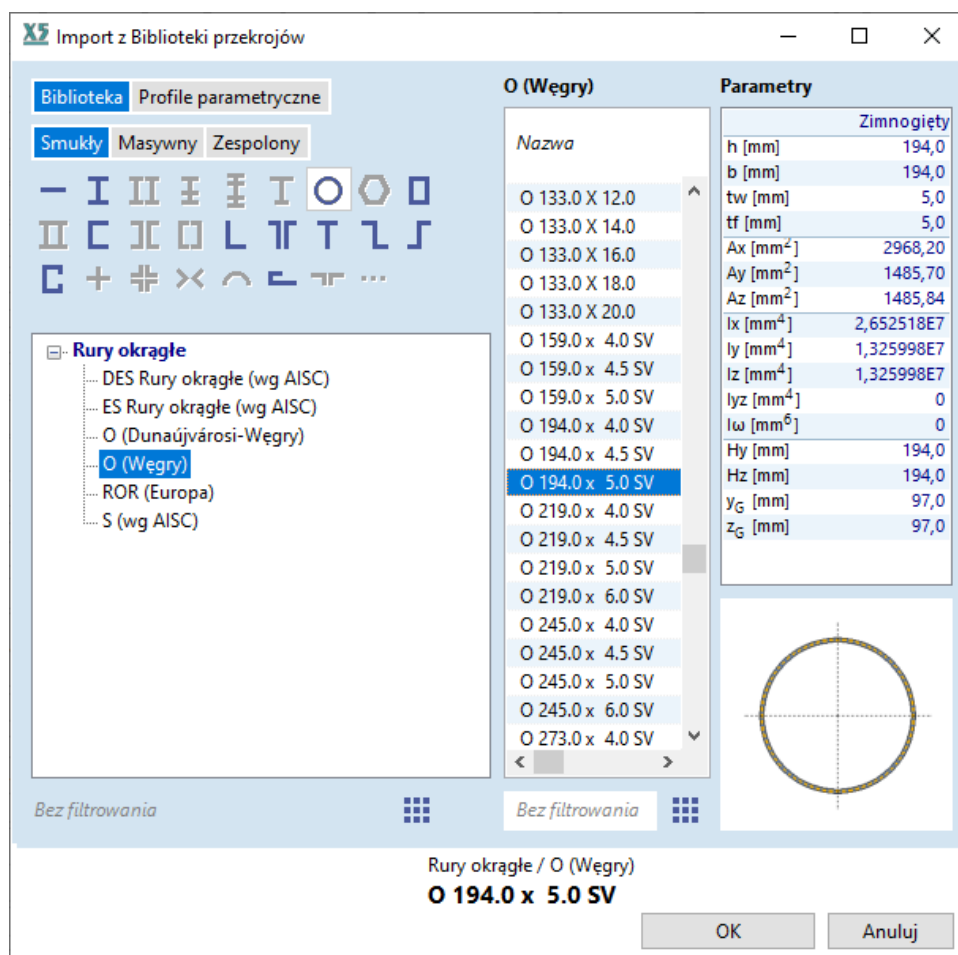


W oknie **Rysuj obiekty bezpośrednio** wybierz funkcję rysowania typu **Belka**.

Import z biblioteki
przekrojów



Kliknij na wiersz **Przekrój poprzeczny**, a następnie wybierz ikonę **Import z biblioteki przekrojów**. Spośród **Rur okrągłych** wybierz **O (Węgry)**, a następnie z listy przekrojów wybierz **O 194.0x5.0 SV**.

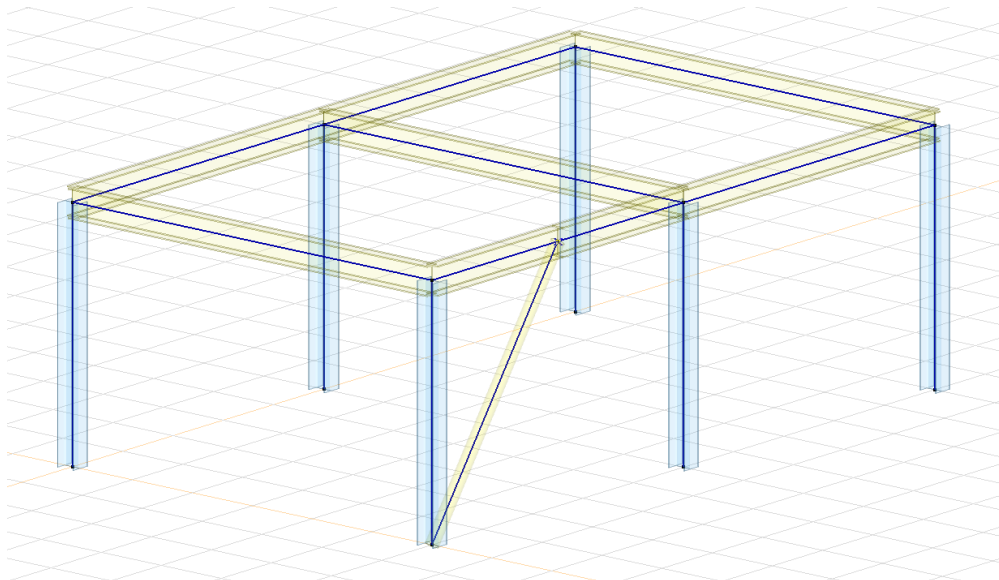


Zamknij okno klikając **OK**.

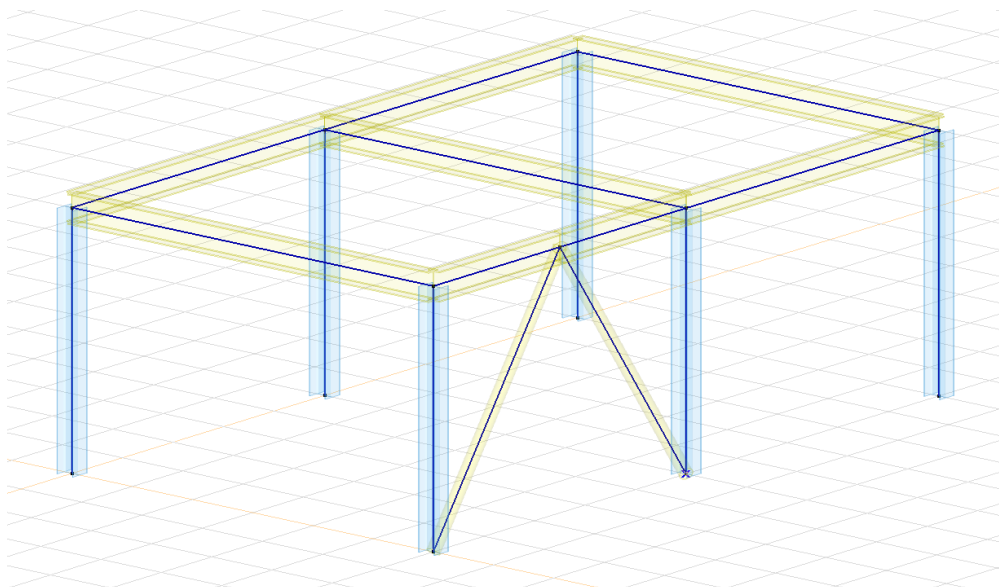
Element prętowy
z polilinii



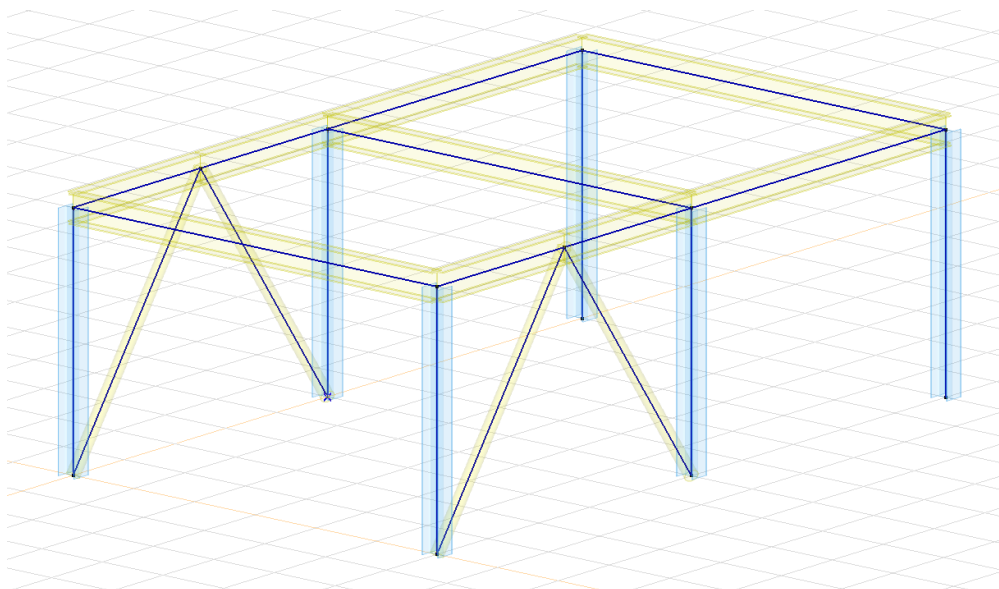
Narysuj element prętowy łączący węzeł **A1** ze środkiem belki (w kierunku **Y**), jak pokazano poniżej:



Kontynuuj rysowanie do dolnego węzła następnego słupa.



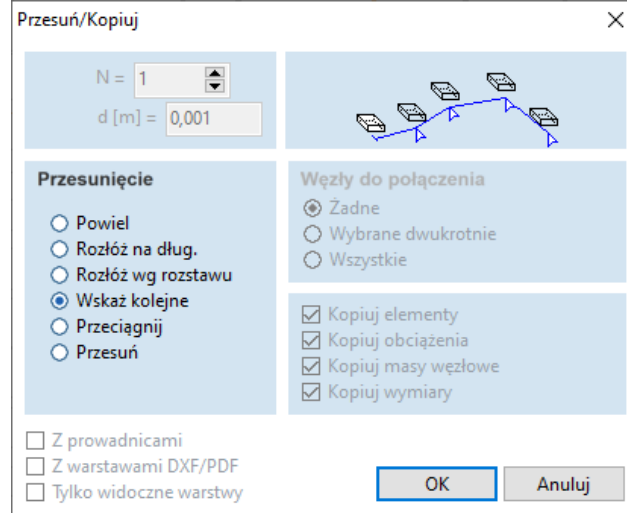
Wciśnij **Esc**, żeby zakończyć funkcję polilinii. Powtórz poprzednie kroki, aby zdefiniować stężenie po drugiej stronie konstrukcji.



Przesuń / Kopiuj

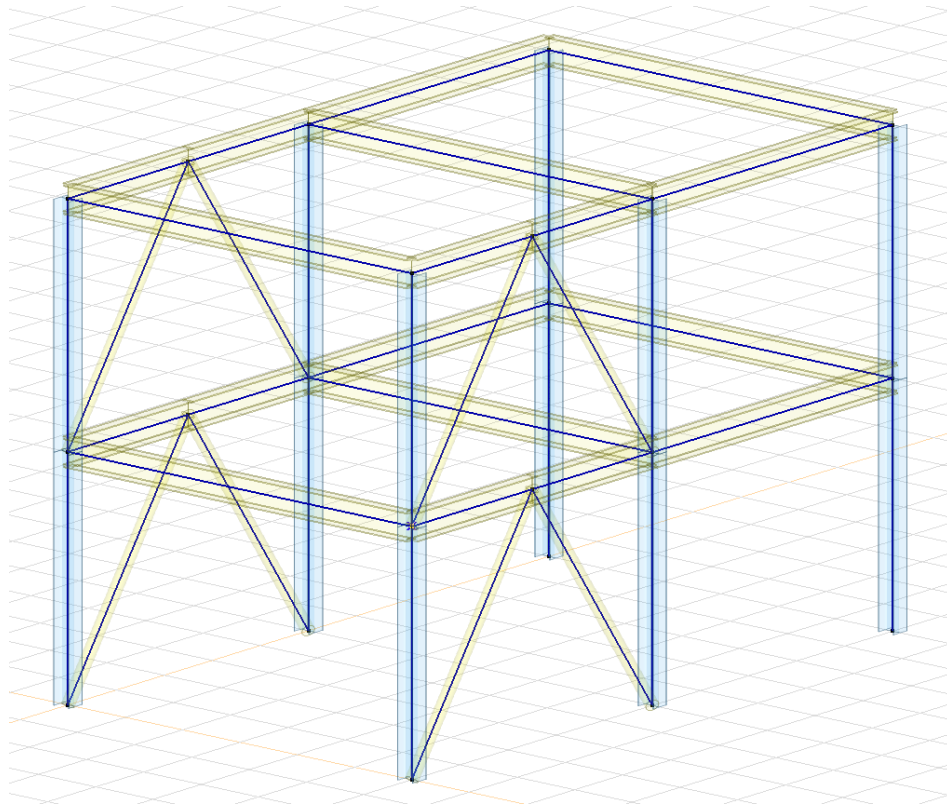


Teraz cała struktura zostanie skopiowana w kierunku **Z**, co pozwoli zdefiniować górną kondygnację. Aktywuj ikonę **Przesuń/Kopiuj** a następnie zaznacz wszystkie elementy z widoku. W oknie **Przesuń/Kopiuj** ustaw działanie funkcji w następujący sposób:



Zaznacz **Wskaz kolejne**. Wskaż dolny węzeł dowolnego słupa a następnie jego węzeł górny. Zamknij polecenie wciskając klawisz **Esc**.

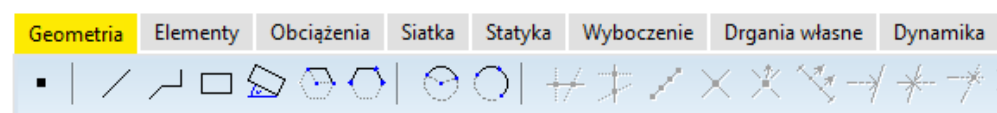
Wynik będzie następujący:



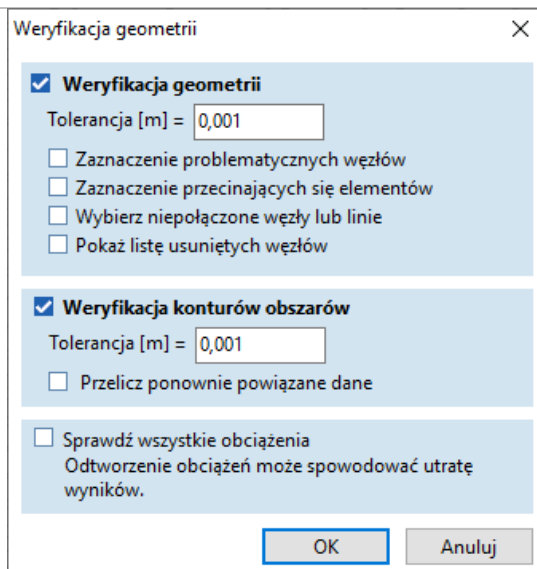
Weryfikacja geometrii



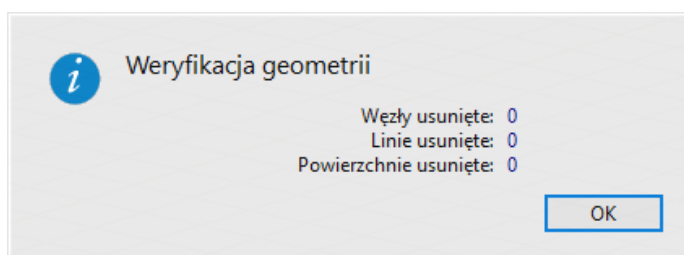
Przejdź na zakładkę **Geometria**. Kliknij ikonę **Weryfikacja geometrii**, żeby przeprowadzić sprawdzenie geometrii ramy.



W wyświetlonym oknie użytkownik może ustawić maksymalną **Tolerancję** dla punktów kontrolnych, a także zażądać podświetlenia znalezionych węzłów i elementów.



Po zweryfikowaniu geometrii zostanie wyświetlony raport:



Dopasuj do okna



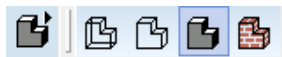
Wybierz polecenie **Dopasuj do okna** z zakładki **Powiększanie**, żeby poprawić widok:



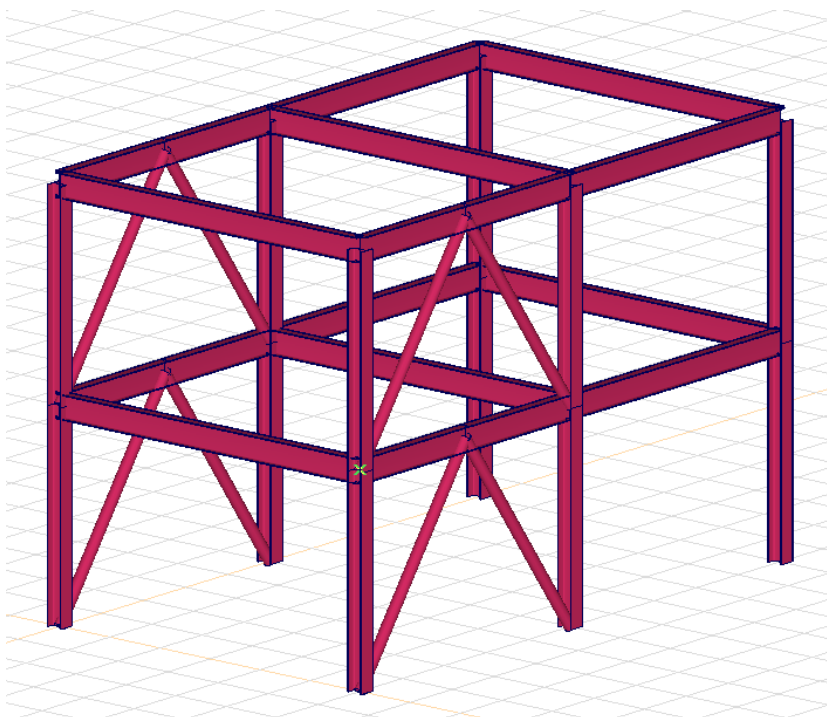
Model
zrenderowany



Wybierz **Model zrenderowany** z trybu **Widoków**:



Wyświetlony zostanie poniżej przedstawiony widok:



Opcje wyświetlania

Wywołaj funkcję Opcje wyświetlania i odznacz **Kontury obiektów w 3D** na zakładce **Symbole**.

Opcje wyświetlania

Symbole Etykiety Włączniki

Graficzne symbole

- ☒ Wzrost
- ☒ Pręty kratowe
- ☒ Pręty
- ☒ Pręty wirtualne
- ☒ Żebra
- ☒ Środek okręgu
- ☒ Obszar
- ☒ Punkt środkowy elem. powier.
- ☒ Siatka elem. skończonych
- ☒ Podpora węzłowa
- ☒ Podpora liniowa
- ☒ Podpora powierzchniowa
- ☐ Wyświetl fundamenty
 - ☐ Linie wymiarowe
 - ☐ Wymiar szczegółowy
- ☒ Sprężyny
- ☒ Elementy kontaktowe
- ☒ Elem. łączące
- ☒ Elem. sztywne
- ☒ Przepona
- ☒ Odniesienie
- ☒ Kształt przekroju poprz.
- ☒ Zwolnienia węzłowe
- ☒ Przeguby krawędziowe
- ☒ Elem. wymiarowane
- ☒ Podpory boczne
- ☐ Parametry zbrojenia
- ☒ Obszar zbrojenia
- ☒ Masa
- ☒ Punkty odniesienia dla grubości
- ☒ Żelbetowa ściana/rdzeń
- ☒ Ściana murowa
- ☐ Przebiecie
- ☐ Analiza naprężenie-odkształcenie
- ☐ Kontury obiektów w 3D

Układy lokalne

- ☐ Pręt
- ☐ Żebro
- ☐ Pręt wirtualny
- ☐ Elem. powierzchniowy
- ☐ Obszar
- ☐ Podpora
- ☐ Sprężyna
- ☐ Element kontaktowy
- ☐ Element łączący
- ☐ Zwolnienie krawędziowe
- ☐ Panel obciążeniowy

Obciążenia

- ☒ Skupione
- ☒ Liniowe
- ☒ Powierzchniowe
- ☒ Temperatura
- ☒ Pożar
- ☒ Ciężar własny
- ☒ Inne
- ☒ Panel obciążeniowy
 - ☒ Ściana przylegająca lub attyka (dla obciążeń śniegiem) / Krawędzie z narożnikiem (dla obc.)
- ☐ Schemat rozkładu obciążenia
- ☐ Wynikowe obciążenie prętów
- ☐ Fazy obciążenia ruchomego
- ☒ Komponent siły od sprężenia
- ☒ Komponent momentu od sprężenia

☒ Przezroczyste wykresy obciążeń

☒ Odśwież automatycznie
☐ Odśwież wszystko
☐ Zapisz jako domyślne

OK Anuluj

Model szkieletowy

Zmień widok na **Model szkieletowy**:

Elementy

Przejdź na zakładkę **Elementy**, żeby zdefiniować podpory węzłowe:

Geometria **Elementy** Obciążenia Siatka Statyka Wyboczenie Drgania własne Dynamika

Podpory węzłowe

Kliknij na ikonę **Podpory węzłowe** a następnie zaznacz dolne węzły słupów. Wybór potwierdź klikając **OK**. W kolejnym oknie będzie można określić sztywności wybranych podpór:

Podpory węzłowe



☒ Definiuj ☐ Modyfikuj



Kierunek



☒ Globalny
☐ Lokalny
☐ W kier. odniesienia
☐ Względny do pręta/żebra
☐ Względny do krawędzi
☐ Izolator sejsmiczny



Sprężyna



Charakterystyki sprężyn



X:  

Y:  

Z:  

XX:  

YY:  

ZZ:  

Sztywność początkowa

K_X [kN/m] =

K_Y [kN/m] =

K_Z [kN/m] =

K_{XX} [kNm/rad] =

K_{YY} [kNm/rad] =

K_{ZZ} [kNm/rad] =

Sztywność modalna

$K_{X,V}$ [kN/m] =

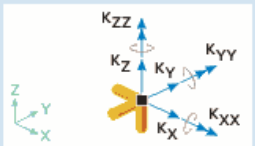
$K_{Y,V}$ [kN/m] =

$K_{Z,V}$ [kN/m] =

$K_{XX,V}$ [kNm/rad] =

$K_{YY,V}$ [kNm/rad] =

$K_{ZZ,V}$ [kNm/rad] =



Pobierz z... >> Obliczenia... OK Anuluj

Przypisz składowym sztywności rotacyjnych wartość **0**, zostawiając wartości domyślne (**1E+10**) składowym translacyjnym:

Sztywność początkowa

K_X [kN/m] =

K_Y [kN/m] =

K_Z [kN/m] =

K_{XX} [kNm/rad] =

K_{YY} [kNm/rad] =

















K_{ZZ} [kNm/rad] =

Zamknij okno klikając **OK**.

Obciążenia

Aby zdefiniować obciążenie przejdź na zakładkę **Obciążenia**:

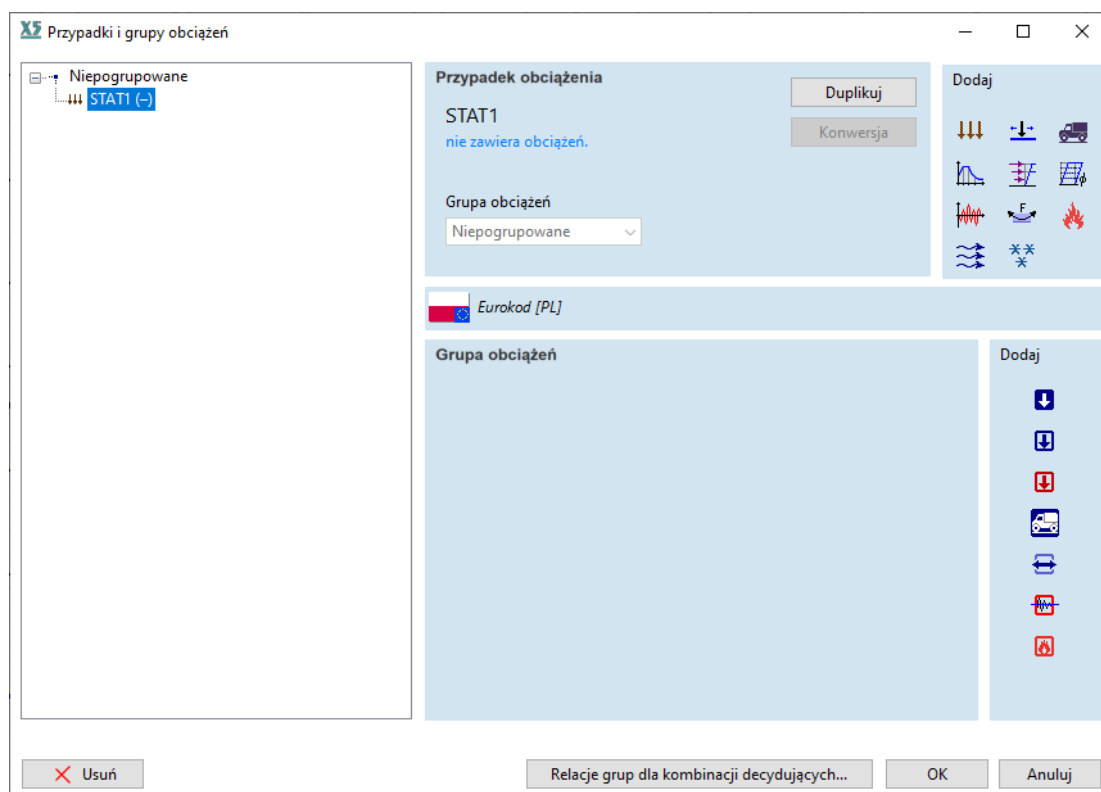
Geometria Elementy **Obciążenia** Siatka Statyka Wyboczenie Drgania własne Dynamika

   STAT1             

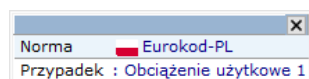
Przypadki i grupy obciążeń



Różne obciążenia powinny być rozdzielone na przypadki obciążeń. Kliknij na ikonę **Przypadki i grupy obciążeń** a następnie dodaj nowe przypadki obciążeń.



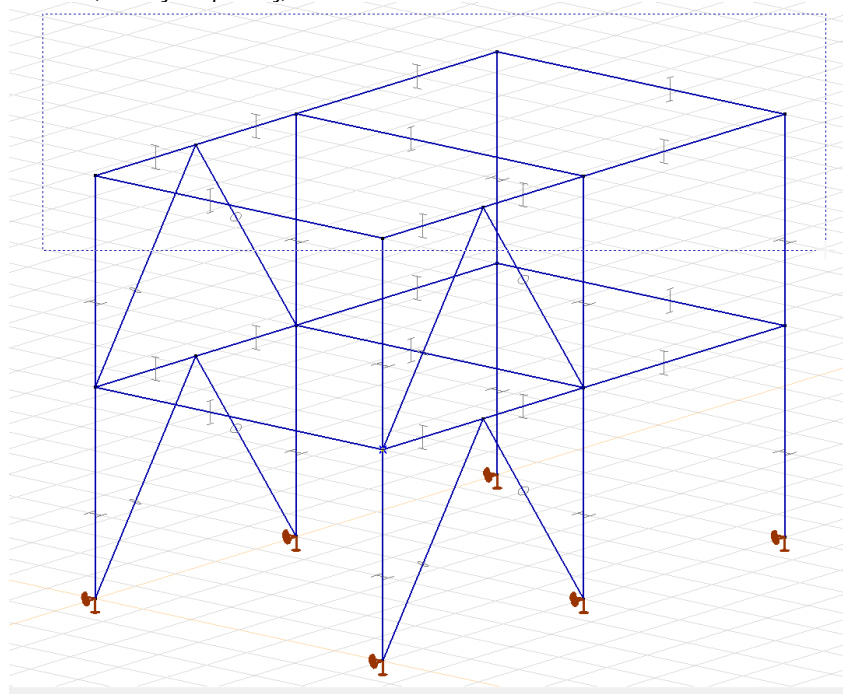
W oknie, które zostanie wyświetlone zmień nazwę przypadkowi obciążenia **STAT1** na **Obciążenie użytkowe 1** (przypadek obciążenia **STAT1** jest generowany automatycznie po uruchomieniu polecenia **Przypadki i grupy obciążeń**). Zamknij okno klikając. Przypadek obciążenia **Obciążenie użytkowe 1** będzie aktywny. Aktywny przypadek obciążenia jest wskazany w **Panelu informacyjnym**, patrz poniżej:



Obciążenie rozłożone elementów liniowych



Przyłóż obciążenie liniowe (w kierunku **-Z**) do wszystkich elementów poziomych (belek) o wartości **50 kN/m** i **25 kN/m** odpowiednio dla belek poziomych dolnego i górnego. Aktywuj funkcję **Obciążenie rozłożone elementów liniowych**, a następnie wybierz górne belki konstrukcji stosując zaznaczenie obszarem (z lewej do prawej).



Potwierdź wybór klikając **OK**. Zostanie wyświetlone okno pozwalające zdefiniować parametry obciążenia.

Obciążenia rozłożone na prętach i żebrach

☒ Definiuj ☐ Modyfikuj

Kierunek

☒ Globalny na elemencie
☐ Globalny rzutowany
☐ Lokalny

Typ **Położenie** ☐ W odległości ☒ Względne

Punkt początkowy **Punkt końcowy**

$a_1 = 0$ $a_2 = 1,000$

p_{x1} [kN/m] = 0 p_{x2} [kN/m] = 0
 p_{y1} [kN/m] = 0 p_{y2} [kN/m] = 0
 p_{z1} [kN/m] = 0 p_{z2} [kN/m] = 0

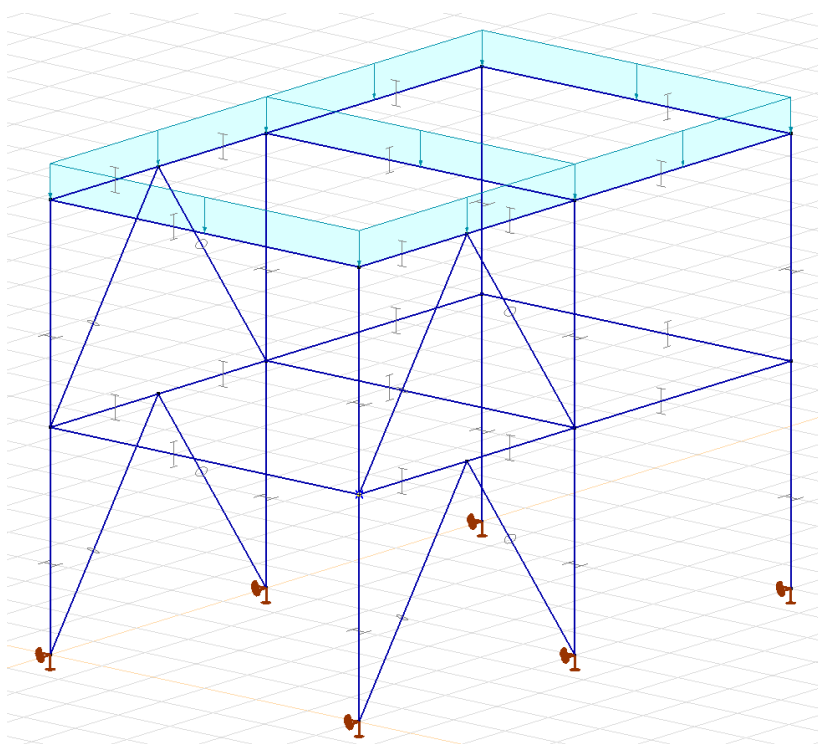
Moment i mimośród są definiowane w układzie lokalnym elementu

m_{skr1} [kNm/m] = 0 m_{skr2} [kNm/m] = 0
 m_{y1} [kNm/m] = 0 m_{y2} [kNm/m] = 0
 m_{z1} [kNm/m] = 0 m_{z2} [kNm/m] = 0

☒ Definiuj moment ☐ Definiuj mimośród przyłożenia obciążenia

Pobierz z... >> OK Anuluj

W pole p_{z1} i p_{z2} wpisz wartość **-25**, a następnie zakończ działanie funkcji przyciskiem **OK**. Obciążenie jest wyświetlone na belkach w kolorze cyjanowym:



Opcje wyświetlania

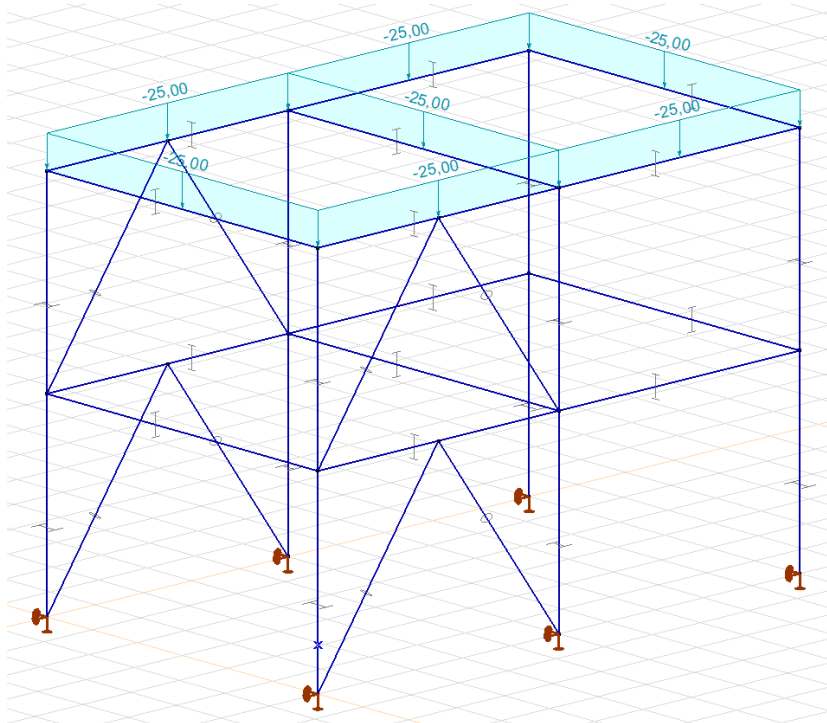


Jeżeli wartość intensywności obciążenia nie jest wyświetlona automatycznie, należy wywołać polecenie

Opcje wyświetlania:

Przejdź na zakładkę **Etykiety**, a następnie aktywuj **Wartości obciążenia** w grupie **Właściwości**:

Zamknij okno klikając **OK**. Intensywność obciążenia zostanie wyświetlona:

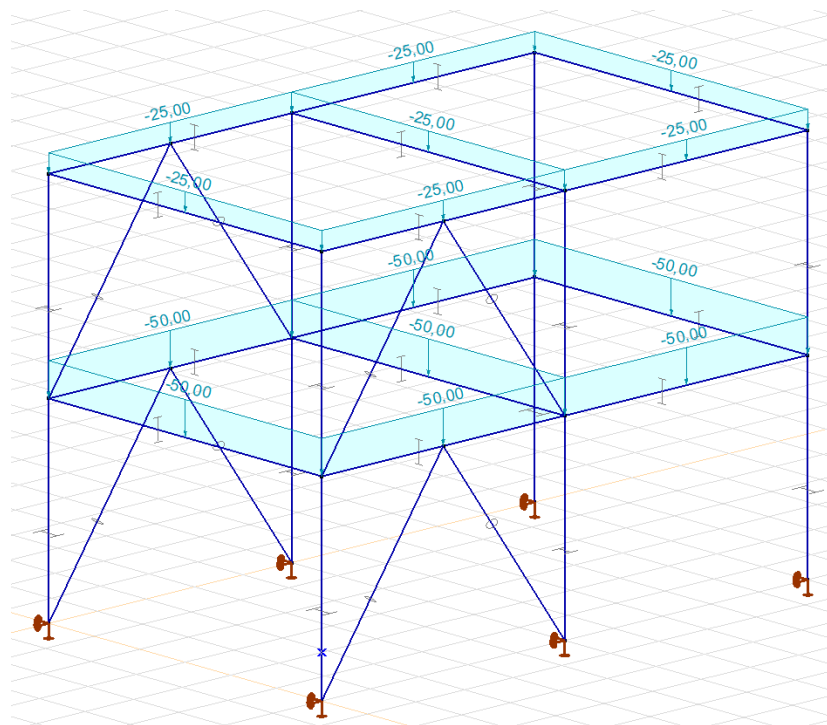


Obciążenie rozłożone elementów liniowych



Ponownie wywołaj funkcję **Obciążenie rozłożone elementów liniowych** i zaznacz dolne belki. Wybór zatwierdź klikając **OK**. W polu p_{z1} i p_{z2} wpisz wartość **-50**.

Zamknij funkcję klikając **OK**. Zostanie wyświetlony poniższy widok:



Przypadki i grupy obciążeń



Wybierz **Przypadki i grupy obciążeń**.

Przypadek obciążenia – Statyczne

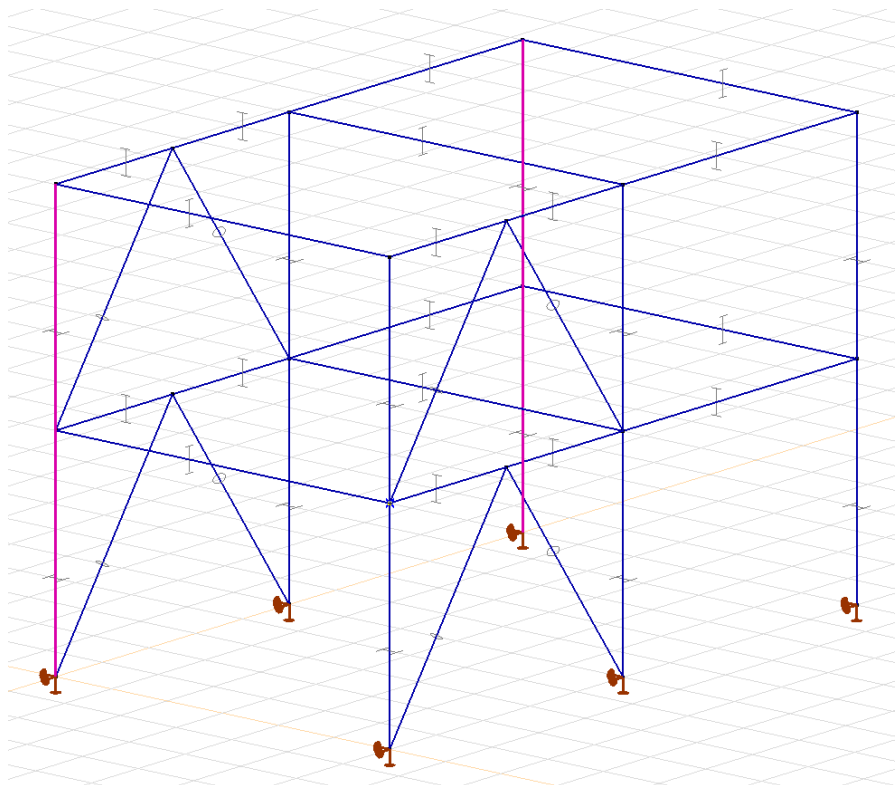


Dodaj nowy przypadek obciążenia klikając ikonę **Statyczne** w obszarze **Dodaj**. Nowy przypadek obciążenia nazwij **Wiatr**. Po zatwierdzeniu nowego przypadku obciążenia dotychczas przyłożone przestaną być widoczne, albowiem nowo utworzony przypadek obciążenia automatycznie staje się przypadkiem aktywnym.

Obciążenie rozłożone elementów liniowych

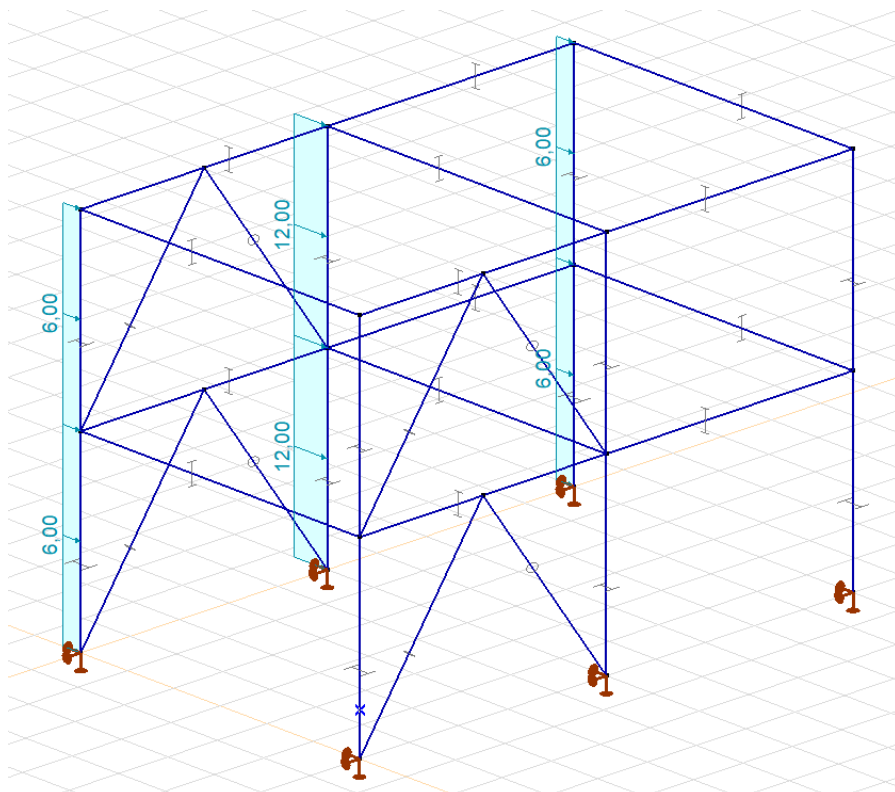


Kliknij na ikonę **Obciążenia rozłożone elementów liniowych** a następnie zaznacz dwa słupy narożne tak jak to pokazano poniżej:



Przyłóż obciążenie liniowe w kierunku x o wartości **6 kN/m** (pole p_{x1} i p_{x2}). Analogicznie przyłóż obciążenie liniowe w kierunku x o wartości **12 kN/m** wzdłuż słupa środkowego.

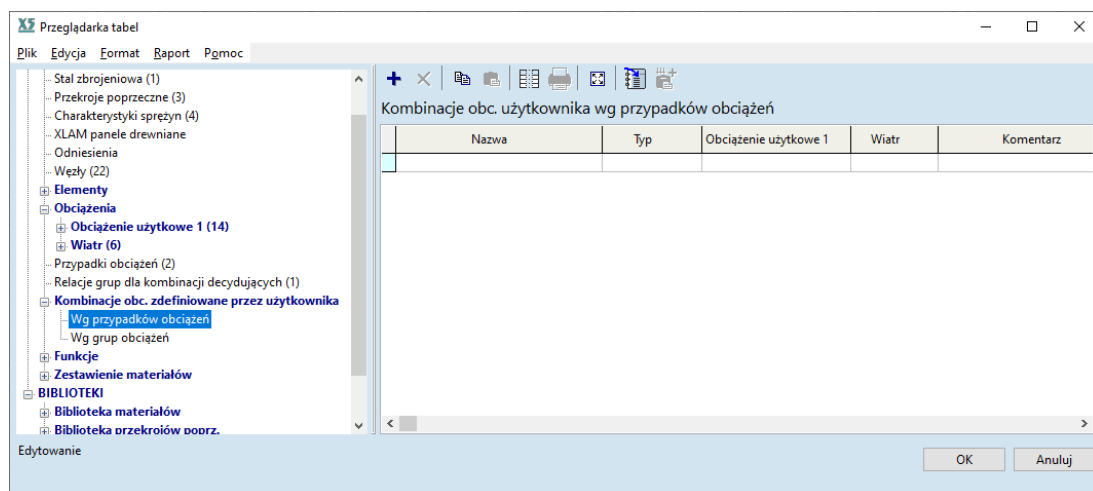
Otrzymamy przedstawiony poniżej rozkład obciążenia:



Kombinacje obciążeń



Zdefiniuj kombinacje obciążeń w oparciu o zadane przypadki obciążenia. Korzystając z kombinacji obciążeń przypadki obciążeń można sumować i łączyć za pomocą różnych współczynników. Po uruchomieniu **Kombinacji obciążeń** zostanie wyświetlone poniższe okno:



Nowy wiersz



Zdefiniuj nowy przypadek kombinacji **SGN (stan graniczny nośności)** klikając ikonę Nowy wiersz.

Przypisz następujące współczynniki obciążenia do przypadków obciążenia:

Obciążenie użytkowe 1 1,50 <Tab>

Wiatr 1,50 <Tab>

Wprowadź wartości współczynników obciążenia w odpowiednie pola, a następnie kliknij **OK**, żeby zakończyć.

W tym momencie wprowadzanie danych zostało zakończone.

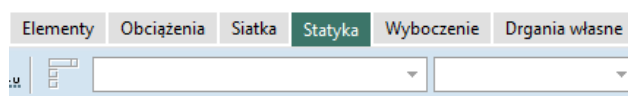
Opcje wyświetlania



Włącz **Opcje wyświetlania**. Na zakładce **Symbole** odznacz pole **Węzły, Kształt przekroju poprzecznego** i **Obciążenia**, a na zakładce **Etykiety** odznacz pole **Wartości obciążenia**.

Statyka

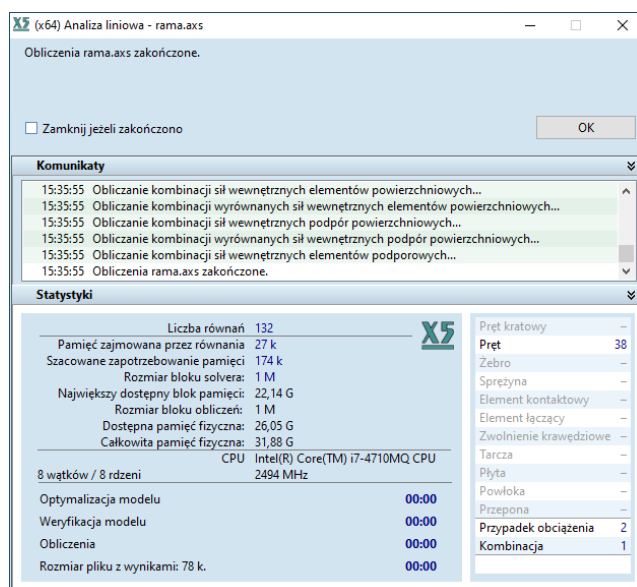
Przejdź na zakładkę **Statyka** w celu uruchomienia analizy statycznej.



Liniowa analiza statyczna

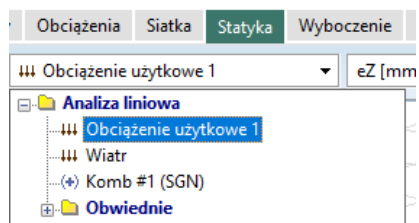


Po wywołaniu polecenia **Liniowa analiza statyczna** zostanie wyświetlone poniższe okno:

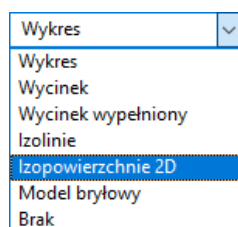


Kliknij na **Statystyki**, żeby wyświetlić więcej informacji o analizie.

Po zakończeniu analizy możesz kliknąć **OK**. W zakładce **Statyka** automatycznie wyświetlane są wartości przemieszczeń pionowych **eZ [mm]** (**Izopowierzchnie 2D**) dla pierwszego przypadku obciążenia na liście (**Obciążenie użytkowe 1**). Aby zobaczyć wyniki dla innej kombinacji obciążeń z listy rozwijanej, wybierz kombinację **Komb #1**.



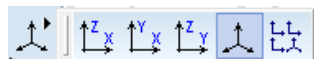
Zmień sposób wyświetlania wyników z **Izopowierzchni 2D** na **Wykres**:



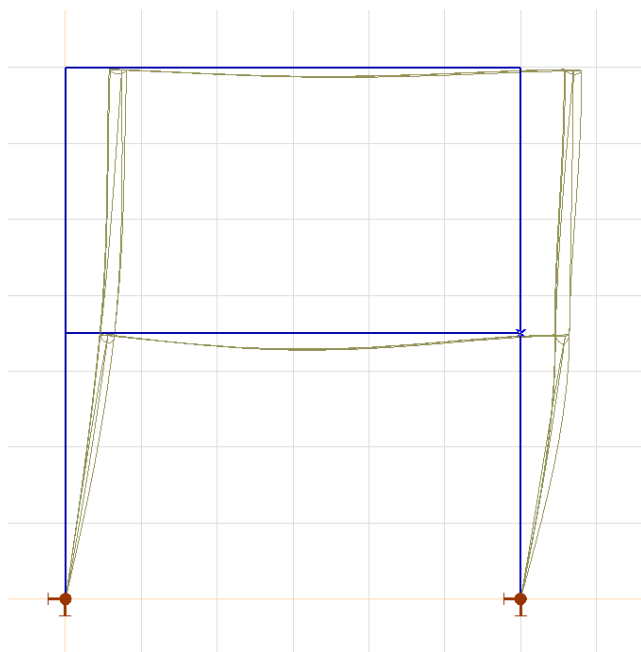
Widoki



Zmień widok na płaszczyznę **X-Z**



Wyświetlone zostaną następujące wykresy:

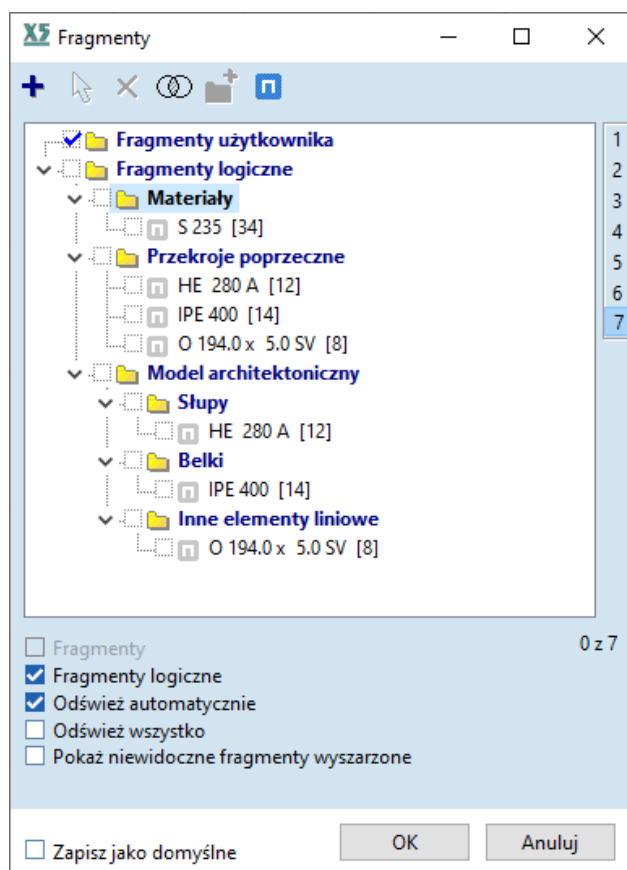


Fragmenty



Zdefiniuj fragmenty, aby zobaczyć tylko określone części lub elementy całego modelu.

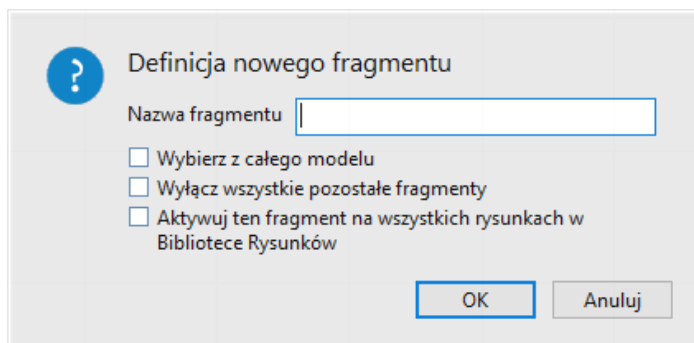
Po kliknięciu ikony **Fragmenty** wyświetlone zostanie poniższe okno:



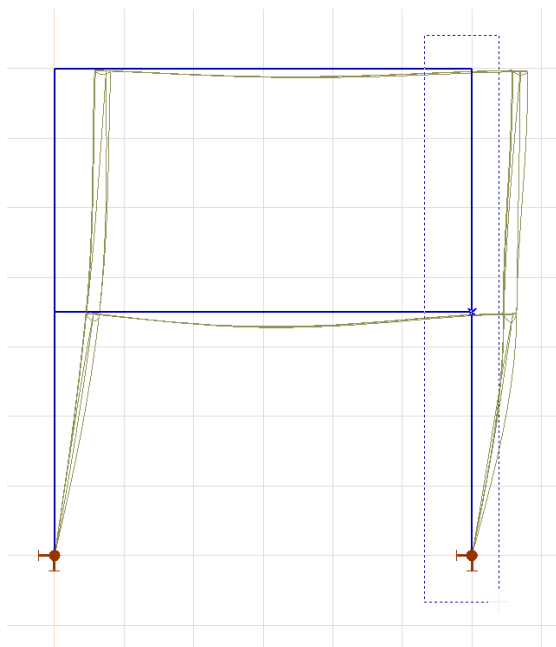
Nowy



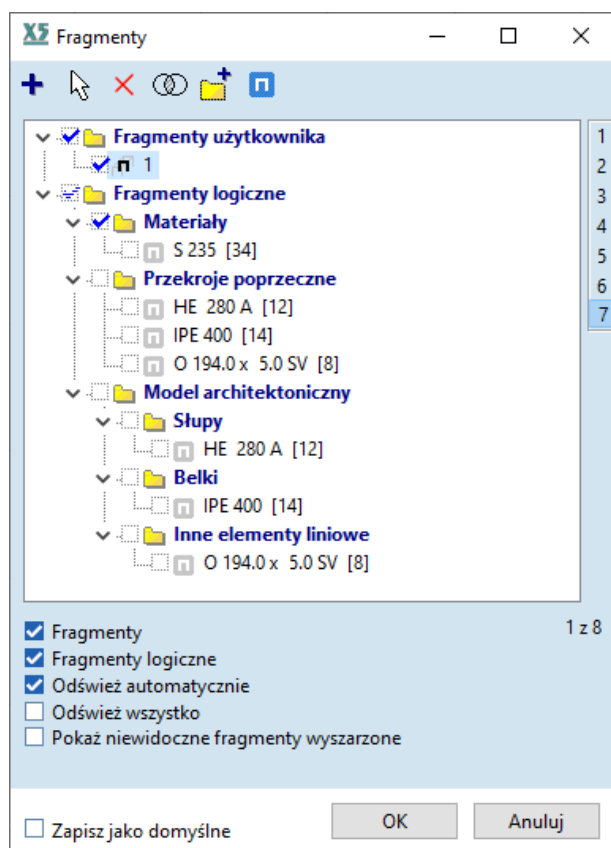
Kliknij ikonę **Nowy**. W polu tekstowym **Nazwa fragmentu** wpisz wartość **1**, a następnie kliknij **OK**.



Wybierz elementy, które będą należały do fragmentu **1**. Selekcji dokonaj poprzez nakreślenie kursorem – koniecznie w kierunku od lewej do prawej – prostokąta jak na poniższym rysunku



Zakończ wybór klikając **OK** co spowoduje, że zdefiniowany fragment będzie dodany do listy w oknie **Fragmenty**.

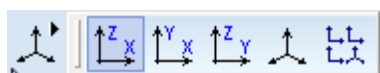


Po kliknięciu **OK** okno zostanie zamknięte i fragment o nazwie **1** zostanie utworzony.

Widoki



Zmień widok na widok **Y-Z**.



Parametry wyświetlania wyników



Kliknij na ikonę **Parametry wyświetlania wyników**, a następnie w polu **Przypisz wartości do** zaznacz **linii**.

Parametry wyświetlania

Analiza liniowa | Analiza nieliniowa | Analiza dynamiczna | **Przypadek** | Obwiednia | Decydująca

Przypadek obciążenia
 (+) Komb #1 (SGN)

Komponent
 eZ [mm]

Współczynnik skali
 1

Tryb prezentacji
 Wykres

Wyświetl kształt
 Nie zdeformuj | Zdeformuj

☒ Autoskalowanie przemieszczeń

Przypisz wartości do
☐ węzłów
☒ linii
☐ powierzchni

☒ Tylko Min/Max

Ustawienia inne...

☒ Utnij wierzchołki momentów nad słupami

☐ Odśwież wszystko

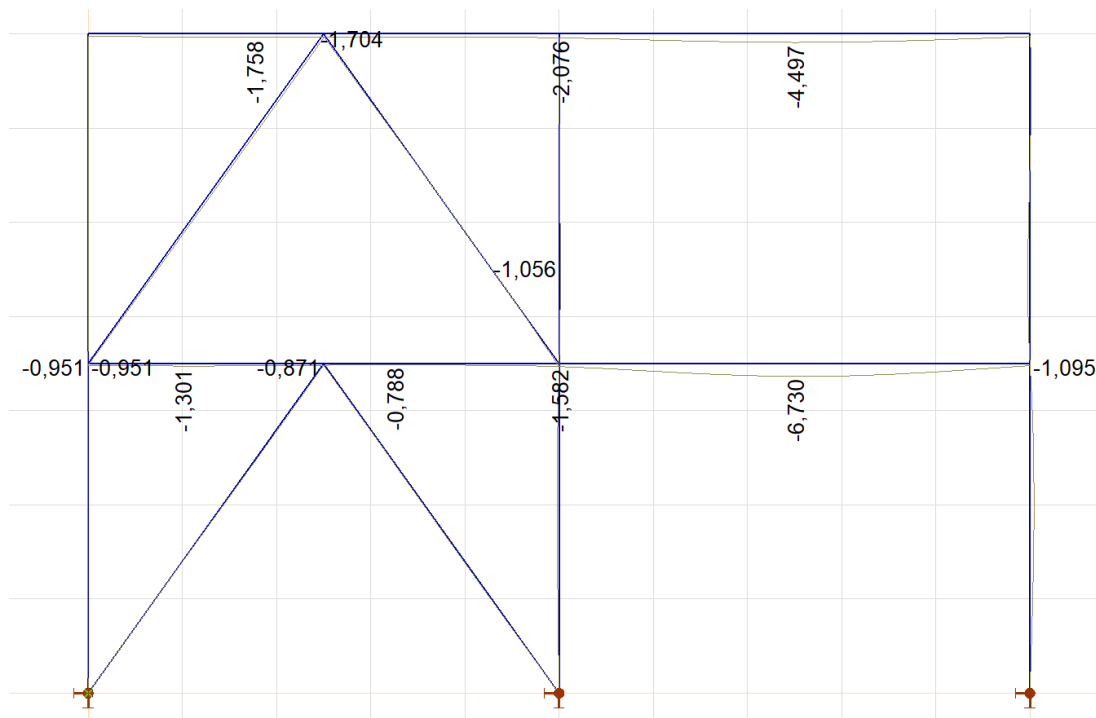
Wycinki po liniach

☐ Rysuj wykres w płaszczyźnie elementów

☒ Rysuj kontur dla płaszczyzny wycięcia.

OK | Anuluj

Zamknij okno przyciskiem **OK**. Na elementach zostaną wyświetlone wartości min./max.:



Min, max wartości



Aby znaleźć położenie maksymalnego przemieszczenia, wykorzystaj funkcję **Min, Max wartości**. Kliknij ikonę i wybierz jeden z komponentów przemieszczenia w następującym oknie:

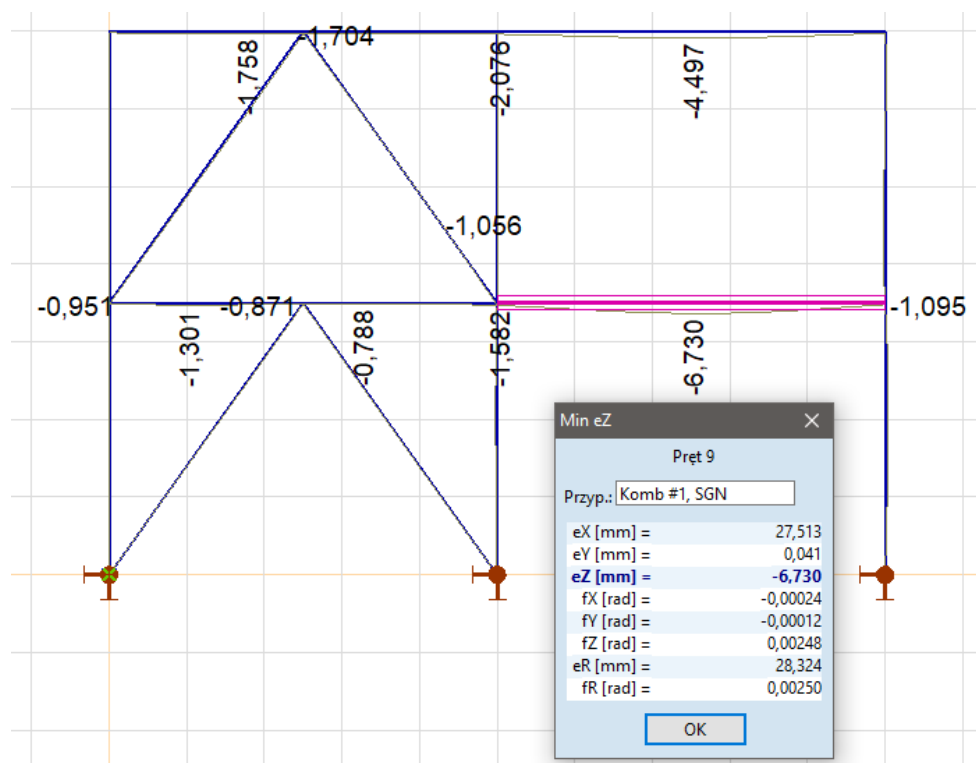
Ekstrema modelu

Przemieszczenia

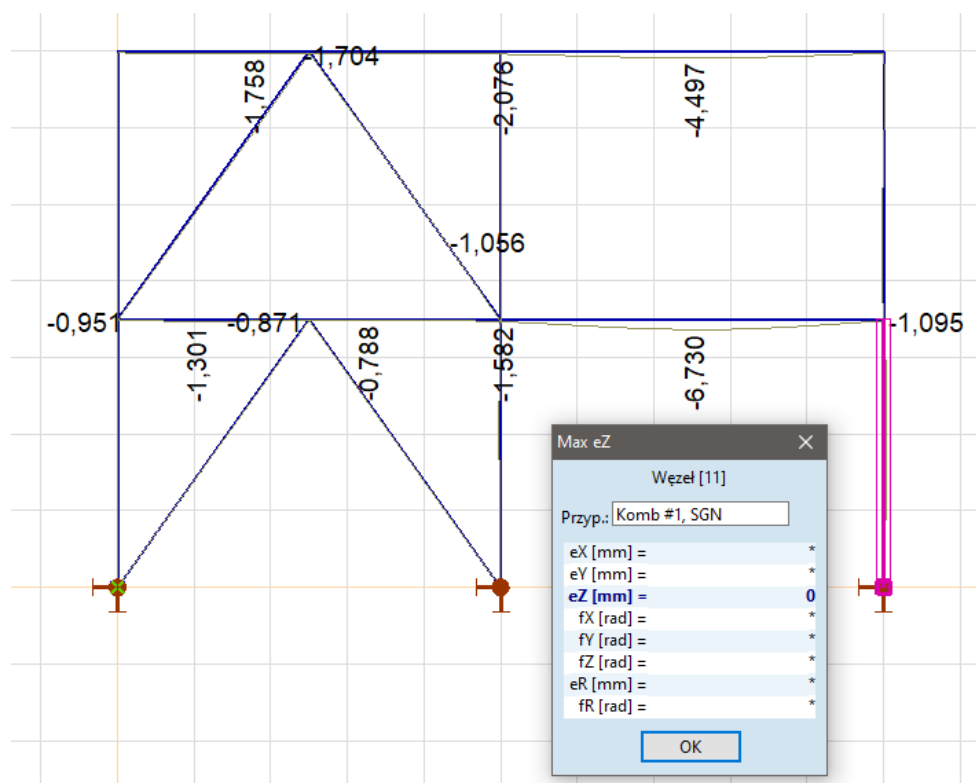
eX [mm]	fX [rad]
eY [mm]	fY [rad]
eZ [mm]	fZ [rad]
eR [mm]	fR [rad]

OK | Anuluj

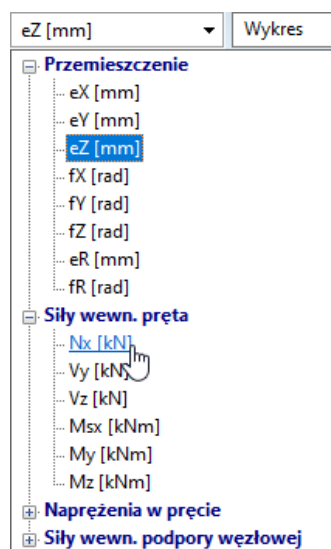
Zatwierdź klikając **OK**. Program wskaże położenie i największą ujemną wartość przemieszczenia:



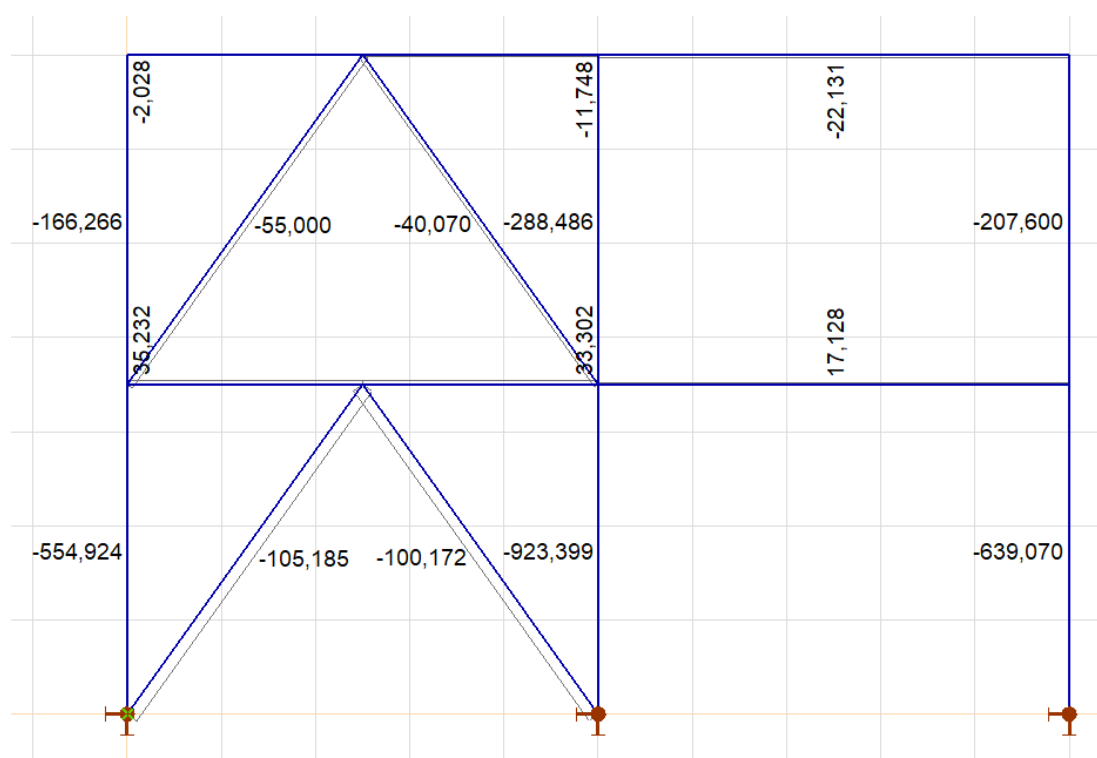
Po kliknięciu **OK** panel wynikowy wskaże maksymalną dodatnią wartość przemieszczenia i jego lokalizację:



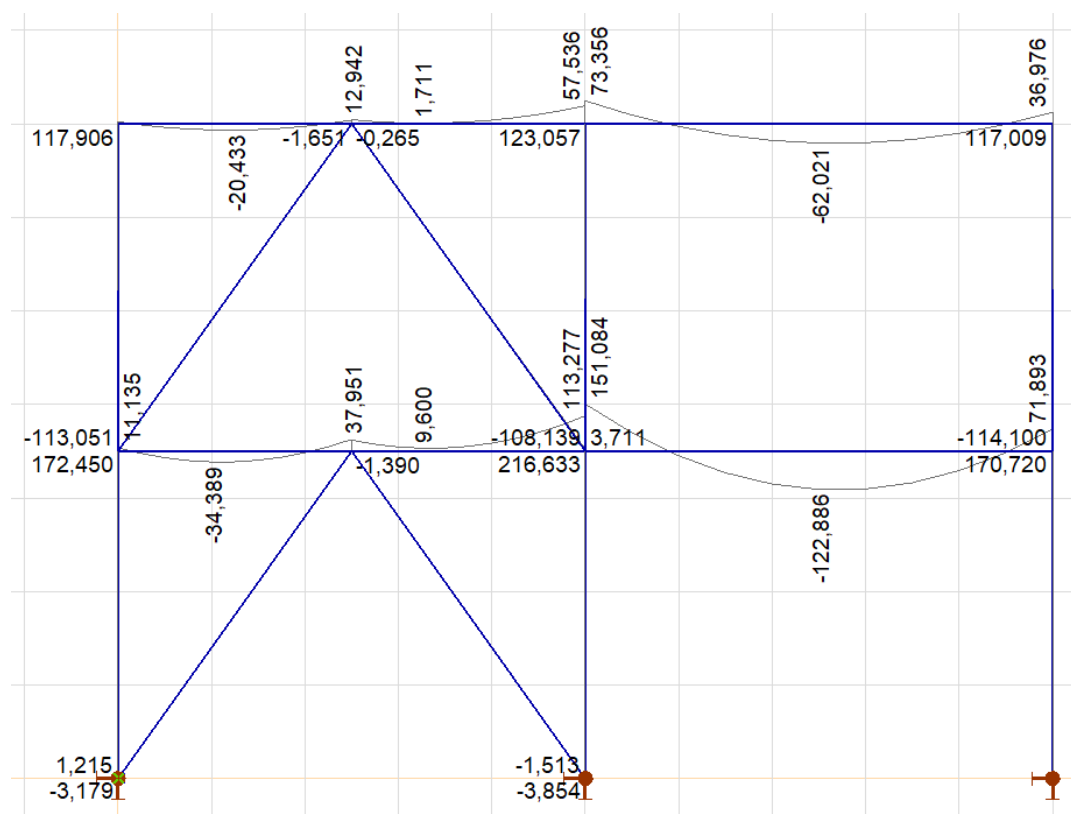
Z rozwijalnej listy wyników przejdź do **Sily wewn. pręta** a następnie wybierz **Nx [kN]**.



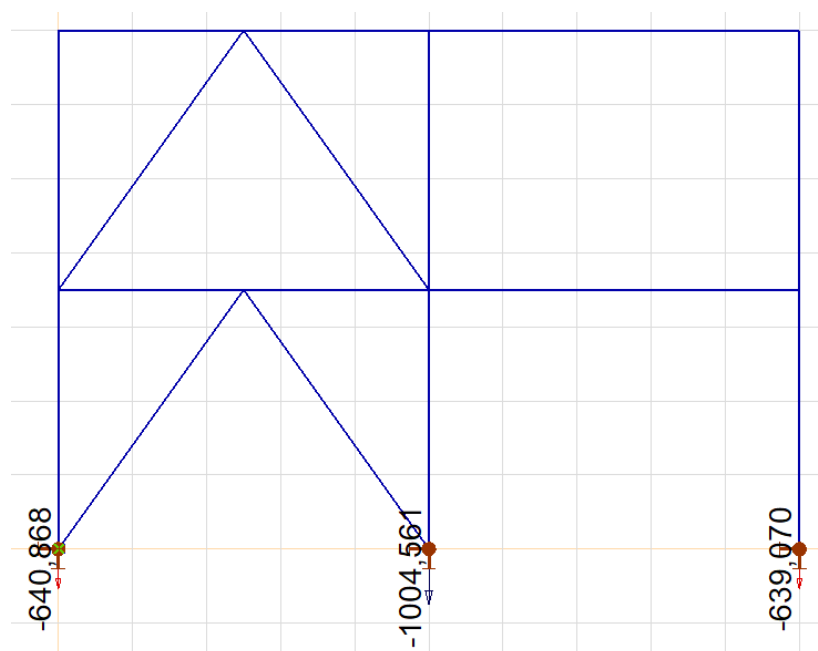
Kolejny wykres przedstawia wykres sił normalnych **Nx**:



Przełącz na wyświetlanie momentów zginających **My**:

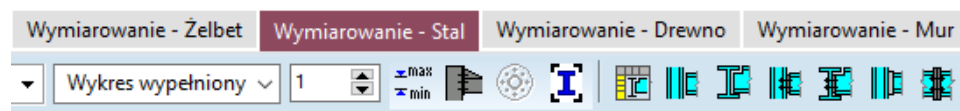


Na koniec wyświetl wartości składowej pionowej reakcji podporowej **Rz** z grupy **Siły wew. podpory węzłowej**.



Wymiarowanie
– stal

Przejdź na zakładkę **Wymiarowanie – Stal**, aby sprawdzić wyężenie słupów i je zoptymalizować.



Parametry wymiarowania



W pierwszej kolejności parametry wymiarowania zostaną przypisane słupom narożnym. Kliknij na ikonę **Parametry wymiarowania**, a następnie wybierz wszystkie słupy narożne. Wybór zatwierdź klikając **OK**. W oknie **Parametry wymiarowania** zadaj poniższe ustawienia:

Parametry wymiarowania - Eurokod [PL]

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: Pierwotny przekrój poprzeczny HE 280 A

SGN (Stan graniczny nośności) SGU (Stan graniczny użytkowalności)

Metoda wymiarowania
Według klasy przekroju (sprężyste / plastyczne)

Klasa przekroju
☒ Automatyczna klasyfikacja
☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4

Element wymiarowany
☒ Stężony w lok. pł. x-y Nieprzechyłowy
☒ Stężony w lok. pł. x-z Nieprzechyłowy

Sposób przypisania parametrów do podelmentów
☒
☐

Wskaźnik dla sił sejsmicznych $f_{se} = 1$

Współczynniki wybożenia
☒ Wybożenie gięte
 y Współczynnik wybożenia $K_y = 1,200$
 z Współczynnik wybożenia $K_z = 1,000$
☐ Efekty drugiego rzędu odwzorowane w analizie nieliniowej

☒ Zwichrzenie
 Położenie obciążenia
☒ Górne
☐ Środek ciężkości
☐ Dolne
☐ Niestandardowy

Metoda obliczania M_{cr}
 Auto M_{cr}

Podpory boczne
☒ Automatyczna
☐ Oszacowane na podstawie K_z , K_w
☐ Podpory widelkowe na obu końcach
☐ Zdefiniowane przez użytkownika

☒ Niestateczność środnika przy ścinaniu
☒ Brak usztywnień
☐ Usztywnienia poprzeczne

Pobierz z... OK Anuluj

Ustaw $K_y = 1,20$, a następnie wybierz **Auto M_{cr}** jako metodę wyznaczania M_{cr} . Zamknij okno klikając **OK**.

N-M-V Siła normalna- Zginanie- Ścinanie

Z rozwijalnej listy z grupy **Analiza** wybierz **N-M-V (Siła normalna-Zginanie-Ścinanie)**:

N-M-V (Siła normalna-Zginanie-Ścinanie) [] Izopowierzchnie 2D

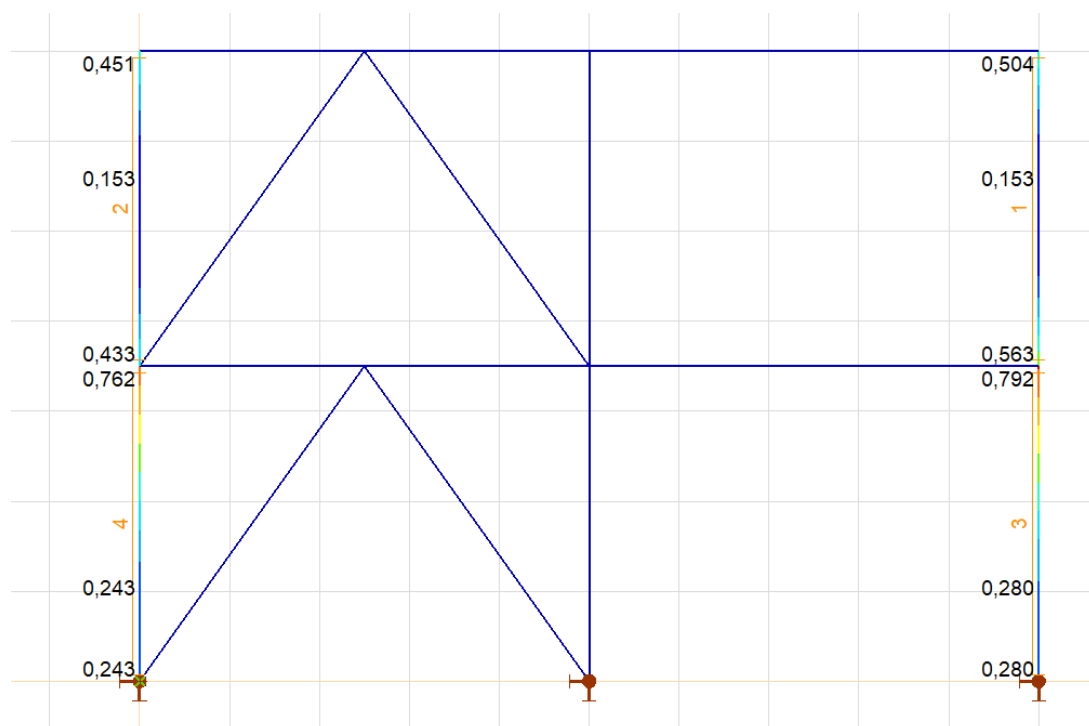
... eY [mm]
 ... eZ [mm]
 ... fX [rad]
 ... fY [rad]
 ... fZ [rad]
 ... eR [mm]
 ... fR [rad]

Siły wewn. pręta
 ... N_x [kN]
 ... V_y [kN]
 ... V_z [kN]
 ... M_{sx} [kNm]
 ... M_y [kNm]
 ... M_z [kNm]

Napężenia w pręcie
Decydujący stopień wykorzystania
Stany graniczne
Analiza
 ... **N-M-V (Siła normalna-Zginanie-Ścinanie) []**
 ... N-M-wybożenie (Siła normalna-Zginanie-Wybożenie gięte) []
 ... N-M-zwichrzenie (Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie) []
 ... V_y (Ścinanie(y)) []
 ... V_z (Ścinanie(z)) []
 ... V_w -M-N (Ścinanie środnika-Zginanie-Siła normalna) []

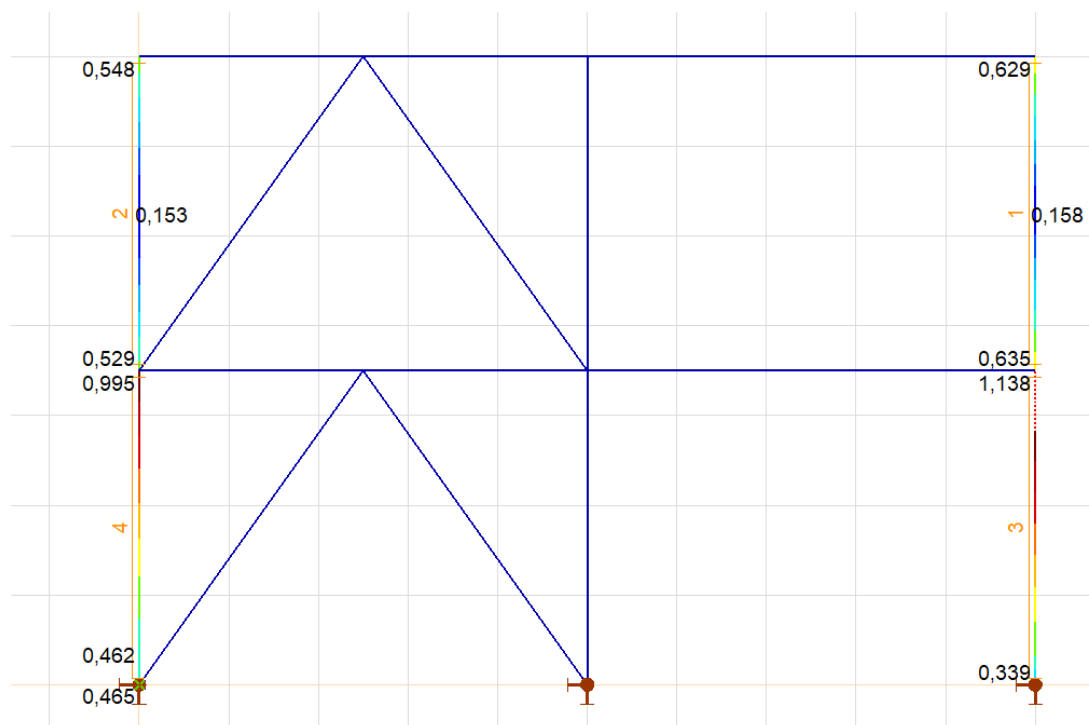
Nośności

Poniższy rysunek przedstawia wyniki dla wybranej analizy:



Stopień wykorzystania

Z listy rozwijalnej w grupie **Stany graniczne** wybierz **Stopień wykorzystania SGN**. Zostanie wyświetlony poniższy wykres:



Dolny prawy słup ma przekroczony stopień wykorzystania (**1,138**). Przyjęty przekrój poprzeczny elementu okazuje się niewystarczający. Zostanie on skorygowany za pomocą funkcji **Optymalizacja**.

Fragmenty



Żeby zobaczyć pełny model, kliknij na ikonę **Fragmenty** na pionowym pasku po lewej stronie ekranu. W oknie, które zostanie wyświetlone odznacz **Fragmenty użytkownika** i zamknij okno klikając **OK**.

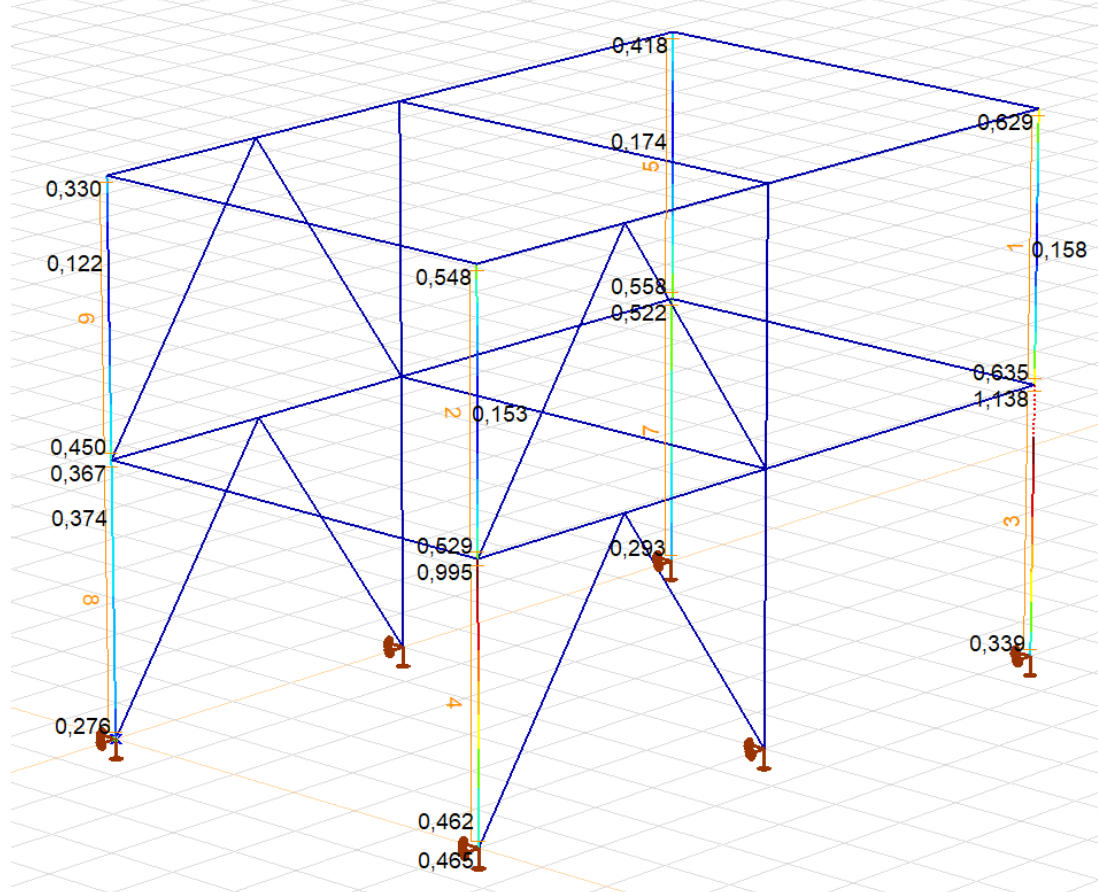
Widoki



Przełącz widok na widok perspektywiczny.

Parametry
wymiarowania

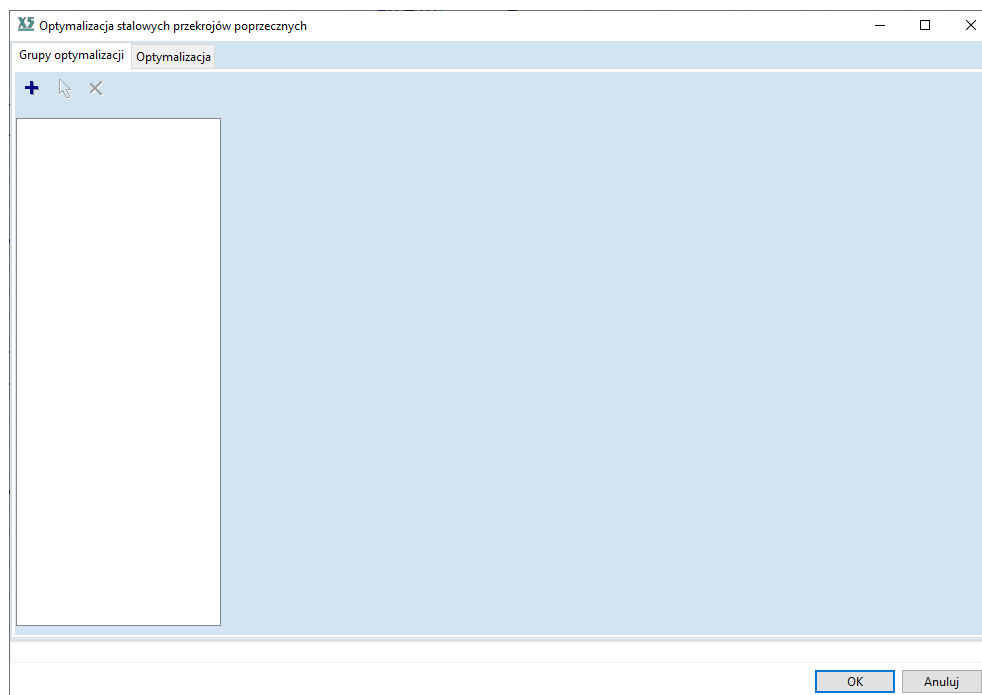
Aby określić parametry wymiarowania dla pozostałych dwóch słupów narożnych, kliknij na ikonę **Parametry wymiarowania** i wskaż słupy narożne (2 górne i 2 dolne jego odcinki). Wybór zatwierdź klikając **OK**. W oknie **Parametry wymiarowania** kliknij na **Pobierz z ...** i wskaż słup A1. Pozwoli to przypisać parametry wymiarowania słupa A1 wybranym słupom narożnym. W efekcie otrzymasz poniższy widok:



Optymalizacja
stalowych przekro-
jów poprzecznych



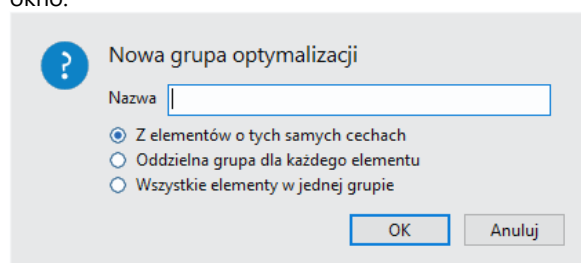
W celu zoptymalizowania przekrojów weryfikowanych słupów narożnych kliknij na ikonę **Optymalizacja stalowych przekrojów poprzecznych**. Spowoduje to wyświetlenie poniższego okna:



Nowy

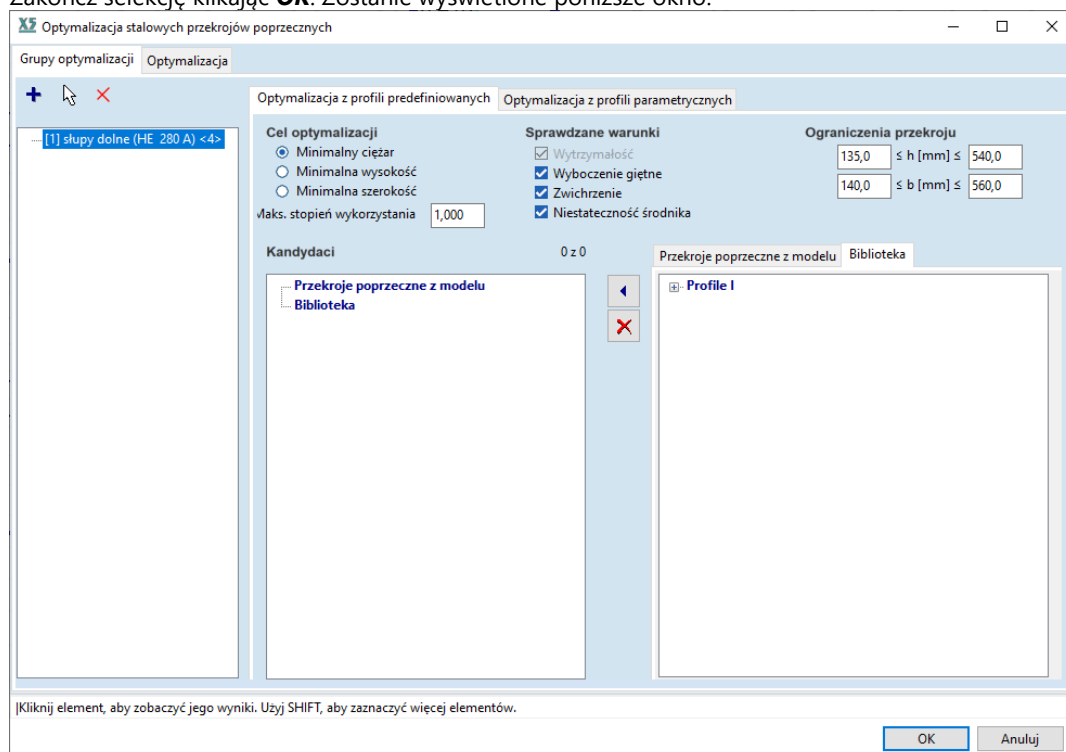


Kliknij na ikonę **Nowy**, żeby zdefiniować **Nową grupę optymalizacji**. Wyświetlone zostanie poniższe okno:



Dla słupów dolnych wprowadź nazwę '**słupy dolne**' i zaznacz **Wszystkie elementy w jednej grupie**. Okno zamknij klikając **OK**, a następnie wskaż cztery dolne słupy narożne.

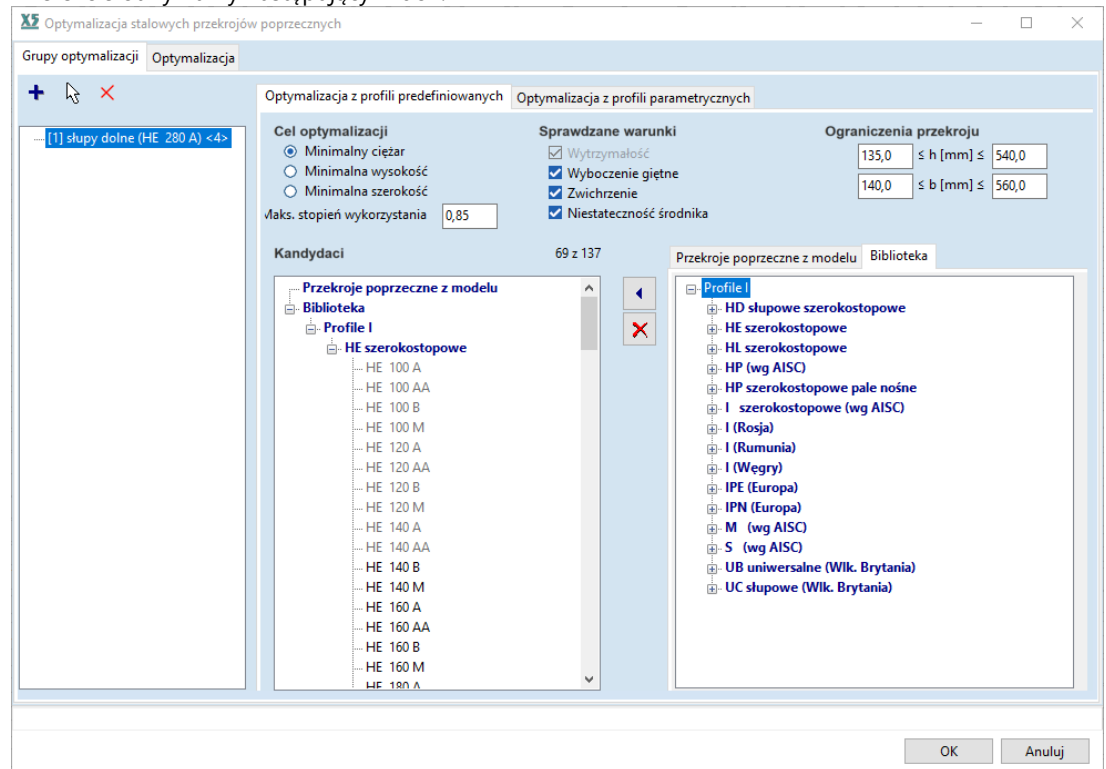
Zakończ selekcję klikając **OK**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



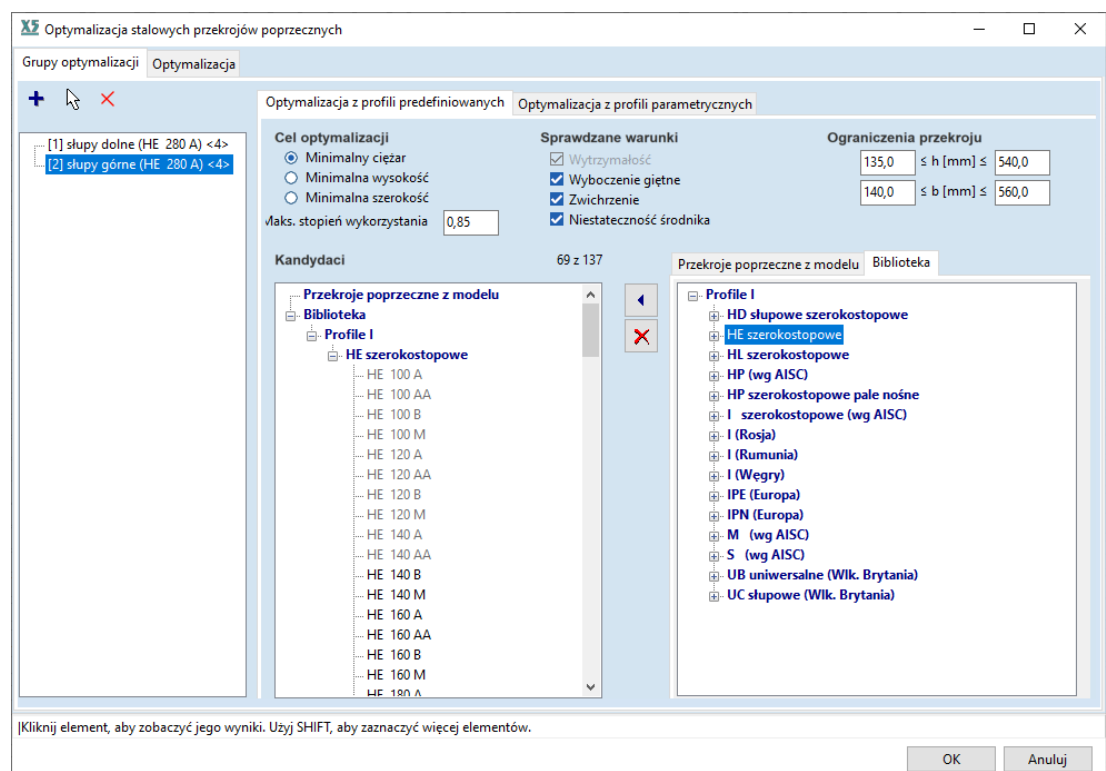
Biblioteka**Biblioteka**

Kliknij na zakładkę **Biblioteka**, a następnie wybierz grupy przekrojów i dodaj je do listy **Kandydaci**. Rozwiń listę przekrojów dwuteowników klikając na znaczek '+'. Z listy przekrojów dwuteowych zaznacz przekroje HE szerokostopowe. Następnie, klikając niebieską strzałkę, przenieś bazę tych przekrojów do kolumny Kandydaci.

W efekcie otrzymamy następujący widok:



Podobnie zdefiniuj grupę dla górnych narożnych słupów nazywając ją '**górne słupy**'. Również w tym przypadku przenieś do kolumny **Kandydaci** przekroje HE szerokostopowe. Wynik działań będzie następujący:



Celem optymalizacji może być: minimalny ciężar, minimalna wysokość lub szerokość oraz maksymalny stopień wykorzystania. W trakcie optymalizacji ograniczenia wynikające z warunków nośności przekroju zawsze są sprawdzane. Istnieje możliwość wykluczenia (dezaktywowania) pewnych sprawdzeń w zadaniu optymalizacji, związanych z wyboczeniem giętnym, zwichrzeniem i niestatecznością środnika. Ustawienia te (ograniczenia zadania optymalizacji) definiowane są dla każdej grupy optymalizacji indywidualnie. W naszym przykładzie kryterium optymalizacji będzie minimalny ciężar przy maksymalnym stopniu wykorzystania równym 0,85.

Uwaga: optymalizacyjny algorytm bazuje na wynikach wcześniejszej analizy statycznej. Jeżeli w wyniku optymalizacji zostaną zmienione przekroje poprzeczne, spowoduje to zmianę rozkładu sił wewnętrznych w konstrukcji z uwagi na zmianę sztywności elementów. Dlatego po zakończonej optymalizacji należy przeprowadzić ponowną analizę statyczną wraz z weryfikacją nośności elementów.

Optymalizacja

Po przełączeniu się na zakładkę **Optymalizacja** zdefiniowane grupy optymalizacji zostaną wyświetlone w poniższym oknie:

Okno: Optymalizacja stalowych przekrojów poprzecznych

Grupy optymalizacji: Optymalizacja

Wybór: (+) Komb #1 (SGN) [Optymalizacja]

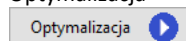
	Grupa	Początkowy / zoptymalizowany kształtownik	St. wykorzystania dla optymalizacji	Dopuszczalny stopień wykorzystania	Stopień wykorzystania	M [kg/m]	ΣM [kg]	ΔM [%]	b [mm]	h [mm]	t _w [mm]	t _r [mm]	
1	slupy dolne	HE 280 A	1,138	1,000	1,138	76,371	1069,189		280,0	270,0	8,0	13,0	Ci
2	slupy górne	HE 280 A	0,635	1,000	0,635	76,371	1069,189		280,0	270,0	8,0	13,0	Ci

[Zastąp przekroje poprzeczne]

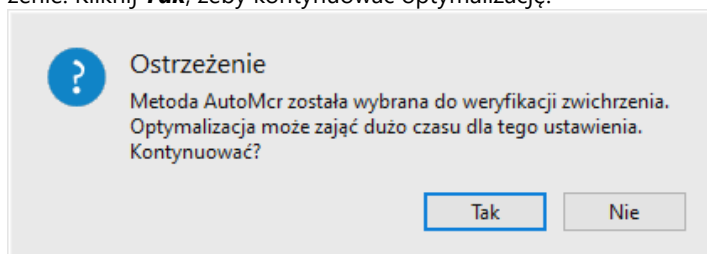
[Kliknij element, aby zobaczyć jego wyniki. Użyj SHIFT, aby zaznaczyć więcej elementów.]

[OK] [Anuluj]

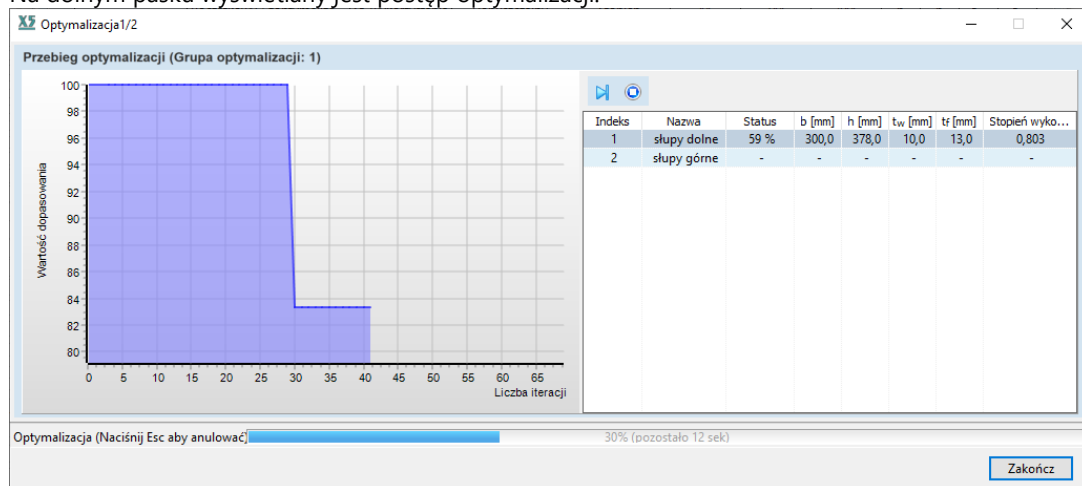
Optymalizacja



Proces optymalizacji uruchomi się po kliknięciu przycisku **Optymalizacja**. Zostanie wyświetlone ostrzeżenie. Kliknij **Tak**, żeby kontynuować optymalizację.



Na dolnym pasku wyświetlany jest postęp optymalizacji.



Po zakończonej optymalizacji sugerowane przekroje są wyświetlone poniżej aktualnych:

Optymalizacja stałowych przekrojów poprzecznych

Grupy optymalizacji: Optymalizacja

(*) Komb #1 (SGN) [Optymalizacja]

	Grupa	Początkowy / zoptymalizowany kształtownik	St. wykorzystania dla optymalizacji	Dopuszczalny stopień wykorzystania	Stopień wykorzystania	M [kg/m]	ΣM [kg]	ΔM [%]	b [mm]	h [mm]	t _w [mm]	t _f [mm]	
1	słupy dolne	HE 280 A	1,138	0,850	1,138	76,371	1069,189		280,0	270,0	8,0	13,0	Ci
		HE 400 AA	0,803	–	0,803	92,416	1293,818	21	300,0	378,0	9,5	13,0	
2	słupy górne	HE 280 A	0,635	0,850	0,635	76,371	1069,189		280,0	270,0	8,0	13,0	Ci
		HE 260 A	0,765	–	0,765	68,171	954,398	-11	260,0	250,0	7,5	12,5	


< [Zastąp przekroje poprzeczne]

Kliknij element, aby zobaczyć jego wyniki. Użyj SHIFT, aby zaznaczyć więcej elementów.

[OK] [Anuluj]

Dla ustalonych kryteriów optymalizacji dla słupów górnych został zaproponowany przekrój HE 260 A, a dla słupów dolnych przekrój HE 400 AA.

Zastąp przekroje poprzeczne

 Zastąp przekroje poprzeczne

W naszym przykładzie tylko dolne słupy będą zastąpione, podczas gdy górne słupy zachowają pierwotny przekrój. Żeby zastąpić przekrój, kliknij pole **Zamień** w wierszu, w którym znajduje się przekrój podlegający zastąpieniu. Następnie kliknij przycisk **Zastąp przekroje poprzeczne**.

Optymalizacja stальных профилей поперечных

Grupy optymalizacji: Optymalizacja

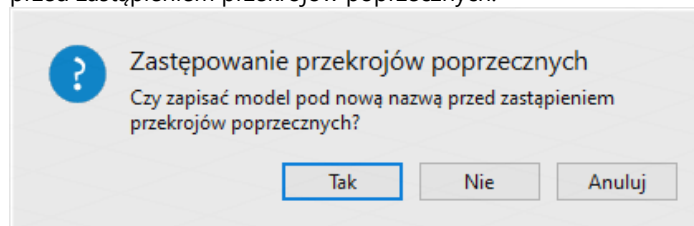
Komb #1 (SGN) Optymalizacja

Grupa	Początkowy / zoptymalizowany kształtownik	St. wykorzystania dla optymalizacji	Dopuszczalny stopień wykorzystania	Stopień wykorzystania	M [kg/m]	IM [kg]	ΔM [%]	b [mm]	h [mm]	t _w [mm]	t _r [mm]	Cel	Wyt.	Wy...	Zw.	Niest. sred.	Błąd	Metoda	Opt.	Zami.
1 słupy dolne	HE 280 A	1,138	0,850	1,138	76,371	1069,189		280,0	270,0	8,0	13,0	Ciętar	•	•	•	•				✓
	HE 400 AA	0,803	–	0,803	92,416	1293,818	21	300...	378...	9,5	13,0							Biblioteka		
2 słupy górne	HE 280 A	0,635	0,850	0,635	76,371	1069,189		280,0	270,0	8,0	13,0	Ciętar	•	•	•	•				✓
	HE 260 A	0,765	–	0,765	68,171	954,398	-11	260...	250...	7,5	12,5							Biblioteka		

Kliknij element, aby zobaczyć jego wyniki. Użyj SHIFT, aby zaznaczyć więcej elementów.

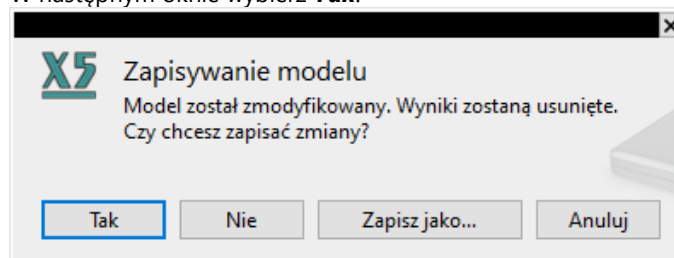
OK Anuluj

Po kliknięciu ikony **Zastąp przekroje poprzeczne** program zapyta, czy zapisać model pod nową nazwą przed zastąpieniem przekrojów poprzecznych:



Wybierz **Nie** żeby zachować pierwotną nazwę pliku.

W następnym oknie wybierz **Tak**:



Po zmianie modelu polegającej na zastąpieniu przekrojów poprzecznych plik musi być zapisany a wcześniejsze wyniki analizy statycznej zostaną usunięte.

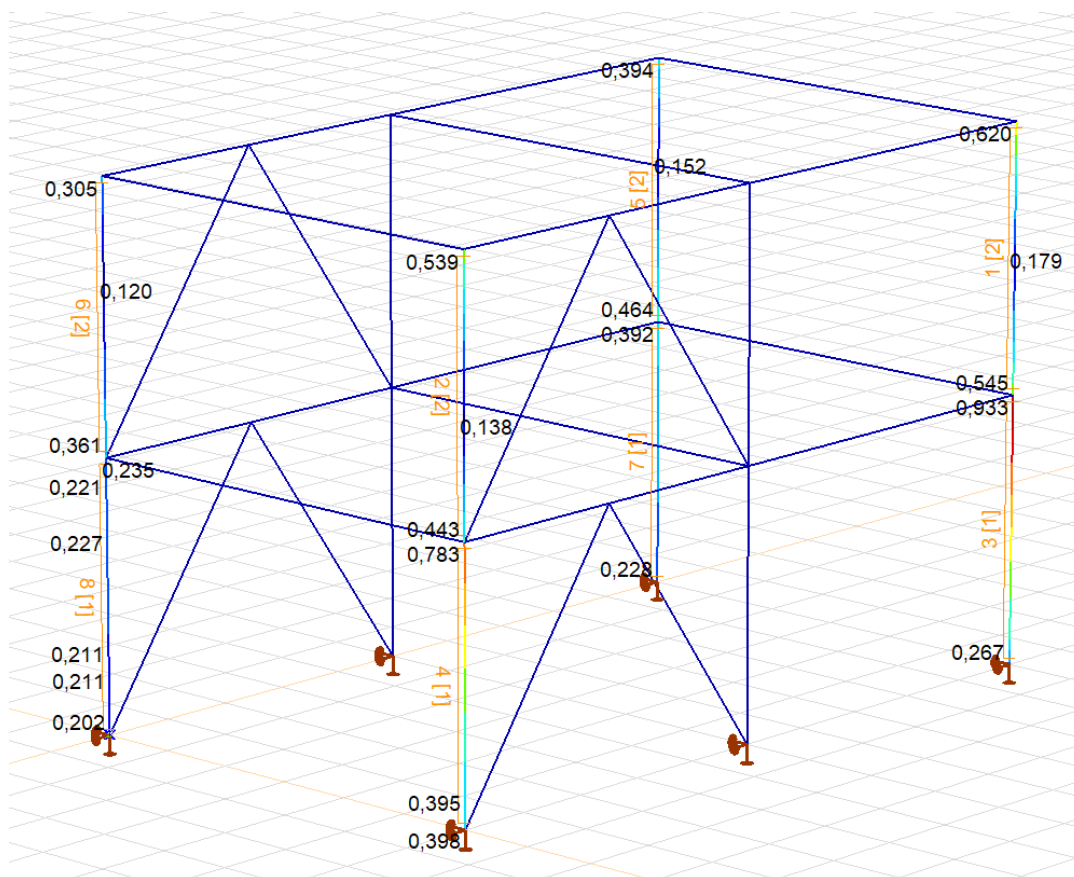
Liniowa analiza statyczna



Wymiarowanie – Stal

W zakładce **Statyka** uruchom **Liniową analizę statyczną**.

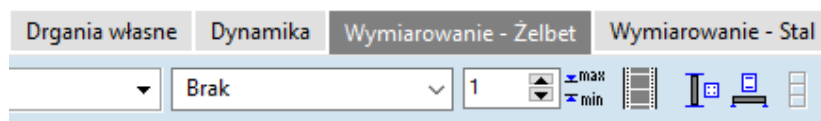
Przejdźmy ponownie na zakładkę **Wymiarowanie – Stal**, żeby sprawdzić poziom wykorzystania przekrojów. Po zastąpieniu przekrojów słupów dolnych wszystkie elementy są bezpieczne i możemy zakończyć optymalizację:



Na rysunku powyżej stopień wykorzystania prawego narożnego słupa dolnego jest najwyższy i wynosi, po zmianie przekroju w wyniku optymalizacji, 0,933 (93,3%). Wartość ta jest większa od zadeklarowanej – w procesie optymalizacji – wartości (0,85) dla maksymalnego stopnia wykorzystania. Wynika to ze zmiany rozkładu sił wewnętrznych po zmianie sztywności elementów.

Wymiarowanie – Żelbet

Przejdź na zakładkę **Wymiarowanie – Żelbet**, żeby zaprojektować stopę fundamentową dla słupa **A1**:



Wymiarowanie stopy fundamentowej



Kliknij na ikonę **Wymiarowanie stopy fundamentowej** a następnie wskaż węzeł podporowy słupa **A1**. Wybór potwierdź klikając przycisk **OK**.

Parametry do wymiarowania fundamentu

Zostanie wyświetlone okno z **Parametrami do wymiarowania fundamentu**:

Parametry do wymiarowania fundamentu

Fundament Zbrojenie Grunt Warunki

Stopa prostokątna ☐ Weryfikacja

Beton C16/20

D [mm] = 900

h [mm] = 500

h_b [mm] = 100

$\mu_{cc} = 0,7$

$\gamma_\mu = 1$

b_{max} [mm] = 1500

$x_{1 max}$ [mm] = 750 $y_{1 max}$ [mm] = 750

$x_{2 max}$ [mm] = 750 $y_{2 max}$ [mm] = 750

Pobierz z... >> OK Anuluj

W zakładce **Fundament** wybierz stopę kwadratową, przypisz jej klasę betonu **C30/37**, zadaj grubość zasypki **D [mm]** równą **1700** a wymiar boku stopy **b_{max} [mm]** przyjmij **1200**:

Parametry do wymiarowania fundamentu

Fundament Zbrojenie Grunt Warunki

Stopa prostokątna ☐ Weryfikacja

Beton C30/37

D [mm] = 1700

h [mm] = 500

h_b [mm] = 100

$\mu_{cc} = 0,7$

$\gamma_\mu = 1$

b_{max} [mm] = 1200

$x_{1 max}$ [mm] = 600 $y_{1 max}$ [mm] = 600

$x_{2 max}$ [mm] = 600 $y_{2 max}$ [mm] = 600

Pobierz z... >> OK Anuluj

W zakładce **Zbrojenie** sprawdź funkcje **Oblicz zbrojenie** i **Zbrojenie na przebicie** przypisując poniżej wyświetlone ustawienia:

Parametry do wymiarowania fundamentu

Fundament

Zbrojenie

Grunť

Warunki

☒ Oblicz zbrojenie

Grubość płyty: 500 mm

Stal zbrojeniowa

B500B

Otulina

Średnica

Kierunek

c_g [mm] =

40

(20 - 234)

\varnothing [mm] =

16

x y

\varnothing [mm] =

16

x y

c_d [mm] =

40

(20 - 234)

\varnothing [mm] =

16

x y

☒ Zbrojenie na przebiecie

$d = 444$ mm

Stal zbrojeniowa

B500B

Zbrojenie na ścinanie

\varnothing_{sw} [mm] =

10

α [°] =

90

Rozstaw radialny prętów

s_1 [mm] =

300

$\leq 0,75d = 333$

Odległość do pierwszego okręgu zbr. na przebiecie

s_0 [mm] =

200

$\leq s_1 = 300$
 $\leq 0,5d = 222$

Pobierz z... >>

OK

Anuluj

Baza gruntów



W zakładce **Grunt** kliknij na ikonę **Baza gruntów**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

Gruboziarniste		suchy lub m.wilgotny	wilgotny	nawodniony
Kamienie, żwir	Łużny	ASL	ANL	AVL
	Zagęszczony	AST	ANT	AVT
Mieszany niepyłasty, żwir piaszczysty	Łużny	BSL	BNL	BVL
	Zagęszczony	BST	BNT	BVT
Homogeniczny, piasek grubo- i średnioziarnisty	Łużny	CSL	CNL	CVL
	Zagęszczony	CST	CNT	CVT
Mieszany piasek pyłasty	Łużny	DSL	DNL	DVL
	Zagęszczony	DST	DNT	DVT
Homogeniczny niepyłasty piasek drobny	Łużny	ESL	ENL	EVL
	Zagęszczony	EST	ENT	EVT
Bardzo drobny piasek	Łużny	FSL	FNL	FVL
	Zagęszczony	FST	FNT	FVT
Bardzo drobny pyłasty piasek	Łużny	GSL	GNL	GVL
	Zagęszczony	GST	GNT	GVT

W bazie gruntów zawarte zostały przykładowe grunty o trójliterowych symbolach, których parametry zostały ustalone odrębnie w stanie luźnym i zagęszczonym i w trzech stopniach wilgotności (dla gruntów gruboziarnistych) albo w stanie zwartym, plastycznym i miękkoplastycznym przy różnych poziomach porowatości (dla gruntów drobnoziarnistych). Parametry gruntu, które zostaną uzupełnione po wyborze jednego z powyższych gruntów należy traktować poglądowo. Dla danych warunków gruntowych niezbędne będzie zweryfikowanie ich w oparciu o dokumentację geotechniczną. Ze względu bowiem na to, że Eurokod 7 nie przewiduje zależności korelacyjnych pomiędzy poszczególnymi parametrami opisującymi dany grunt, stworzenie uniwersalnej biblioteki gruntów jest niemożliwe.

Wybierz grunt **CST** (Homogeniczny, piasek grubo- i średnioziarnisty znajdujący się na przecięciu kolumny „Suchy lub m. wilgotny” z wierszem „Zagęszczony”). Wyświetlone zostaną jego parametry:

CST	γ [kg/m ³]	φ [°]	φ_{cv} [°]	E_s [N/mm ²]
	2000	35,00	32,00	70,00
Zagęszczony, suchy piasek				

Potwierdź wybór klikając **OK**.

Grubość warstwy

Wpisz **6,0** [m] w polu **Grubość warstwy**.

Dodaj nową warstwę gruntu



Dodaj zdefiniowaną warstwę gruntu klikając ikonę +.

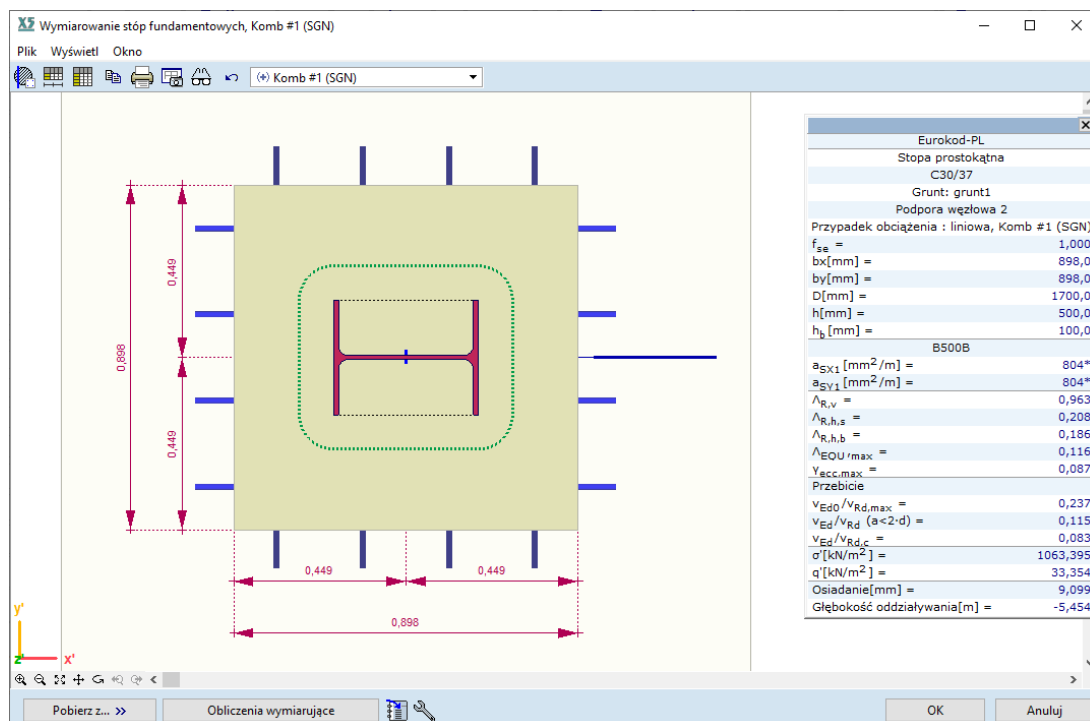
Baza gruntów



W opcjach **Grunt zasypowy** kliknij na ikonę **Baza gruntów**. Wybierz grunt **BST** (Mieszany niepyłasty, żwir piaszczysty). Wybór potwierdź klikając **OK**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

Po kliknięciu **OK**, w nowym oknie w polu **Nazwa** nadaj nazwę 'grunt1' zdefiniowanemu profilowi gruntu:

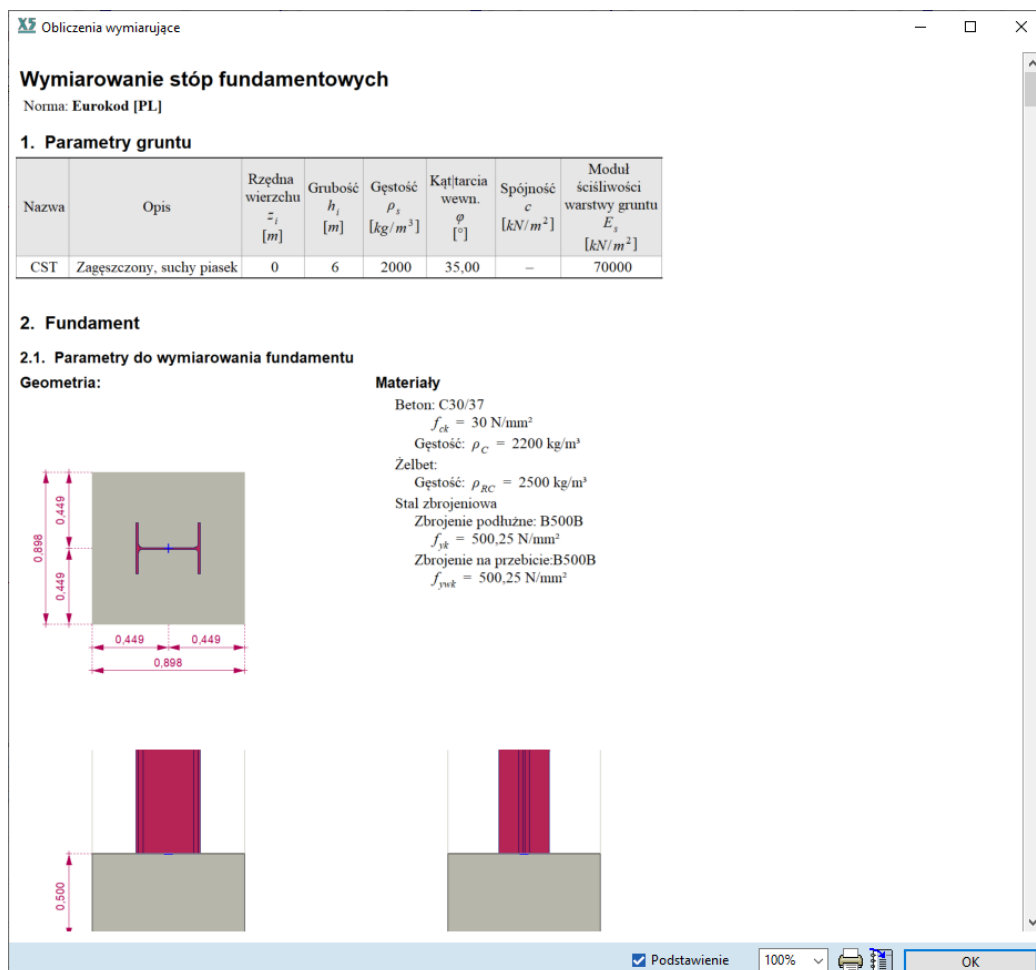
Po kliknięciu **OK** program wyznaczy wymagane wymiary i zbrojenie stopy fundamentowej.



Wymagane zbrojenie i wymiary są wyświetlone w widoku z góry i w okienku informacyjnym. Widok można obracać tak, jak w modelu głównym. Można również filtrować jego zawartość korzystając z funkcji **Parametry wyświetlania**.

Obliczenia
wymiarujące

Notatka obliczeniowa zostanie wyświetlona po kliknięciu na przycisk **Obliczenia wymiarujące**:



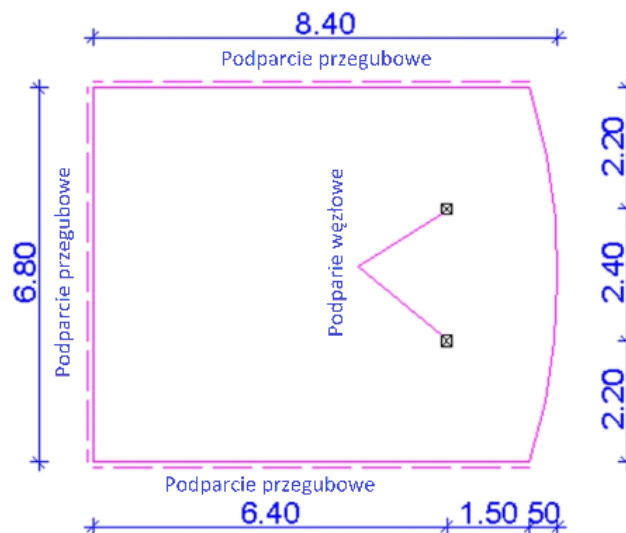
Zamknij okno i funkcję przyciskiem **OK**.

Intencjonalnie pusta strona

3. MODEL PŁYTOWY

Cel

Oblicz maksymalny moment zginający i wymagane zbrojenie płyty przedstawionej na rysunku poniżej. Określ zbrojenie rzeczywiste i oblicz maksymalne ugięcie używając analizy nieliniowej.



Płyta o grubości 200 mm wykonana jest z betonu C25/30 i zazbrojona stalą B500A. Wykorzystaj Eurokod 2.

Start



Uruchom program **AxisVM X6**.

Nowy



Utwórz nowy model klikając na ikonę **Nowy**. W oknie dialogowym w polu **Nazwa pliku modelu** wprowadź nazwę **'Płyta'**. Następnie w polu **Norma projektowa** wybierz **Eurokod [PL]** i ustaw **Jednostki i formaty** jako **EU**.

Okno dialogowe "Nowy model" zawiera następujące pola i opcje:

- Wybierz widok początkowy:** Widok z góry, Widok z przodu, Perspektywa.
- Katalog:** C:\Pulpit\Step_by_step
- Nazwa pliku modelu:** płyta
- Norma projektowa:** Eurokod [PL]
- Jednostki i formaty:** EU
- Język raportu:** Polski
- Nagłówek strony:**
 - Projekt: (pusty pole)
 - Obliczenia wykonał: (pusty pole)
 - Komentarz: (pusty pole)
- Projekt:**
 - Obliczenia wykonał: (pusty pole)
 - Model: płyta.axs

Na dole znajdują się przyciski **OK** i **Anuluj**.

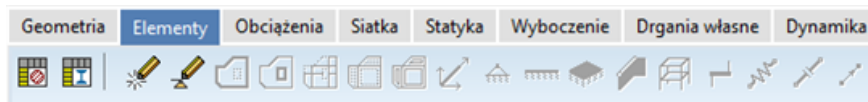
Początkową płaszczyznę roboczą można ustawić wybierając ją po lewej stronie okna. Zmien płaszczyznę roboczą na **X-Y Widok z góry**. Płyta będzie równoległa do tej płaszczyzny, a obciążenie grawitacyjne będzie działało w kierunku **-Z**. Zmianę płaszczyzny roboczej możesz zawsze wykonać uruchamiając funkcję wyboru widoku.

Kliknij **OK**, żeby zamknąć okno.

Geometria płyty zostanie utworzona przy użyciu narzędzi do edycji.

Definicja geometrii Przejdź na zakładkę **Elementy**.

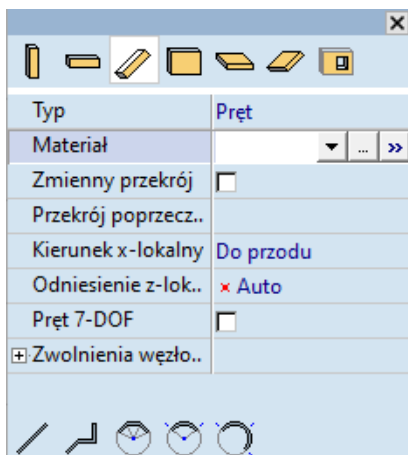
Elementy



Rysuj obiekty bezpośrednio



Kliknij na ikonę **Rysuj obiekty bezpośrednio**. Wyświetlone zostanie poniższe okno:

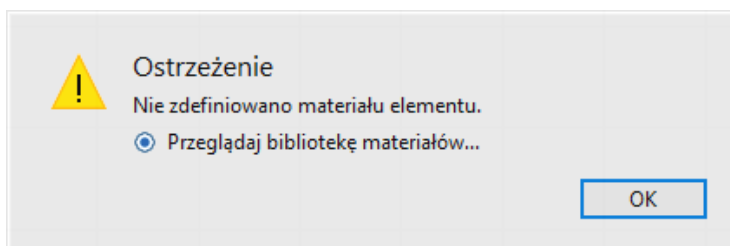


Płyta



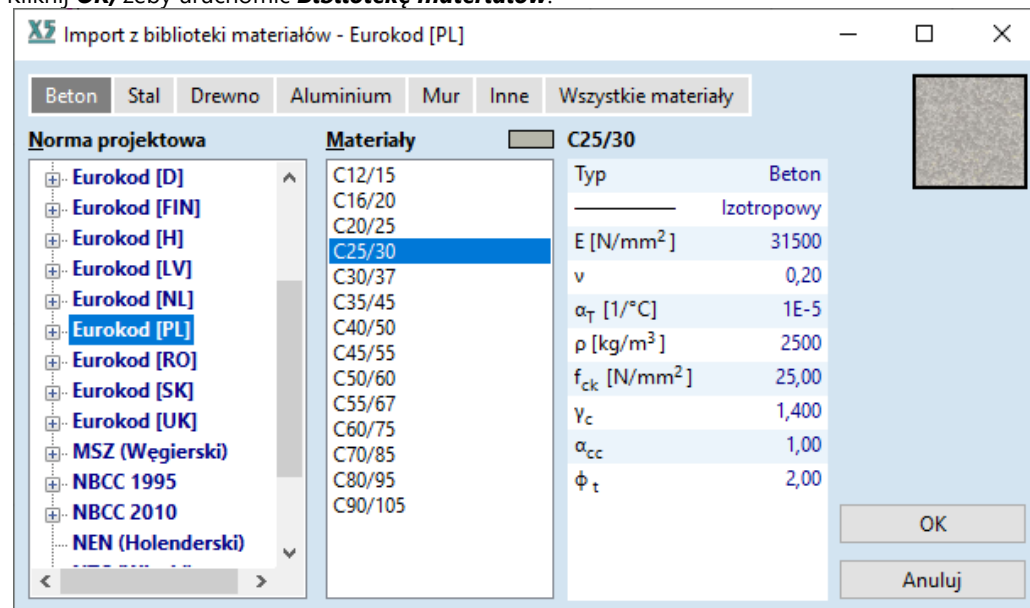
Zmień typ elementu na **Płyta**. Kliknij na tę ikonę, nawet jeśli została już wybrana, aby przejść krok po kroku przez przewodnik.

Po kliknięciu zostanie wyświetlone poniższe okno:



Import z biblioteki materiałów

Kliknij **OK**, żeby uruchomić **Bibliotekę materiałów**.



Przejdź na zakładkę **Beton**, a następnie wybierz beton klasy **C25/30**. Wybór zatwierdź klikając **OK**.

Typ

Zmień **Typ** obiektu na **Płyta**.

Grubość

W polu **Grubość** wpisz **200 [mm]**.

Płyt o kształcie złożonym



Kliknij na ikonę **Płyta o kształcie złożonym**. Aby zdefiniować geometrię płyty, użytkownik może narysować ją bezpośrednio lub zdefiniować za pomocą współrzędnych. Na początku wykorzystaj globalny układ współrzędnych (obowiązuje, kiedy przycisk **d** nie jest wciśnięty w **oknie współrzędnych**).

Zdefiniuj współrzędne następująco.

Dla pierwszego punktu wprowadź dane:

X 0 **Y** 0 **Z** 0 **<Enter>**.

Węzły we względnym układzie współrzędnych

Pozostałe współrzędne wprowadź korzystając z względnego układu współrzędnych, Użytkownik może zmienić układ współrzędnych wciskając przycisk **d** w **oknie współrzędnych**.

Jeżeli przycisk **d** jest wciśnięty oznacza to, że aktywny jest względny układ współrzędnych. Podczas pracy we względnym układzie współrzędnych w miejscu **X** pojawia się **dX** itd. Względne położenie początku względnego układu współrzędnych jest zaznaczone niebieskim krzyżykiem **X**.

Na rysunku poniżej pokazano przypadek wciśniętego przycisku **d**:

X	dX[m] : 8,600 dY[m] : -2,200 dZ[m] : 0 dL[m] : 8,877	d	d r[m] : 8,877 d a[°] : 345,65 dh[m] : 0
----------	---	----------	--

Węzły we względnym układzie współrzędnych

Kontynuuj definiowanie kolejnego punktu we współrzędnych względnych. Wpisz poniższe współrzędne:

X 7,9 **Y** 0 **Z** 0 **<Enter>**.

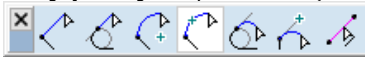
X	dX[m] : 7,9 dY[m] : 0 dZ[m] : 0 dL[m] : 3,764	d	d r[m] : 3,764 d a[°] : 16,99 dh[m] : 0
----------	--	----------	---

Łuk przez trzy punkty



Kliknij ikonkę **Łuk przez trzy punkty** na pasku narzędzi wyświetlonym po uruchomieniu funkcji **Rysuj**

obiekty bezpośrednio:



Wprowadź następujące współrzędne w celu zdefiniowania kolejnego fragmentu płyty:

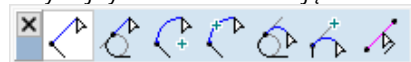
X 0,5 **Y** 3,4 **Z** 0 **<Enter>**

X 0 **Y** 6,8 **Z** 0 **<Enter>**

Linia



Aktywuj rysowanie linii klikając na ikonę **Linia**:



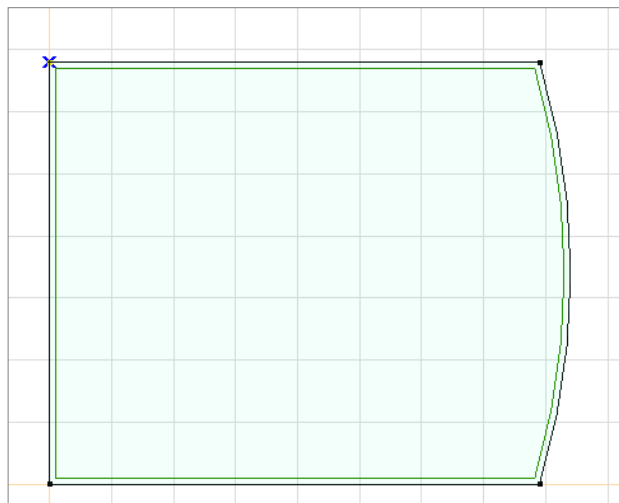
Wprowadź poniższe wartości:

X -7,9 **Y** 0 **Z** 0 **<Enter>**,

Następnie wciśnij **Enter**, żeby zakończyć wprowadzanie konturu płyty.

Wyjdź z funkcji **Rysuj obiekty bezpośrednio** wciskając klawisz **Esc**.

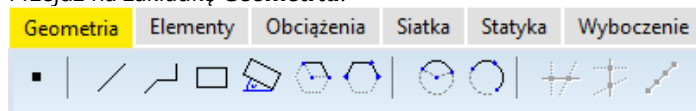
Wyświetlony będzie poniższy widok:



Przesuń początek lokalnego układu współrzędnych w lewy dolny róg płyty. Wykonaj to przesuując kursor w požądane miejsce (wykorzystując funkcję przyciągania kursora do węzła), a następnie naciśnij przycisk **Insert** albo – jednocześnie – **Alt i Shift**.

Geometria

Przejdź na zakładkę **Geometria**:



Węzeł



Kliknij na ikonę **Węzeł**, żeby wprowadzić wewnętrzne punkty o następujących współrzędnych:

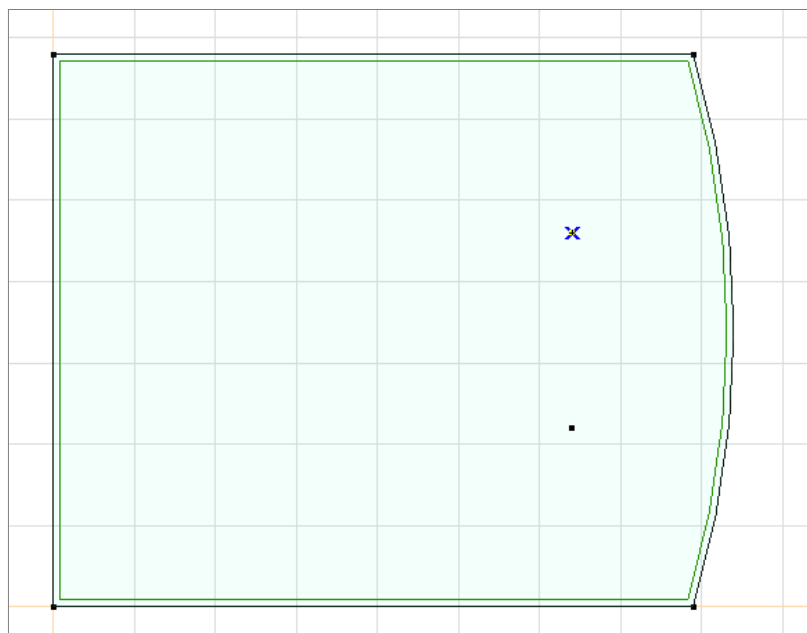
X 6,4 Y 2,2 <Enter>

X 0 Y 2,4 <Enter>

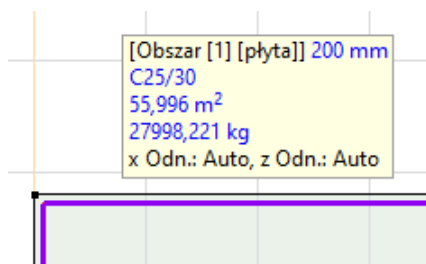
Podane współrzędne są powiązane. Po wprowadzeniu pierwszego węzła początek układ współrzędnych przeskakuje do współrzędnych tego punktu.

Wciśnij klawisz **Esc**, żeby zamknąć funkcję.

Zostanie wyświetlony poniższy widok:



Zwróć uwagę: cienka zielona linia definiuje kontur płyty i typ obszaru. Przesuwając kursor nad tą linię wyświetlone zostaną właściwości obszaru:



Dopasuj do okna



Kliknij ikonę **Dopasuj do okna**.

Elementy

Przejdź na zakładkę **Elementy**.



Podpory węzłowe



Zdefiniuj podpory węzłowe. Kliknij na ikonę **Podpory węzłowe**, a następnie wybierz wewnętrzne węzły. Wybór zatwierdź klikając **OK**. Wyświetlone zostanie poniższe okno:

Podpory węzłowe

☒ Definiuj ☐ Modyfikuj

Kierunek

- ☒ Globalny
- ☐ Lokalny
- ☐ W kier. odniesienia
- ☐ Względny do pręta/żebra
- ☐ Względny do krawędzi
- ☐ Izolator sejsmiczny

Sprężyna

Charakterystyki sprężyn	Sztywność początkowa	Sztywność modalna
X: Sztywny - Przesuwny	K_X [kN/m] = 1E+10	K_{XV} [kN/m] = 1E+10
Y: Sztywny - Przesuwny	K_Y [kN/m] = 1E+10	K_{YV} [kN/m] = 1E+10
Z: Sztywny - Przesuwny	K_Z [kN/m] = 1E+10	K_{ZV} [kN/m] = 1E+10
XX: Sztywny - Obrotowy	K_{XX} [kNm/rad] = 1E+10	K_{XXV} [kNm/rad] = 1E+10
YY: Sztywny - Obrotowy	K_{YY} [kNm/rad] = 1E+10	K_{YYV} [kNm/rad] = 1E+10
ZZ: Sztywny - Obrotowy	K_{ZZ} [kNm/rad] = 1E+10	K_{ZZV} [kNm/rad] = 1E+10

Pobierz z... >> Obliczenia... OK Anuluj

Obliczenia globalnej
podpory
węzłowej

Kliknij na pole **Obliczenia...**. Zostanie wyświetlone kolejne okno:

Obliczenia globalnej podpory węzłowej

☐ Słup powyżej

Materiał: C25/30

Przekrój poprzeczny: [wybór]

L [m] = 3,000

Słup poniżej

Materiał: C25/30

Przekrój poprzeczny: [wybór]

L [m] = 3,000

Zwolnienia węzłowe

K_X [kN/m] = 0	K_{XX} [kNm/rad] = 0
K_Y [kN/m] = 0	K_{YY} [kNm/rad] = 0
K_Z [kN/m] = 0	K_{ZZ} [kNm/rad] = 0

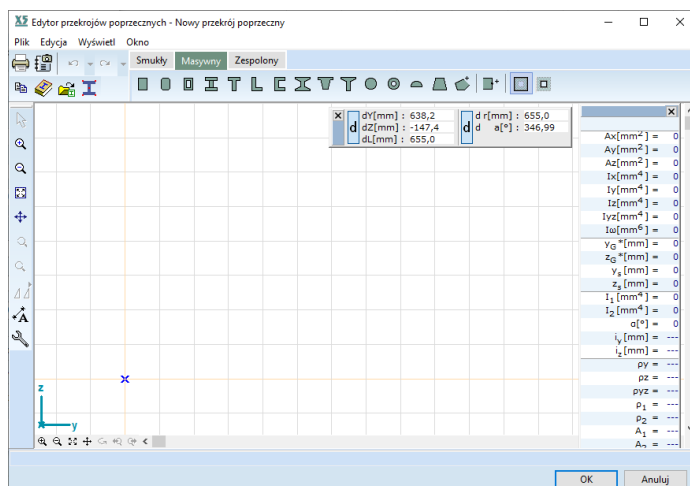
OK Anuluj

W tym miejscu sztywność podparcia może być automatycznie wyznaczona pod warunkiem zdefiniowania głównych parametrów (górnego/dolnego) słupa.

Nowy przekrój poprzeczny



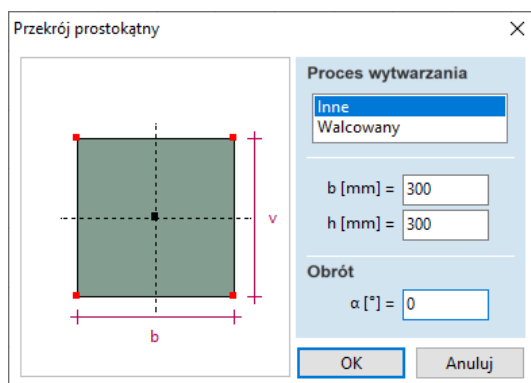
Kliknij na ikonę **Nowy przekrój poprzeczny**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



Profil prostokątny

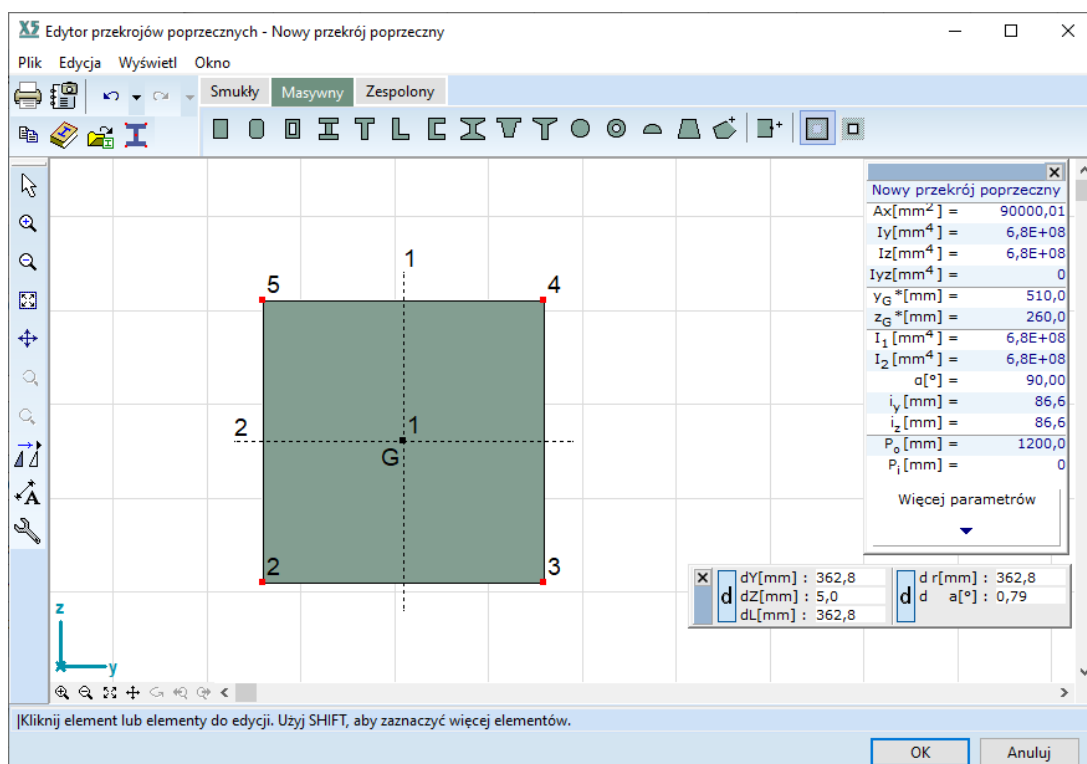


Kliknij na ikonę **Profil prostokątny**, a następnie wypełnij puste pola zgodnie z rysunkiem poniżej:

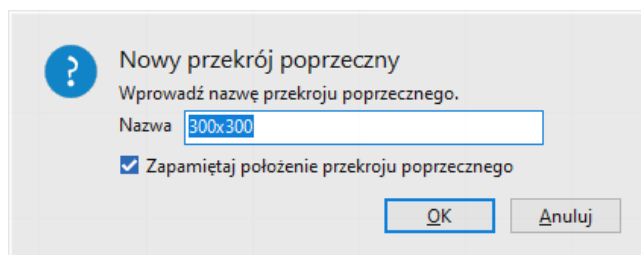


Wprowadź w polach **b** i **h** wartość **300** mm, a następnie kliknij **OK**. Wstaw przekrój w dowolnym miejscu okna.

Otrzymasz poniższy widok:



Kliknij **OK** i wprowadź **Nazwę** nowego przekroju. Następnie kliknij **OK**.



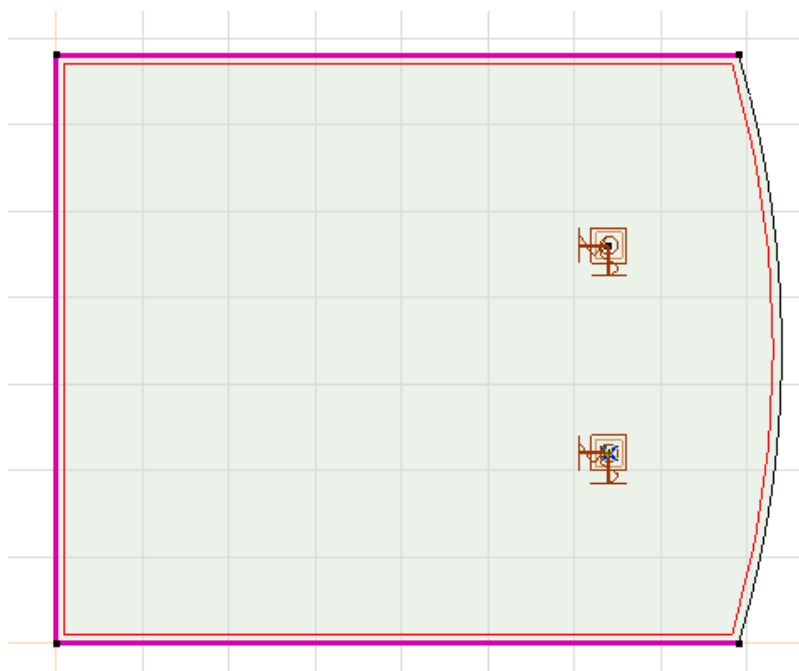
W polu **L [m]** wprowadź wartość **3** a następnie kliknij **OK**. W oknie **Podpory węzłowe** składowe sztywności podpory zostaną automatycznie zaktualizowane.

Kliknij **OK**, żeby zamknąć okno.

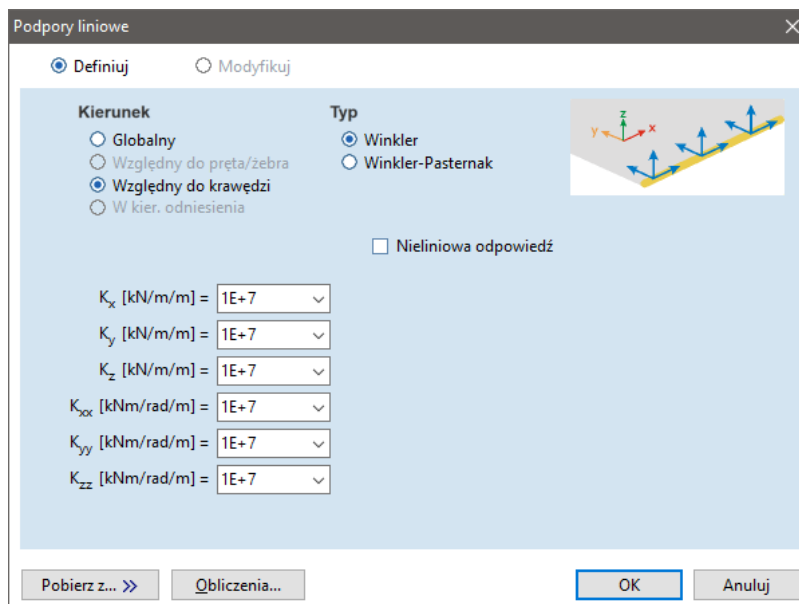
Podpora liniowa



W celu zdefiniowania podpór liniowych kliknij na ikonę **Podpora liniowa**. Następnie zaznacz poniżej pokazane krawędzie płyty:



Wybór zatwierdź klikając **OK**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



Obliczenia lokalnej podpory liniowej

Ponownie kliknij **Obliczenia...**, żeby automatycznie wyznaczyć sztywności podpór. W kolejnym oknie w polach **L [m]** i **d [mm]** wprowadź odpowiednio wartości **3** i **300**:

Obliczenia lokalnej podpory liniowej

☐ Ściana powyżej

Zwolnienie krawędziowe

Material: C25/30

L [m] = 3,000

d [mm] = 200

Ściana poniżej

Zwolnienie krawędziowe

Material: C25/30

L [m] = 3,000

d [mm] = 300

K_x [kN/m/m] =	3,5E+5	K_{xx} [kNm/rad/m] =	9,45E+4
K_y [kN/m/m] =	3,15E+4	K_{yy} [kNm/rad/m] =	1E+0
K_z [kN/m/m] =	3,15E+6	K_{zz} [kNm/rad/m] =	1E+0

OK Anuluj

Aby wprowadzić zwolnienie przegubowe kliknij na obie ikony **Zwolnienie węzłowe**:

Obliczenia lokalnej podpory liniowej

☐ Ściana powyżej

Zwolnienie krawędziowe

Material: C25/30

L [m] = 3,000

d [mm] = 200

Ściana poniżej

Zwolnienie krawędziowe

Material: C25/30

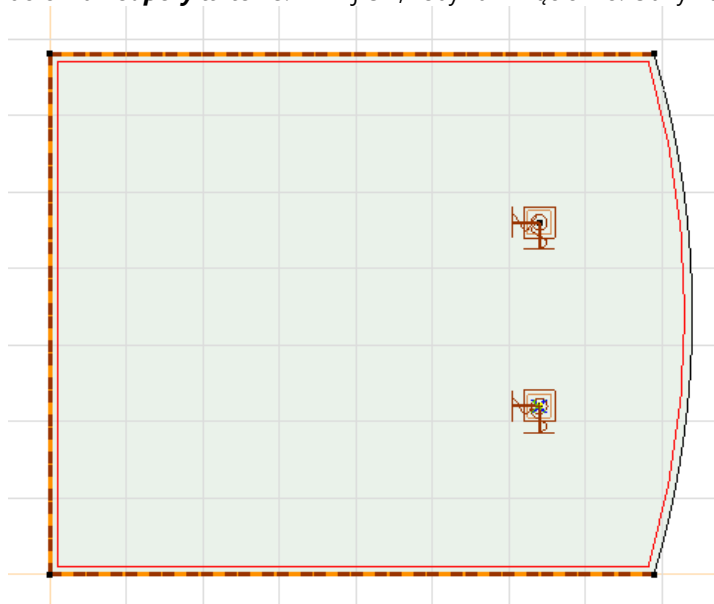
L [m] = 3,000

d [mm] = 300

K_x [kN/m/m] =	3,5E+5	K_{xx} [kNm/rad/m] =	0
K_y [kN/m/m] =	0	K_{yy} [kNm/rad/m] =	1E+0
K_z [kN/m/m] =	3,15E+6	K_{zz} [kNm/rad/m] =	1E+0

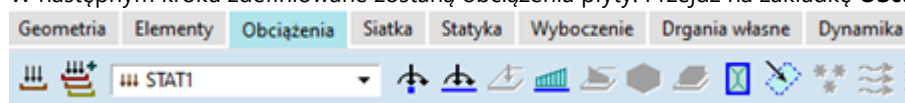
OK Anuluj

Ustawienia zatwierdź klikając **OK**. Obliczone składowe sztywności zostaną automatycznie przeniesione do okna **Podpory liniowe**. Kliknij **OK**, żeby zamknąć okno. Otrzymasz widok pokazany poniżej:



Obciążenia

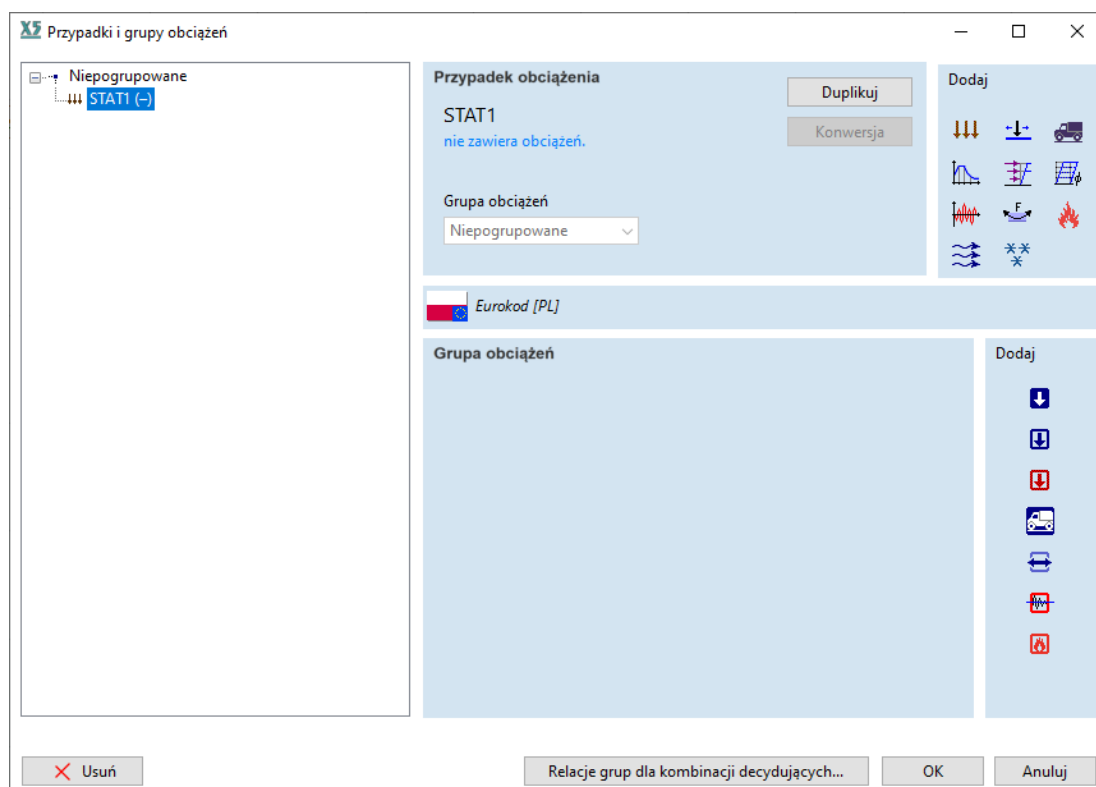
W następnym kroku zdefiniowane zostaną obciążenia płyty. Przejdź na zakładkę **Obciążenia**:



Przypadki i grupy obciążeń

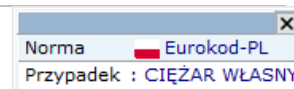


Różne obciążenia powinny być rozdzielone na oddzielne przypadki obciążenia. Kliknij na ikonę **Przypadki i grupy obciążeń**, a następnie dodaj nowe przypadki obciążenia.



W oknie, które zostanie wyświetlone, kliknij na nazwę **STAT1** w lewym górnym rogu, a następnie zmień ją na **CIĘŻAR WŁASNY** (**STAT1** jest automatycznie generowanym przypadkiem obciążenia, które powinno mieć zmienioną nazwę w naszym przykładzie).

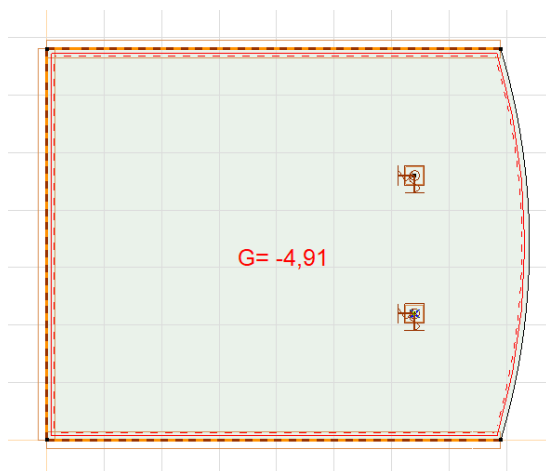
Zamknij okno klikając **OK**. Ostatnio edytowany przypadek obciążenia (**CIĘŻAR WŁASNY**) będzie aktywnym przypadkiem obciążenia. Będzie to wyświetlone w oknie **Panelu informacyjnego**:



Ciężar własny



Kliknij na ikonę **Ciężar własny**, a następnie zaznacz **Wszystko** za pomocą ikony (*). Po kliknięciu **OK** zostanie wyświetlona czerwona przerywana linia równoległa do linii konturowej. Wskazuje ona, że ciężar własny obszaru został dodany.



Opcje wyświetlania



Kliknij na ikonę **Opcje wyświetlania**. Następnie przejdź na zakładkę **Symbole** i zaznacz **Siaka elem. skończonych** oraz **Punkt środkowy elem. powierzchniowego** w polu **Graficzne symbole**. Zamknij klikając **OK**.

Nowy przypadek obciążenia

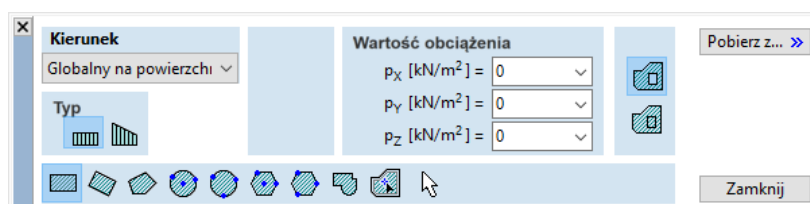


Ponownie otwórz okno **Przypadki i grupy obciążeń**. Zdefiniuj nowy przypadek obciążenia **Statyczny**. Nazwij go **WARSTWY WYKOŃCZENIOWE**. Ta grupa obciążenia zawiera obciążenia od ciężaru warstw wykończeniowych płyty (w naszym przykładzie: **2,5 kN/m²**). Zamknij je używając przycisku **OK**.

Obciążenie rozłożone na obszarze



Kliknij na ikonę **Obciążenie rozłożone na obszarze**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



W polu **p_z [kN/m²]** wprowadź wartość **-2,5** (znak minus odnosi się do kierunku przeciwnego do zwrotu globalnej osi **Z**).

Obciążenie rozłożone na całym obszarze

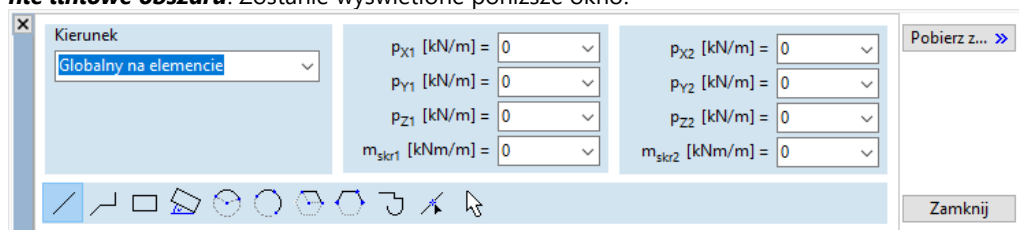


Przypisz obciążenie do płyty za pomocą funkcji **Obciążenie rozłożone na całym obszarze**. Kliknij ikonę **Obciążenie rozłożone na całym obszarze**, a następnie wskaż dowolny punkt obszaru (płyty).

Obciążenie linowe obszaru



W celu zdefiniowania obciążenia na obwodzie łuku (obciążenie od balustrady) kliknij na ikonę **Obciążenie liniowe obszaru**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



W polu **p_{z1}** i **p_{z2}** wprowadź wartość **-1**.

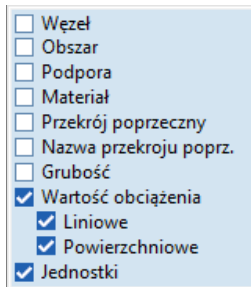
Łuk przez trzy punkty



Wybierz funkcję **Łuk przez trzy punkty**, a następnie kolejno kliknij dolny, środkowy i górny punkt zakrzywionej krawędzi. Następnie kliknij górny punkt krawędzi. Wcisnąc klawisz **Esc** zakończysz działanie funkcji.

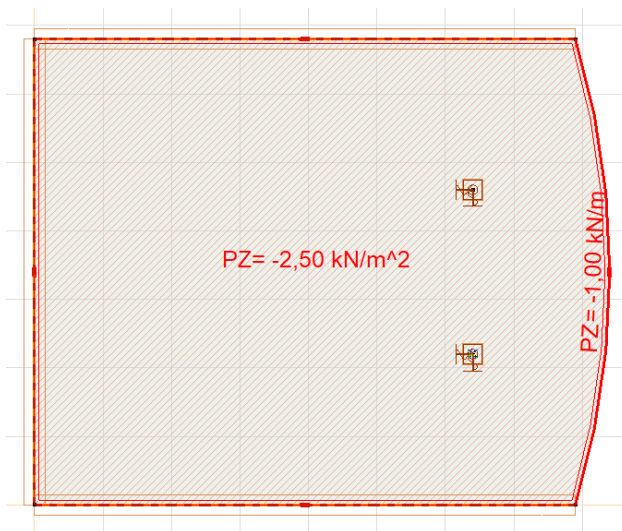
Wartości obciążeń

Włącz wyświetlanie wartości obciążenia korzystając z funkcji **Opisy** z paska **Szybkiego wyboru** (w programie: prawy dolny narożnik). Kliknij ikonę **Opisy**. Zostanie wyświetlona poniższa lista:



Zaznacz **Wartości obciążenia** i **Jednostki**.

Zostanie wyświetlony widok konstrukcji wraz z informacją o wartości i jednostkach obciążenia:



Nowy przypadek obciążenia



Zdefiniuj nowy przypadek obciążenia i nazwij go **OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE**.

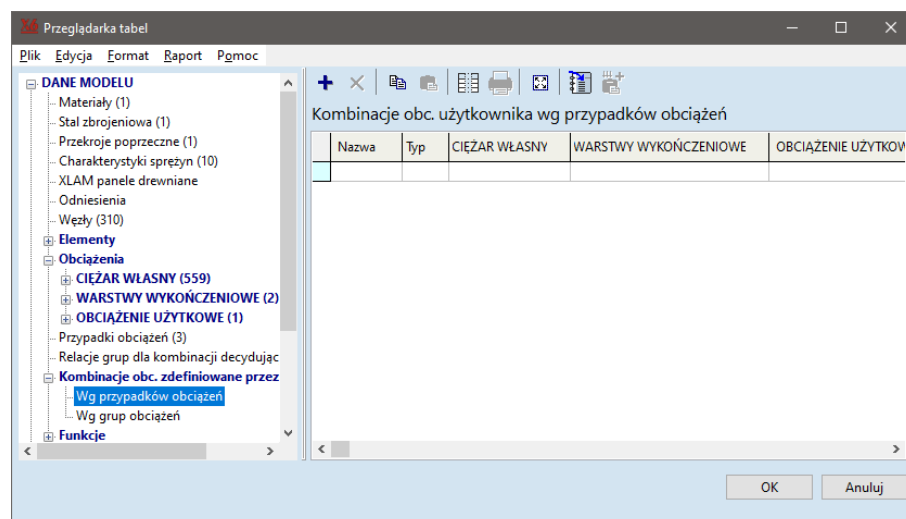
Określ obciążenie użytkowe płyty. Użyj funkcji **Obciążenie użytkowe na obszarze** i nadaj mu intensywność **-3,0 kN/m²**.

Kombinacje obciążeń



W kolejnym etapie powinny być zdefiniowane kombinacje obciążeń.

Uruchom polecenie **Kombinacje obciążeń**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



Nowy wiersz



Dodaj dwa przypadki kombinacji obciążeń definiując podane poniżej współczynniki obciążenia. Stwórz pierwszy przypadek kombinacji obciążenia, klikając ikonę **Nowy wiersz**. Pozostaw nazwę domyślną (**Komb #1**), wybierz typ kombinacji **SGU Quasi-stała** i wprowadź następujące współczynniki obciążenia:

CIĘŻAR WŁASNY	1,00	<Tab>
WARSTWY WYKOŃCZENIOWE	1,00	<Tab>
OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE	0,30	<Tab>

Wprowadź powyższe wartości w odpowiednie pola.

Nowy wiersz



Kliknij ponownie ikonę **Nowy wiersz**, żeby zdefiniować drugi przypadek kombinacji obciążenia. Pozostaw domyślną nazwę (**Komb #2**), wybierz typ kombinacji **SGN** i wprowadź następujące wartości współczynników obciążenia:

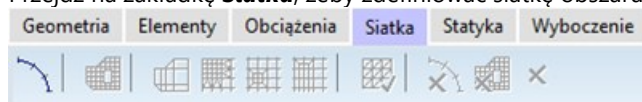
CIĘŻAR WŁASNY	1,35	<Tab>
WARSTWY WYKOŃCZENIOWE	1,35	<Tab>
OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE	1,50	<Tab>

Kliknij **OK**, żeby zatwierdzić kombinacje obciążeń.

W tym momencie podstawowe dane zostały wprowadzone do modelu. Przed rozpoczęciem analizy statycznej należy jeszcze nałożyć siatkę na element powłokowy.

Siatka

Przejdź na zakładkę **Siatka**, żeby zdefiniować siatkę obszaru:



Generowanie siatki obszaru

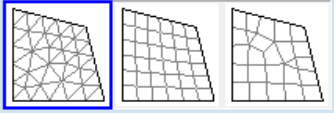


Kliknij na ikonę **Generowanie siatki obszaru**. Następnie zaznacz **Wszystko (*)**, a wybór zatwierdź przyciskiem **OK**. W poniższym oknie wybierz trójkątny typ siatki i ustaw **Średni rozmiar elementu siatki [m]** równy **0,5**. Zaznacz pola **Dopasuj siatkę do obciążeń** i aktywuj funkcję **Dopasuj siatkę do głowicy słupa** umożliwiającą odcięcie szczytowych wartości momentów (więcej informacji na ten temat znajduje się w **Podręczniku użytkownika**).

Parametry siatkowania

☒ Definiuj ☐ Modyfikuj

Typ siatki



Średni rozmiar elementu siatki [m] = 0,500

Dopasuj siatkę do obciążeń

☒ | Obc. skupione | \geq [kN] = 0

☒ | Obc. liniowe | \geq [kN/m] = 0

☒ | Obc. powierzchniowe | \geq [kN/m²] = 0

☒ Dopasuj siatkę do głowicy słupa (aby umożliwić odcięcie szczytowych wartości momentów)

Metoda podziału konturu

☒ Równomierny podział

☐ Dopasowany podział

Wyglądanie

☐ Generuj siatkę tylko dla obszarów bez siatki

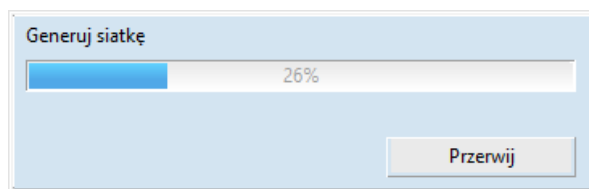
☐ Obliczanie przecięć obszarów

☐ Zachowaj prowadnice siatki, jeżeli nie uda się jej wygenerowanie

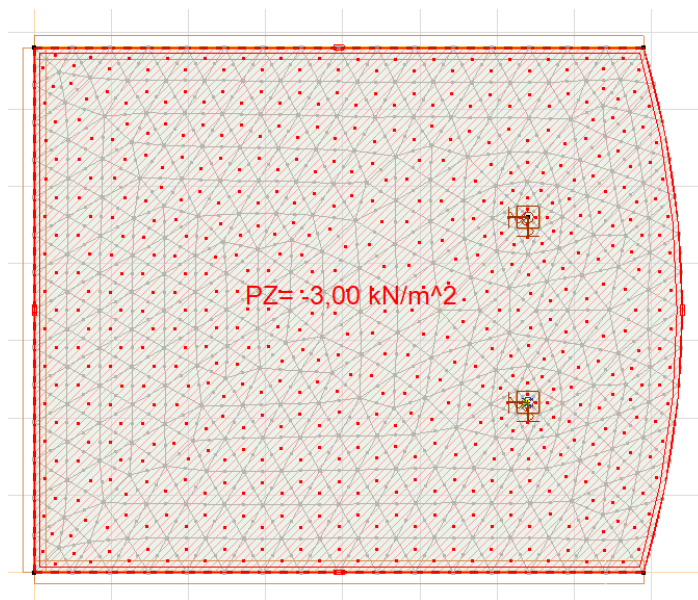
Pobierz z... >> OK Anuluj

Ustawienia zatwierdź klikając **OK**. Siatka zostanie automatycznie wygenerowana.

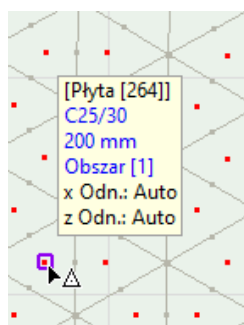
Pasek postępu pokazuje postęp siatkowania:



Po wygenerowaniu siatki dostępny będzie poniższy widok:



Ustawienie kursora w środku elementu skończonego pozwala na wyświetlenie właściwości tego elementu:



Opcje wyświetlania



Włącz wyświetlanie lokalnych układów współrzędnych elementów skończonych. W tym celu aktywuj **Opcje wyświetlania** i przejdź na zakładkę **Symbole**:

W grupie **Układy lokalne** zaznacz **Elem. Powierzchniowy**, a następnie zamknij okno klikając **OK**.

W tej chwili lokalne układy współrzędnych są pokazane dla każdego elementu skończonego. Kolory oznaczają kierunki: kolor czerwony oznacza kierunek **x**, kolor żółty oznacza kierunek **y**, a kolor zielony oznacza kierunek **z**.

Opcje wyświetlania



Wyłącz **Lokalne układy współrzędnych** dla **Elem. powierzchniowych** aktywując ikonę **Opcje wyświetlania**. Nie będą one teraz potrzebne.

Statyka

Przejdź na zakładkę **Statyka**:

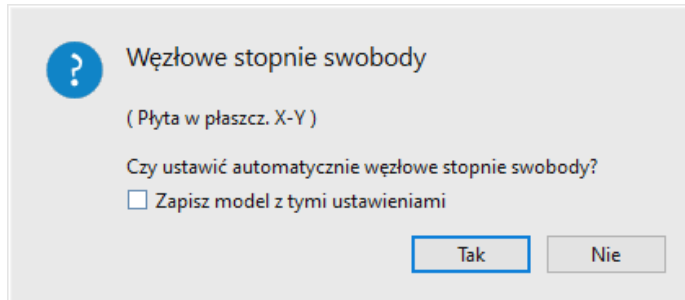
Liniowa analiza statyczna



Kliknij na ikonę **Liniowa analiza statyczna** w celu uruchomienia obliczeń statycznych.

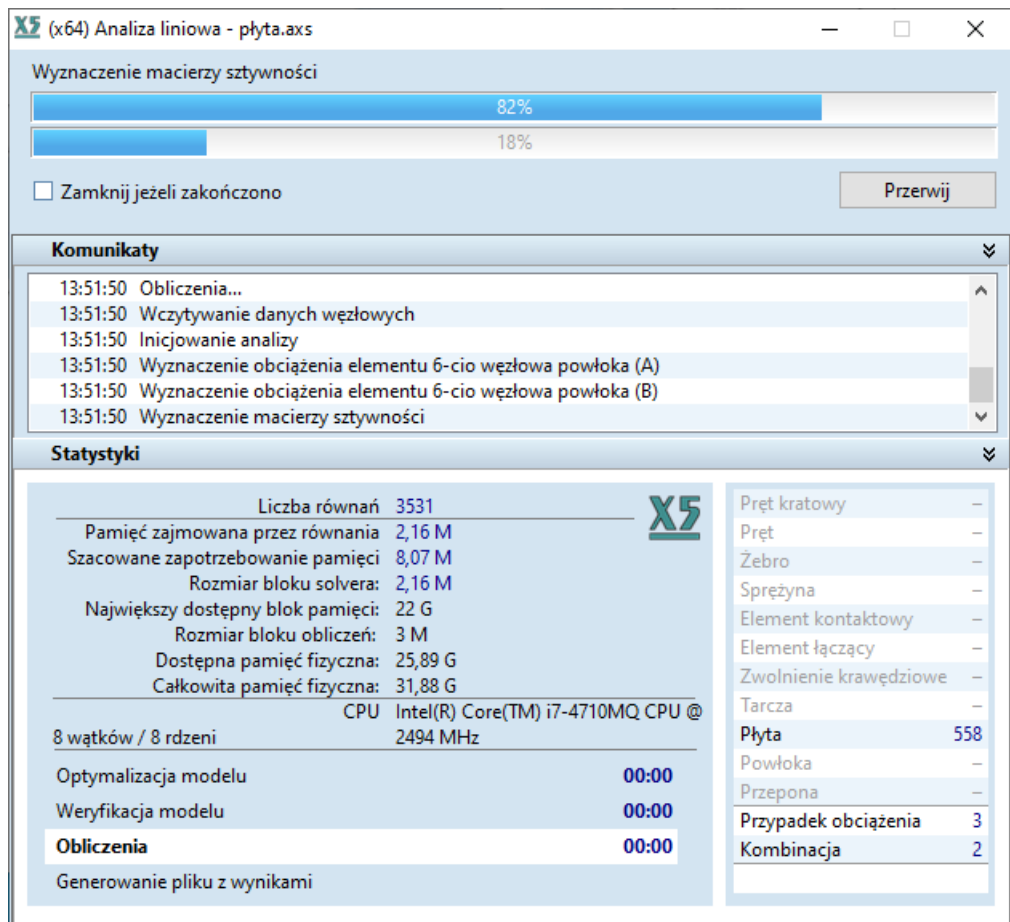
Węzłowe stopnie swobody

Program sprawdza model i, jeżeli jest to uzasadnione, daje ostrzeżenia o węzłowych stopniach swobody oraz proponuje zmiany za pośrednictwem poniższego okna:



Zaznacz **Zapisz model z tymi ustawieniami**, co spowoduje zapisanie proponowanych węzłowych stopni swobody. Klikając **Tak** wyrażasz zgodę na ustawienie węzłowych stopni swobody jak dla **Płyt w płaszczyźnie X-Y**. Program będzie kontynuował analizę statyczną.

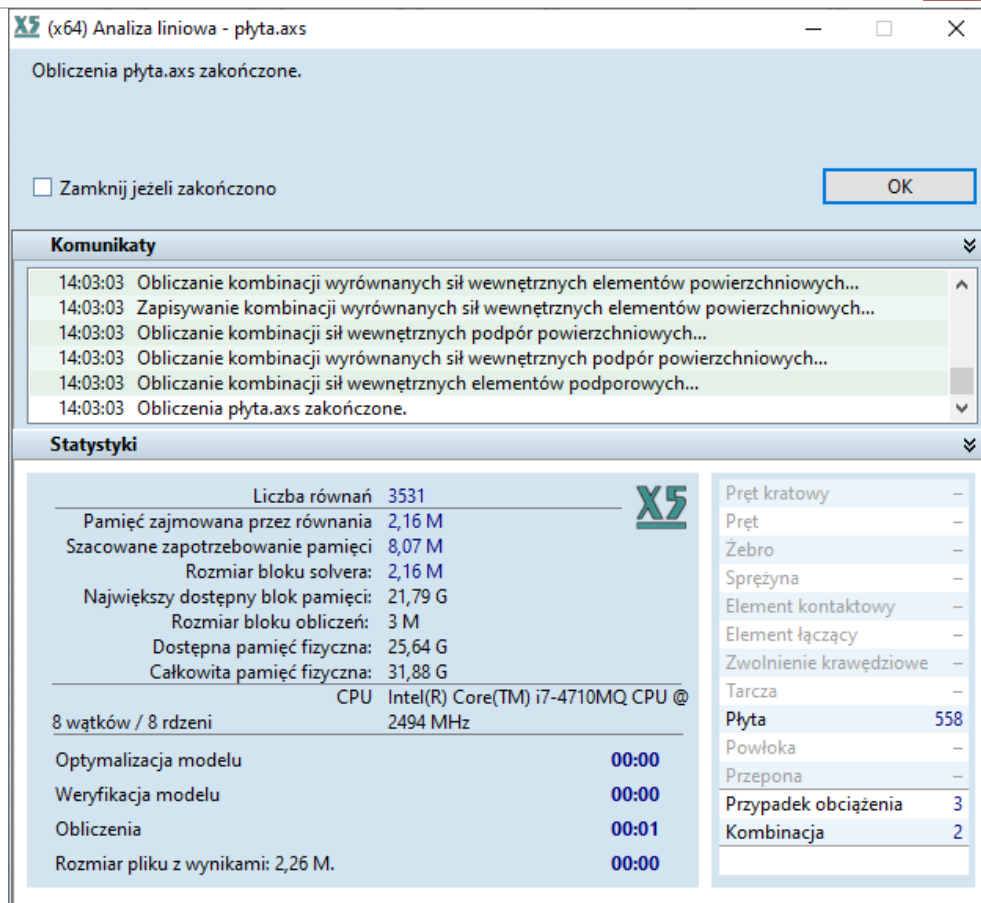
Postęp obliczeń wyświetlany jest na pasku postępu:



Rozwiń **Statystyki**, żeby śledzić więcej informacji o obliczeniach.

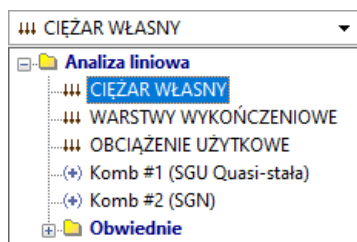
Górny pasek postępu wyświetla postęp obliczeń dla aktualnego zadania. Dolny pasek postępu wyświetla postęp dla całego zadania. **Szacowane zapotrzebowanie pamięci** pokazuje wymagany rozmiar pamięci wirtualnej do przeprowadzenia obliczeń. Jeśli rozmiar pamięci komputera jest mniejszy, zostanie wyświetlony komunikat o błędzie dotyczącym wielkości pamięci wirtualnej.

Po zakończeniu obliczeń kliknij **OK**, żeby zamknąć okno.



Wracając do głównego okna, program automatycznie wyświetla przemieszczenia pionowe **ez [mm]** dla przypadku obciążenia **CIĘŻAR WŁASNY**. Przemieszczenia te domyślne są wyświetlane jako **Izopowierzchnie 2D**.

Wybierz kombinację **Komb#1 (SGU)**, żeby zweryfikować stan graniczny użytkowania (pamiętaj: są to wyniki analizy liniowej):

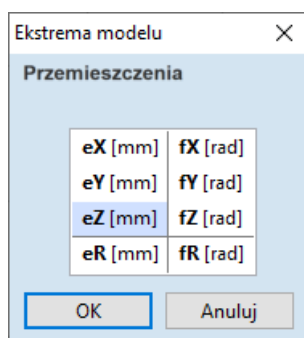


Wartości przemieszczeń są ujemne, ponieważ dodatni kierunek globalnej osi **Z** jest przeciwny do kierunku określonych obciążeń.

Min, Max wartości

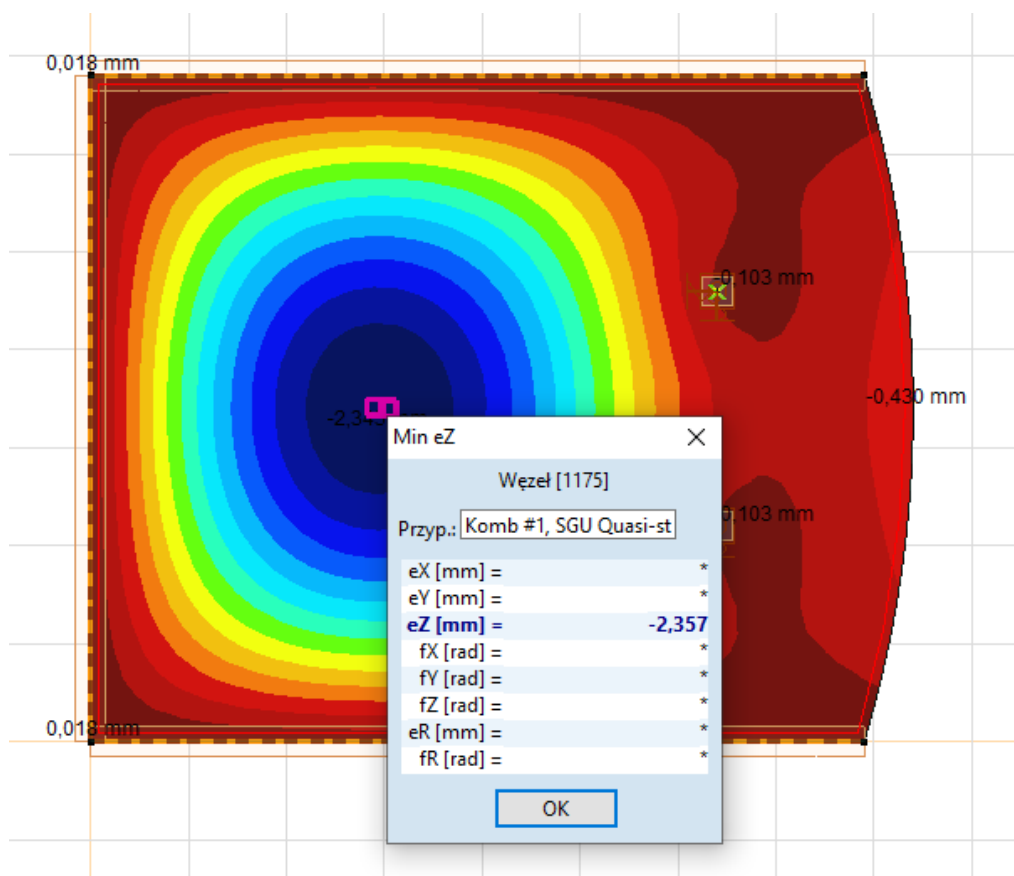


Aby znaleźć lokalizację maksymalnego przemieszczenia, skorzystaj z funkcji **Min, max wartości**. Klikając na ikonę **Min, Max wartości** zostanie wyświetlone poniższe okno:

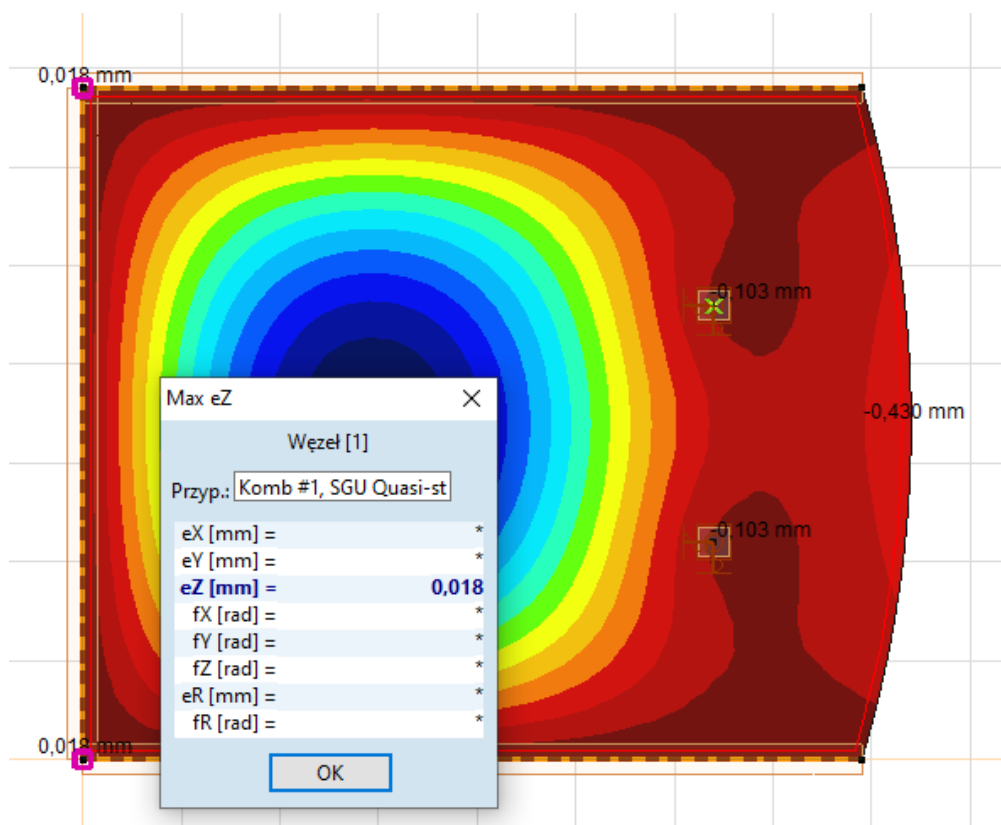


Wybierz jedną ze składowych przemieszczenia i potwierdź za pomocą **OK**.

Program pokazuje maksymalną ujemną wartość wraz z jej lokalizacją:

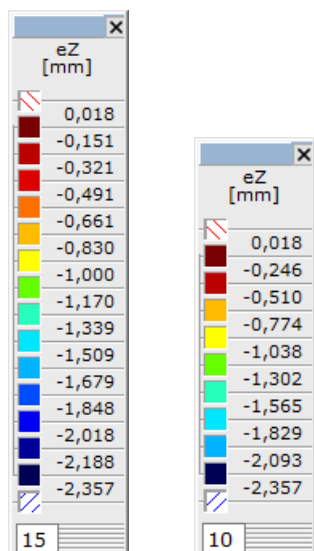


Kliknij **OK**, żeby kontynuować. W efekcie panel wyników przeskakuje do maksymalnej wartości dodatniej i jej lokalizacji:



Legenda kolorów

Legenda kolorów pokazuje wartości graniczne każdego koloru. Dostosuj liczbę wartości granicznych przeciągając dolną krawędź palety:



Znajdź obszary, w których przemieszczenia są większe od **2,1** mm. Kliknij na **Legendę kolorów**. Zostanie wyświetlone okno **Ustawienie legendy kolorów**. Po lewej stronie, kliknij na dolną wartość i zmień ją w następujący sposób: z (-2,357) na **-2,1**.

eZ Ustawienie legendy kolorów

Wartości Kolory

Liczba przedziałów: 10

☐ Zaokrąglaj obliczone wartości

Zakres

- ☐ Min, Max (Modelu) -2,357 ... 0,018
- ☐ Min, Max (Fragmentu) -2,357 ... 0,018
- ☐ Bezwzględne Max (Modelu) -2,357 ... 2,357
- ☐ Bezwzględne Max (Fragmentu) -2,357 ... 2,357
- ☒ Niestandardowy
- ☐ Interpolacja automatyczna
- ☐ Wartość kroku $\Delta = 1$

Kreskowanie wart. spoza zakresu:

Kierunek gradientu koloru:

☐ Kontury izopowierzchni

☐ Etykiety izolinii

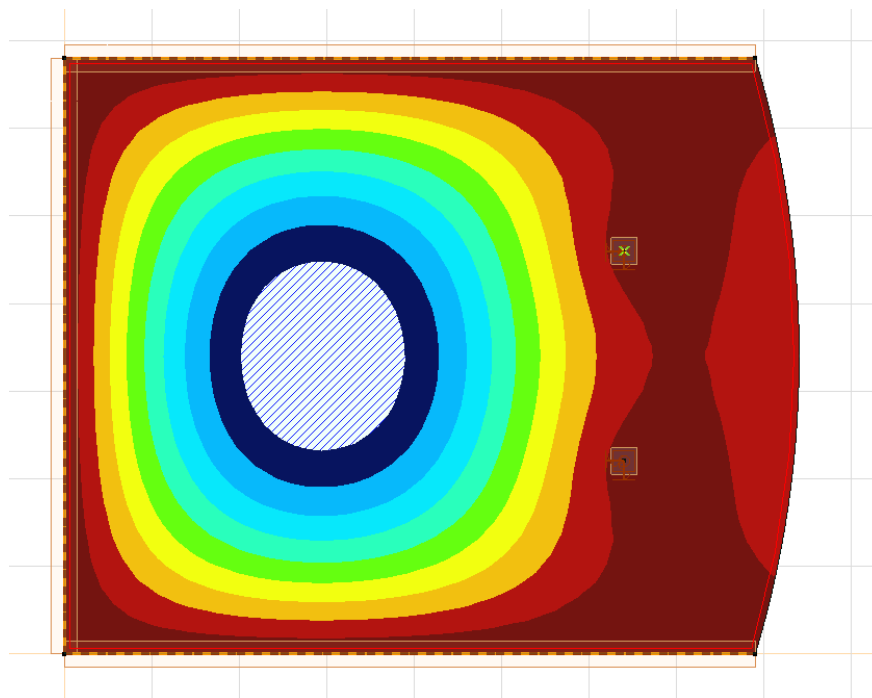
☒ Wyświetl

☒ Odśwież automatycznie

☐ Odśwież wszystko

Zatwierdź nową wartość wciskając klawisz **Enter**. Spowoduje to włączenie **Interpolacji automatycznej** dla pozostałych wartości.

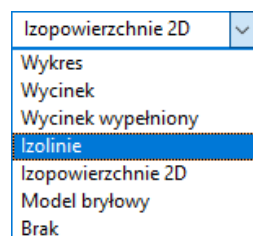
Zamknij okno klikając **OK**. Zostanie wyświetlony poniższy widok:



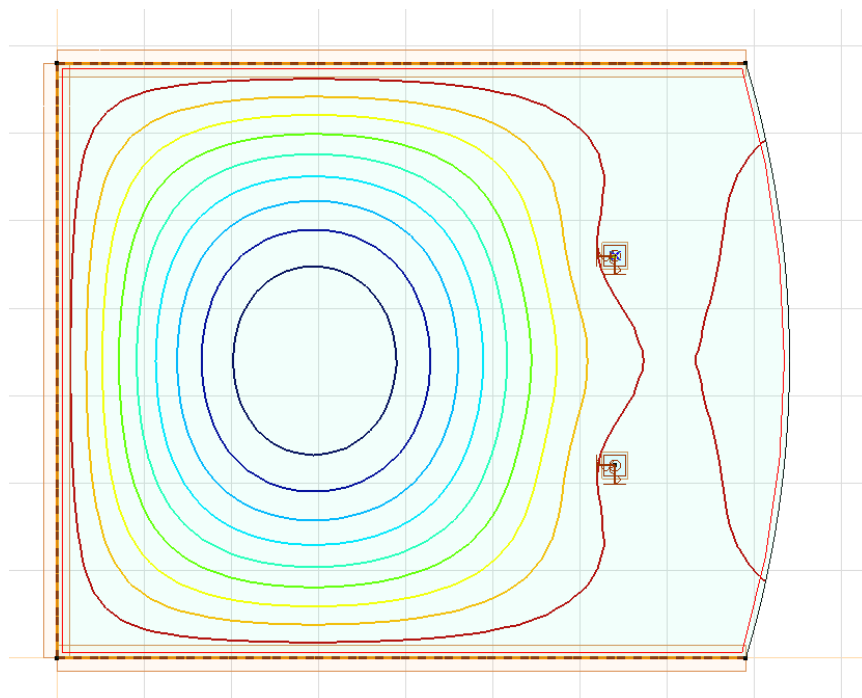
Obszary z ugięciem przekraczającym **2,1** mm są zakreskowane na niebiesko.

Izolinie

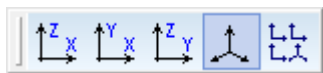
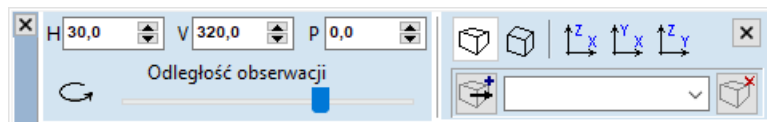
Sprawdź również wyniki w trybie wyświetlania **Izolinie**. Kliknij strzałkę po prawej stronie nazwy **Izopowierzchnie 2D** i wybierz z rozwijanej listy **Izolinie**.



Zostaną wyświetlone wyniki przemieszczeń za pomocą izolinii, patrz rysunek poniżej:



Widoki

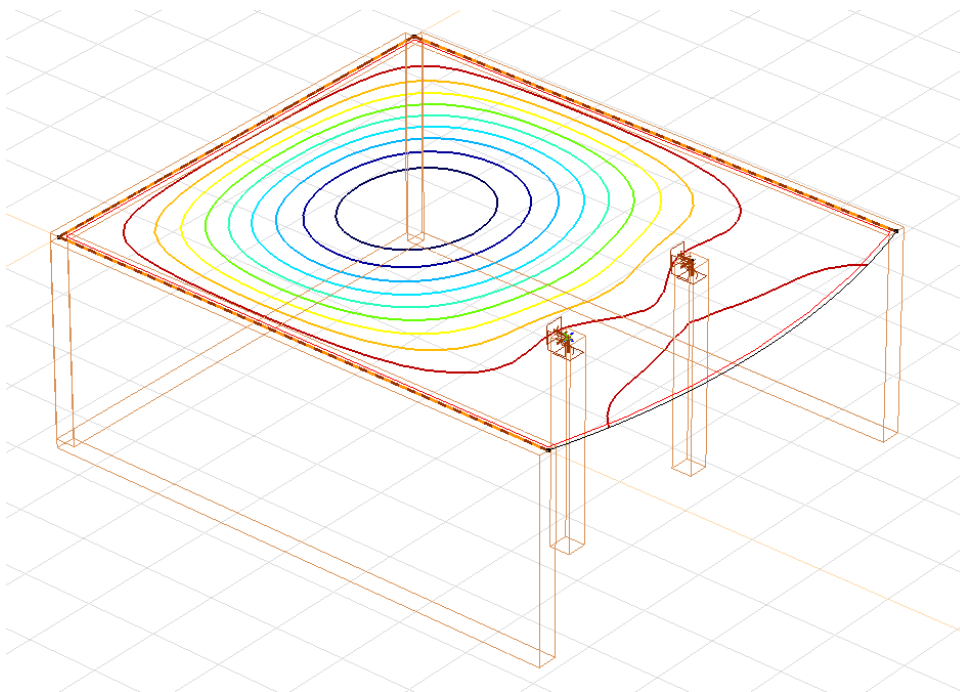
Zmień widok na **Perspektywę**.Zmień **Ustawienia perspektywy** na zgodne z poniższym rysunkiem:

Zamknij okno.

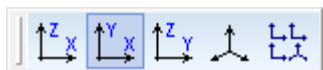
Parametry wyświetlania wyników



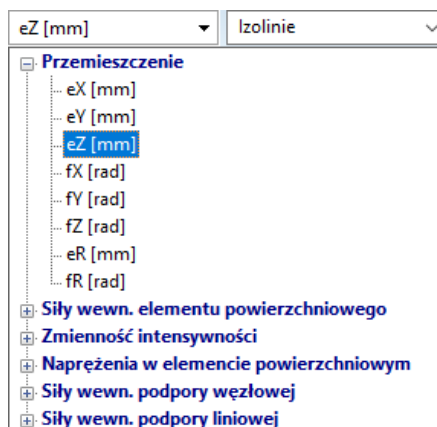
Aby zobaczyć zdeformowany kształt, kliknij na ikonę **Parametry wyświetlania wyników**. W polu **Wybierz kształt** przełącz na **Zdeform**. i kliknij **OK**. W razie potrzeby możesz zmienić skalę wyświetlonej deformacji modelu – pole, w którym ustala się współczynnik skali znajduje się obok rozwijanej listy **Wyświetlania wyników**.



Widoki

Zmień widok na **Widok z góry X-Y**.

Sprawdź siły wewnętrzne w płycie.

Na początek wybierz kombinację **Komb #2 (SGN)**.Kliknij na strzałkę obok **eZ [mm]** co spowoduje rozwinięcie listy zawierającej pozostałe komponenty wyników z analizy statycznej:

Wybierz **Siły wewn. elementu powierzchniowego – m_x [kNm/m]**. Zostaną wyświetlone momenty **m_x** za pomocą **Izolinii**. Moment **m_x** określa moment zginający wokół lokalnej osi **y** – rzutuje on na dobór zbrojenia w kierunku lokalnej osi **x** . W ten sam sposób wybierz i zobacz następujące składniki wyników: **m_y , m_{xy}** .

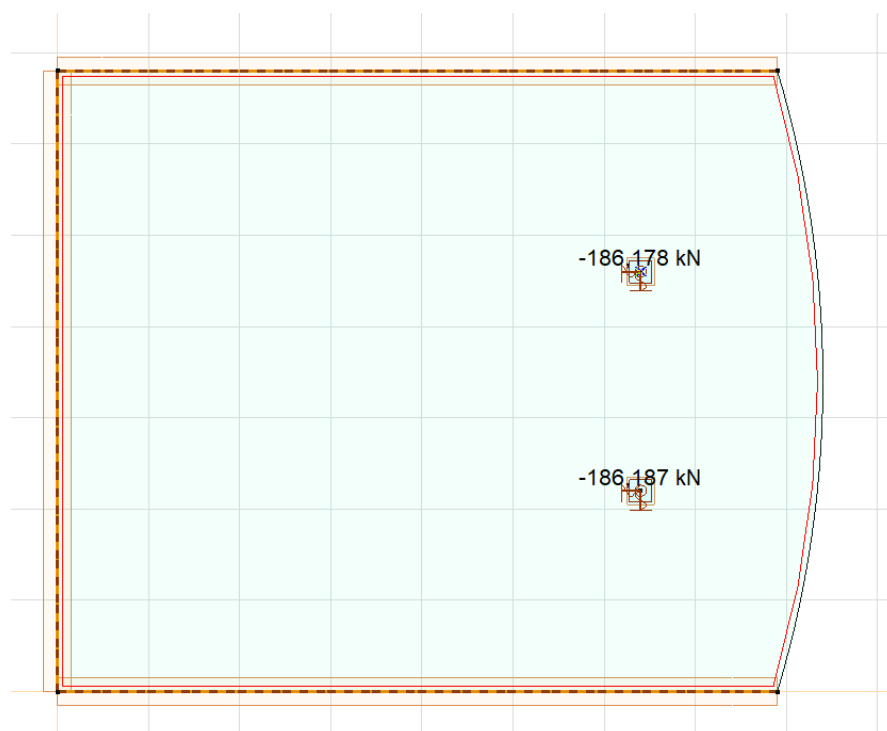
Teraz zaznacz składową **R_z [kN]** z listy **Siły wewn. podpory węzłowej**. W ten sposób możesz sprawdzić wartość pionowej składowej w podporach węzłowych.

Parametry wyświetlania wyników

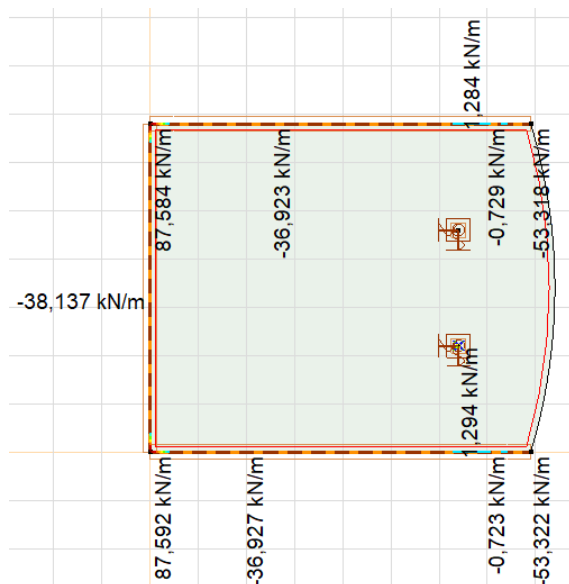


Uruchom **Parametry wyświetlania wyników**:

W tym oknie zaznacz **Przypisz wartości do węzłów**. Zmiany zatwierdź klikając **OK**:



Zmień wyświetlanie wyników na **Rz [kN/m]** na rozwijanej liście **Siły wewn. podpory liniowej**. Otwórz **Parametry wyświetlania wyników** i zaznacz **Przypisz wartości do linii**. Po zatwierdzeniu wyświetlony będzie poniższy widok:



Wymiarowanie – żelbet

Przejdź na zakładkę **Wymiarowanie – Żelbet**, żeby wyznaczyć wymagane zbrojenie oraz żeby przypisać rzeczywiste zbrojenie.

Obciążenia	Siatka	Statyka	Wyboczenie	Drgania własne	Dynamika	Wymiarowanie - Żelbet
(+) Komb #2 (SGN)		axd [mm ² /m]		Brak		1

Parametry zbrojenia



Kliknij na ikonę **Parametry zbrojenia**, a następnie zaznacz **Wszystko** za pomocą (*). Wybór zatwierdź klikając **OK**. Zostanie wyświetlone okno **Parametry zbrojenia powierzchniowego**:

Parametry zbrojenia powierzchniowego (Eurokod [PL])

Materiały Zbrojenie Szerokości rys Ścinanie

Materiały
 Beton C25/30
 Maksymalny wymiar ziarn kruszywa [mm] = 30
 Stal zbrojeniowa B500A

Klasa konstrukcji S4

Klasa ekspozycji
 Górna pow.
 XC1 Karbonatyzacja - Suche lub stale mokre
 Dolna pow.
 XC1 Karbonatyzacja - Suche lub stale mokre

Wskaźnik dla sił sejsmicznych $f_{se} = 1$

Analiza nieliniowa
☒ Uwzględnij wytrzymałość betonu na rozciąganie
☒ f_{ctm} $\epsilon_{cs} [‰] = 0,473$
☐ $f_{ctm,fl}$

☐ Bieżące ustawienia jako domyślne

Pobierz z... >> OK Anuluj

W zakładce **Materiały** dla **Klas ekspozycji** dla obu powierzchni (górnej i dolnej) zadaj klasę ekspozycji **XC1**.

W zakładce **Zbrojenie** przyjmij kierunek **x** jako **główny kierunek zbrojenia** górnego i dolnego. Zaznacz pole **Zastosuj minimalną otulinę**.

Parametry zbrojenia powierzchniowego (Eurokod [PL])

Materiały **Zbrojenie** Szerokości rys Ścinanie

☐ Oblicz z grubością rzeczywistą

Grubość (h) [mm] = 200

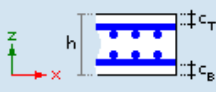
Mimośród niekorzystny (N > 0) = 0 * h

Mimośród niekorzystny (N < 0) = 0 * h

Otulina Średnica (mm) Kierunek

c_g [mm] = 25 ≥ 25 $\emptyset = 10$ x y

c_g [mm] = 35 ≥ 35 $\emptyset = 10$ x y

 c_d [mm] = 35 ≥ 35 $\emptyset = 10$ x y

c_d [mm] = 25 ≥ 25 $\emptyset = 10$ x y

☒ Zastosuj minimalną otulinę

Przekazywanie obciążenia

☒ Dwukierunkowo

☐ Jednokierunkowo


☐ W kierunku x-lokalny ☐ W kierunku y-lokalny

Uwzględnij wymagane zbrojenie minimalne ☐ Górne zbrojenie ☐ Dolne zbrojenie

Kierunki prętów

☒ Lokalny x, y

☐ Niestandardowy



☐ Bieżące ustawienia jako domyślne

Pobierz z... >> OK Anuluj

Zamknij okno klikając **OK**.

Zmień sposób wyświetlania wyników na **Izopowierzchnie 2D**.

Domyślnie wyświetlone zostaną wyniki dla **axd [mm²/m]**. Wartości **axd** odnoszą się wymaganego zbrojenia dolnego płyty w lokalnym kierunku **x**. Z listy rozwijalnej **Zbrojenie wymagane** wybierz również wymagane pola zbrojenia dla innych kierunków.

Korzystając z **Legendy kolorów** obszary, które mogą być zazbrojone zbrojeniem o określonym rozstawie (np. dla $\emptyset 10/160$ powierzchnia zbrojenia wynosi 491 mm²/m), mogą być wyizolowane.

Sprawdź wymagane zbrojenie górne po kierunku **x**. W tym celu wybierz składową **axg [mm²/m]** z listy rozwijanej.

Min, max wartości

max
min

Skorzystaj z funkcji **Min, max wartości** w celu znalezienia maksymalnego wymaganego pola zbrojenia. Wybierz odpowiedni komponent wyniku w oknie:

Ekstrema modelu

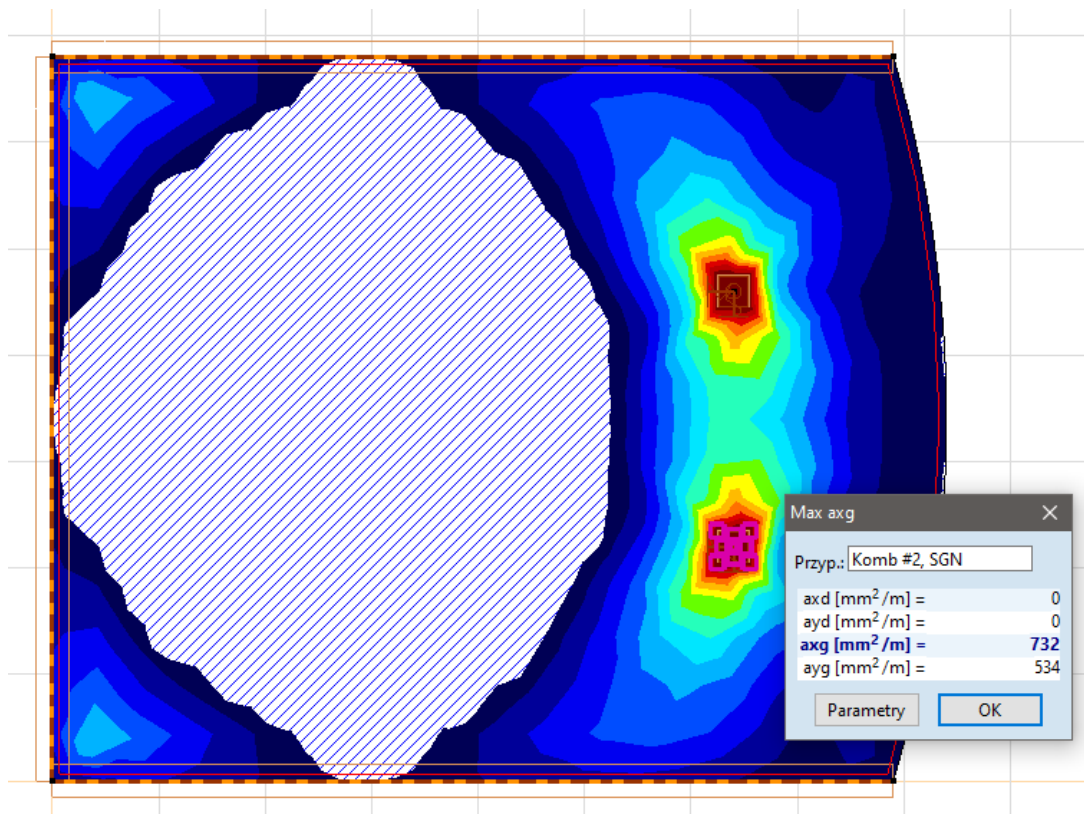
Zbrojenie wymagane

axg [mm ² /m]	ayg [mm ² /m]
axd [mm ² /m]	ayd [mm ² /m]
axd,axg [mm ² /m]	ayd,ayg [mm ² /m]
axd i ayd [mm ² /m]	axg i ayg [mm ² /m]

OK

Anuluj

Po kliknięciu **OK**, program pokazuje maksymalny obszar wymaganego zbrojenia i jego położenie.



Kliknij **OK**, żeby opuścić funkcję.

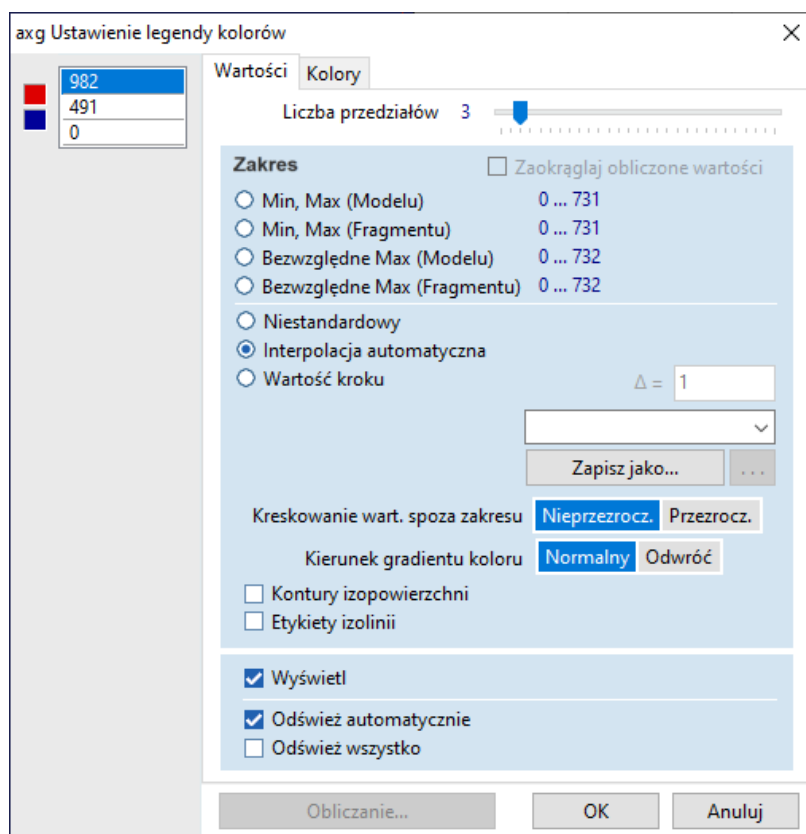
Zastosuj rzeczywiste zbrojenie zgodne z wymaganiami.

Jako podstawowe zbrojenie zastosuj siatki z prętów **Ø10/160 mm (491 mm²/m)** dla górnej i dolnej strefy płyty. Dla obszarów o maksymalnych momentach zastosuj dodatkowe zbrojenie z prętów **Ø10/160 mm** (w tych obszarach całkowite pole powierzchni zbrojenia wynosiło będzie **982 mm²/m**).

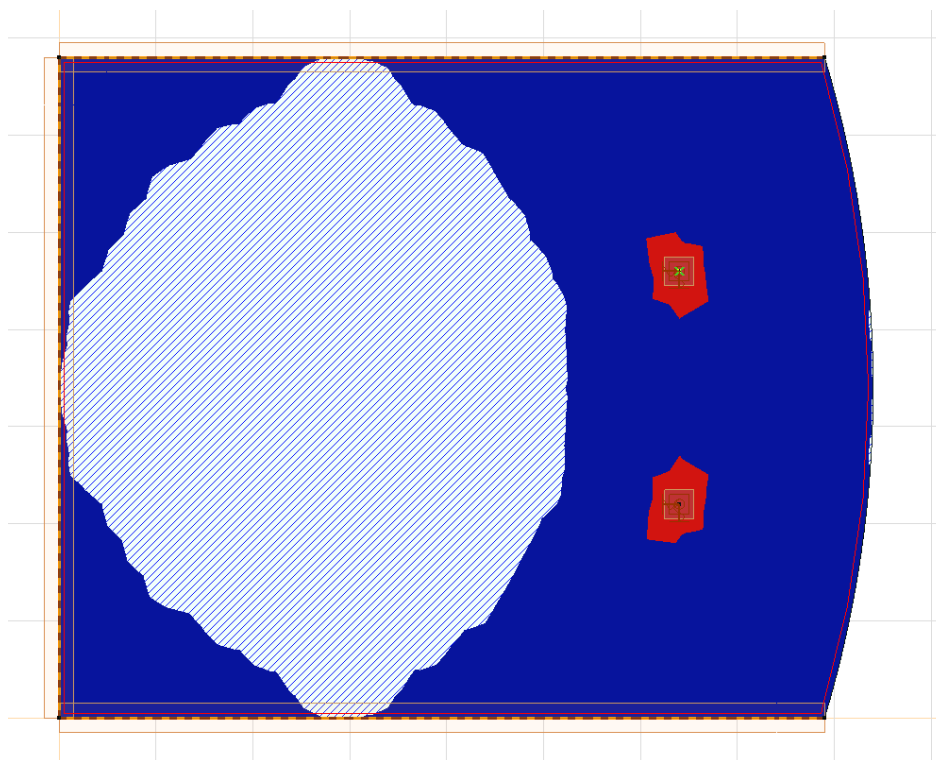
Na powyższym rysunku maksymalne wymagane pole zbrojenia wynosi (**732 mm²/m**) i jest ono mniejsze niż powierzchnia podwójnego zbrojenia (**982 mm²/m**). Płyta może być tak zazbrojona.

Aby wyróżnić obszary o różnym polu wymaganego zbrojenia w **Legendzie kolorów** zmniejsz liczbę przedziałów do **3**.

Wprowadź następujące dwie wartości (**491 i 982 mm²/m**) jako wartości graniczne.



Zmiany zatwierdź klikając **OK**. Program oddzieli obszary według kolorów, w których określony rozstaw zbrojenia jest nadal wystarczający.



Widać, że nie ma potrzeby stosowania zbrojenia górnego w środku płyty – patrz: zakresowany na niebiesko obszar płyty. Na obszarach niebieskich podstawowe zbrojenie jest wymagane ($\varnothing 10/160 \text{ mm}$). W sąsiedztwie słupów należy zastosować zbrojenie dodatkowe ($\varnothing 10/160 \text{ mm} + \varnothing 10/160 \text{ mm}$).

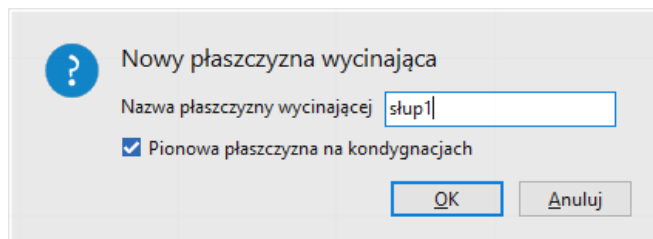
Przyjrzyjmy się ponownie momentom obliczeniowym w sąsiedztwie słupów. Z listy rozwijanej Siły wewnętrzne do wymiarowania zbrojenia wybierz składową **mxD+**. Wyniki składowej **mxD+** uwzględniają siły wewnętrzne **mxy**.

Wycinki



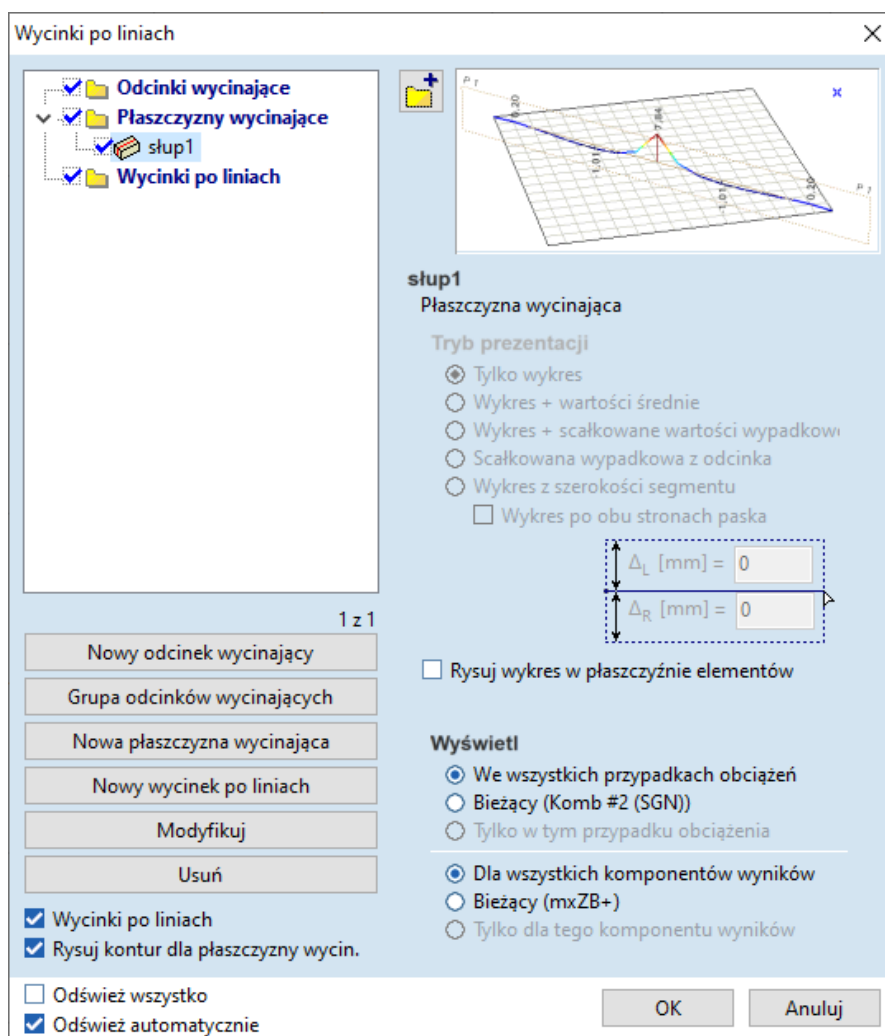
Uruchom funkcję **Wycinki** z bocznego paska po lewej stronie ekranu.

W oknie, które zostanie uruchomione, kliknij na przycisk **Nowa płaszczyzna wycinająca**, a następnie w kolejnym oknie dialogowym wpisz nazwę wycinka **słup1**.



Po kliknięciu **OK**, należy wskazać położenie płaszczyzny wycinającej. Wskaż punkt górnego węzła podporowego, a następnie dolnego węzła podporowego.

Zostanie wyświetlone następujące okno:

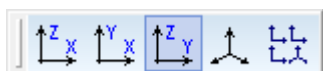


Kliknij **OK**, żeby zobaczyć momenty w kierunku **x** w płaszczyźnie wycinającej **słup1**.

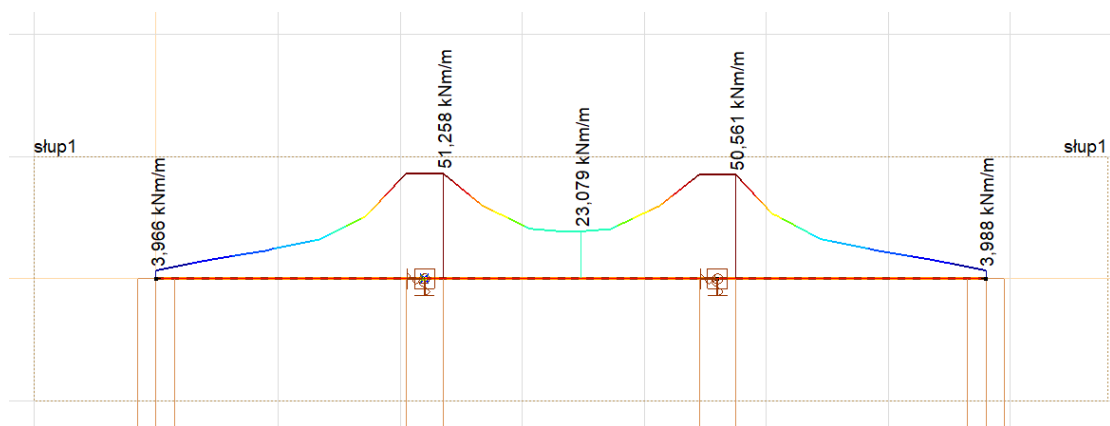
Widoki



Zmień widok na widok z boku, płaszczyzna **Y-Z**,



a następnie zmień sposób wyświetlania wyników z **Izopowierzchni 2D** na **Wycinek**. Zostaną wyświetlone siły wewnętrzne w zdefiniowanym wycinku. Należy zwrócić uwagę na odcięcie szczytowych momentów nad słupami. Związane jest to z aktywowaną funkcją **Dopasuj siatkę do głowicy słupa** podczas nakładania siatki (więcej informacji na ten temat można znaleźć w **Podręczniku użytkownika**).



Wyłącz wycinki klikając na **Pasku szybkiego dostępu** ikonę **Wycinki** (prawy dolny róg ekranu).

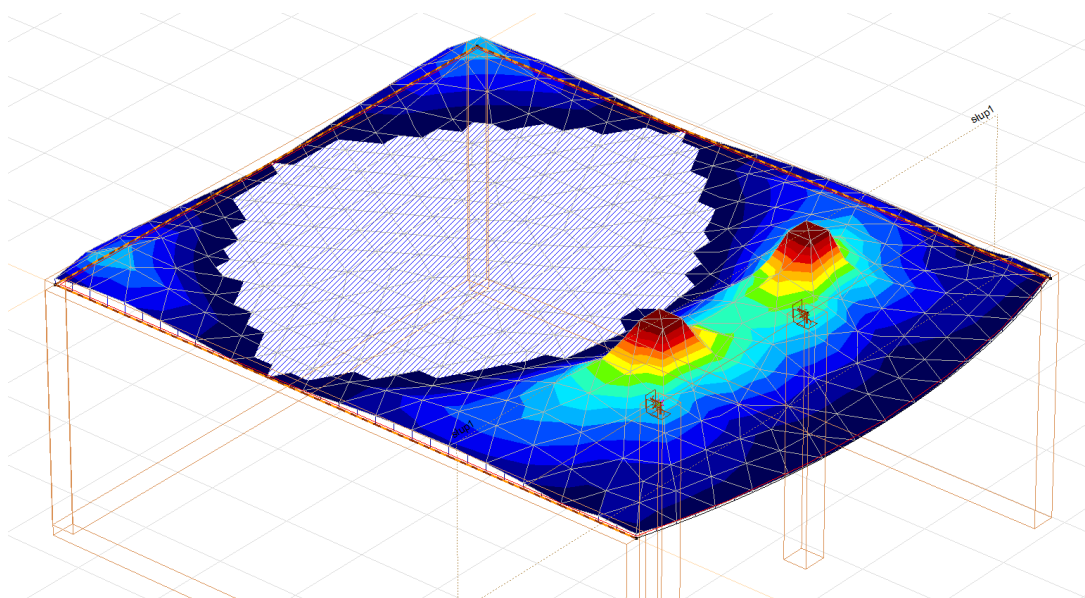
Pasek szybkiego dostępu

Kliknij na ikonę **Opisy** (**Pasek szybkiego dostępu**) i odznacz **Przypisz wartości do Linii i Jednostki**.

<input type="checkbox"/>	Wzrost
<input type="checkbox"/>	Elem. powierzchniowy
<input type="checkbox"/>	Obszar
<input type="checkbox"/>	Podpora
<input type="checkbox"/>	Materiał
<input type="checkbox"/>	Przekrój poprzeczny
<input type="checkbox"/>	Nazwa przekroju poprz.
<input type="checkbox"/>	Grubość
<input checked="" type="checkbox"/>	Wartość obciążenia
<input type="checkbox"/>	Jednostki
Przypisz wartości do	
<input checked="" type="checkbox"/>	węzłów
<input checked="" type="checkbox"/>	linii
<input type="checkbox"/>	powierzchni
<input checked="" type="checkbox"/>	Tylko Min/Max

Zmień widok na **Perspektywę**, a następnie przełącz wyświetlanie wyników z **Wycinek** na **Izopowierzchnie 3D**.

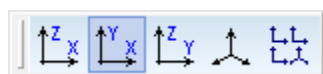
Zostaną wyświetlone mapy rozkładu momentów obliczeniowych w kierunku **x**:



Widoki



Powrót do widoku **X-Y**.



Wymiarowanie –
żelbet

Pozostań na zakładce **Wymiarowanie – żelbet**.

Statyka	Wyboczenie	Drgania własne	Dynamika	Wymiarowanie - Żelbet
mxD+ [kNm/m]		Izopowierzchnie 3D	1	max min

Zbrojenie rzeczywiste



Kliknij na ikonę **Zbrojenie rzeczywiste**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

Na początku podstawowe zbrojenie ($\varnothing 10/160 \text{ mm}$) zostanie określone w obu kierunkach. Dodatkowe zbrojenie będzie dodane później.

W zakładce **Parametry zbrojenia** ustaw kierunek **x** **Głównym kierunkiem zbrojenia** dla górnej i dolnej powierzchni. Zaznacz pole **Zastosuj minimalną otulinę**.

W zakładce **Zbrojenie** ustaw średnicę pręta zbrojeniowego $\varnothing [\text{mm}] = 10$. W polu **Rozstaw [mm]** wpisz **160**. Aktywuj funkcję **Oblicz położenie pręta**. Wybierz **Dolne zbrojenie** w **Kierunku x**, a następnie kliknij przycisk **Dodaj**. Otrzymasz widok zgodny z rysunkiem poniżej:

Powtórz czynność dla pozostałych kierunków i warstw. W rezultacie otrzymasz:

Zbrojenie rzeczywiste

Parametry (Eurokod [PL]) Zbrojenie

Kierunek x

- Górne zbrojenie (P) = 491
 - 10 mm / 160 mm (30 mm) [żeb.]
- Dolne zbrojenie (P) = 491
 - 10 mm / 160 mm (30 mm) [żeb.]

Kierunek y

- Górne zbrojenie = 491
 - 10 mm / 160 mm (40 mm) [żeb.]
- Dolne zbrojenie = 491
 - 10 mm / 160 mm (40 mm) [żeb.]

Pręty zbr.

Typ: Żebrowane

Ø [mm] = 10

Rozstaw [mm] = 160

Położenie pręta zbr. [mm] = 40

A_s [mm²/m] = 491

☒ Wyznacz automatycznie położenie p

Dodaj Usuń

☒ Odświeżanie automatyczne

Pobierz z... >>

491 491
491 491

Zamknij

Zazbrojenie istniejącego obszaru



W następnym kroku należy przypisać zdefiniowane zbrojenie do obszaru. Kliknij na ikonę **Zazbrojenie istniejącego obszaru**, a następnie wskaż obszar klikając w dowolny jego punkt. Zakończ funkcję klikając przycisk **Zamknij**.

Zbrojenie rzeczywiste

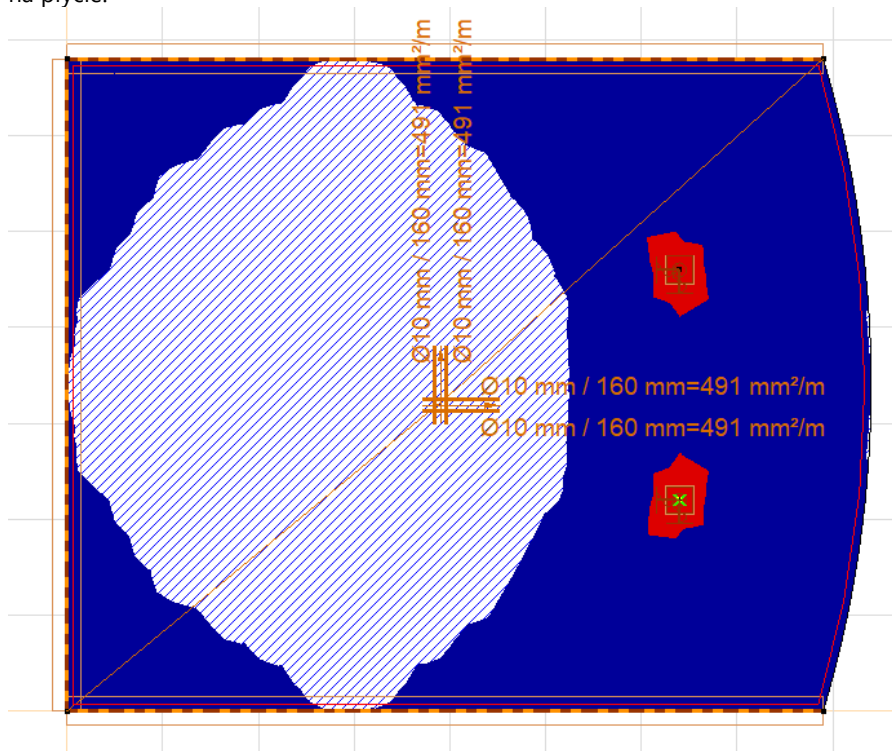
☒ Odświeżanie automatyczne

Pobierz z... >>

491 491
491 491

Zamknij

Zmień sposób wyświetlania wyników na **Izopowierzchnie 2D**. Zdefiniowane zbrojenie jest wyświetlone na płycie:



Grube brązowe linie i ich opisy podają informację o rzeczywistym zbrojeniu. Jeśli na ekranie widoczny jest tylko jeden kierunek zbrojenia, otwórz **Opcje wyświetlania**. Na zakładce **Etykiety** odznacz pole **Zgodnie z wyświetlonym komponentem wyniku**.

Opcje wyświetlania

Symbole Etykiety Włączniki

Opisy

☐ Węzeł

☐ Pręt kratowy

☐ Pręt

☐ Żebro

☐ Pręt wirtualny

☐ Elem. powierzchniowy

☐ Obszar

☐ Podpora

☐ Elem. łączące

☐ Element sztywny

☐ Przepona

☐ Sprężyna

☐ Element kontaktowy

☐ Materiał

☐ Przekrój poprzeczny

☒ Element wymiarowany

☒ Grupa optymalizacji

☐ Panel obciążeniowy

☐ Odniesienie

☐ Użyj numeracji elem. skończonych

☒ Środek ciężkości kondygnacji

☒ Środek ścinania kondygnacji

☐ Etykiety na liniach widoczne w kierunku osi

☒ Etykiety przezroczyste

☒ Zapobiegaj nakładaniu się etykiet

Właściwości

☐ Współrzędne węzłowe

☐ Nazwa materiału

☐ Nazwa przekroju poprz.

☐ Połączenie śrubowe

☐ Zbrojenie słupa

☒ Żelbetowa ściana/rdzeń

☒ Ściana murowa

☐ Zbrojenie belki

☐ Długość pręta

☐ Grubość

☐ Pole pow. obszaru

☐ Redukcja sztywności

☐ Charakterystyka podpory

☐ Sztywność podpory

☒ Wartość obciążenia

☒ Skupione

☒ Liniowe

☒ Powierzchniowe

☒ Temperatura

☐ Wartość masy

☒ Jednostki

Przypisz wartości do

☐ węzłów

☒ linii

☐ powierzchni

☐ Pożar

☒ Ciężar własny

☒ Inne

☒ Tylko Min/Max

☒ Zbrojenie rzeczywiste

Symbole	Etykiety
<input checked="" type="checkbox"/> axd	<input checked="" type="checkbox"/> axd
<input checked="" type="checkbox"/> ayd	<input checked="" type="checkbox"/> ayd
<input checked="" type="checkbox"/> axg	<input checked="" type="checkbox"/> axg
<input checked="" type="checkbox"/> ayg	<input checked="" type="checkbox"/> ayg

Etykiety

☒ Pręty zbr. + Zbrojenie wymagane

☐ Pręty zbr. + Ilość x (Długość)

☐ Zgodnie z wyświetlonym komponentem wyniku

☒ Odśwież automatycznie

☐ Odśwież wszystko

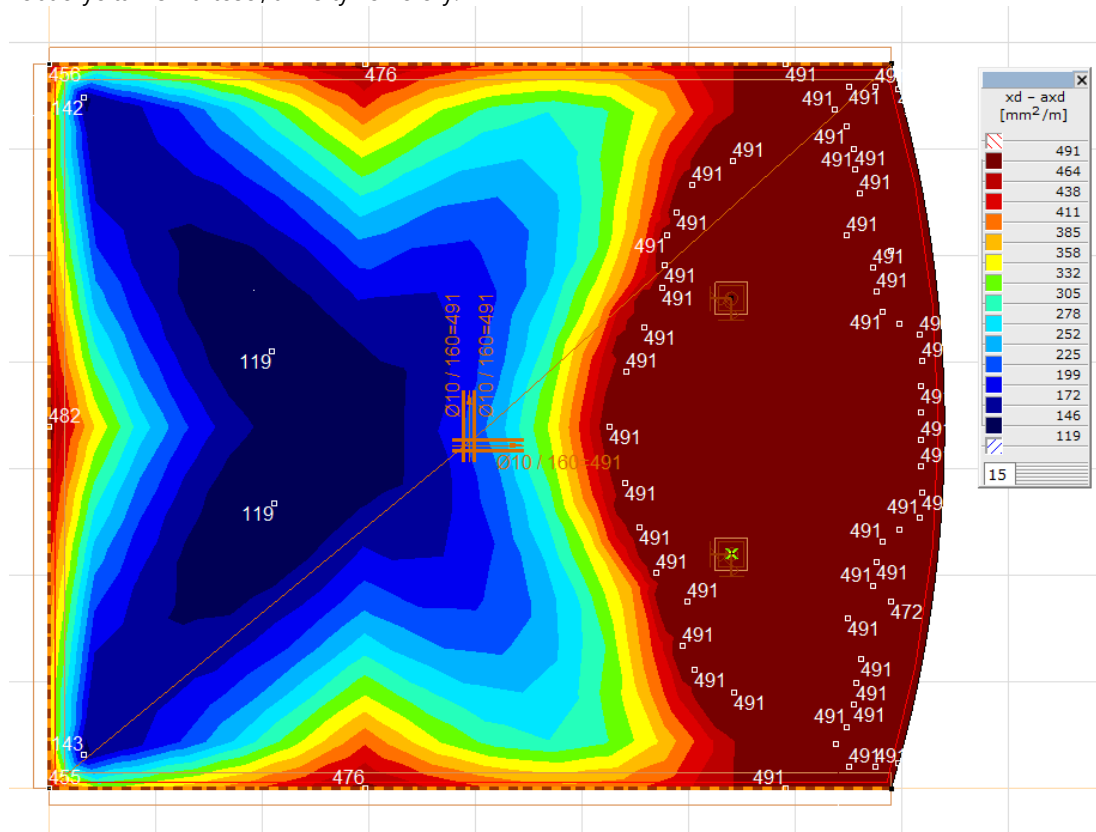
☐ Zapisz jako domyślne

OK Anuluj

Różnica zbr. rzeczywistego i wymaganego

Wybierz komponent wyniku **xd-axd** z listy rozwijanej **Różnica zbr. rzeczywistego i wymaganego**.

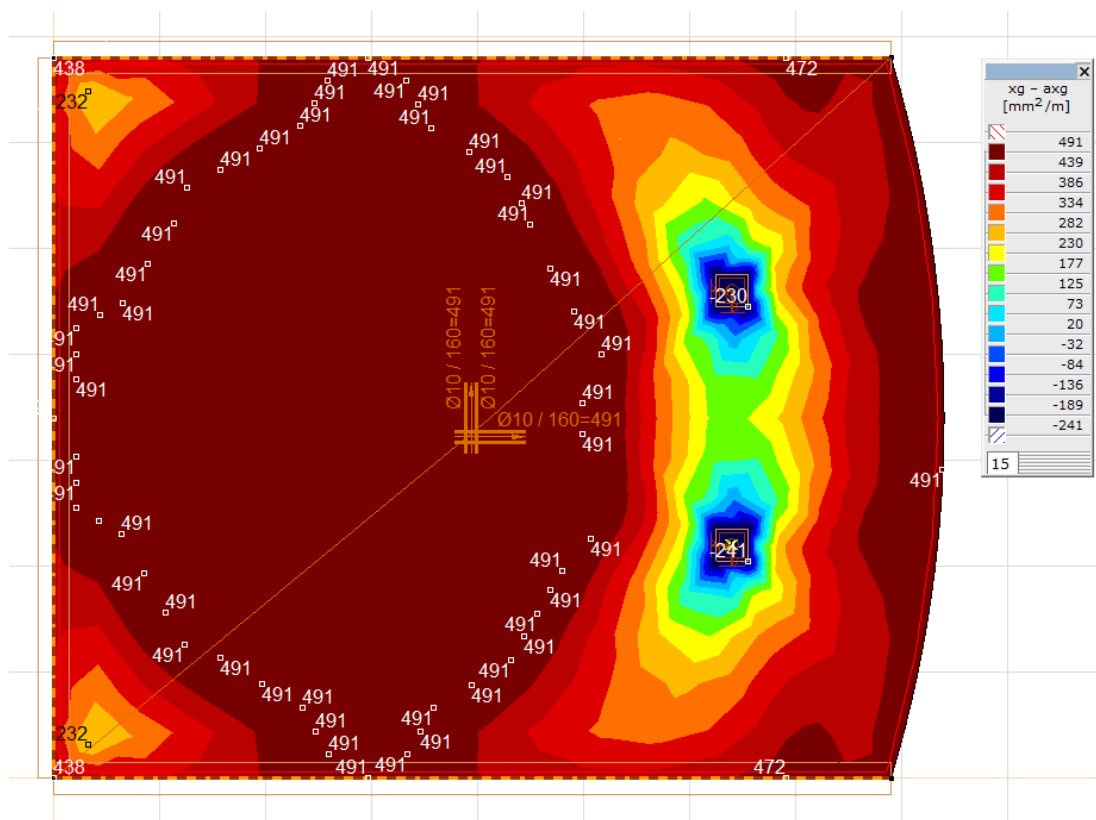
Kliknij na ikonę **Opisy** (**Pasek szybkiego wyboru**) i zaznacz **Przypisz wartości do powierzchni**, aby zobaczyć także wartości, a nie tylko kolory:



Ponieważ w żadnym punkcie obszaru nie ma wartości ujemnej, przyjęte zbrojenie rzeczywiste w lokalnym kierunku **x** jest wystarczające (bezpieczne) dla sił z **Komb #2 (SGN)**.

Dojdziemy do takich samych wniosków dla wyników komponentu **yd-ayd**.

Zmienimy komponent wyświetlania wyników na **xg-axg**:



W sąsiedztwie podpór węzłowych pojawiły się obszary z wartościami ujemnymi. Oznacza to konieczność wprowadzenia dodatkowego zbrojenia.

Zbrojenie rzeczywiste



Prostokątny obszar zbrojenia



Zwiększ zbrojenie wokół słupów na obszarze **2x2 m**. Kliknij ikonę **Zbrojenie rzeczywiste** i przejdź na zakładkę **Zbrojenie**. Zdefiniuj zbrojenie **Ø10/160**, a następnie je **dodaj** po kierunku **x** (**Górne zbrojenie**).

Dodatkowe zbrojenie może być dodane za pomocą funkcji **Prostokątny obszar zbrojenia**. Kliknij na ikonę, a następnie przesun kursor nad dolny słup i wciśnij klawisz **Insert**. Spowoduje to przesunięcie środka układu współrzędnych w miejsce położenia kursora.

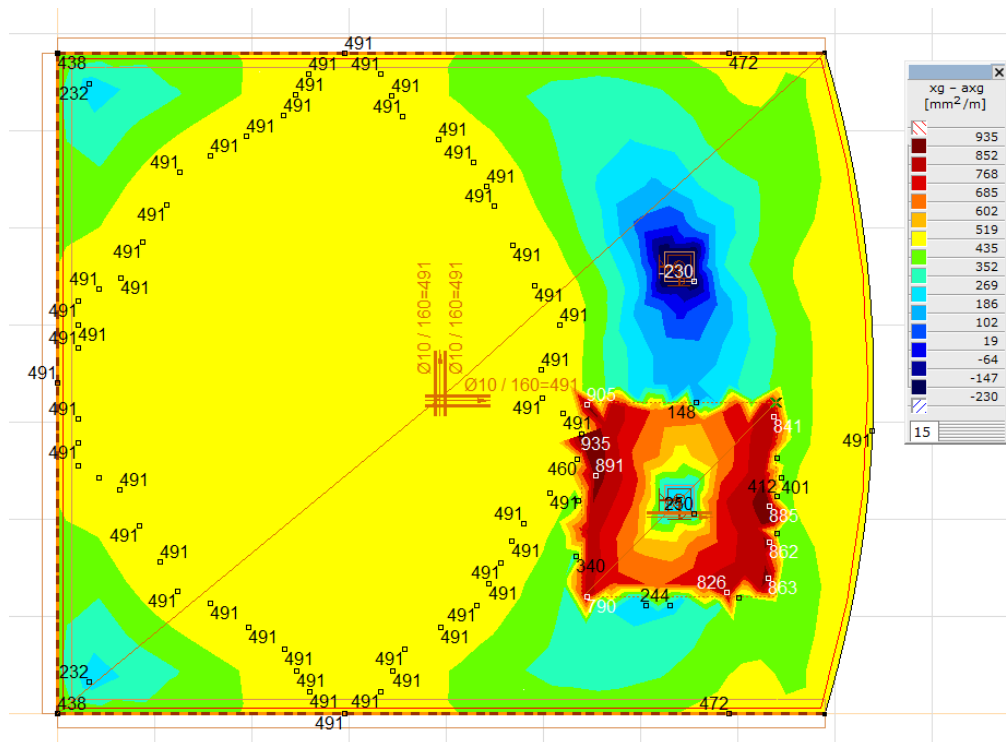
Wykorzystując względny układ współrzędnych wprowadź następujące współrzędne:

x -1 **y** -1 **z** 0 **<Enter>**

x 2 **y** 2 **z** 0 **<Enter>**

Na koniec wciśnij klawisz **Esc** dwa razy.

Otrzymasz poniższy widok:



Wyniki dla komponentu **xg-axg** w sąsiedztwie dolnego słupa (podpory dolnej) są dodatnie. Oznacza to, że zbrojenie rzeczywiste jest wystarczające.

Przesuń / Kopiuj



Skopiuj zbrojenie rzeczywiste z obszaru słupa dolnego (podpory dolnej) do słupa górnego (podpory górnej). Kliknij ikonę **Przesuń / Kopiuj**:



Następnie przesun kursor nad kontur obszaru zbrojenia, żeby je wybrać. Wybór zatwierdź klikając **OK**. W oknie **Przesuń / Kopiuj** wybierz **Powiel**. W polu **N** pozostaw wartość **1**:

Przesuń/Kopiuj

N = 1
d [m] = 0,001

Przesunięcie

- ☒ Powiel
- ☐ Rozłóż na dług.
- ☐ Rozłóż wg rozstawu
- ☐ Wskaż kolejne
- ☐ Przeciągnij
- ☐ Przesuń

Węzły do połączenia

- ☒ Żadne
- ☐ Wybrane dwukrotnie
- ☐ Wszystkie

☒ Kopiuj elementy

- ☒ Kopiuj obciążenia
- ☒ Kopiuj masy węzłowe
- ☒ Kopiuj wymiary

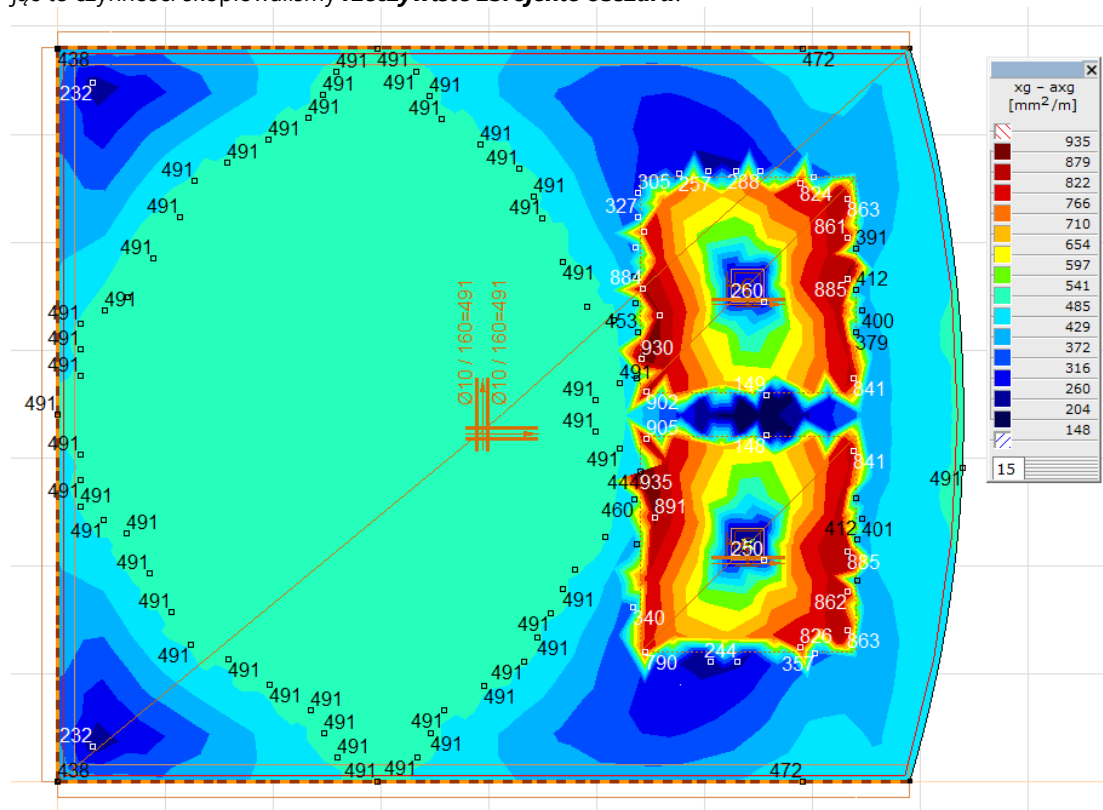
☐ Z przewodnicami

☐ Z warstwami DXF/PDF

☐ Tylko widoczne warstwy

OK Anuluj

Zamknij okno klikając **OK** i określ wektor przesunięcia klikając dolną i górną podporę węzłową. Wykonując te czynności skopiowaliśmy **rzeczywiste zbrojenie obszaru**:



Brak ujemnych wartości dla komponentu **xg-axg** oznacza poprawnie zdefiniowane zbrojenie górne po kierunku **x**.

Wybierz komponent **yg-ayg**. Występowanie ujemnych wartości oznacza konieczność zazbrojenia po kierunku **y**.

Zbrojenie rzeczywiste



Wciśnij i przytrzymaj przycisk **Shift**. Po wskazaniu zbrojenia rzeczywistego nad słupami kliknij na ikonę **Zbrojenie rzeczywiste** i przejdź na zakładkę **Zbrojenie**:

Zbrojenie rzeczywiste

Parametry (Eurokod [PL]) **Zbrojenie**

Kierunek x

- Górne zbrojenie (P) = 491
 - 10 mm / 160 mm (30 mm) [żeb.]
- Dolne zbrojenie (P): Brak

Kierunek y

- Górne zbrojenie: Brak
- Dolne zbrojenie: Brak

Parametry zbrojenia

Min. grubość (h) [mm]	200
Górna otulina zbrojenia [mm]	(25)
Dolna otulina zbrojenia [mm]	(25)

Pręty zbr.

Typ: Żebrowane

Ø [mm] = 16

Rozstaw [mm] = 200

Położenie pręta zbr. [mm] = 0

A_s [mm²/m] = 1005

☒ Oblicz położenie pręta

Dodaj **Usuń**

Maksymalne zbrojenie teoretyczne dla wybranych elementów

axg [mm²/m]	732
axd [mm²/m]	220
ayg [mm²/m]	534
ayd [mm²/m]	306

☒ Odświeżanie automatyczne

Pobierz z... >> $\frac{491}{0}$ **OK** **Anuluj**

Zanim klikniesz na **Górne zbrojenie** po kierunku **y**, kliknij na zdefiniowane wcześniej **Górne zbrojenie** po kierunku **x**. Następnie dodaj zbrojenie dla warstwy górnej po kierunku **y**.

Zbrojenie rzeczywiste

Parametry (Eurokod [PL]) Zbrojenie

Kierunek x

- Górne zbrojenie (P) = 491
 - 10 mm / 160 mm (30 mm) [zeb.]
- Dolne zbrojenie (P): Brak

Kierunek y

- Górne zbrojenie = 491
 - 10 mm / 160 mm (40 mm) [zeb.]
- Dolne zbrojenie: Brak

Pręty zbr.

Typ: Żebrowane

Ø [mm] = 10

Rozstaw [mm] = 160

Położenie pręta zbr. [mm] = 40

A_s [mm²/m] = 491

☒ Oblicz położenie pręta

Dodaj **Usuń**

Maksymalne zbrojenie teoretyczne dla wybranych elementów

axg [mm²/m] = 732

axd [mm²/m] = 220

ayg [mm²/m] = 534

ayd [mm²/m] = 306

Parametry zbrojenia

Min. grubość (h) [mm] = 200

Górna otulina zbrojenia [mm] (25)

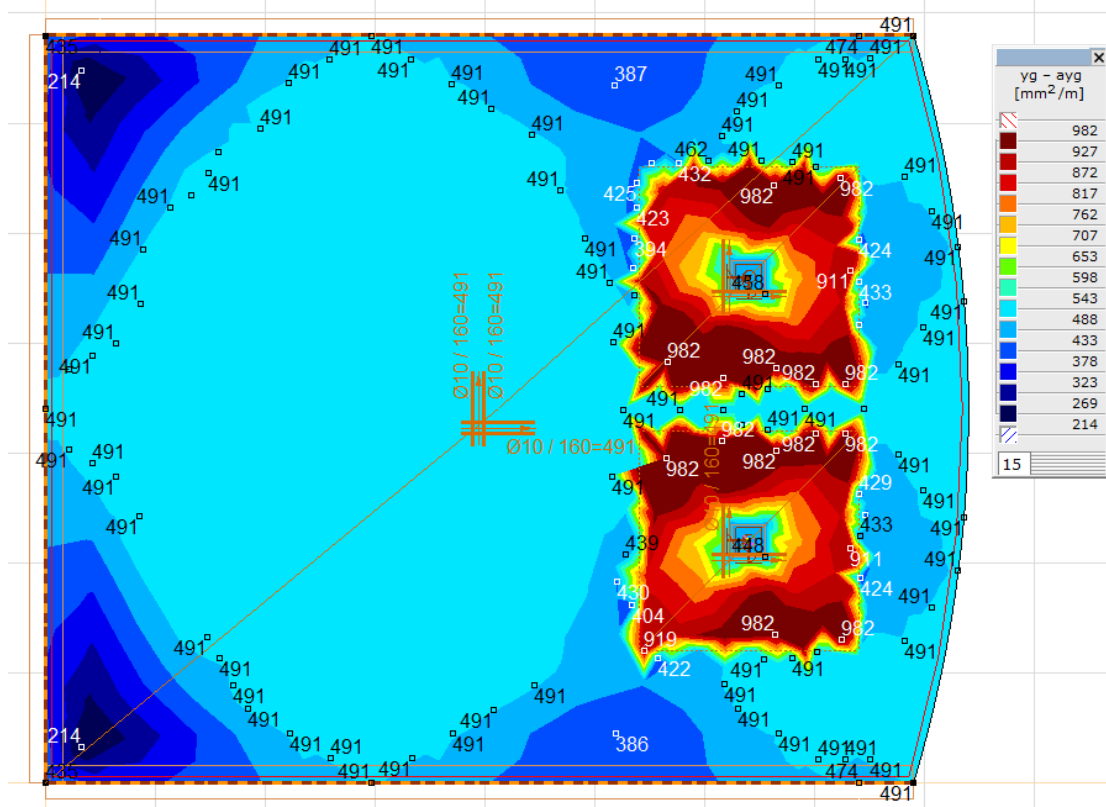
Dolna otulina zbrojenia [mm] (25)

☒ Odświeżanie automatyczne

Pobierz z... >> 491 0 491 0

OK **Anuluj**

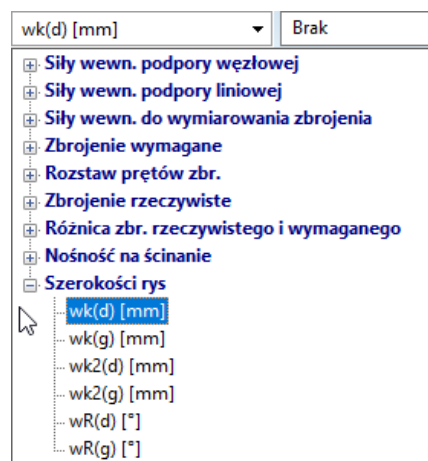
Kliknij przycisk **OK**, żeby dodać zdefiniowane zbrojenie po kierunku **y**.



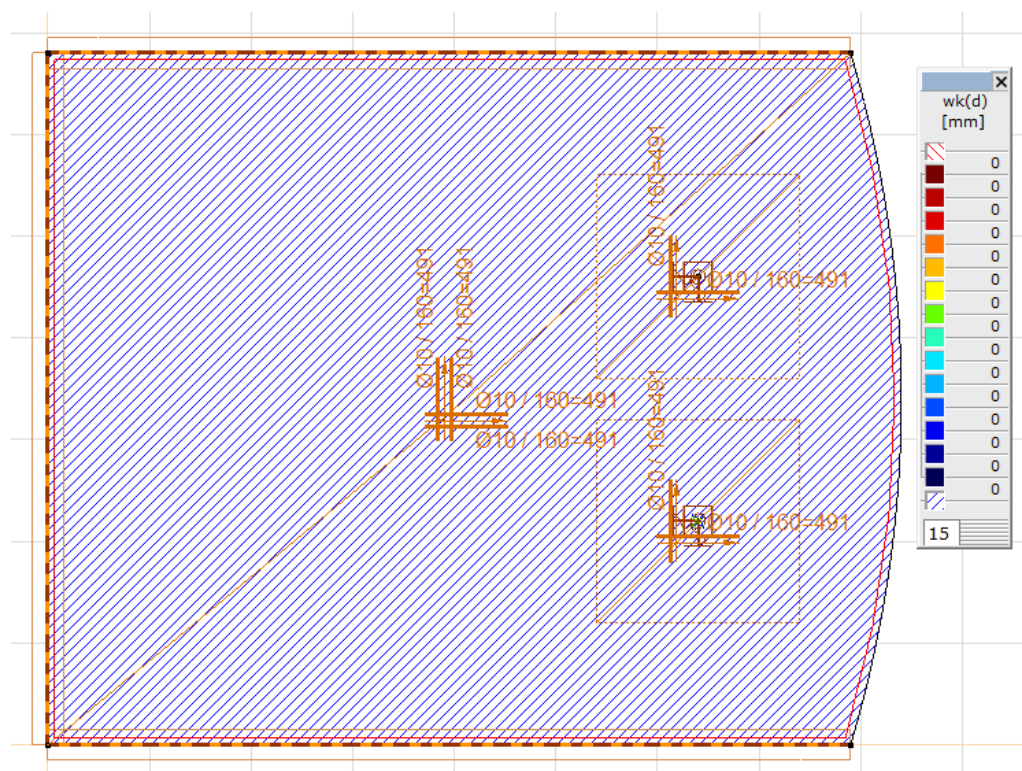
Wyniki dla komponentu **yg - ayg** są w całym obszarze płyty dodatnie. Oznacza to poprawnie zdefiniowane zbrojenie rzeczywiste dla wszystkich warstw (**górna/dolna**) i w obu kierunkach (**x/y**). Sprawdź szerokość rys dla kombinacji **Komb #1 (SGU)**.

Szerokości rys

Wybierz kombinację **Komb #1 (SGU)**, a następnie wyświetl z listy rozwijanej **Szerokości rys** komponent **wk(d)**. Wyświetlone zostanie zarysowanie (szerokości rys) w lokalnym kierunku **x** po dolnej stronie płyty.

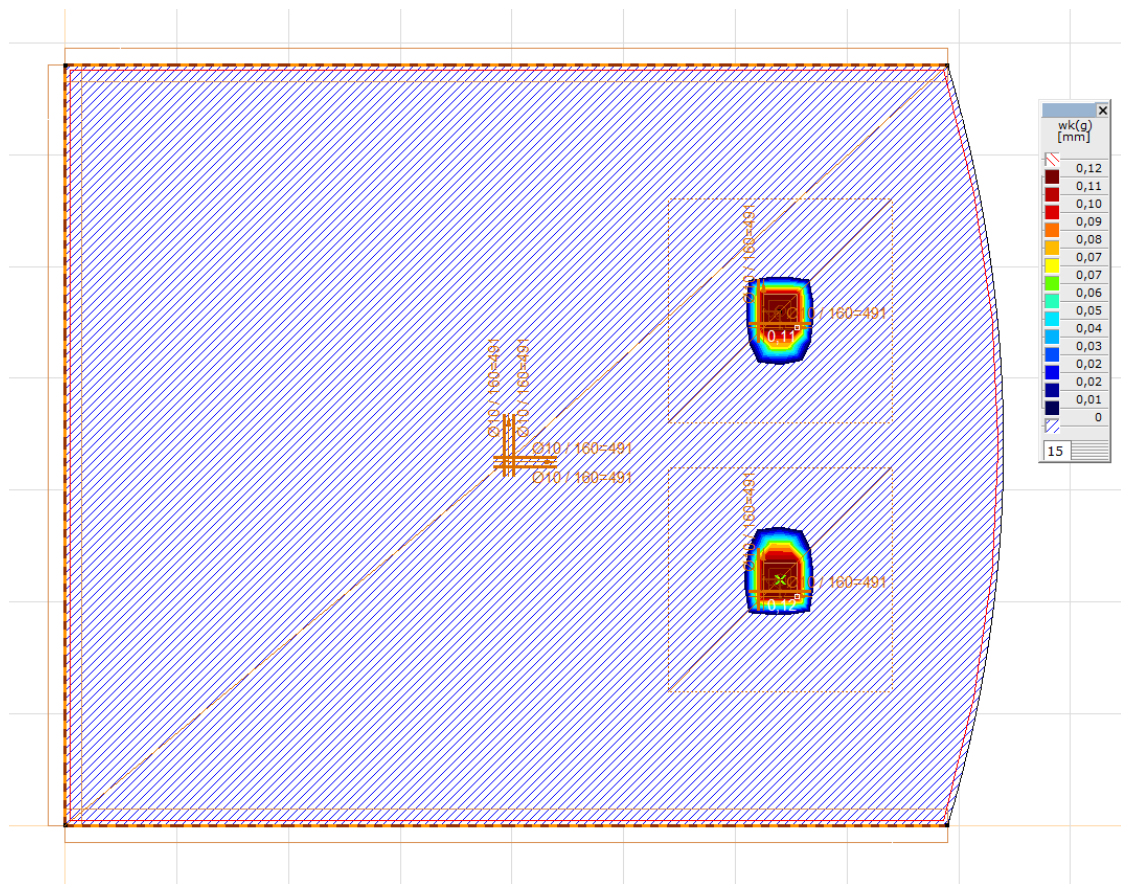


Zostanie wyświetlony poniższy widok:



Obszar jest zakreskowany na niebiesko. Oznacza to, że nie ma żadnych rys po dolnej stronie płyty dla zdefiniowanej kombinacji obciążenia.

Wybierz komponent **wk(g)**, za pomocą którego wyświetlone zostaną rysy po lokalnym kierunku **x** po górnej stronie płyty. Największa wartość zarysowania jest nad podporami i wynosi **0,12 mm**.



Żeby wyznaczyć ugięcie płyty zarysowanej, musi być uruchomiona **Analiza nieliniowa** dla kombinacji **Komb #1 (SGU)**.

Statyka

Przejdź na zakładkę **Statyka**.

Nieliniowa analiza statyczna



Kliknij na ikonę **Nieliniowa analiza statyczna**. Zostanie wyświetlone następujące okno:

Nieliniowa analiza statyczna

Przypadki obciążeń

- Wszystko
 - Przypadki obciążeń
 - Kombinacje obciążeń
 - SGN
 - Komb #2 (SGN)
 - SGU Quasi-stała
 - Komb #1 (SGU Quasi-stała)**

1 z 5

Sterowanie rozwiązaniem

☒ Siła ☐ Wzrost pomocniczy 1

☐ Przemieszczenie Kierunek: X

☐ Pushover Przemieszczenie maksymalne [mm] = 1

☐ Równe przyrosty Liczba przyrostów 10

☒ Funkcja przyrostu <Bilinearna>

Wsp. obciążenia 1,0000

0 10

Kryterium zbieżności

Maksymalna liczba iteracji 50

☒ Przemieszczenie 0,001

☐ Siła 0,001

☐ Praca 1E-6

☐ Użyj sztywności sieciowej (tylko w odpowiednich przypadkach)

Sterowanie iteracją

☒ Automatyczne ograniczenie przyrostu odkształcenia

☐ Ograniczenie przyrostu przemieszczenia

Przemieszczenie [mm] = 10,000 Obrót [rad] = 0,17453

☒ Uwzględnij zbrojenie w obliczeniach

☒ Zbrojenie rzeczywiste

☐ Zbrojenie teoretyczne

CIĘŻAR WŁASNY

☒ Pełzanie $\varphi \neq 0$

☒ Skurcz

Nieliniowość

☒ Nieliniowa odpowiedź materiału i elementów skończonych

☐ Geometryczna nieliniowość dla prętów, prętów kratowych, zeber i powłok

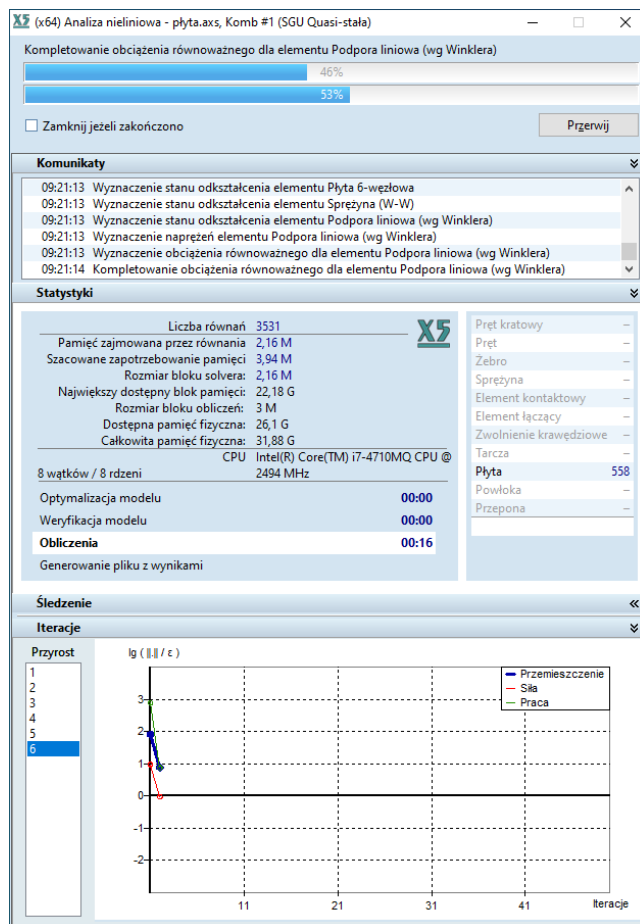
☒ Zachowaj tylko ostatni przyrost

OK Anuluj

W oknie **Przypadki obciążenia** wybierz kombinację obciążeń **Komb #1 (SGU)** oraz zaznacz **Uwzględnij zbrojenie w obliczeniach**. Dodatkowo zaznacz **Pełzanie** i **skurcz**. Kliknij **OK**, żeby rozpocząć obliczenia:

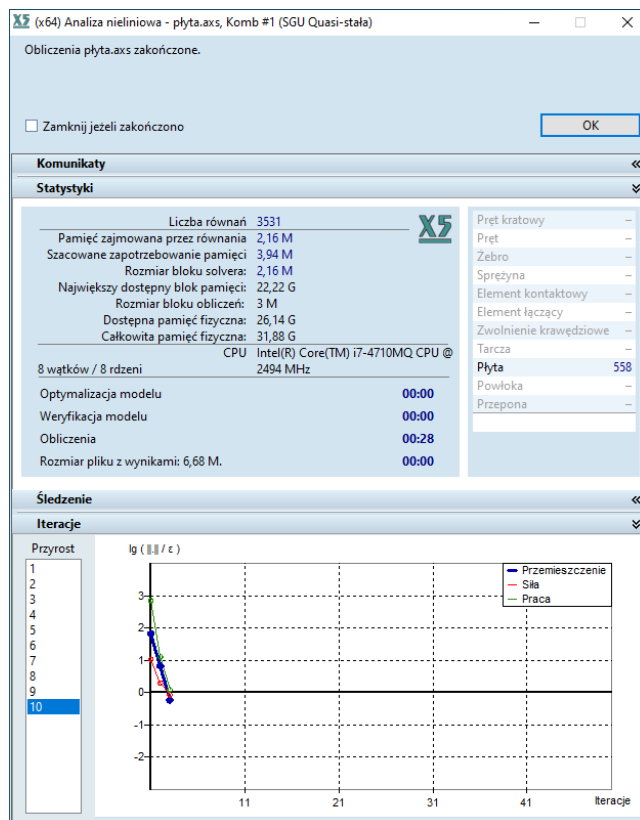
Statystyki

Rozwiń Komunikaty, aby zobaczyć więcej informacji na temat analizy podczas obliczeń:

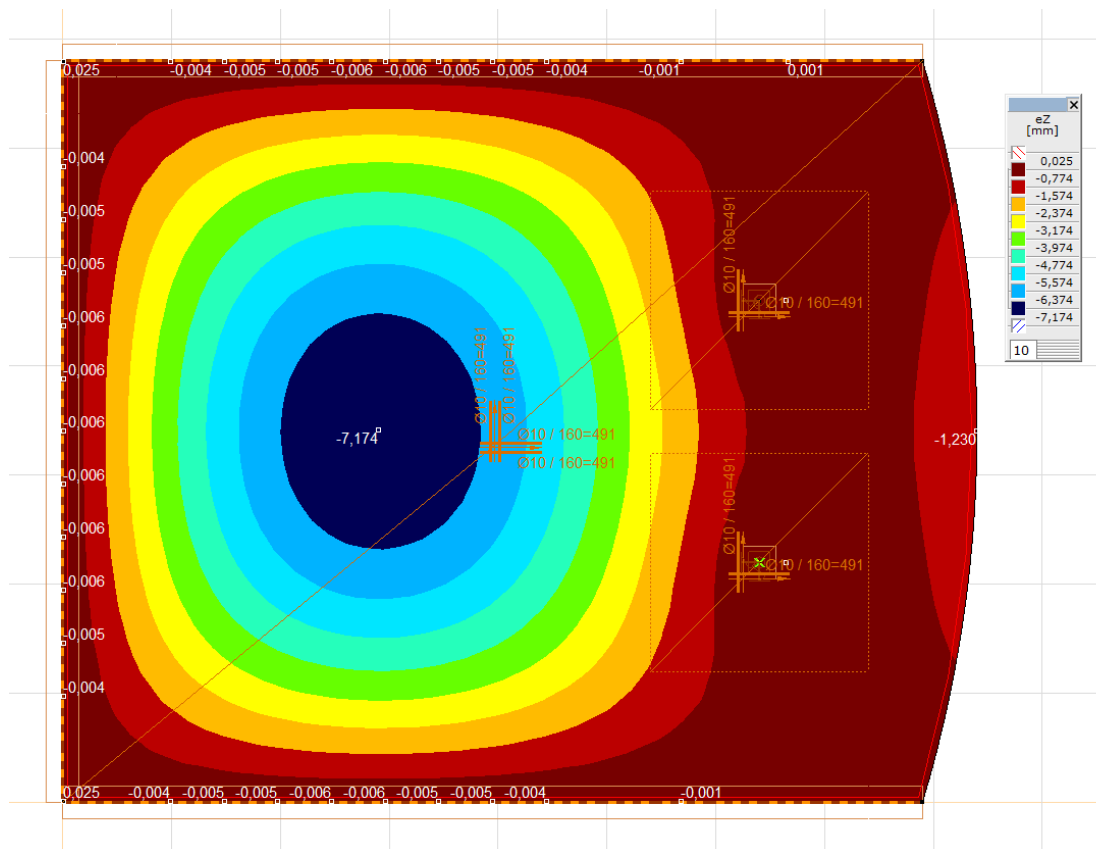


Iteracje

Rozwiń **Iteracje**, żeby zobaczyć, w jaki sposób obliczenia zdążają do zbieżności w ramach każdego przyrostu:



Po kliknięciu **OK** program automatycznie przechodzi do wyświetlania za pomocą **Izopowierzchni 2D** wyników analizy nieliniowej, którymi jest składowa pionowa przemieszczenia **eZ [mm]** od kombinacji **Komb #1 (SGU)**. Korzystając z **Paska szybkiego wyboru** aktywuj **Przypisz wartości do węzłów**. W efekcie otrzymasz poniższy widok:



Sprawdzenie przebiegu płyty



Przejdź na zakładkę **Wymiarowanie – Żelbet**. Korzystając z funkcji **Sprawdzenie przebiegu płyty** sprawdź przebieg płyty dla kombinacji **Komb #2 (SGN)**. Kliknij ikonę **Sprawdzenie przebiegu płyty** i wskaż dolną podporę węzłową. Wybór zatwierdź przyciskiem **OK**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

Beton C25/30

Stal zbrojeniowa B500A

Całkowita grubość płyty

☒ wg jej parametrów wymiarowania

h [mm] = 200

Stopień zbrojenia

☒ Zbrojenie rzeczywiste

☐ Zbrojenie teoretyczne

☐ Niestandardowy

ρ_x [%] = 0,577 ρ_y [%] = 0,614

☐ Uwzględnij odpór podłoża w niesiejsmicznych sytuacjach obliczeniowych

☐ Wyznaczenie siły przebiegającej przez całkowanie

Wskaźnik dla sił sejsmicznych

f_{se} = 1

Parametry

Kąt zbrojenia ścinanego

α [°] = 90

Rozstaw radialny prętów

s_r [mm] = 124 $\leq 0,75d = 124$

Odległość do pierwszego okręgu zbr. na przebiegu

a_1 [mm] = 50 $\leq 0,5d = 83$

☒ Przelicz zbrojenie dla każdego obwodu kontrolnego

Współczynnik β

☒ Obliczony wg Eurokodu 2

Według położenia słupa

☐ Słup wewnętrzny

☐ Słup krawędziowy

☐ Słup narożny

☐ Niestandardowy

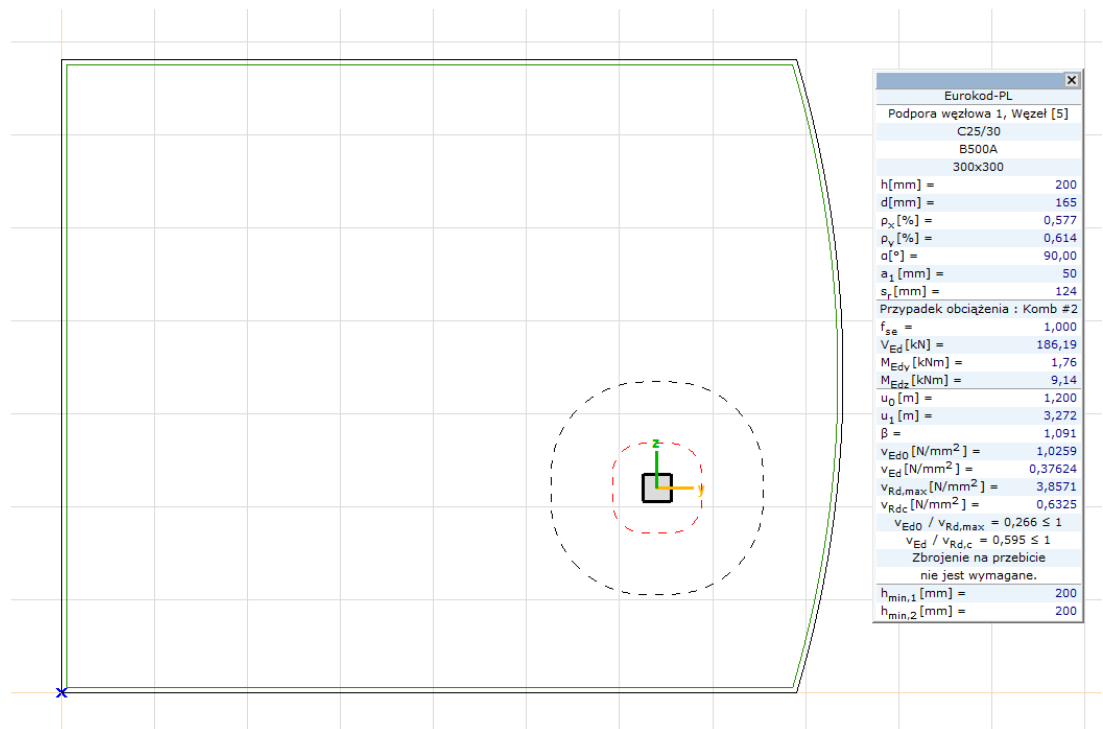
β =

Otwórz...

OK

Anuluj

Materiały konstrukcyjne są automatycznie zaczytywane z modelu. Ustaw parametry pokazane powyżej i kliknij **OK**, żeby zamknąć okno. Otrzymamy poniższy widok:



W analizowanym przykładzie **Zbrojenie na przebiecie nie jest wymagane**.

Aby zobaczyć szczegółowe obliczenia na przebiecie kliknij przycisk **Obliczenia wymiarujące**:

Obliczenia
wymiarujące

Obliczenia wymiarujące

Norma: Eurokod-PL
Podpora węzłowa 1, Węzeł [5]

Dane wejściowe

Materiały
Beton: C25/30 ($f_{ck} = 25$ N/mm²)
Stal zbrojeniowa: B500A ($f_{yk} = 500,25$ N/mm²)

Geometria
Przekrój poprzeczny: 300x300
Grubość płyty: $h = 200,0$ mm
Położenie pręta zbr.:
 $a_x = 30,0$ mm
 $a_y = 40,0$ mm
Grubość użyteczna płyty:
 $d_x = h - a_x = 200,0 - 30,0 = 170,0$ mm
 $d_y = h - a_y = 200,0 - 40,0 = 160,0$ mm
Średnia użyteczna grubość płyty:
 $d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{170,0 + 160,0}{2} = 165,0$ mm = 0,165 m

Siły wewnętrzne
Przypadek obciążenia: Komb #1 [1] (1,000)
 $V_{Ed} = 105,35$ kN (↑)
 $M_{Edy} = 1,1391$ kNm
 $M_{Edx} = 7,7201$ kNm
 $n_{Edx} = 0$ kN/m
 $n_{Edy} = 0$ kN/m

Podsumowanie wyników
 $u_0 = 1,2$ m
 $u_1 = 3,272$ m
 $\beta = 1,135$
 $\frac{v_{Ed}}{v_{Rd,c}} = \frac{221,46}{885,5} = 0,25009 < 1$ ✓
 $\frac{v_{Ed0}}{v_{Rd,max}} = \frac{603,83}{5400} = 0,11182 < 1$ ✓

☒ Podstawienie 100% **OK**

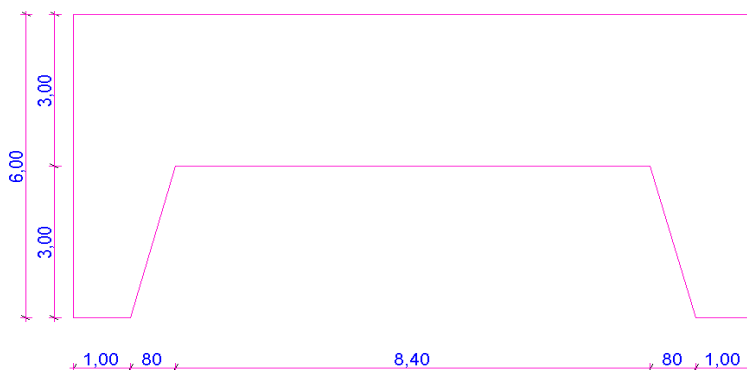
Kliknij **OK**, żeby zamknąć **Obliczenia wymiarujące**. Kliknij **Zamknij**, żeby zamknąć okno **Zbrojenie na przebiecie**.

Pusta strona

4. MODEL TARCZOWY

Cel

Celem tej analizy jest określenie sił wewnętrznych i zbrojenia ściany. Obciążenia i warunki podparcia zostaną określone później.



Ściana o grubości 200 mm jest wykonana z betonu C25/30 zbrojonego prętami ze stali B500A. Konstrukcja będzie przeanalizowana w oparciu o Eurokod 2.

Start



Uruchom program **AxisVM X6**.

Nowy



Zdefiniuj nowy model klikając na ikonę **Nowy**. W oknie dialogowym w polu **Nazwa pliku modelu** wpisz nazwę „**tarcza**”, w polu **Norma projektowa** wybierz **Eurokod [PL]**, a w polu **Jednostki i formaty** ustaw **EU**.

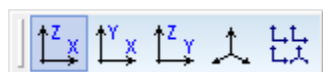
Początkową płaszczyznę roboczą (płaszczyzna **X-Z**/Widok z przodu) można ustawić w oknie **Nowy model**, wybierając odpowiednią płaszczyznę z listy po lewej stronie. Kliknij **OK**, żeby zamknąć okno dialogowe.

Poniżej zostanie utworzona geometria konstrukcji ściany za pomocą paska narzędzi edycji.

Widoki

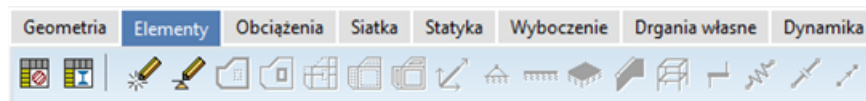


Sprawdź widok (płaszczyznę roboczą) modelu podczas uruchamiania nowego modelu. Po lewej stronie głównego okna znajduje się ikona **Widoki**. Należy wybrać widok **X-Z**. Aktualny widok jest prezentowany przez globalny znak układu współrzędnych w lewym dolnym rogu głównego okna.



Definicja geometrii - Elementy

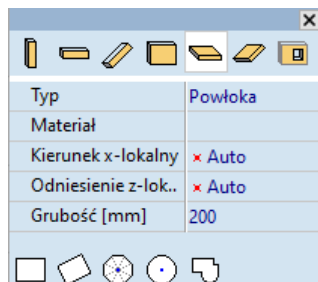
Geometrię i jej właściwości można zdefiniować bezpośrednio na zakładce Elementy, z pominięciem zakładki Geometria.



Rysuj obiekty bezpośrednio



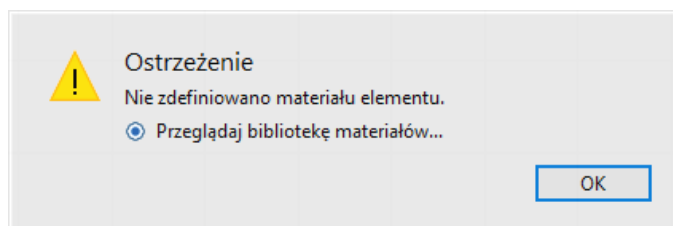
Wywołaj funkcję **Rysuj obiekty bezpośrednio**. Wyświetlone zostanie poniższe okno:



Obszar

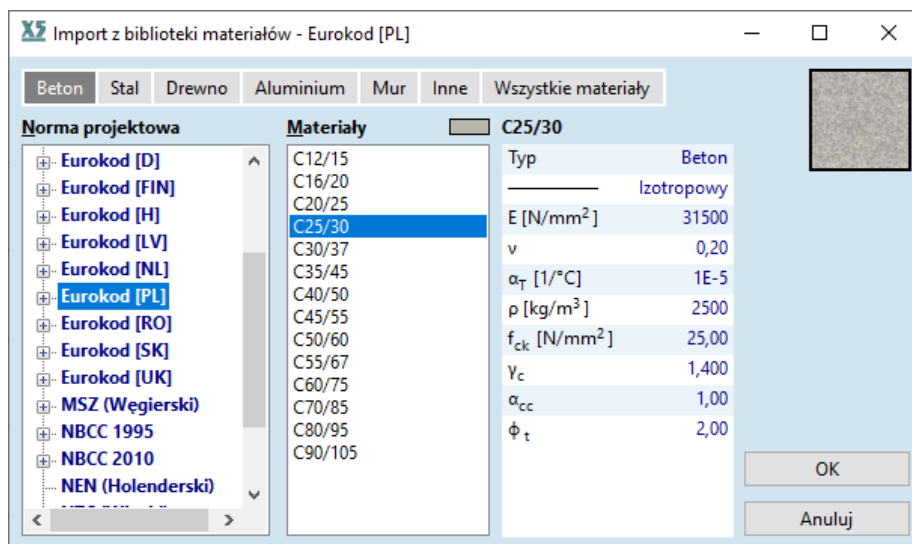


Kliknij na ikonę **Obszar** (drugi po prawej wśród ikon górnego rzędu). Wybierz ją, nawet jeśli jest aktywna. Jest to konieczne ze względu na zaplanowaną sekwencję kroków. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



Import z biblioteki materiałów

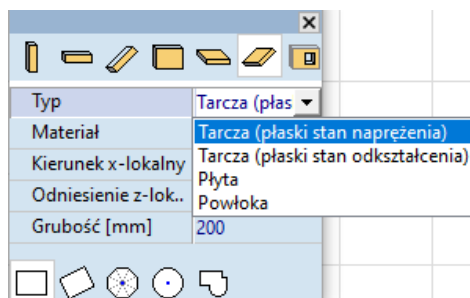
Okno **Import z biblioteki materiałów** zostanie wyświetlone po kliknięciu **OK**.



Wybierz beton klasy **C25/30** z listy **Materiały**. Wybór zatwierdź klikając **OK**.

Typ

W polu **Typ** wybierz **Tarcza (płaski stan naprężenia)**:



Płyta o kształcie złożonym



Kliknij na ikonę **Płyta o kształcie złożonym**. Użytkownik może narysować obszar bezpośrednio lub za pomocą współrzędnych.

Definicja geometrii za pomocą współrzędnych:

Żeby określić punkt początkowy wielokąta ($X=0$, $Y=0$, $Z=0$), wciśnij klawisz **x** (spowoduje to przejście kursora na pole współrzędnej x na **Panelu współrzędnych**) i wprowadź wartość **0**. Następnie wciśnij klawisz **y** i wprowadź wartość **0**. W ten sam sposób określ współrzędną **z** – również o wartości **0**. Współrzędne punktu początkowego zatwierdź klawiszem **Enter**.

Użyj współrzędnych względnych, aby zdefiniować węzły obszaru. Wciśnij przycisk **d** na **Panelu współrzędnych**. Jeśli klawisz jest wciśnięty na **Panelu współrzędnych**, wpisywane wartości współrzędnych będą odnoszone do względnego układu współrzędnych (**dX**, **dY**, itp.)

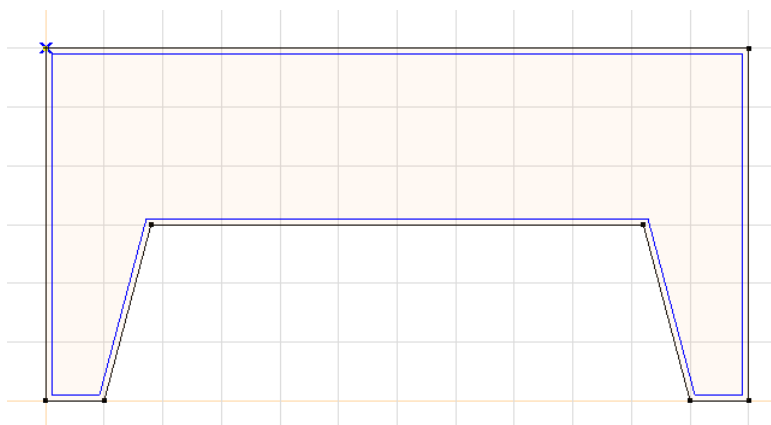
x	dX[m] : 6,000	d	d r[m] : 12,093
	dY[m] : 0		d a[°] : 60,26
	dZ[m] : 10,500		dh[m] : 0
	dL[m] : 12,093		

Kontynuuj wprowadzanie współrzędnych punktów w względnym układzie współrzędnych.:

X	1	Y	0	Z	0	<Enter>
X	0,8	Y	0	Z	3	<Enter>
X	8,4	Y	0	Z	0	<Enter>
X	0,8	Y	0	Z	-3	<Enter>
X	1	Y	0	Z	0	<Enter>
X	0	Y	0	Z	6	<Enter>
X	-12	Y	0	Z	0	<Enter>
X	0	Y	0	Z	-6	<Enter>

Wciśnij klawisz **Esc** dwa razy, aby wyjść z funkcji rysowania (**Rysuj obiekty bezpośrednio**).

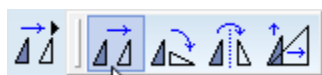
Zostanie wyświetlony poniższy widok:



Przesuń / Kopiuj



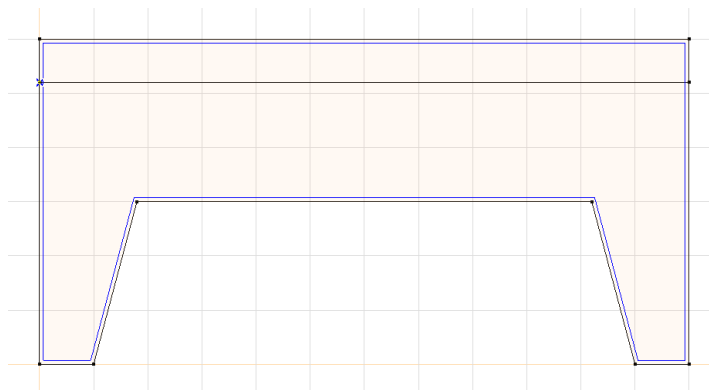
Kliknij ikonę **Przesuń/Kopiuj**.



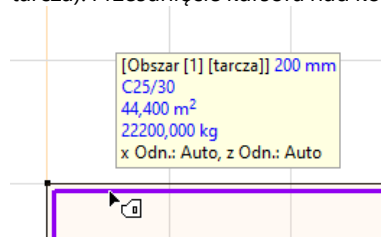
Wybierz górną poziomą krawędź. Selekcję zakończ klikając **OK**. W oknie dialogowym wybierz: **Wskaż kolejne**, w polu **N=** wpisz **1**, a w polu **Węzły do połączenia** zaznacz **Żadne**. Zamknij okno dialogowe klikając **OK**. Określ teraz wektor przesunięcia. Kliknij na pustym polu obszaru roboczego, a następnie wpisz w następującej kolejności:

x 0 y 0 z -0,8, na koniec wciśnij **Enter**.

Zostanie wyświetlony poniższy widok:

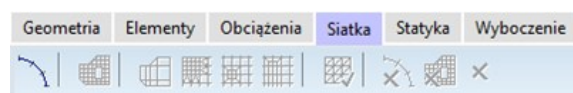


Niebieska linia na wewnętrznym konturze obszaru wskazuje typ obszaru (w naszym przypadku jest to tarcza). Przesunięcie kursora nad kontur obszaru powoduje wyświetlenie okna z właściwościami obszaru:



Siatka

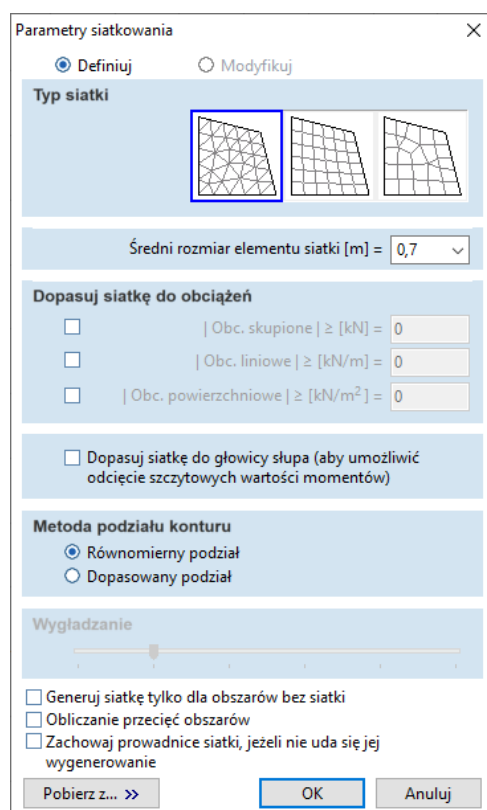
Przejdź na zakładkę **Siatka**, żeby posiatkować obszar.



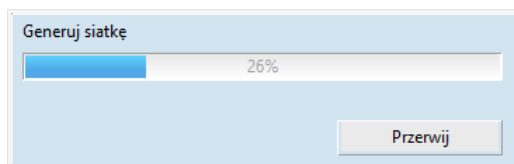
Generowanie siatki obszaru



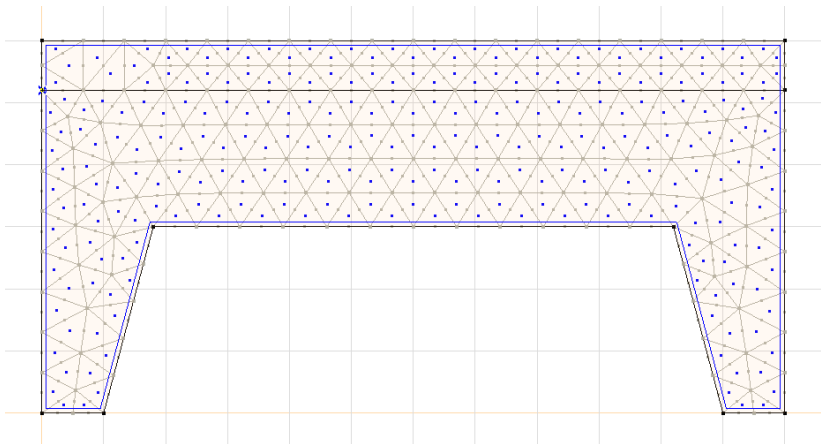
Kliknij na ikonę **Generowanie siatki obszaru**. Wskaż cały obszar za pomocą przycisku **Wszystko (*)**, a następnie zakończ selekcję klikając **OK**. Zostanie wyświetlone poniższe okno dialogowe:



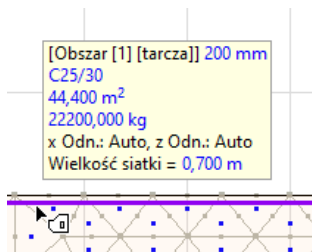
W polu **Średni rozmiar elementu siatki** wprowadź wartość **0,7 [m]**. Po zamknięciu okna przyciskiem **OK** program rozpocznie automatyczną generację siatki. Postęp siatkowania przedstawia pasek postępu **Generuj siatkę**:



Po zakończeniu siatkowania zostanie wyświetlony poniższy widok:



Jeśli przesuniesz kursor na kontur obszaru, wyświetlone zostanie okno z jego właściwościami: typ, materiał, grubość, masa, odniesienie, patrz rysunek poniżej:



Elementy

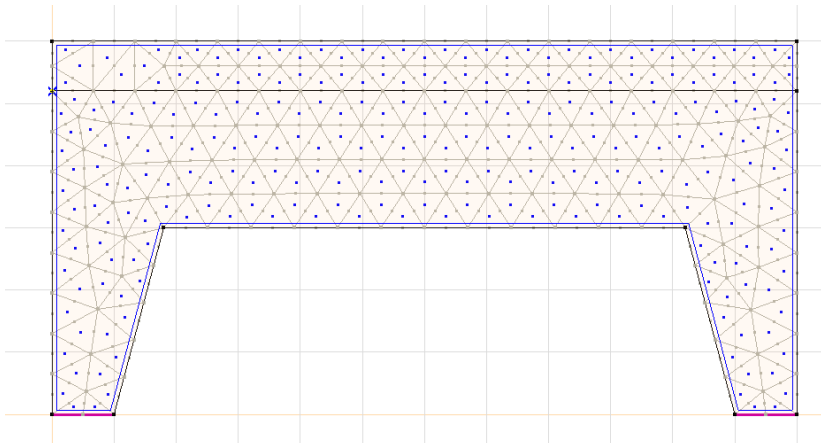
Przejdź na zakładkę **Elementy**:



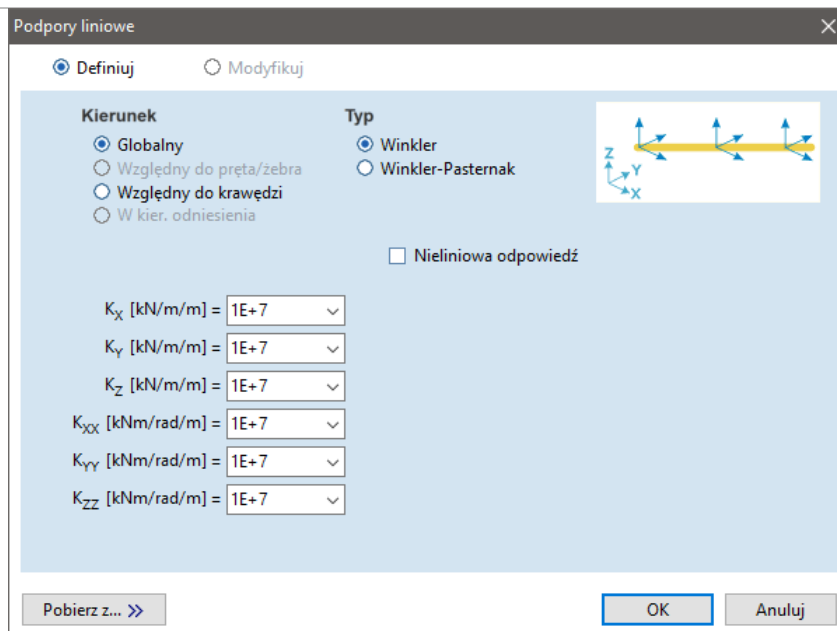
Podpora liniowa



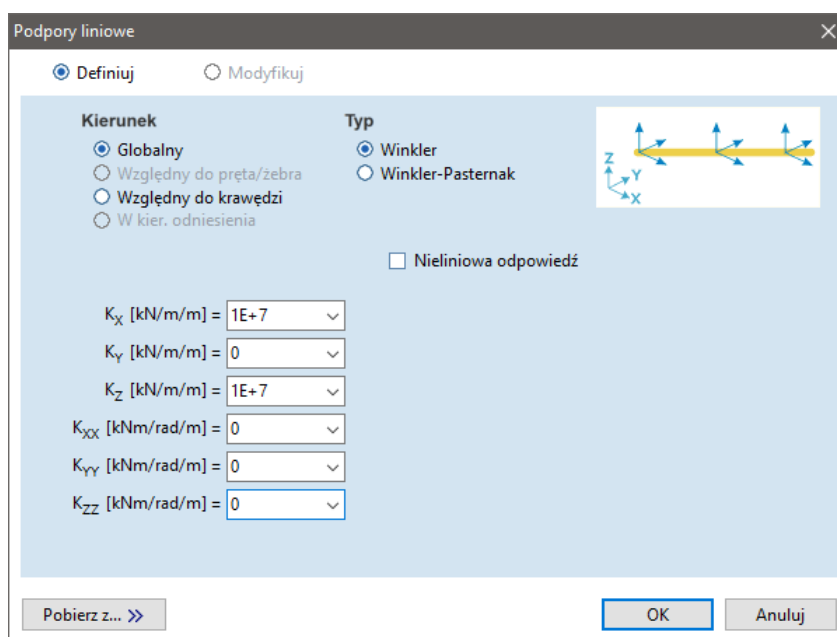
Żeby zdefiniować podpory, wybierz ikonę **Podpora liniowa**, a następnie wskaż dolne krawędzie „nóg” konstrukcji. Zdefiniowane zostanie podparcie przegubowe.



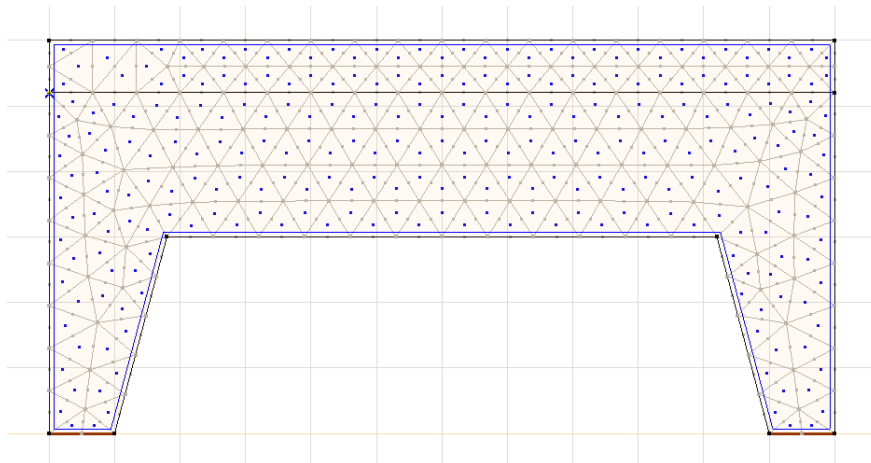
Wciśnij **OK**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



Żeby zdefiniować podporę przegubową należy wprowadzić poniższe ustawienia:



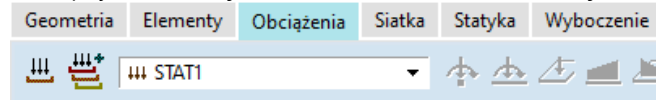
Zatwierdź wprowadzone ustawienia przyciskiem **OK**. Zostanie wyświetlony poniższy widok:



W tym momencie definicja modelu ściany jest kompletna. Teraz przeanalizujemy ten model.

Obciążenia

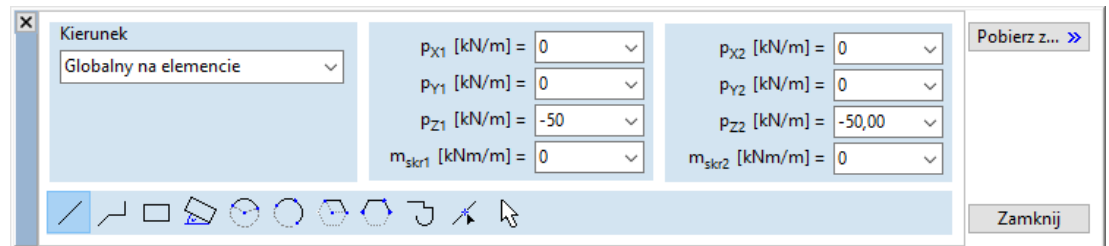
Następnym krokiem jest określenie obciążeń konstrukcji ściany. Przejdź na zakładkę **Obciążenia**:



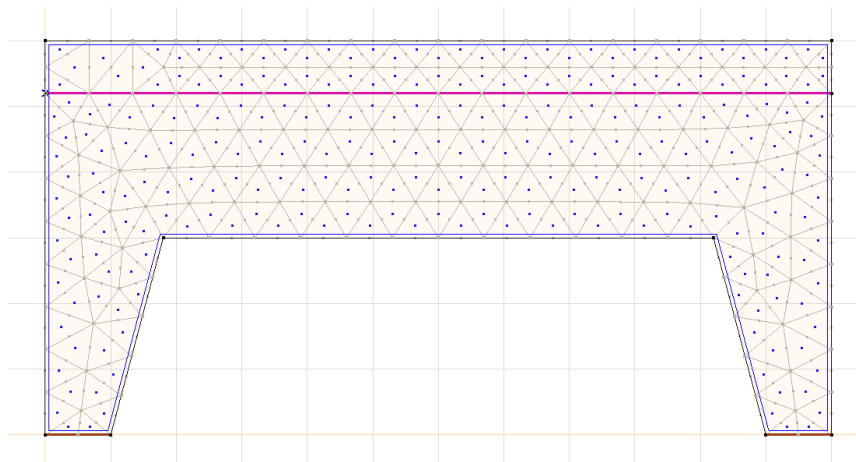
Obciążenie krawędziowe elementów powierzchniowych



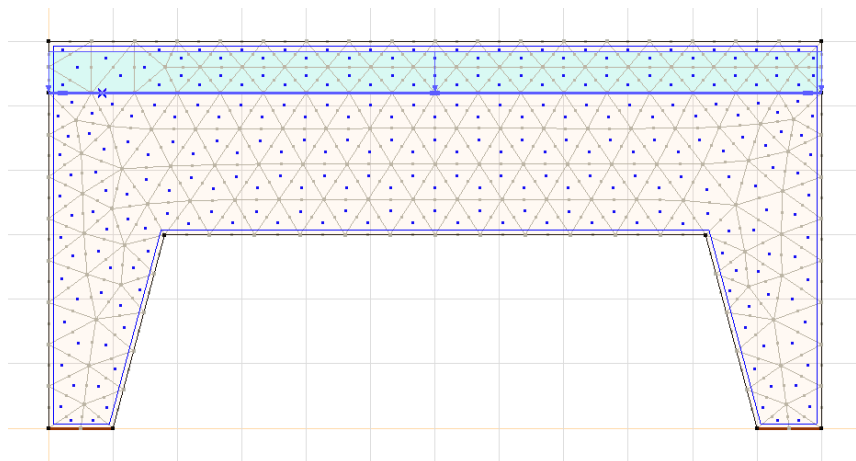
Przyłożone zostanie pionowe, skierowane w dół, równomiernie rozłożone obciążenie o wartości **50 kN/m**. Kliknij na ikonę **Obc. liniowe obszaru** i wpisz w polu **p_{z1} [kN/m]** wartość **-50**.

**Wybór**

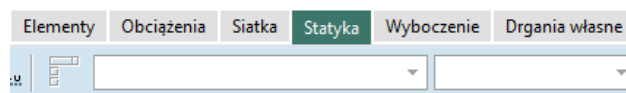
Aby przyłożyć obciążenie do narysowanej wcześniej linii poniżej górnej krawędzi tarczy, skorzystaj z narzędzia **Wybór** i wskaż tę linię.



Po wciśnięciu **Zamknij** obciążenie zostanie przyłożone. Wyświetlony zostanie poniższy widok:

**Statyka**

Kolejnym krokiem będzie analiza statyczna i analiza wyników. Przejdź na zakładkę **Statyka**:



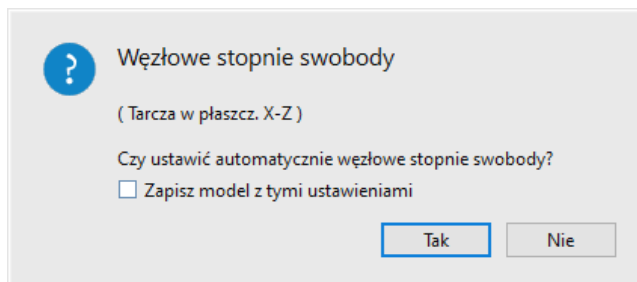
Liniowa analiza statyczna



Aby rozpocząć analizę statyczną, kliknij na ikonę **Liniowa analiza statyczna**.

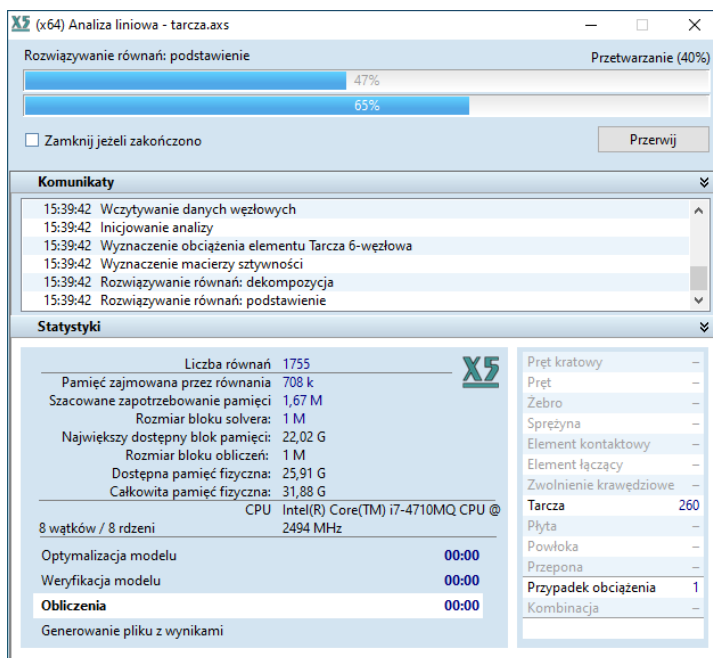
Węzłowe stopnie swobody

Żeby kontynuować obliczenia statyczne musisz ustalić węzłowe stopnie swobody (DOF). Program sprawdza model i proponuje ustawienia:



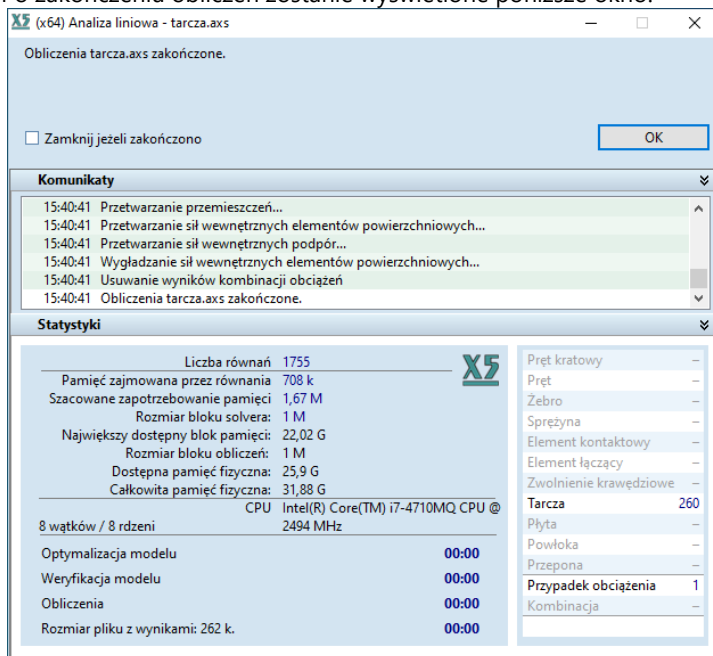
Zaznacz pole **Zapisz model z tymi ustawieniami**. Spowoduje to zapisanie węzłowych stopni swobody. Zaakceptuj ustawienia jak dla **Tarcza w płaszczyźnie X-Z** i wciśnij przycisk **Tak**.

Analiza jest kontynuowana i pojawi się następujący pasek postępu:



Komunikaty, statystyki

Kliknij na **Komunikaty** i **Statystyki**, żeby zapoznać się ze szczegółami analizy. Po zakończeniu obliczeń zostanie wyświetlone poniższe okno:



Kliknij **OK**. Program automatycznie wyświetli pionowe przemieszczenia **eZ [mm]** jako **Izopowierzchnie 2D**.

Opcje wyświetlania



Wywołaj funkcję **Opcje wyświetlania** i w zakładce **Symbole** wyłącz **Obciążenia**. Pozwoli to na uzyskanie czytelniejszego widoku konstrukcji.

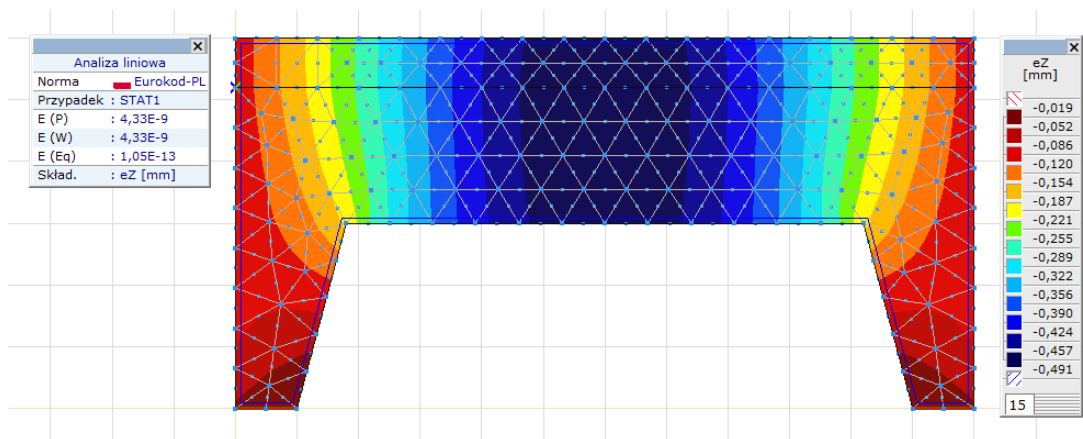
Dopasuj do okna



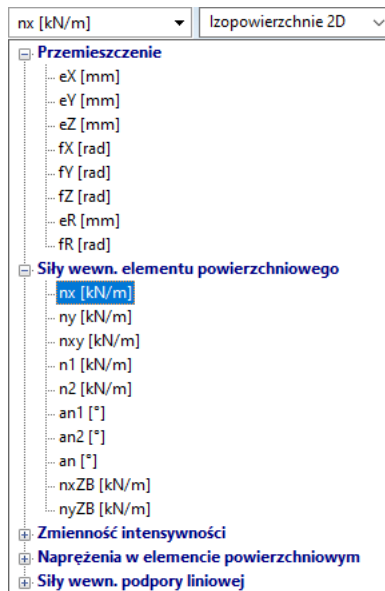
Kliknij na funkcję **Dopasuj do okna**. Pozwoli to na lepszy widok konstrukcji.



Zostanie wyświetlony poniższy widok:



Wybierz **Siły wewnętrzne elementu powierzchniowego – nx** z listy rozwijalnej:



Wykres sił **nx** pokazuje siły tarczowe po kierunku lokalnej osi **x**.

Min, max wartości



Aby znaleźć lokalizację wartości minimalnych i maksymalnych, użyj funkcji **Min**, **Max wartości**. Kliknięcie na tę ikonę spowoduje wyświetlenie poniższego okna:

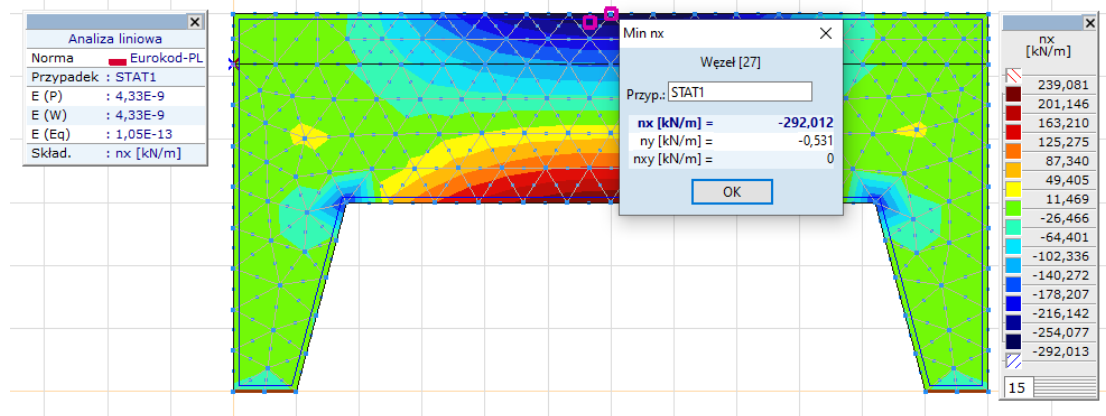
Ekstrema modelu

Siły wewn. elem. powierzchniowych

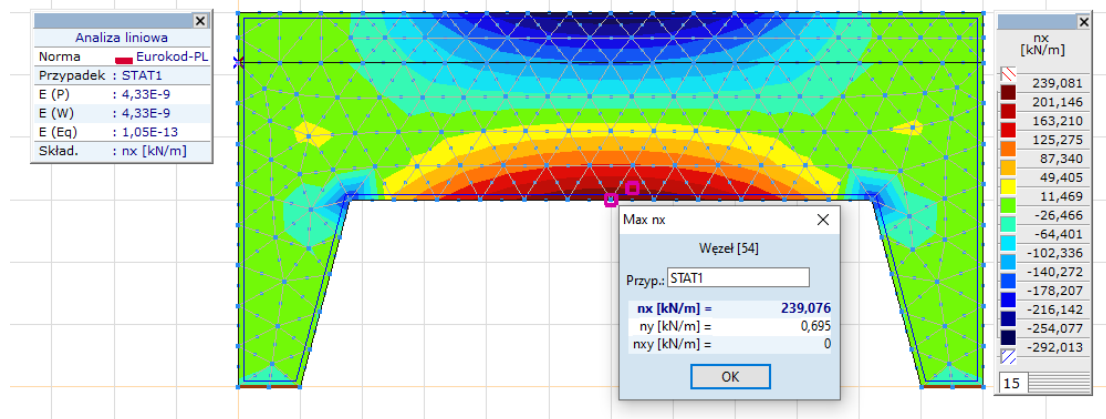
nx [kN/m]	n1 [kN/m]	nxZB [kN/m]
ny [kN/m]	n2 [kN/m]	nyZB [kN/m]
nxy [kN/m]		
mx [kNm/m]	m1 [kNm/m]	mxZB+ [kNm/m]
my [kNm/m]	m2 [kNm/m]	mxZB- [kNm/m]
mxy [kNm/m]		myZB+ [kNm/m]
		myZB- [kNm/m]
vxz [kN/m]		
vyz [kN/m]		
vRz [kN/m]		

OK Anuluj

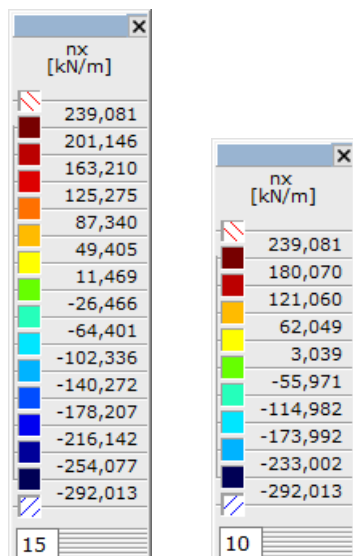
Wskaż na odpowiednią składową **Sił wewn. elementów powierzchniowych**. Wybór zatwierdź przyciskiem **OK**. Program pokaże maksymalną ujemną wartość i jej lokalizację.



Po kliknięciu **OK**, program pokaże maksymalną dodatnią wartość i jej lokalizację.



Legenda kolorów pokazuje wartości graniczne każdego koloru. Dostosuj liczbę kolorów i wartości granicznych przeciągając w górę lub w dół dolną krawędź palety.



Legenda kolorów

Znajdź obszary, gdzie wartość sił ***nx*** przekracza wartość **-100 kN/m**. Wartości graniczne można ustawić klikając na **Legendę kolorów**. W **Ustawieniach legendy kolorów** wartości obok kolorów mogą być edytowane. Zmień ostatnią wartość z **-292,013** na **-100**:

nx Ustawienie legendy kolorów

Wartości

Liczba przedziałów 15

Zakres

☐ Zaokrąglaj obliczone wartości

☐ Min, Max (Modelu) -292,013 ... 239,081

☐ Min, Max (Fragmentu) -292,013 ... 239,081

☐ Bezwzględne Max (Modelu) -292,027 ... 292,027

☐ Bezwzględne Max (Fragmentu) -292,027 ... 292,027

☐ Niestandardowy

☒ Interpolacja automatyczna

☐ Wartość kroku $\Delta = 1$

Zapisz jako...

Kreskowanie wart. spoza zakresu Nieprzezroc. Przezroc.

Kierunek gradientu koloru Normalny Odwróć

☐ Kontury izopowierzchni

☐ Etykiety izolinii

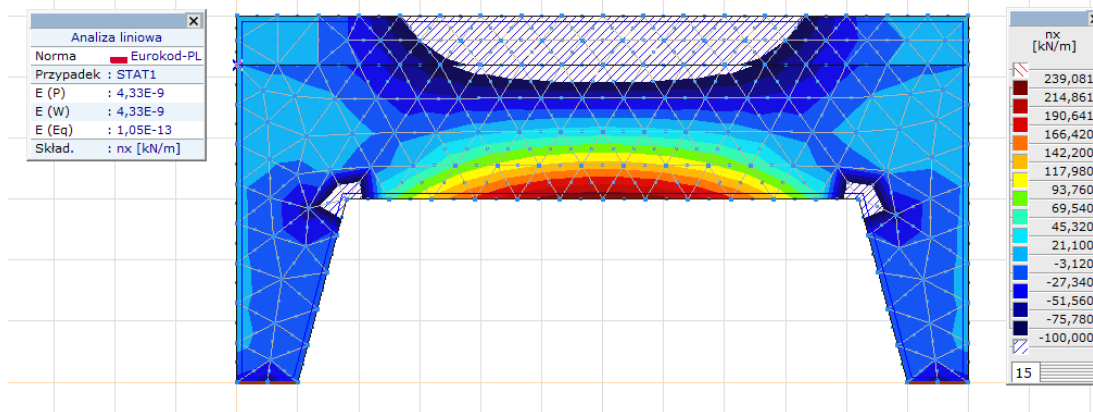
☒ Wyświetl

☒ Odśwież automatycznie

☐ Odśwież wszystko

OK Anuluj

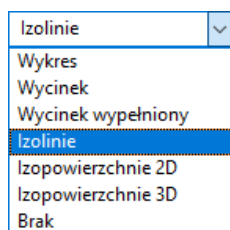
Wciśnij klawisz **Enter**, aby zakończyć wprowadzanie danych i włączyć **Interpolację automatyczną**. Ta opcja ponownie obliczy wewnętrzne wartości graniczne w zależności od liczby poziomów granicznych. Klikając **OK**, zostanie wyświetlony poniższy widok:



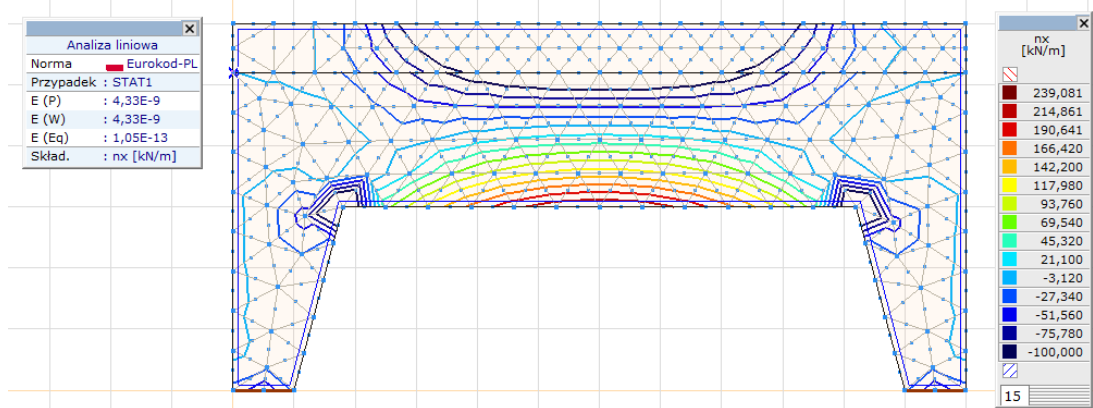
Obszary, w których siła ***nx*** przekracza **-100 kN/m** są zakreskowane na niebiesko.

Izolinie

Spójrzmy teraz na siły wewnętrzne w trybie wyświetlania ***Izolinie***. Wybierz ***Izolinie*** z listy rozwijanej.



Po wyborze ***Izolinii*** zostanie wyświetlony poniższy widok:



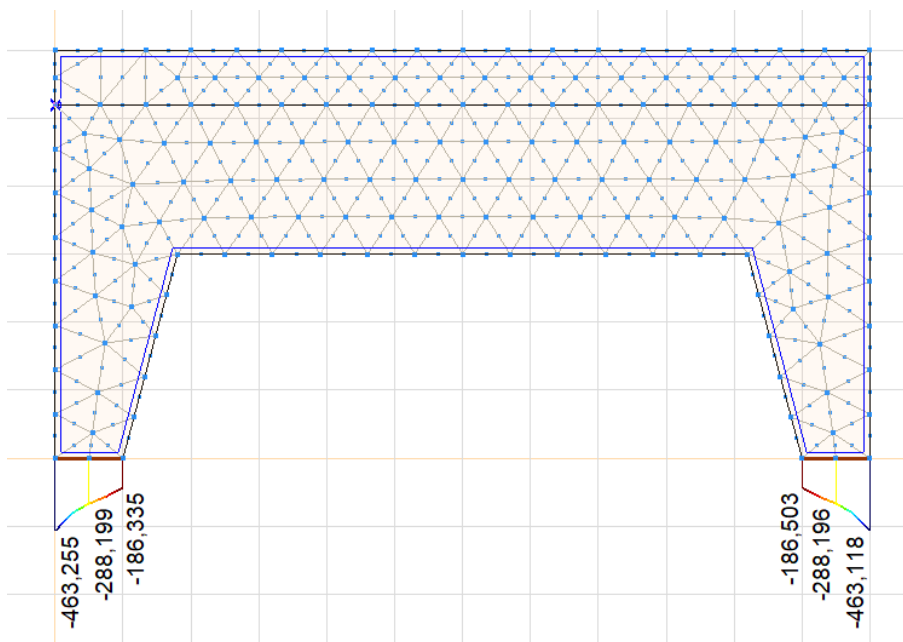
Zobacz siły wewnętrzne podpór. Wybierz składową ***Rz*** z listy ***Siły wewn. podpory liniowej***.

Parametry wyświetlania wyników



Kliknij na ikonę **Parametry wyświetlania wyników**, a następnie zaznacz **Linie** w panelu **Przypisz wartości do**:

Zamknij okno dialogowe przyciskiem **OK**, a wartości reakcji pionowej zostaną wyświetlone na ekranie:



Wymiarowanie - Żelbet

W następnym kroku wyznaczone zostanie wymagane zbrojenie konstrukcji ściany. Przejdź na zakładkę **Wymiarowanie – Żelbet**:

Parametry zbrojenia



Kliknij na ikonę **Parametry zbrojenia**, a następnie zaznacz wszystkie elementy powierzchniowe za pomocą przycisku **Wszystko (*)**. Zakończ selekcję za pomocą **OK**, a następnie przyjmij następujące ustawienia w zakładce **Materiały**:

Parametry zbrojenia powierzchniowego (Eurokod [PL])

Materiały | Zbrojenie | Szerokości rys | Ścinanie

Materiały

Beton: C25/30

Maksymalny wymiar ziarn kruszywa [mm]: 30

Stal zbrojeniowa: B500A

Klasa konstrukcji: S3

Klasa ekspozycji

Górna pow.

XC2 Karbonatyzacja - Mokre, sporadycznie suche

Dolna pow.

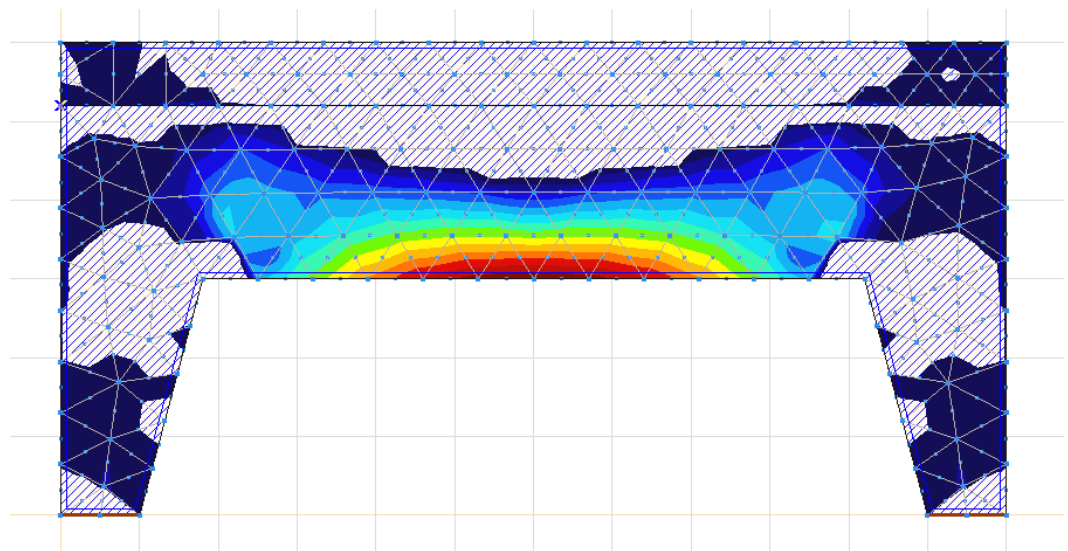
XC2 Karbonatyzacja - Mokre, sporadycznie suche

Wskaźnik dla sił sejsmicznych: $f_{se} = 1$

☐ Bieżące ustawienia jako domyślne

Pobierz z... >> OK Anuluj

Zamknij okno za pomocą przycisku **OK**. Program wyświetli wyniki dla **axd** [mm^2/m] za pomocą **Izopowierzchnii 2D**:



Wymagane zbrojenie w kierunku **x** jest sumą **axg** i **axd**.

Opcje

Zmień ustawienia siatki i krok kursora. Kliknij **Ustawienia / Opcje / Raster & Kursor**, a następnie zadaj poniższe ustawienia:

Nadpisz każdą wartość w polu **Krok kursora** na **0,2**.

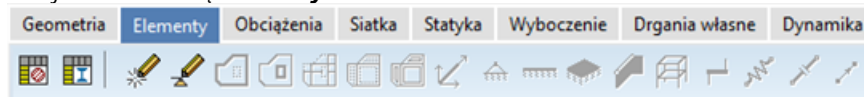
Przy tych ustawieniach skok myszy będzie się dokonywał co **0,2 m** (podczas rysowania modelu można uniknąć niedoskonałości geometrycznej lub błędów edycji).

Utwórz teraz geometrię obiektu – można to zrobić z pominięciem zakładki Geometria.

Definiuj geometrię

–
Elementy

Przejdź na zakładkę **Elementy**.

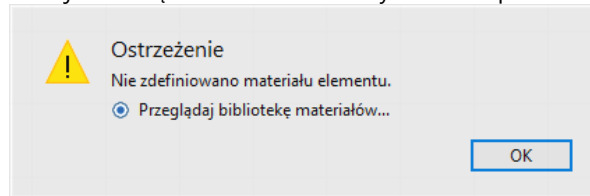


Rysuj obiekty
bezpośrednio

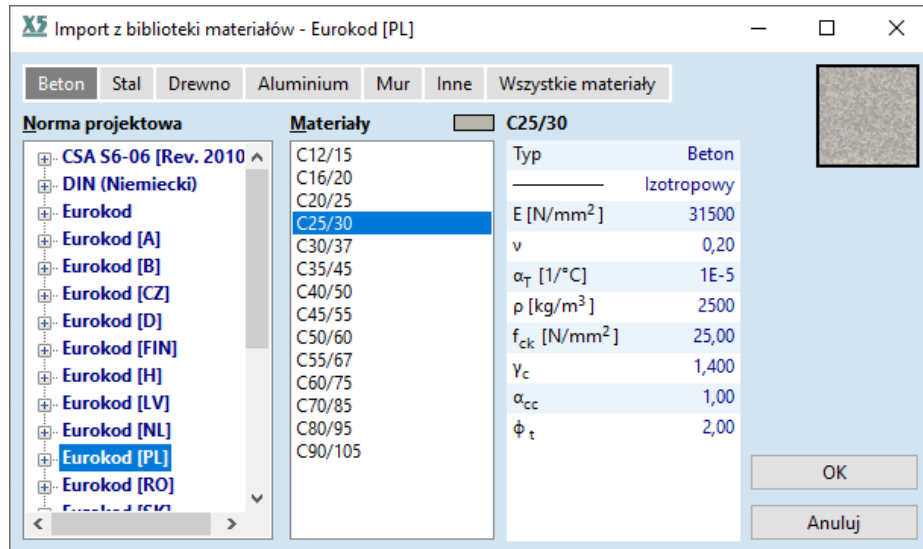


Po kliknięciu na ikonę **Rysuj obiekty bezpośrednio** zostanie wyświetlone poniższe okno:

Obszar

Kliknij na ikonę **Obszar**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

Import z biblioteki materiałów

Po kliknięciu **OK** zostanie wyświetlone poniższe okno:Wybierz beton klasy **C25/30** z listy **Materiały** i potwierdź przyciskiem **OK**.

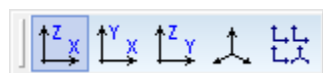
Grubość

W polu **Grubość [mm]** wpisz **250**.

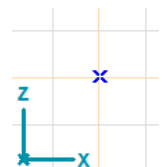
Płyta o kształcie złożonym

Kliknij ikonę **Płyta o kształcie złożonym**. Linia konturu może być narysowana bezpośrednio na ekranie lub może być zdefiniowana przez współrzędne.W pierwszej kolejności, narysujmy ścianę boczną zbiornika w płaszczyźnie **X-Z**.

Widoki

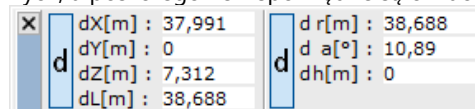
Zmień bieżący widok na **Widok z przodu** (płaszczyzna **X-Z**):

Wybierz początek globalnego układu współrzędnych jako pierwszy punkt wielokąta. Znajduje się on w miejscu, gdzie przecinają się pionowa i pozioma brązowa linia reprezentujące osie globalne **X** i **Z**. Niebieski krzyżyk wskazuje bieżący początek względnego układu współrzędnych.



Współrzędne w względnym układzie współrzędnych

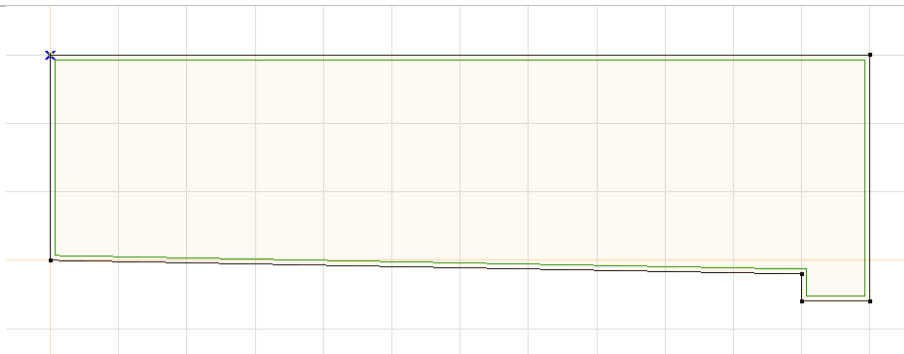
Żeby wprowadzić pozostałe węzły, przełącz się na współrzędne względne. W tym celu wciśnij **d** w **Panelu współrzędnych**. Jeżeli przycisk **d** jest wciśnięty oznacza to, że aktywny jest względny układ współrzędnych, a poszczególne współrzędne są oznaczone jako: **d** (**dX**, **dY**, **dZ**, ...)



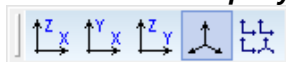
Przesuń kursor myszy do następujących lokalizacji i kliknij raz, aby wprowadzić każdy wierzchołek: **11,0** [m] w prawo i **0,2** w dół, w dół **0,4**, w prawo **1,0**, do góry **3,6**, w lewo **12,0**, w dół **3,0** (lub wykorzystując klawiaturę: x 11 z -0,2 [Enter] z -0,4 [Enter] x 1 [Enter] z 3,6 [Enter] x -12 [Enter] z -3 [Enter]).

Wciśnij klawisz **Esc** dwa razy, aby opuścić funkcję rysowania.

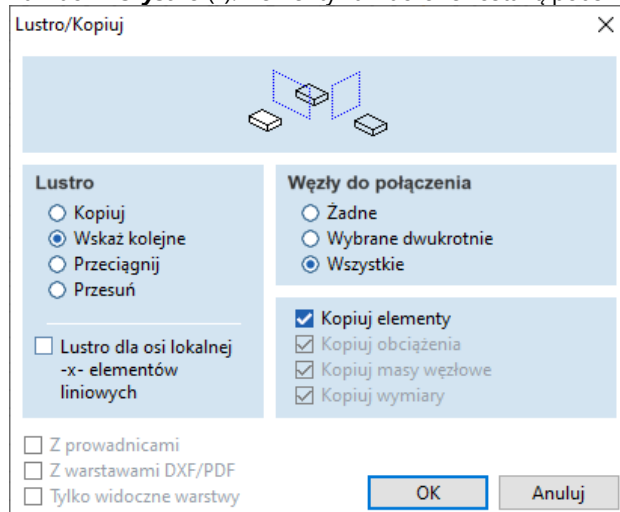
Otrzymasz poniższy widok:



Widok

Zmień widok na **Perspektywę**:Określ następujące wartości w oknie **Ustawienia perspektywy**:**H** 30,0; **V** 320,0; **P** 0,0.Kliknij przycisk **X** w prawym górnym rogu, żeby zamknąć okno.

Lustro

Utwórz równoległą ścianę po drugiej stronie, odbijając pierwszą w stosunku do środka struktury (**Y=4**).Po kliknięciu na ikonę **Lustro** zostanie wyświetlony pasek **Selekcji**:Zaznacz **Wszystko** (*). Elementy zaznaczone zostaną podświetlone na różowo. Selekcję zakończ klikając **OK**.Zaznacz **Wskaz kolejne** w polu **Lustro**. W polu **Węzły do połączenia** zaznacz **Wszystkie**. Ustawienia zatwierdź klikając **OK**.

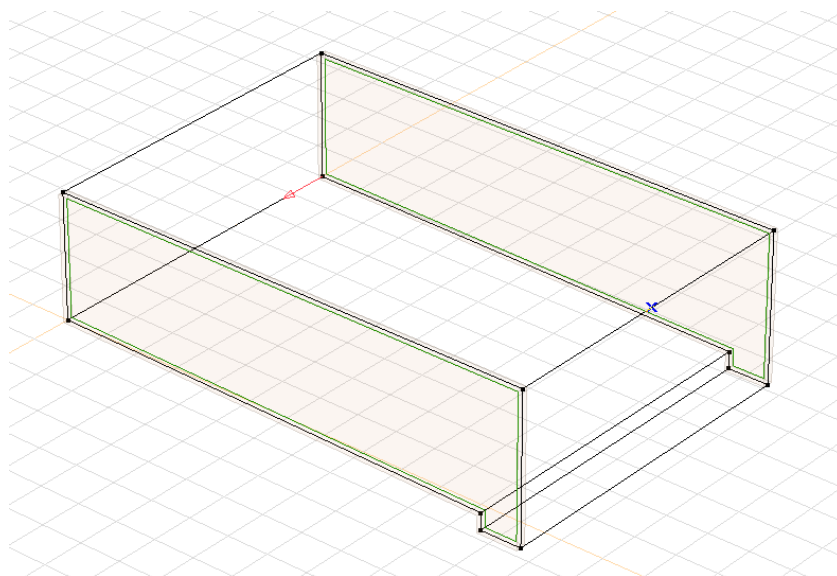
Zdefiniuj płaszczyznę lustra za pomocą dwóch punktów, wprowadzając następujące współrzędne w odniesieniu do układu względnego.

X 12 Y 4 Z 0 <Enter>

X 1 Y 0 Z 0 <Enter> ,

Wciśnij **Esc**, żeby zakończyć funkcję.

Zostanie wyświetlony poniższy widok:



Dopasuj do okna



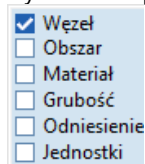
Kliknij ikonę **Dopasuj do okna**, żeby uzyskać lepszy widok.



Opisy



Przesuń kursor w prawy dolny róg ekranu i znajdź ikonę **Opisy** (druga od prawej). Kliknij ją. Zostanie wyświetlone poniżej okno:



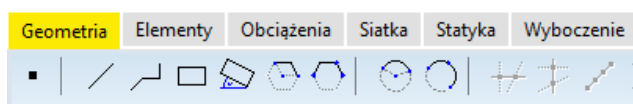
Tutaj można włączyć lub wyłączyć funkcję numerowania. Zaznacz pole **Węzły**, co spowoduje wyświetlenie się numeracji węzłów.

Przesuń / Kopiuj

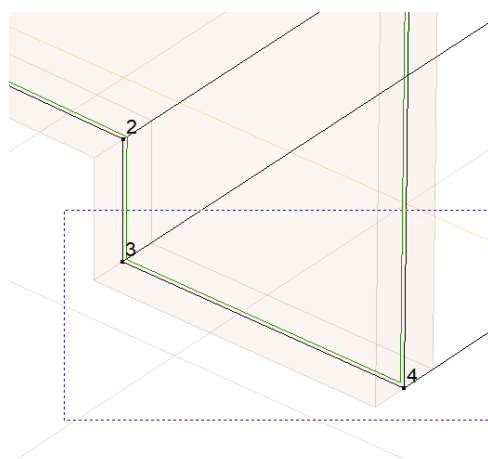
Aby określić nachylenie cieku wodnego, przesuń linię między **węzłem 3** i **4** w dół o wartość **0,2 m**.

Geometria

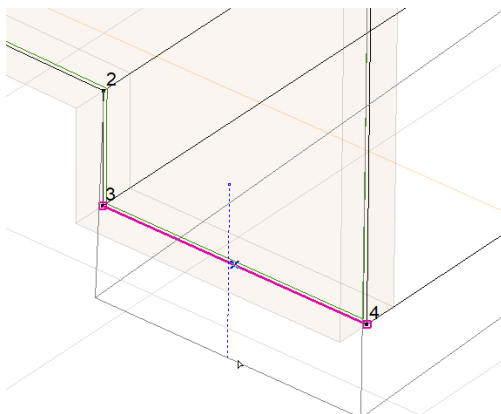
Przejdź na zakładkę **Geometria**:



Zaznacz linię pomiędzy **węzłem 3** i **4** za pomocą prostokąta selekcji. Prostokąt narysuj w kierunku od lewej do prawej – dzięki temu zaznaczone zostaną jedynie elementy w całości znajdujące się wewnątrz prostokąta (**węzeł 3, 4** i linia pomiędzy węzłami).



Aby przesunąć linię, przesuń kursor nad wybraną linię, naciśnij i przytrzymaj lewy przycisk myszy i przeciągnij kursor w dół.



Wybierz ikonę **Przeciągnij równoległe przylegające linie**:



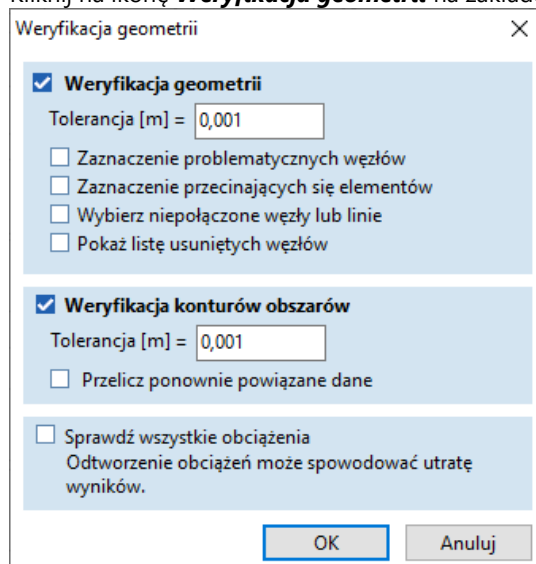
Najpierw należy określić wektor translacji, a następnie wpisać następujące współrzędne, aby określić dokładną odległość:

X 0 Y 0 Z -0,2 <Enter>

Weryfikacja geometrii

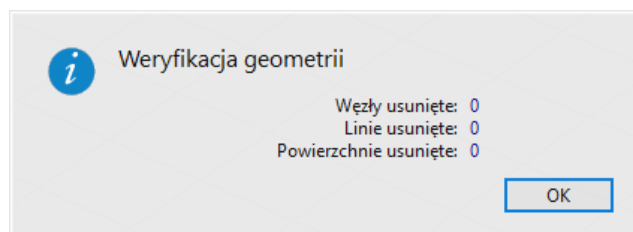


Kliknij na ikonę **Weryfikacja geometrii** na zakładce **Geometria**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



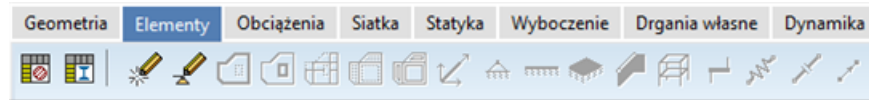
W oknie można ustawić maksymalną tolerancję (odległość) dla punktów kontrolnych. Zaznacz pole wyboru **Wybierz niepołączone węzły lub linie** i rozpocznij analizę, klikając przycisk **OK**.

Po analizie zostanie wyświetlony następujący raport:



Elementy

Przejdź na zakładkę **Elementy**, gdzie można zdefiniować typy elementów, ich właściwości materiałowe, przekroje i odniesienia:

**Punkt odniesienia**

System orientowania lokalnych układów współrzędnych elementów skończonych można ustalić za pomocą odnośników. W tym przykładzie punkt odniesienia będzie używany do definiowania zwrotu lokalnej osi **Z** obszarów, a płaszczyzna odniesienia będzie wykorzystywana do definiowania kierunków osi **X** i **Y** leżących w płaszczyźnie obszarów.

Kliknij na ikonę **Punkt odniesienia**, a następnie wskaż środkowy punkt pomiędzy **węzłem 5** i **11**. Aby zlokalizować punkt środkowy, przesuń kursor wzdłuż linii i sprawdź, kiedy kształt kursora zmieni się z ' / ' (linia) na ' 1/2 ' .

Wciśnij **Esc**, żeby opuścić funkcję.

Opisy

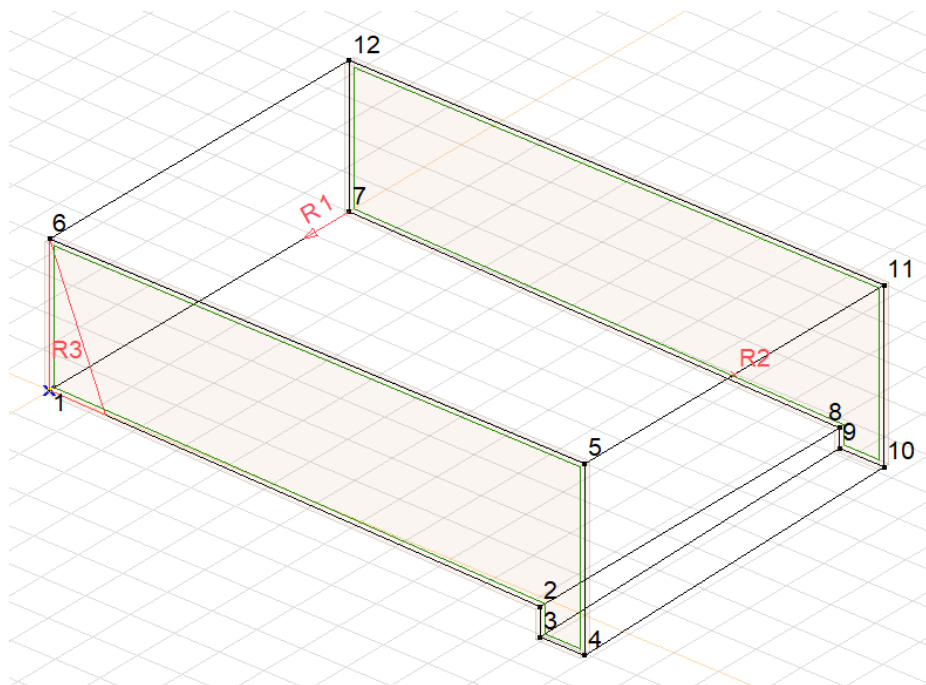
Przesuń kursor na ikonę **Opisy** na **Pasku szybkiego wyboru**. Włącz pole wyboru **Odniesienie**. Teraz etykieta **R2** pojawia się obok symbolu odniesienia.

Płaszczyzna odniesienia

Aby ustawić lokalny system obszarów, utwórz płaszczyznę odniesienia. Kliknij na ikonę **Płaszczyzna odniesienia** na zakładce **Elementy**. Do zdefiniowania płaszczyzny potrzebne są trzy punkty.

Kliknij **węzeł 6**, a następnie kliknij na dowolny punkt znajdujący się na linii między **węzłem 1** i **2**. Na koniec kliknij **węzeł 1**.

Otrzymasz poniższy widok:



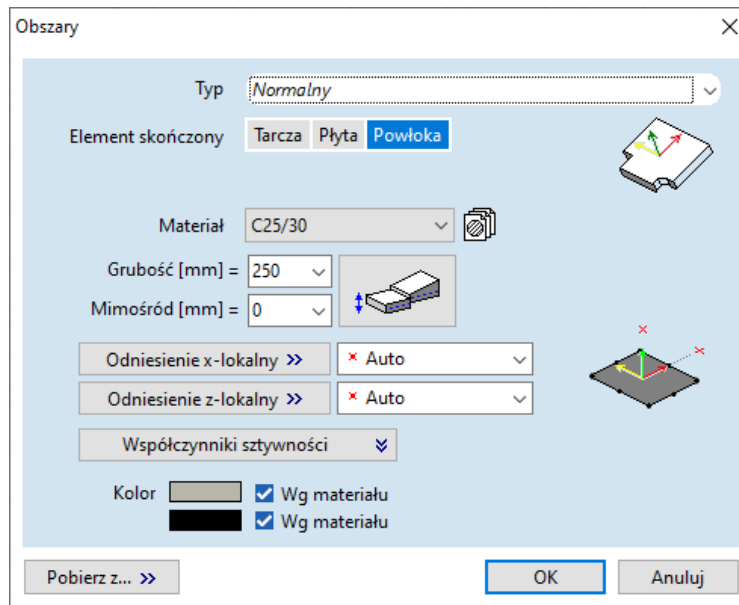
Wciśnij **Esc**, żeby opuścić funkcję.

Obszar

Zdefiniuj obszar, aby utworzyć konstrukcyjne elementy powierzchniowe. Kliknij ikonę **Obszar**, co spowoduje wyświetlenie **Palety wyboru**. Kliknij na linie pomiędzy następującymi węzłami, żeby zaznaczyć kontury obszarów:

12 - 6	6 - 1	1 - 7	7 - 12
1 - 7	1 - 2	2 - 8	7 - 8
5 - 11	5 - 4	4 - 10	10 - 11

Kliknij **OK** na **Palecie wyboru**. Zostanie wyświetlone okno dialogowe **Obszary**:

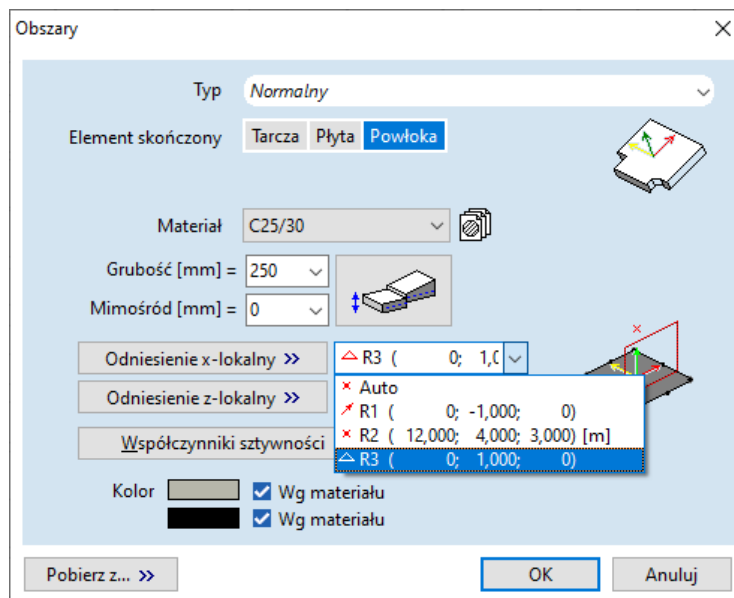


Grubość

W polu **Grubość [mm]** wprowadź wartość **250**.

Odniesienie

Ustaw **Odniesienie x-lokalny** na **R3**:



Zamknij okno przyciskiem **OK**.

Wzdłuż granicy obszaru znajduje się zielony kontur definiujący typ elementu powierzchniowego. Obszary zdefiniowane jako powłoka zawsze mają kontur zielony.

Układy lokalne

Włącz wyświetlanie lokalnych układów współrzędnych **Obszarów** klikając na ikonę **Układy lokalne** na **Pasku szybkiego wyboru** (trzecia ikona z prawej).

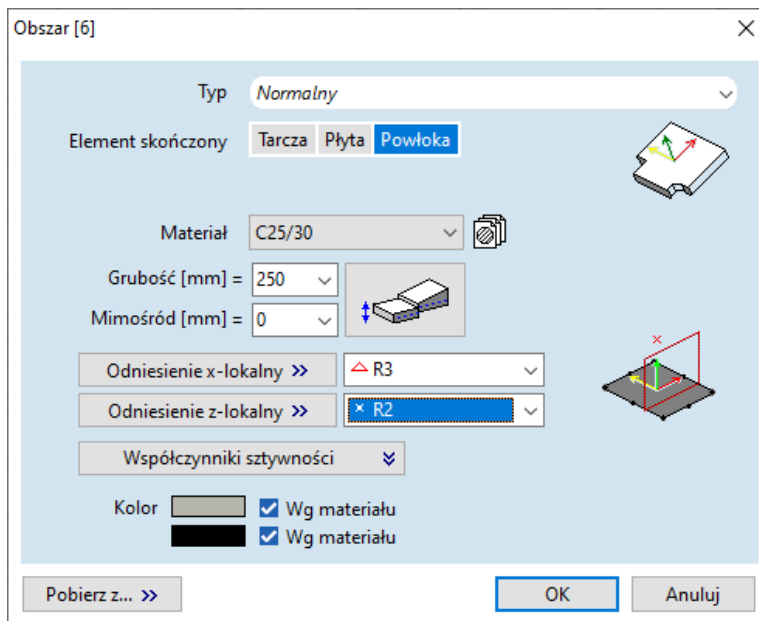
Obszar



Zdefiniuj pozostałe elementy (ściany) zbiornika. Kliknij na ikonę **Obszar**, co spowoduje wyświetlenie **Palety wyboru**. Kliknij na linii pomiędzy następującymi węzłami, żeby zaznaczyć kontury obszarów:

2 - 8 8 - 9 3 - 9 2 - 3

Zakończ selekcję klikając **OK**. W polu **Typ** wybierz **Powłoka**, a w polu **Odniesienie x-lokalny** i **Odniesienie z - lokalny** wybierz odpowiednio **R3** i **R2**. Na koniec wciśnij **OK**.

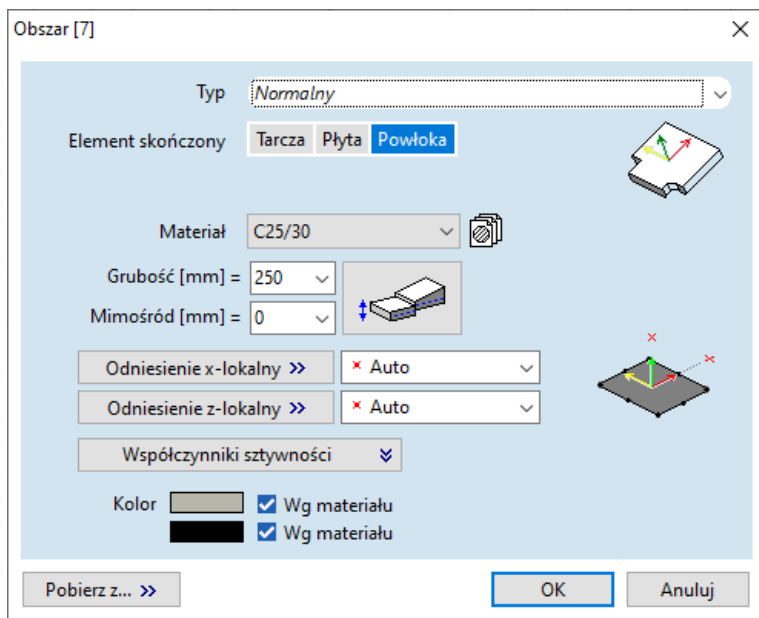


Obszar

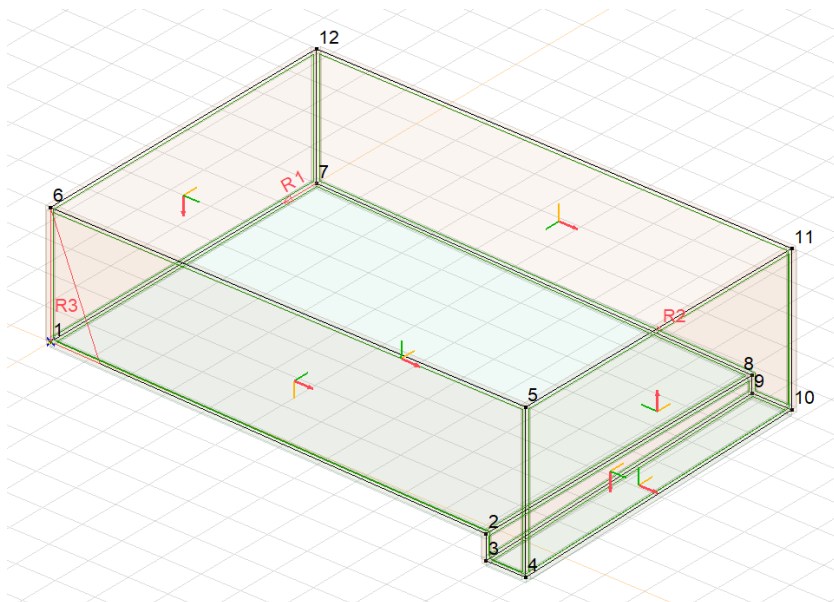


Powtórz definicję elementu powłokowego. Aktywuj funkcję **Obszar**, a następnie wskaż linie pomiędzy podanymi węzłami:

3 - 9 3 - 4 4 - 10 9 - 10, Następnie wciśnij **OK**, w polu **Grubość [mm]** wprowadź **250**, a odniesienia pozostaw ustawione na **Auto**.



Wyświetlony zostanie poniższy widok:



Pasek szybkiego wyboru

Z **Paska szybkiego wyboru** wyłącz **Opisy Węzłów** i **Układy lokalne**.

Elementy liniowe



Aby zdefiniować żebra wzdłuż górnych krawędzi ścian zbiornika, kliknij na ikonę **Elementy liniowe** w zakładce **Elementy**. **Paleta wyboru** zostanie wyświetlona. Kliknij na 4 krawędzie i zamknij selekcję klikając **OK**. Zostanie wyświetlone okno dialogowe **Elementów liniowych**:

Definiuj element liniowy

Pręt kratowy Pręt Pręt 7-DOF **Zebro**

Materiał: C25/30

☐ Zmienny przekrój poprzeczny

Przekrój poprzeczny: [Wybór przekroju]

Kierunek x-lokalny: i → j

Odniesienie z-lokalny: x Auto

Zwolnienia węzłowe: [Wybór zwolnienia]

Punkt początkowy: 1 → Zablokowany

Punkt końcowy: 1 → Zablokowany

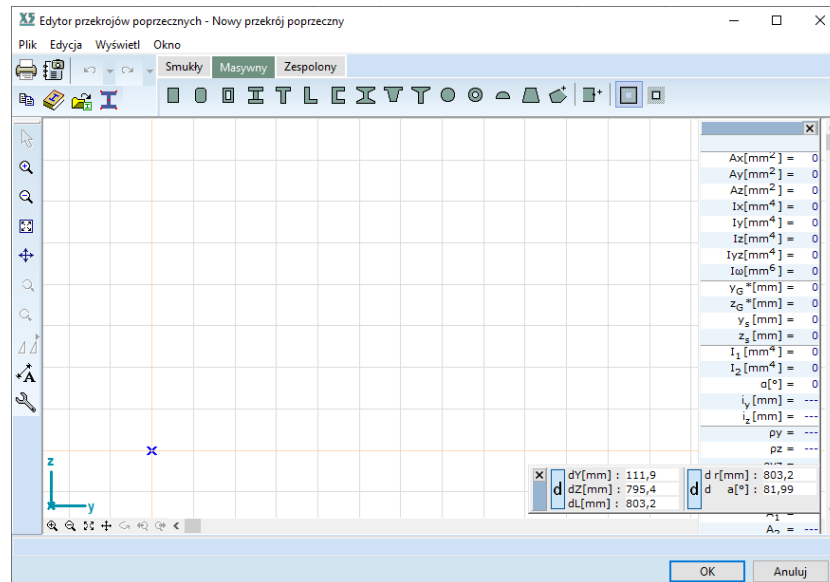
Kolor: [Wybór koloru] ☒ Wg materiału

[Pobierz z... >>] [OK] [Anuluj]

Edytor przekrojów poprzecznych



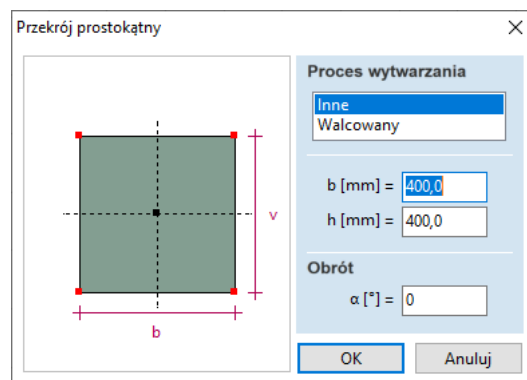
Aby zdefiniować przekrój poprzeczny żebra, kliknij na ikonę **Edytor przekrojów poprzecznych**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



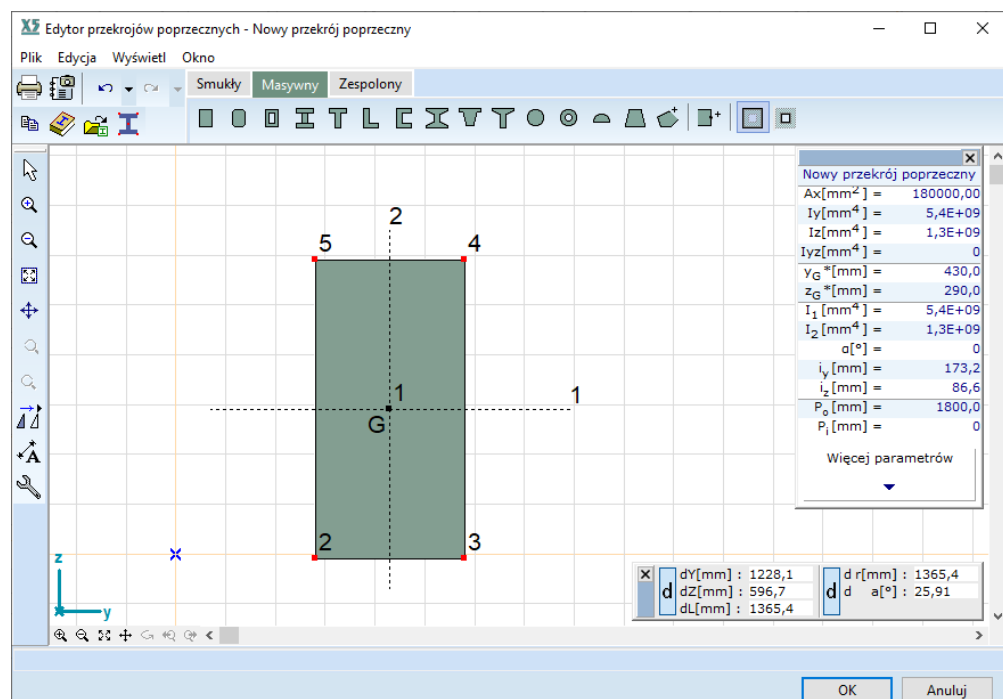
Przekrój prostokątny



Aby zdefiniować przekrój prostokątny **300x600 mm**, kliknij na ikonę Profil prostokątny i w pola tekstowe **b** i **h** wprowadź odpowiednie wartości:

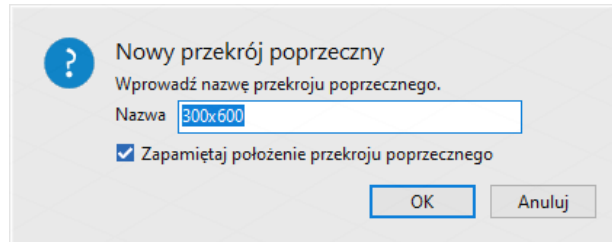


Aby zakończyć wprowadzanie danych, umiejscow w dolnym miejscu ekranu roboczego zdefiniowany przekrój. W efekcie powinieneś uzyskać poniższy widok:



Główne osie przekroju poprzecznego są zaznaczone przez krzyżujące się linie przerywane oznaczone numerami 1 i 2. Środek ciężkości jest oznaczony jako G. Pozostałe parametry geometryczne przekroju są wyświetlone w oknie właściwości. Kliknij na **Więcej parametrów**, jeśli chcesz zobaczyć wszystkie parametry obliczane automatycznie przez analizę elementów skończonych dla danego przekroju.

Kliknij **OK**, żeby zamknąć **Edytor przekrojów poprzecznych**. W oknie dialogowym możesz zmienić domyślną nazwę przekroju poprzecznego, jeżeli jest to potrzebne. Ponownie kliknij **OK**, żeby potwierdzić przekrój.

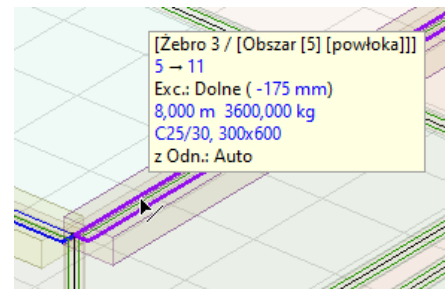


Podciąg



Mimośród ustaw jak dla **Podciagu**. Następnie zakończ definicję żebra klikając **OK**. Linie środkowe żeber są wyświetlane na niebiesko, a kontur żebra jest wyświetlany na żółto.

Przesuń kursor na żebro, a w oknie wyświetlone zostaną właściwości elementu:



Model zrenderowany



Przesuń kursor na ikony **Tryby podglądu** na pasku ikon po prawej stronie. Pojawi się rozwijany pasek narzędzi: wybierz trzecią ikonę, aby wybrać **Model zrenderowany**. W tym trybie przeglądania sprawdź wcześniej zdefiniowane elementy.



Obróć



Kliknij ikonę **Obróć** znajdującą się na pasku ikon zlokalizowanym w lewym dolnym rogu głównego okna. Przeciągnij model, aby go obrócić. Specjalny pasek narzędzi **Obrotu** zostanie wyświetlony. Za jego pomocą możesz kontrolować czynność obracania modelu. Możesz także jednocześnie przytrzymać **Alt i kółko myszy** i obracać widok w dowolnym momencie.

Przywróć poprzedni widok



Kliknij ikonę **Przywróć poprzedni widok** znajdującą się na pasku ikon zlokalizowanego w lewym dolnym rogu ekranu głównego.

Dopasuj do okna

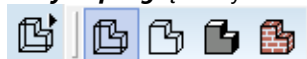


Kliknij **Dopasuj do okna**, aby poprawić widok modelu.

Model szkieletowy



Z **Trybu podglądu** wybierz **Model szkieletowy**.

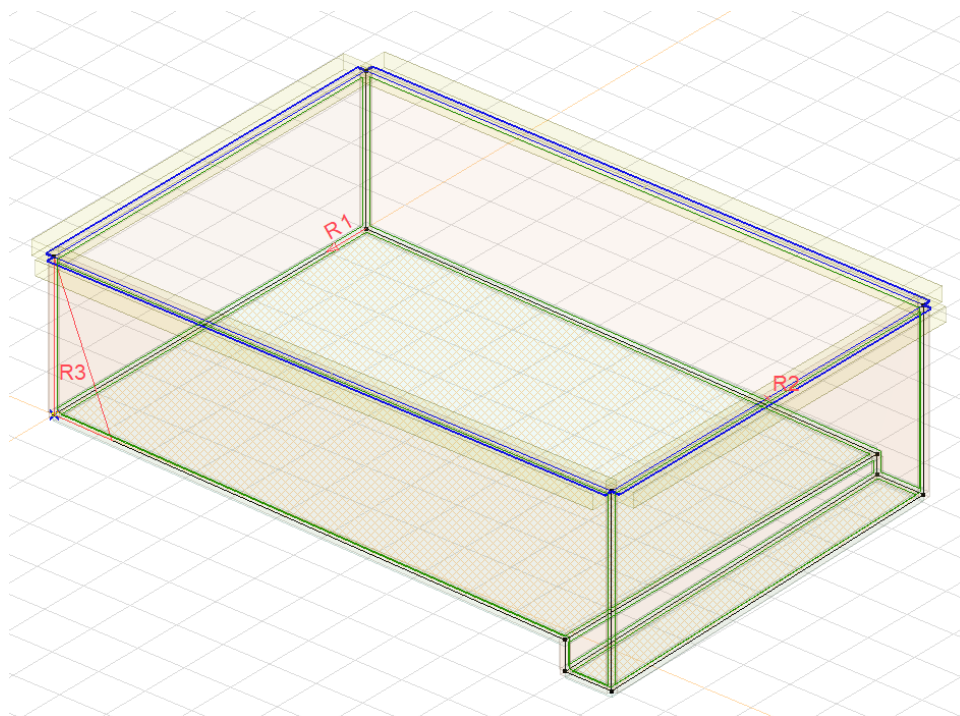


Podpora powierzchniowa



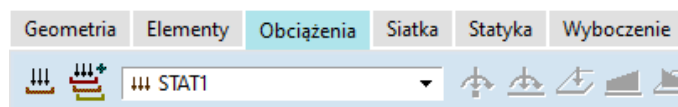
Aby zdefiniować podpory konstrukcji kliknij ikonę **Podpora powierzchniowa**. Znajduje się ona na pasku ikon w zakładce **Elementy**. Zostanie wyświetlone okno **Selekcji**. Wskaż dwa dolne obszary. Selekcję zakończ klikając **OK**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

W polach K_x i K_y wprowadź wartość **1000**, a następnie zamknij okno klikając **OK**. W głównym oknie ekranu otrzymasz widok przedstawiony poniżej:



Obciążenia

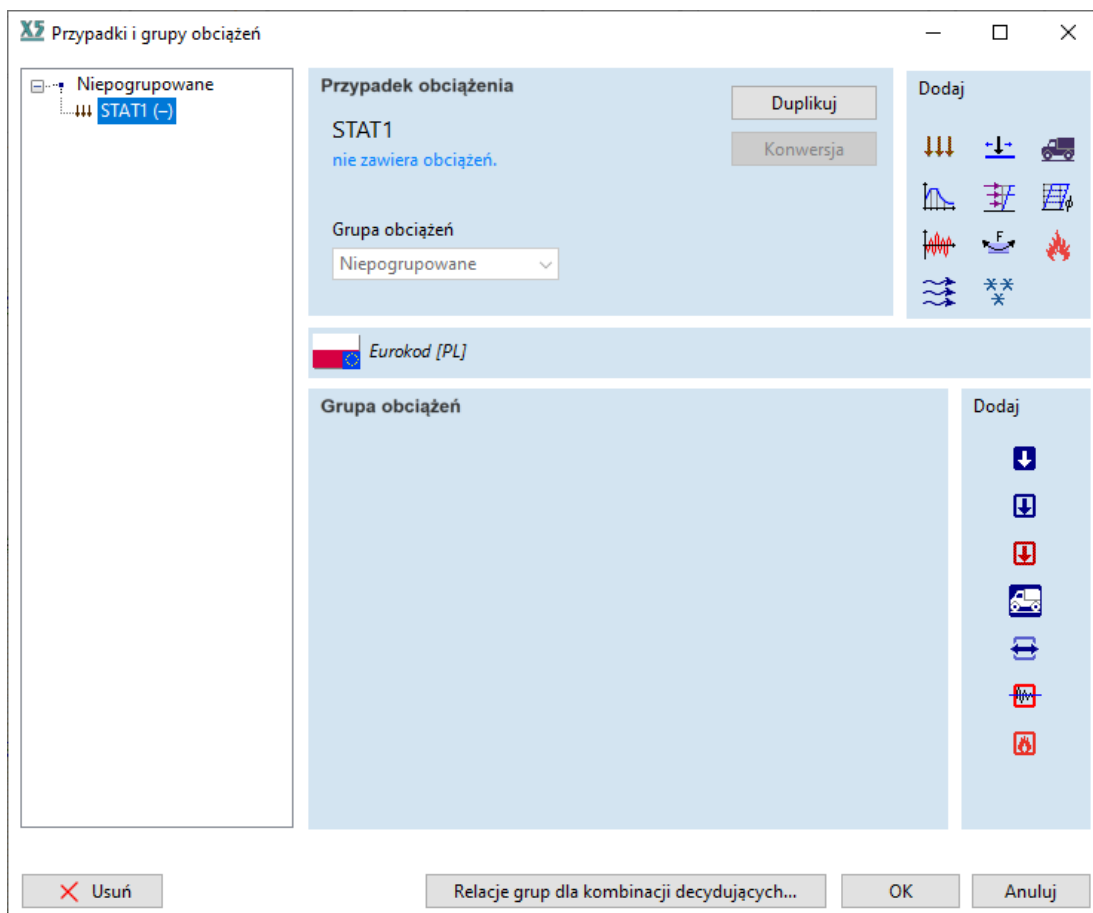
Przejdź na zakładkę **Obciążenia**:



Przypadki i grupy obciążeń



Aby zdefiniować przypadki obciążenia, kliknij na ikonę **Przypadki i grupy obciążeń** znajdującą się na zakładce **Obciążenia**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

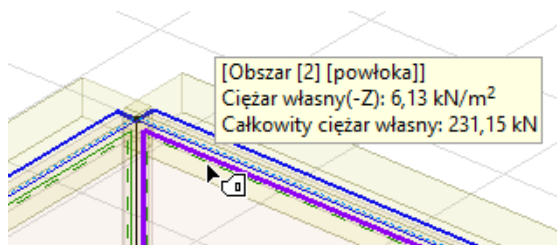


Kliknij na przypadek obciążenia **STAT1** i zmień jego nazwę na **CIĘŻAR WŁASNY**. Następnie kliknij **OK**, żeby zamknąć okno.

Ciężar własny



Aby przyłożyć obciążenie ciężarem własnym, kliknij na ikonę **Ciężar własny**. W oknie **Selekcji** kliknij na **Wszystko (*)**. Wybór zatwierdź klikając **OK** w oknie **Selekcji**. Linie przerywane wzdłuż konturów obszarów reprezentują ciężar własny. Przesuń kursor na krawędź obszaru, aby wyświetlić ciężar wskazanego obszaru:



Przypadek obciążenia statycznego



Aby utworzyć kolejny przypadek obciążenia, ponownie kliknij na **Przypadki i grupy obciążeń**. Następnie w polu **Dodaj** kliknij ikonę obciążenia **Statycznego**. Dla nowego przypadku obciążenia statycznego wprowadź nazwę **'WODA'**. Zamknij okno klikając **OK**.

Obciążenie hydrostatyczne



Aby zdefiniować obciążenie wodą, kliknij ikonę **Obciążenie hydrostatyczne**. Następnie z okna **Selekcji** wskaż **Wszystko (*)** i kliknij **OK**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

Obciążenie hydrostatyczne

☒ Definiuj ☐ Modyfikuj

Kierunek zmienności obciążenia

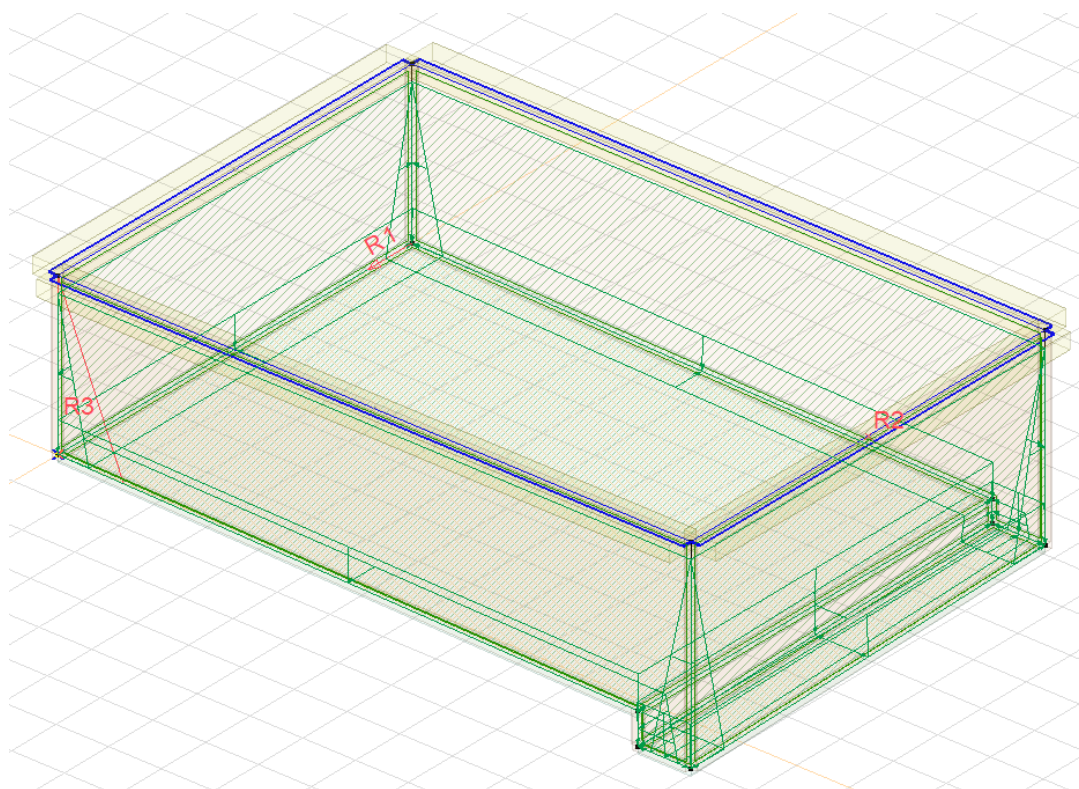
☐ X ☐ Y ☒ Z

Z_1 [m] = 3,000 $p(Z_1)$ [kN/m²] = 0

Z_2 [m] = -0,800 $p(Z_2)$ [kN/m²] = 0

Pobierz z... >> OK Anuluj

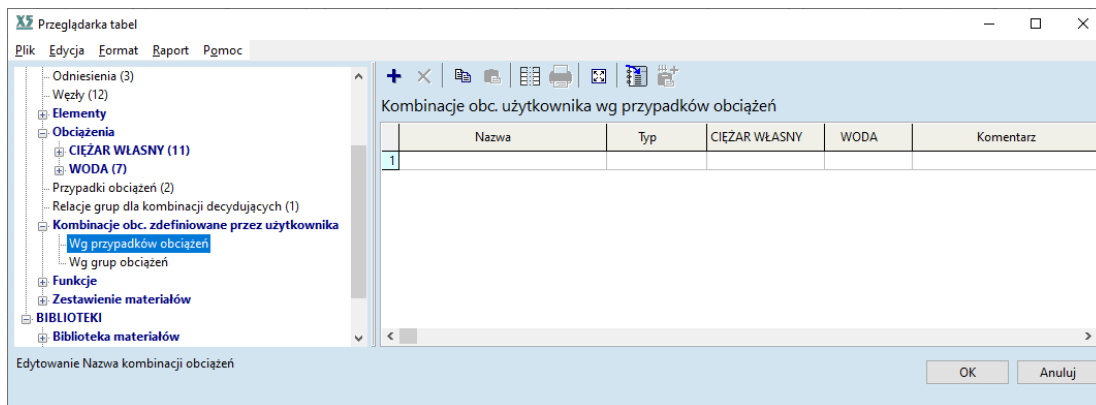
Żeby zdefiniować poziom wody **30 mm** poniżej górnej krawędzi zbiornika w polu **Z1 [m]** wprowadź wartość **2,7**. W polu **Z2 [m]** pozostaw odczytaną automatycznie wartość -0,800. W polu wartości ciśnienia **$p(Z_2)$ [kN/m²]** wpisz **-35** (ciśnienie jest przeciwnie skierowane do lokalnej osi **z**). Zmiany zatwierdź klikając **OK**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



Kombinacje obciążeń



Aby zdefiniować kombinacje obciążeń, kliknij ikonę **Kombinacje obciążeń**. W **Przeglądarce tabel** zostanie wyświetlona tabela kombinacji obciążeń:



Nowy wiersz



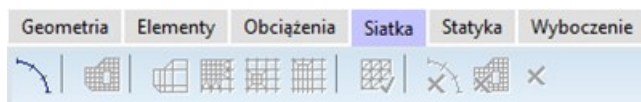
Aby zdefiniować nowy przypadek kombinacji obciążeń kliknij ikonę **Nowy wiersz**. Zostaw nazwę domyślną (**Komb #1**) a następnie wybierz: – (**kombinacja użytkownika**). Wprowadź **1,35** w kolumnie **CIĘŻAR WŁASNY** oraz **1,00** w kolumnie **WODA**. Przechodzenie do kolejnej komórki tabeli możesz realizować używając klawisza **Tab** lub **Enter**. Kliknij **OK**, aby zamknąć okno.

Pasek szybkiego wyboru

Korzystając z Paska szybkiego wyboru wyłącz wyświetlanie **Podpór**, **Odniesień** i **Konturów obiektów 3D**.

Siatka

Aby zdefiniować siatkę przejdź na zakładkę **Siatka**.



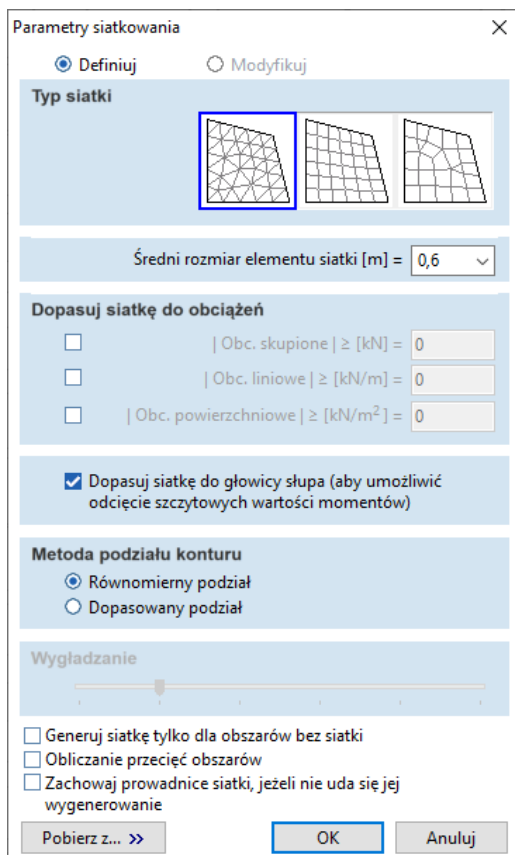
Pasek szybkiego wyboru

Korzystając z **Paska szybkiego wyboru** wyłącz **Wyświetlanie obciążeń** (piąta ikona z prawej).

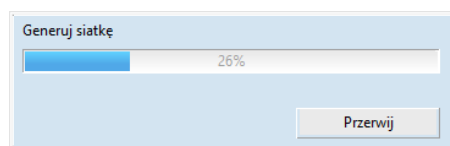
Generowanie siatki obszaru



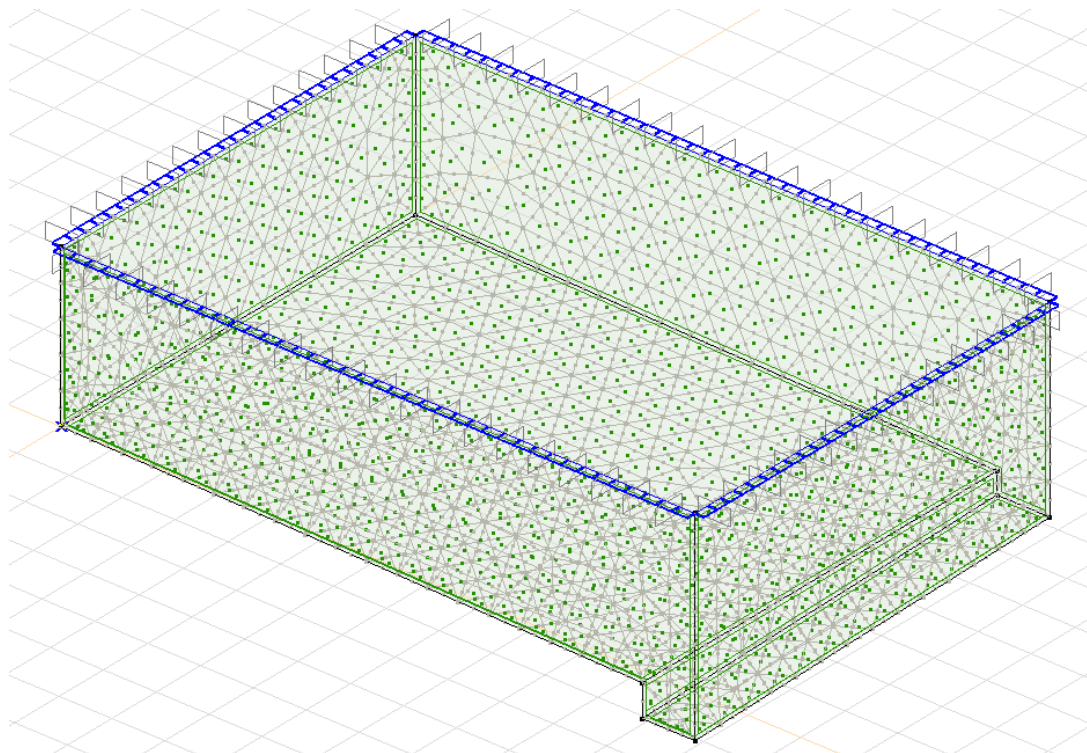
Kliknij na ikonę **Generowanie siatki obszaru**. W oknie selekcji wskaż **Wszystko (*)**. Wybór zakończ klikając **OK**. Wybierz trójkątny typ siatki, zaś w polu **Średni rozmiar elementu siatki [m]** wprowadź wartość **0,60**.



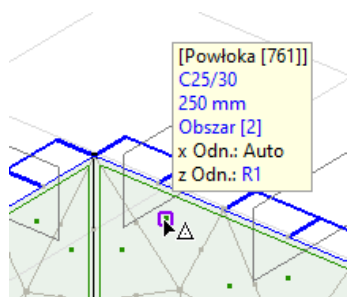
Kliknij **OK**, aby zamknąć okno. Rozpocznie się proces siatkowania, którego postęp będzie wyświetlony na pasku postępu:



Po skończeniu zostanie wyświetlony poniższy widok:



Zielone punkty w środku elementów są punktami środkowymi powłokowych elementów skończonych. Przesunięcie myszy nad punktem środkowym powoduje wyświetlenie właściwości elementu skończonego.



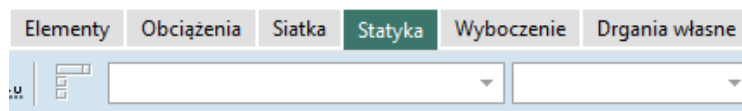
Pasek szybkiego wyboru

Wykorzystaj **Pasek szybkiego wyboru**, żeby wyłączyć **Węzły**, **Punkty środkowe elem. powierzchniowych** i **Obszary z Symboli graficznych**. Następnie wyłącz **Wyświetlanie siatki**.

Proces definiowania modelu został zakończony.

Statyka

Aby przeprowadzić analizę statyczną przejdź na zakładkę **Statyka**.

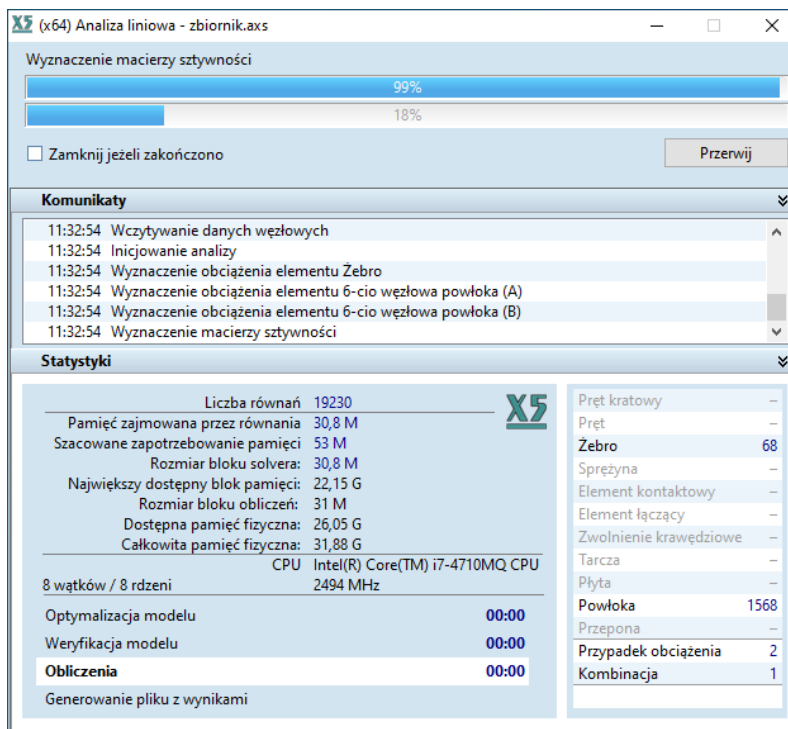


Liniowa analiza statyczna



Uruchom analizę statyczną klikając na ikonę **Liniowa analiza statyczna**.

Zostanie wyświetlone poniższe okno, na którym przedstawiane są informacje o analizie i jej postęp:

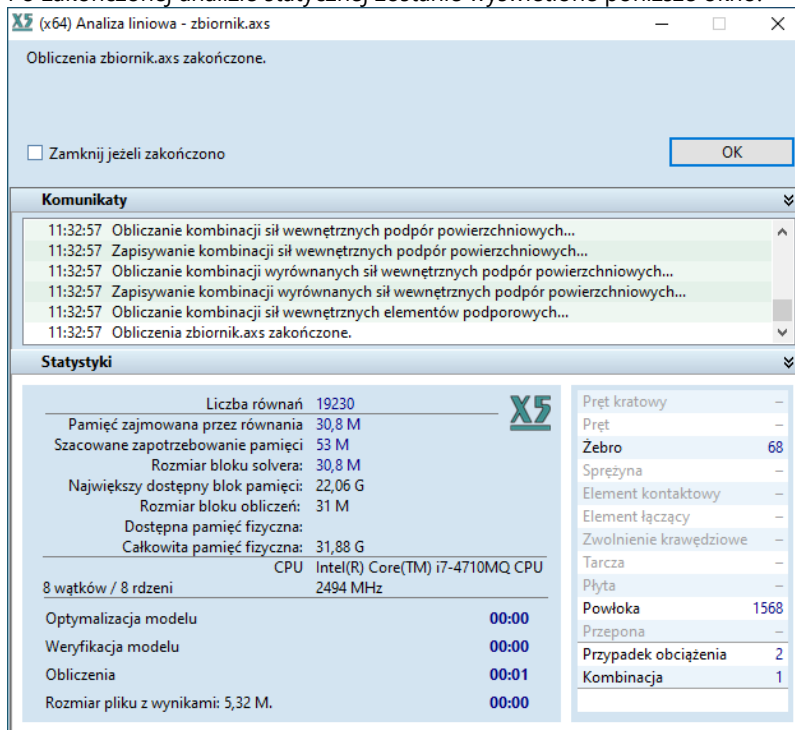


Komunikaty,
Statystyka

Kliknij na **Komunikaty** i **Statystyki**, żeby uzyskać więcej informacji o analizie.

Szacowane zapotrzebowanie pamięci pokazuje niezbędną ilość pamięci do uruchomienia analizy. Jeśli ta wartość jest wyższa niż dostępna pamięć fizyczna, **AxisVM** używa dysku twardego do zamiany bloków pamięci podczas obliczeń. Jeśli pamięć zajmowana przez układ równań nie przekracza rozmiaru pamięci fizycznej, obliczenia są znacznie szybsze.

Po zakończonej analizie statycznej zostanie wyświetlone poniższe okno:

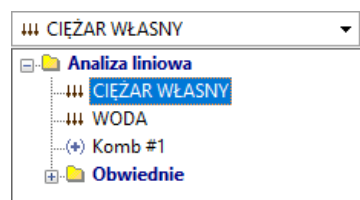


Po kliknięciu **OK** domyślnie zostaną wyświetlone przemieszczenia pionowe **eZ** jako **Izopowierzchnie 2D** od **CIĘŻARU WŁASNEGO**.

Opisy

Kliknij na **Opisy** na **Pasku szybkiego wyboru** i pozostaw włączone **Przypisz wartości do Powierzchni i Tylko Min./Max.**

Aby wyświetlić wyniki od przypadku obciążenia **WODA** kliknij na listę rozwijalną i zmień **CIĘŻAR WŁASNY** na **WODA**:

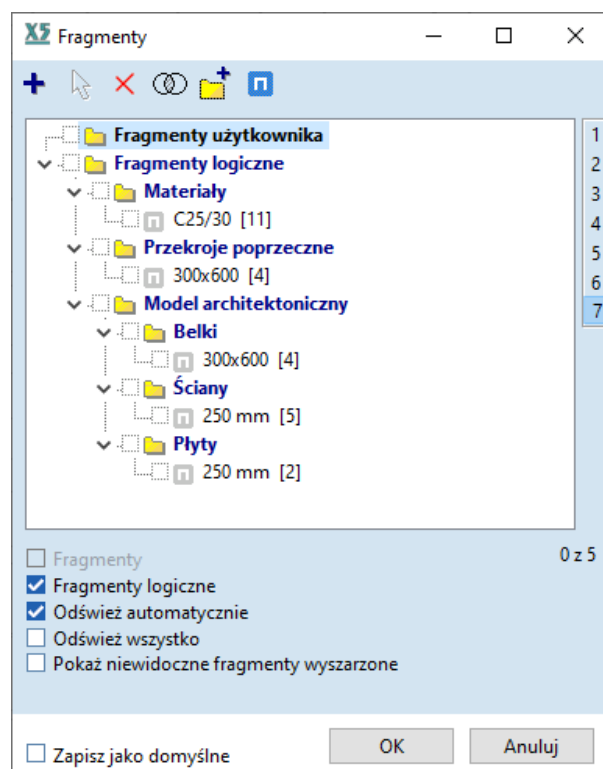


Wyświetl przemieszczenia poziome **eY [mm]**.

Fragmenty



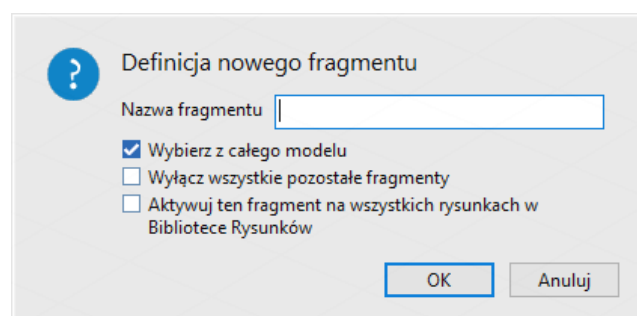
Aby poprawić widok, ukryj przednią ścianę zbiornika wykorzystując funkcję fragmentów. Kliknij na ikonę **Fragmenty** znajdującą się na pasku ikon po lewej stronie ekranu. Zostanie wyświetlone poniższe okno:



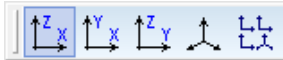
Nowy



Zdefiniuj fragment zawierający wszystkie obszary zbiornika, poza ścianą frontową. Kliknij ikonę **Nowy**, a następnie w polu **Nazwa fragmentu** wpisz **1**:

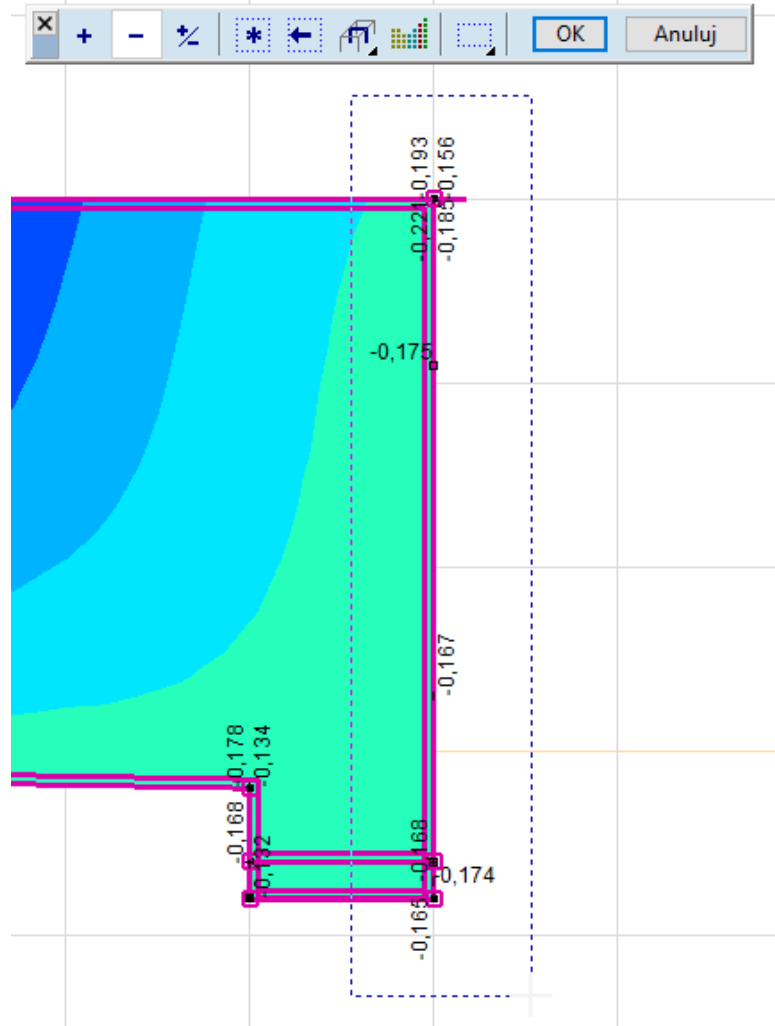


Widok

Zmień widok na widok w płaszczyźnie **X-Z**.

Naciśnij i przytrzymaj kółko myszy, żeby przesunąć widok tak, aby prawa część modelu była w pełni widoczna. Użyj dolnego suwaka, jeśli mysz nie ma przycisku kółka.

Zaznacz **Wszystko** za pomocą ikony (*), a następnie nakreśl kursorem w kierunku od lewej do prawej prostokąt zaznaczenia, aby odznaczyć ścianę po prawej stronie zaznaczenia:

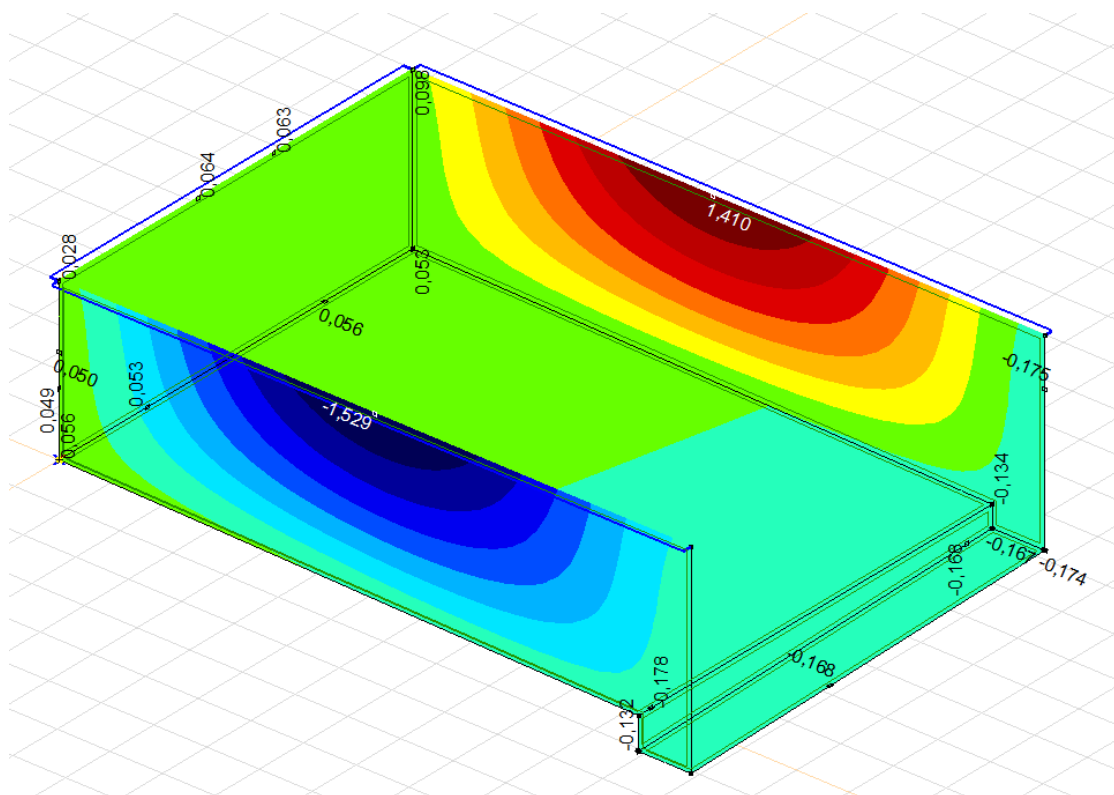


Kliknij **OK** w oknie **Selekcji**, a następnie zamknij okno dialogowe **Fragmenty** również klikając **OK**.

Przywróć poprzedni widok



Przywróć poprzedni widok (ikona na pasku w lewym dolnym rogu ekranu) lub wciśnij kombinację klawiszy **Ctrl+4**, aby wyświetlić widok **Perspektywiczny**. Po zdefiniowaniu fragmentu ściana frontowa nie jest widoczna:



Wartości Min, max



Aby znaleźć ekstremalne wartości przemieszczeń poziomych, kliknij na ikonę **Wartości Min, max**. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

Ekstrema modelu

Przemieszczenia

eX [mm]	fX [rad]
eY [mm]	fY [rad]
eZ [mm]	fZ [rad]
eR [mm]	fR [rad]

OK

Anuluj

Wybierz składową przemieszczeń **eY [mm]** i kliknij **OK**, aby wyświetlić maksymalną wartość ujemną i jej lokalizację.

Min eY

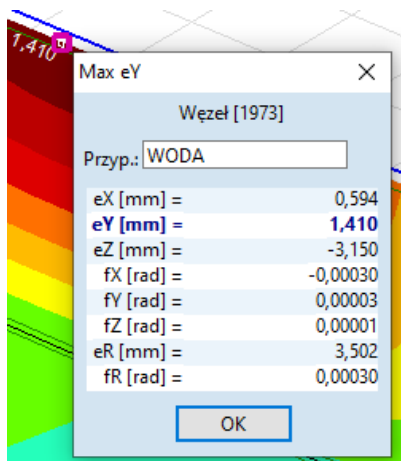
Węzeł [284]

Przyp.: WODA

eX [mm] =	0,456
eY [mm] =	-1,529
eZ [mm] =	-3,168
fX [rad] =	0,00030
fY [rad] =	0,00004
fZ [rad] =	-0,00001
eR [mm] =	3,547
fR [rad] =	0,00030

OK

Potwierdź klikając **OK**. Następnie okno dialogowe wyniku przeskakuje do maksymalnej wartości dodatniej.



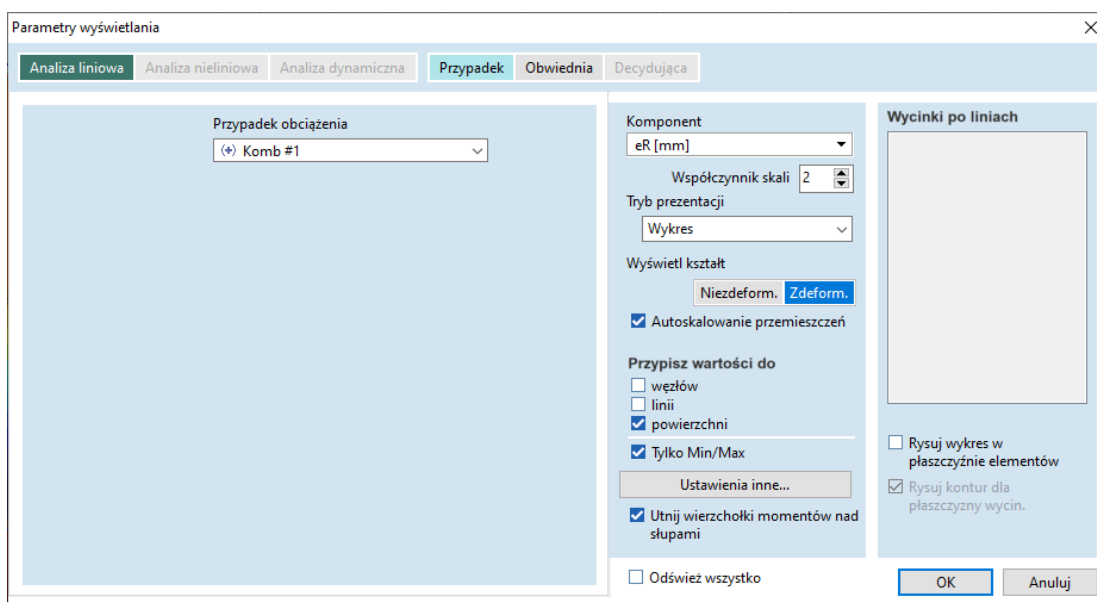
Zamknij okno klikając **OK**.

Dla kombinacji obciążeń **Komb #1** wyświetl wypadkową przemieszczeń **eR**.

Parametry wyświetlania wyników



Kliknij na ikonę **Parametry wyświetlania wyników**, a następnie: w polu **Wyświetl kształt** włącz **Zdeform.**, w **Trybie prezentacji** zmień na **Wykres**, a w polu **Współczynnik skali** wpisz 2:



Zamknij okno klikając **OK**.

Linie niewidoczne ukryte



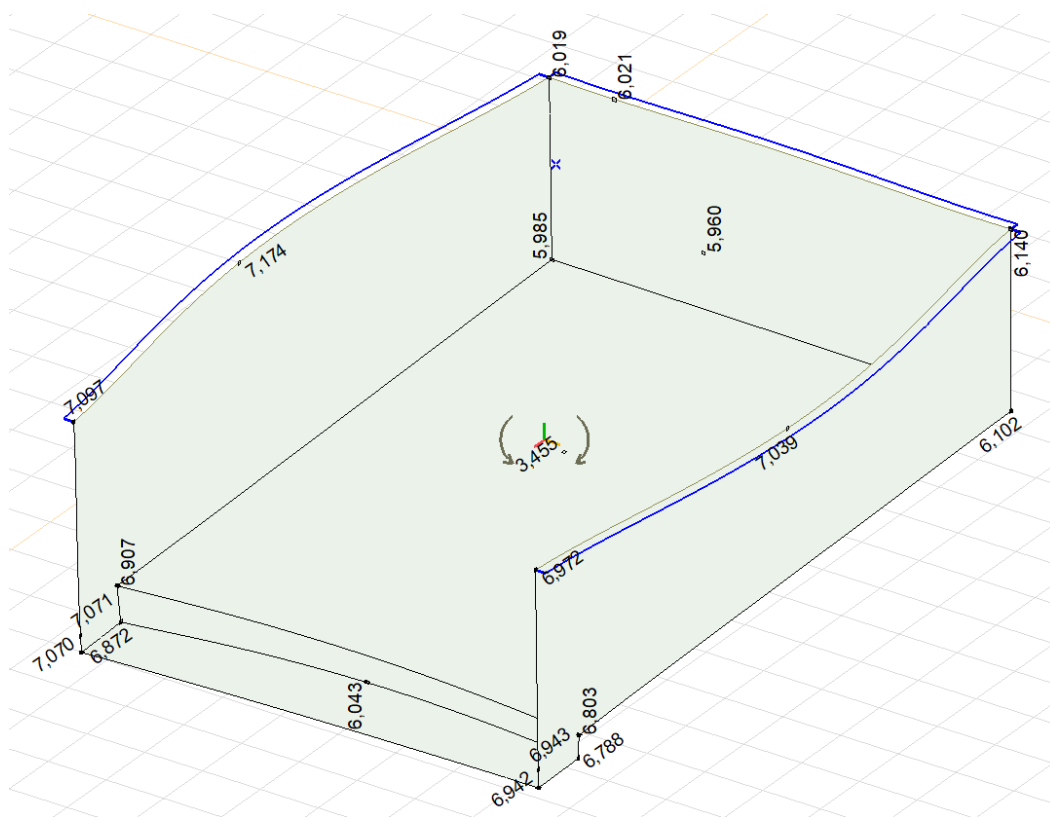
Korzystając z paska po lewej stronie zmień **Tryb wyświetlania** na **Linie niewidoczne ukryte**:



Obrót



Wybierz ikonę **Obrót** znajdującą się w lewym dolnym rogu ekranu. Przeciągnij model, aby obrócić i sprawdzić deformację konstrukcji.



Wciśnij **Esc**, żeby opuścić funkcję obrotu.

Obracanie modelu jest możliwe również poprzez jednoczesne przytrzymanie klawisza **Alt** oraz środkowego przycisku (**rolki**) myszy.

Przywróć poprzedni widok



Przywróć poprzedni widok korzystając z odpowiedniej ikony w lewym dolnym rogu ekranu.

Parametry wyświetlania wyników

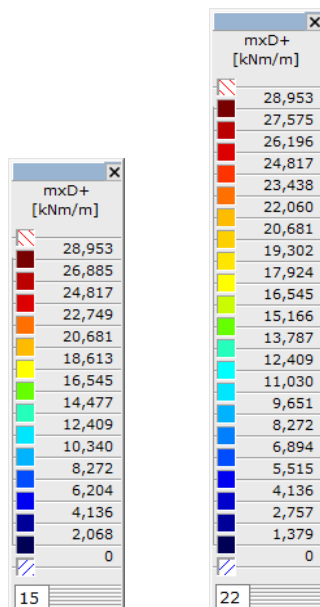


Kliknij ikonę **Parametry wyświetlania wyników**: zmień **Wyświetl kształt** na **Niezdeform.**, zmień **Tryb prezentacji** na **Izopowierzchnie 2D**, a także zmień **Współczynnik skali** na **1**.

Zmień wyświetlanie wyników na **Siły wewn. elementu powierzchniowego** – składowa **mxD+**.

Legenda kolorów

Legenda kolorów pokazuje wartości graniczne każdego koloru. **Dostosuj liczbę wartości granicznych**, przeciągając dolną krawędź tej palety i ustaw ją na 22:

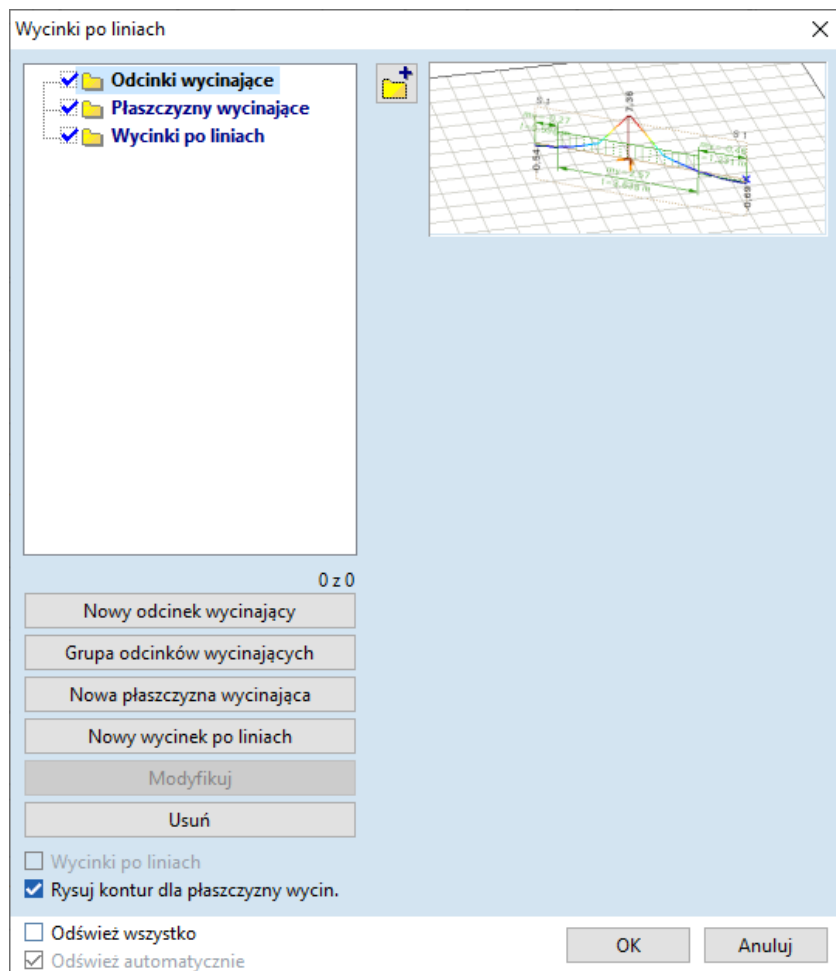


Wycinki

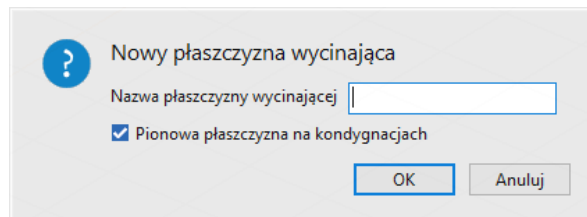


Zmień składową wyników **Sił wewn. elementu powierzchniowego** – na składową **myD-**.

Aby określić wycinki do wyświetlania wykresu **myD-**, kliknij na ikonę **Wycinki** znajdującą się pasku ikon po lewej stronie ekranu. Zostanie wyświetlony poniższy widok:



Aby zdefiniować nową płaszczyznę wycinającą kliknij na **Nowa płaszczyzna wycinająca** w oknie dialogowym. Zostanie wyświetlony następujący komunikat. Za jego pośrednictwem można wprowadzić nazwę sekcji:

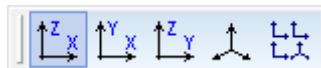


W polu nazwy wpisz **1** a następnie zatwierdź klikając **OK**.

Widoki



Zmień widok na widok z przodu **X-Z** – lub wciśnij **Ctrl+1**.



Określ płaszczyznę wycinającą na środku zbiornika.

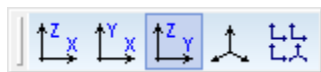
Płaszczyzna wycinająca może być zdefiniowana przez dwa punkty, gdy aktywny jest widok z boku, z przodu lub z góry. W widoku z przodu, wskaż punkt środkowy żebra, a następnie wprowadź drugi punkt poniżej pierwszego.

Po zakończeniu definiowania płaszczyzny wycinającej zostanie wyświetlone okno **Wycinki**. Zamknij je klikając **OK**.

Widoki



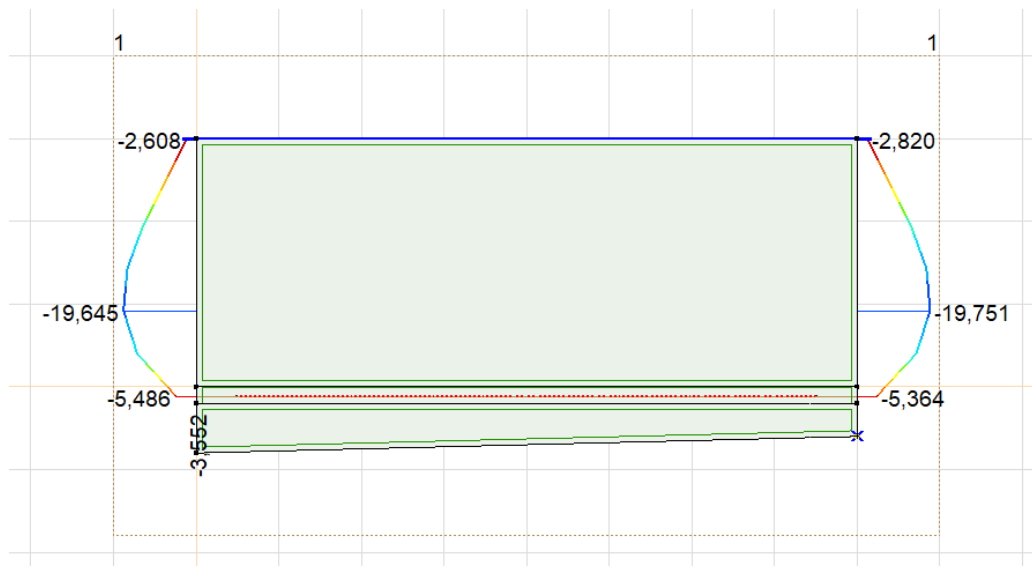
Zmień widok na widok w płaszczyźnie **Y-Z** – lub wciśnij **Ctrl+3**.



Opisy

Na **pasku szybkiego wyboru** w opisach włącz **Przypisz wartości do linii**.

Rezultat będzie następujący:



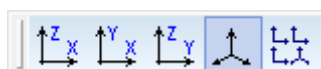
Pasek szybkiego wyboru

Wyłącz tryb prezentacji wycinków korzystając z ikony **Pokaż/Ukryj wycinki** na pasku szybkiego wyboru.

Widoki



Zmień widok na widok **Perspektywiczny**.



Na zakładce **Materiały** w **Klasie ekspozycji** przyjmij klasę **XC2** dla górnej i dolnej powierzchni.

Zbrojenie po kierunku x przyjmij jako zbrojenie główne dla górnej i dolnej siatki zbrojenia. Zastosuj minimalną otulinę zbrojenia:

Parametry zbrojenia powierzchniowego (Eurokod [PL])

Materiały Zbrojenie Szerokości rys Ścinanie

☐ Oblicz z grubością rzeczywistą

Grubość (h) [mm] = 250

Mimośród niekorzystny (N > 0) = 0 * h

Mimośród niekorzystny (N < 0) = 0 * h

Otulina Średnica (mm) Kierunek

c_g [mm] = 30 ≥ 30 \emptyset = 12 x y

c_g [mm] = 42 ≥ 42 \emptyset = 12 x y

c_d [mm] = 42 ≥ 42 \emptyset = 12 x y

c_d [mm] = 30 ≥ 30 \emptyset = 12 x y

☒ Zastosuj minimalną otulinę

Przekazywanie obciążenia

☒ Dwukierunkowo

☐ Jednokierunkowo

☐ W kierunku x-lokalny ☐ W kierunku y-lokalny

Uwzględnij wymagane zbrojenie minimalne ☐ Górne zbrojenie ☐ Dolne zbrojenie

Kierunki prętów

☒ Lokalny x, y

☐ Niestandardowy

☐ Bieżące ustawienia jako domyślne

Pobierz z... >> OK Anuluj

Zamykając okno ustawień parametrów zbrojenia za pomocą przycisku **OK**, na ekranie domyślnie wyświetlone zostaną wyniki dla zbrojenia dolnego po kierunku **x** - **axd [mm²/m]**. Zmień **Tryb prezentacji** wyników na **Izopowierzchnie 2D**. Uwaga: zmiana jednostek, w jakich wyświetlane są poszczególne składowe rezultatów (np. na **cm²/m** zamiast **mm²/m** dla pól powierzchni zbrojenia elementów powierzchniowych), możliwa jest w oknie **Jednostki i formaty...** dostępnym w menu **Ustawienia**.

Pasek szybkiego wyboru

Na pasku szybkiego wyboru kliknij **Opisy** i wyłącz **Przypisz wartości do Powierzchni i Linii**. Ponownie włącz wyświetlanie fragmentu nr 1. Zostanie wyświetlone poniższe okno:

Po zaznaczeniu elementów do zbrojenia zostanie wyświetlone następujące okno:

Przyjmij kierunek **x** **Głównym kierunkiem zbrojenia** dla dolnej i górnej siatki. Zaznacz pole wyboru **Zastosuj minimalną otulinę**.

Przejdź na zakładkę **Zbrojenie**:

Ustaw parametry zbrojenia w polu po lewej stronie okna dialogowego a następnie przypisz je do poszczególnych warstw zbrojenia znajdujących się po prawej stronie okna dialogowego.

W polu średnicy pręta \varnothing [mm] wprowadź wartość **12**. W polu **Rozstaw [mm]** wprowadź **150**. Zaznacz pole **Wyznacz automatyczne położenie pręta**, a następnie wskaż **Górne zbrojenie (P)** dla **Kierunku x** i wciśnij przycisk **Dodaj**.

Otrzymasz następujący widok:

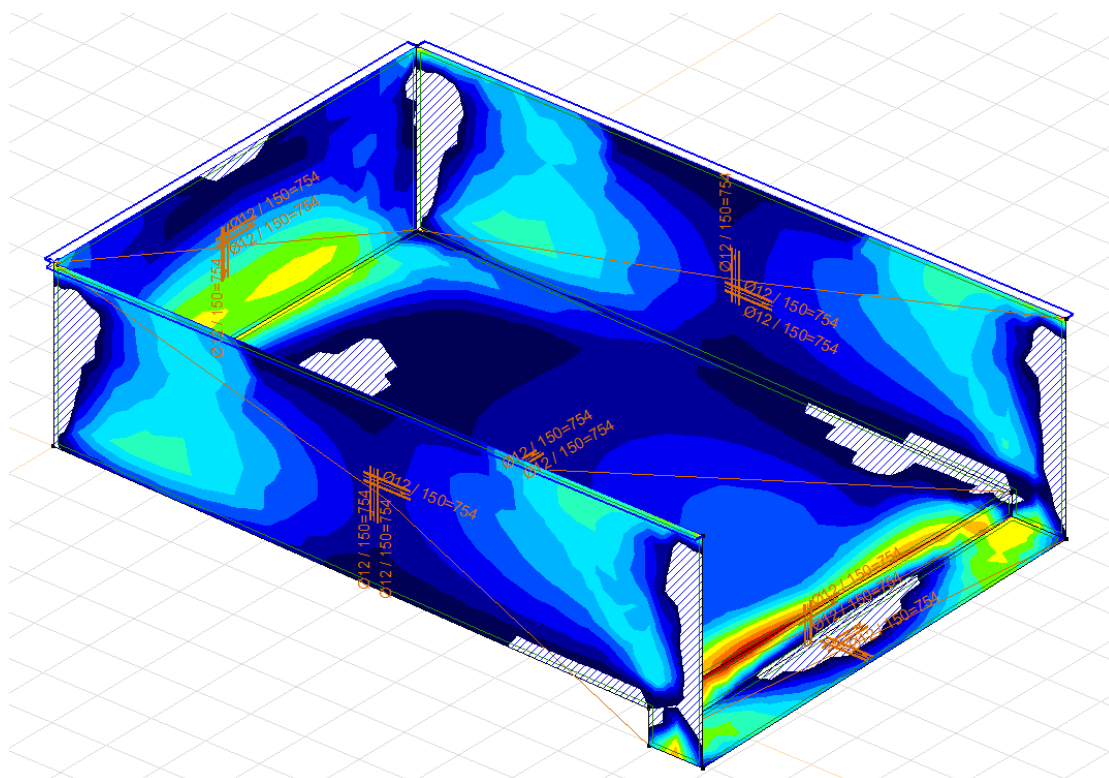
The screenshot shows the 'Zbrojenie rzeczywiste' dialog box with the 'Zbrojenie' tab selected. The 'Parametry (Eurokod [PL])' section on the left shows the configuration for 'Kierunek x' with 'Górne zbrojenie (P) = 754' and '12 mm / 150 mm (36 mm) [żeb.]' selected. The 'Pręty zbr.' section on the right shows 'Typ: Żebrowane', 'Ø [mm] = 12', 'Rozstaw [mm] = 150', 'Położenie pręta zbr. [mm] = 36', and 'A_s [mm²/m] = 754'. The 'Maksymalne zbrojenie teoretyczne dla wybranych elementów' section shows 'axg [mm²/m] = 782', 'axd [mm²/m] = 397', 'ayg [mm²/m] = 889', and 'ayd [mm²/m] = 441'. The 'Odświeżanie automatyczne' checkbox is checked. The 'Pobierz z...' button is active, and the 'OK' and 'Anuluj' buttons are visible.

W podobny sposób dodaj zbrojenie dla pozostałych warstw, w efekcie czego otrzymasz poniższy widok:

The screenshot shows the 'Zbrojenie rzeczywiste' dialog box with the 'Zbrojenie' tab selected. The 'Parametry (Eurokod [PL])' section on the left shows the configuration for 'Kierunek x' with 'Górne zbrojenie (P) = 754' and '12 mm / 150 mm (36 mm) [żeb.]' selected, and 'Kierunek y' with 'Górne zbrojenie = 754' and '12 mm / 150 mm (48 mm) [żeb.]' selected. The 'Pręty zbr.' section on the right shows 'Typ: Żebrowane', 'Ø [mm] = 12', 'Rozstaw [mm] = 150', 'Położenie pręta zbr. [mm] = 48', and 'A_s [mm²/m] = 754'. The 'Maksymalne zbrojenie teoretyczne dla wybranych elementów' section shows 'axg [mm²/m] = 782', 'axd [mm²/m] = 397', 'ayg [mm²/m] = 889', and 'ayd [mm²/m] = 441'. The 'Odświeżanie automatyczne' checkbox is checked. The 'Pobierz z...' button is active, and the 'OK' and 'Anuluj' buttons are visible.

Jak widzimy, pozycja zbrojenia jest automatycznie wyznaczana. Dzieje się to z uwzględnieniem otuliny zbrojenia, położenia warstwy zbrojenia i średnicy prętów zbrojeniowych.

Zamknij okno za pomocą przycisku **OK**, a zdefiniowane zbrojenie zostanie wyświetlone na obszarach:



Grube brązowe linie i ich opisy dotyczą zbrojenia rzeczywistego. Jeżeli tylko jeden kierunek zbrojenia jest widoczny na obszarze przejdź do **Opcji wyświetlania**. Na zakładce **Etykiety** odznacz **Zgodnie z wyświetlonym komponentem wyniku**.

Opcje wyświetlania

Symbole Etykiety Włączniki

Opisy

- ☐ Wezeł
- ☐ Pręt kratowy
- ☐ Pręt
- ☐ Zebro
- ☐ Pręt wirtualny
- ☐ Elem. powierzchniowy
- ☐ Obszar
- ☐ Podpora
- ☐ Elem. łączące
- ☐ Element sztywny
- ☐ Przepona
- ☐ Sprężyna
- ☐ Element kontaktowy
- ☐ Materiał
- ☐ Przekrój poprzeczny
- ☒ Element wymiarowany
- ☒ Grupa optymalizacji
- ☐ Panel obciążeniowy
- ☐ Odniesienie
- ☐ Użyj numeracji elem. skończonych
- ☒ Środek ciężkości kondygnacji
- ☒ Środek ścinania kondygnacji
- ☐ Etykiety na liniach widoczne w kierunku osi
- ☒ Etykiety przezroczyste
- ☒ Zapobiegaj nakładaniu się etykiet

Właściwości

- ☐ Współrzędne węzłowe
- ☐ Nazwa materiału
- ☐ Nazwa przekroju poprz.
- ☐ Połączenie śrubowe
- ☐ Zbrojenie słupa
- ☒ Żelbetowa ściana/rdzeń
- ☒ Ściana murowa
- ☐ Zbrojenie belki
- ☐ Długość pręta
- ☐ Grubość
- ☐ Pole pow. obszaru
- ☐ Redukcja sztywności
- ☐ Charakterystyka podpory
- ☐ Sztywność podpory
- ☐ Wartość obciążenia
 - ☐ Skupione
 - ☐ Liniowe
 - ☐ Powierzchniowe
 - ☐ Temperatura
 - ☐ Wartość masy
 - ☐ Jednostki
- ☐ Przypisz wartości do
 - ☒ węzłów
 - ☐ linii
 - ☐ powierzchni
- ☐ Pożar
- ☐ Ciężar własny
- ☐ Inne
- ☒ Tylko Min/Max

Zbrojenie rzeczywiste

Symbole Etykiety

<input checked="" type="checkbox"/> axd	<input checked="" type="checkbox"/> axd
<input checked="" type="checkbox"/> ayd	<input checked="" type="checkbox"/> ayd
<input checked="" type="checkbox"/> axg	<input checked="" type="checkbox"/> axg
<input checked="" type="checkbox"/> ayg	<input checked="" type="checkbox"/> ayg

Etykiety

- ☒ Pręty zbr. + Zbrojenie wymagane
- ☐ Pręty zbr. + Ilość x (Długość)
- ☐ Zgodnie z wyświetlonym komponentem wyniku

☒ Odśwież automatycznie

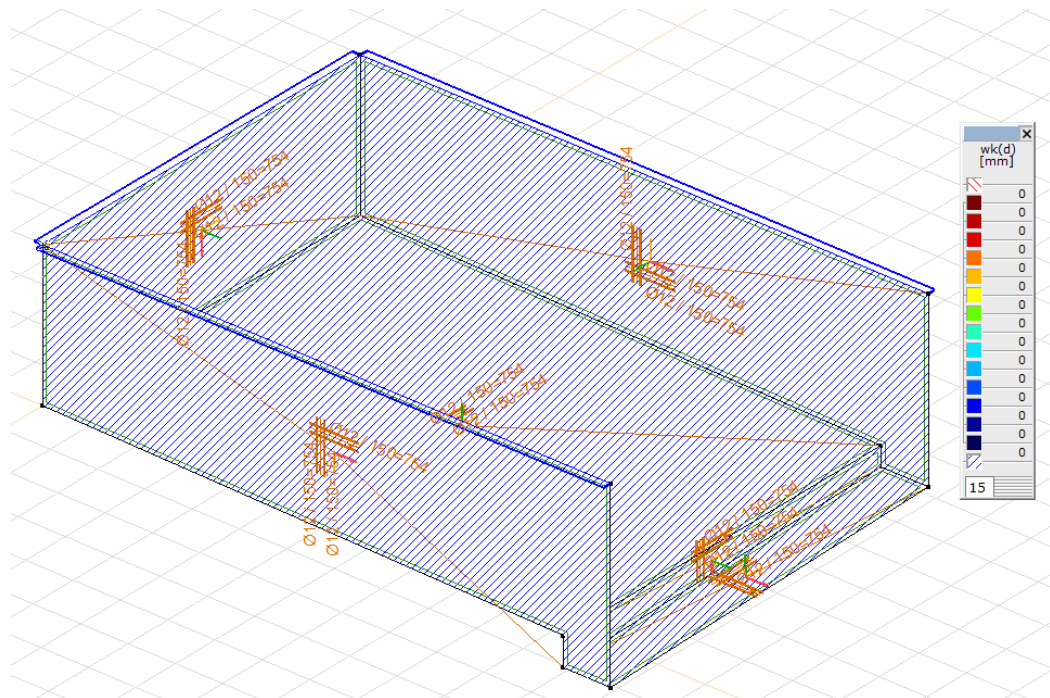
☐ Odśwież wszystko

☐ Zapisz jako domyślne

OK Anuluj

Szerokość rys

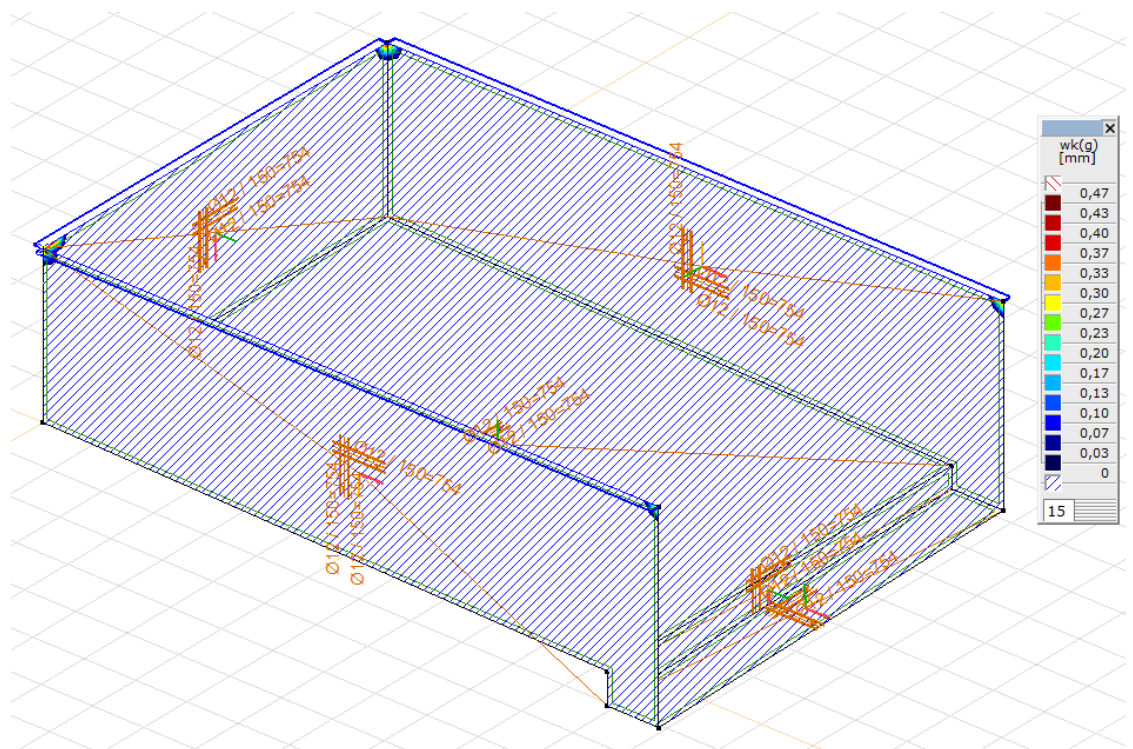
Przełącz wyniki na **Szerokość rys – wk(d)**. Zostaną wyświetlone zarysowania dolnej powierzchni obszarów (zewnątrzna powierzchnia zbiornika, uwaga: położenie „dna” zależy od położenia lokalnego układu współrzędnych).



Obszary które są zakreskowane na niebiesko są obszarami w którym zarysowanie nie wystąpi.

Sprawdź szerokości rys na wewnętrznych powierzchniach zbiornika.

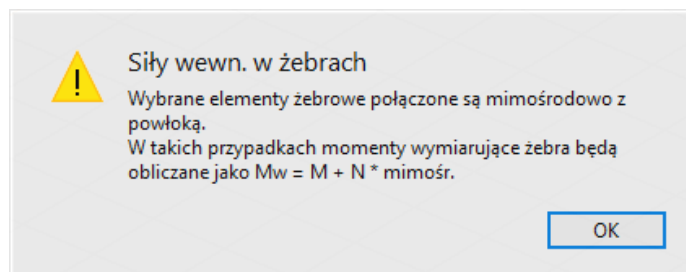
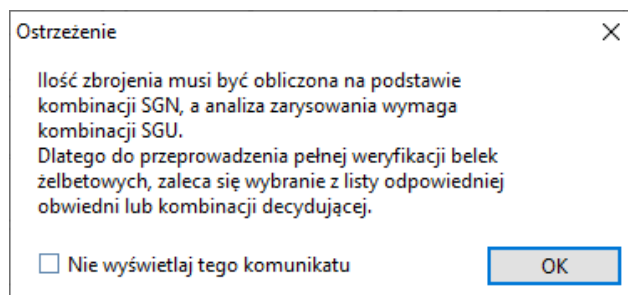
Przełącz wyniki na **Szerokość rys – wk(g)**. Zostaną wyświetlone zarysowania wewnętrznej powierzchni obszarów. Otrzymasz poniższy widok:



Tutaj możesz zobaczyć zarysowania na niektórych wewnętrznych narożnikach obszarów.

Wymiarowanie
zbrojenia belki

Aby zaprojektować zbrojenie żeber aktywuj funkcję **Wymiarowanie zbrojenia belki**. Następnie wskaż najdłuższe i najbardziej oddalone żebro i wybór zatwierdź klikając **OK**. Pojawi się następujący komunikat ostrzegawczy:

Parametry zbrojenia
belki

Po zamknięciu ostrzeżeń zostanie wyświetlone okno dialogowe **Parametrów zbrojenia belki**.

Ustaw parametry zgodnie z poniższym rysunkiem:

Parametry zbrojenia belki - Eurokod [PL]

Przekrój poprzeczny Parametry

Beton C25/30 D_{\max} [mm] = 16

Klasa konstrukcji S3

300x600

b_w [mm] = 300,0 h [mm] = 600,0

Klasy środowiska, otuliny

Górny: (+z) XC2 Lewy: (-y) XC2 Prawy: (+y) XC2 Dolny: (-z) XC2

Zastosuj minimalną otulinę

c_v (+z) [mm] = 30,0 c_v (-y) [mm] = 30,0 c_v (+y) [mm] = 30,0 c_v (-z) [mm] = 30,0

Strzemie B500B

Liczba cięć strzemion = 2

ϕ_y [mm] = 8

Krok dla rozstawu strzemion Δs [mm] = 50,0

Zbrojenie boczne na skręcanie ϕ_{skr} [mm] = 16

Zbrojenie podłużne B500B

Typ Zebrowane

ϕ_g [mm] = 16 ϕ_g [mm] = 16 ϕ_d [mm] = 16 ϕ_d [mm] = 16

Maksymalna liczba zastosowanych układów wkładek

3

☐ Zapisz jako domyślne

OK Anuluj

Wybierz **przekrój prostokątny** żebra. Przypisz **Klasę konstrukcji S3**.

Przyjmij **Klasę środowiska XC2** dla czterech stron żebra. Zaznacz pole **Zastosuj minimalną otulinę**.

Przyjmij gatunek stali dla zbrojenia podłużnego i poprzecznego jako **B500B**. Zastosuj średnicę **Ø8 mm** dla strzemion i **Ø16 mm** dla zbrojenia głównego.

Na zakładce **Parametry** aktywuj kontrolę szerokości rys zaznaczając pole **Zwiększ ilość zbrojenia w celu ograniczenia szerokości rys**:

Parametry zbrojenia belki - Eurokod [PL]

Przekrój poprzeczny Parametry

Wymiarujące siły wewnętrzne

☒ Vz - My
☐ Vy - Mz

☒ Sprawdzenie skręcania
☒ Redukcja siły tnącej na podporach

Kąt betonowych krzyżulców ściskanych

☒ 45°
☐ Zmienny
☐ Niestandardowy

θ = 45

27° 45°

Szerokości rys

☒ Zwiększ ilość zbrojenia w celu ograniczenia szerokości rysy

Szerokość rysy górnej [mm] = 0,30

Szerokość rysy dolnej [mm] = 0,30

☒ Uwzględnij wytrzymałość betonu na rozciąganie

Czas trwania obciążenia

☐ Krótkotrwale (kt = 0.6) ☒ Długotrwale (kt = 0.4)

Sprawdź dopuszczalne ugięcie

Weryfikacja ugięcia jest przeprowadzana tylko, gdy ustawiona jest rzeczywista klasa betonu i rzeczywisty przekrój poprzeczny.

Pręt: L / 300

Wspornik: L / 400

Analiza nieliniowa

☒ Uwzględnij wytrzymałość betonu na rozciąganie

☒ f_{ctm} ☐ $f_{ctm,fl}$

ϵ_{cs} [%] = 0,422

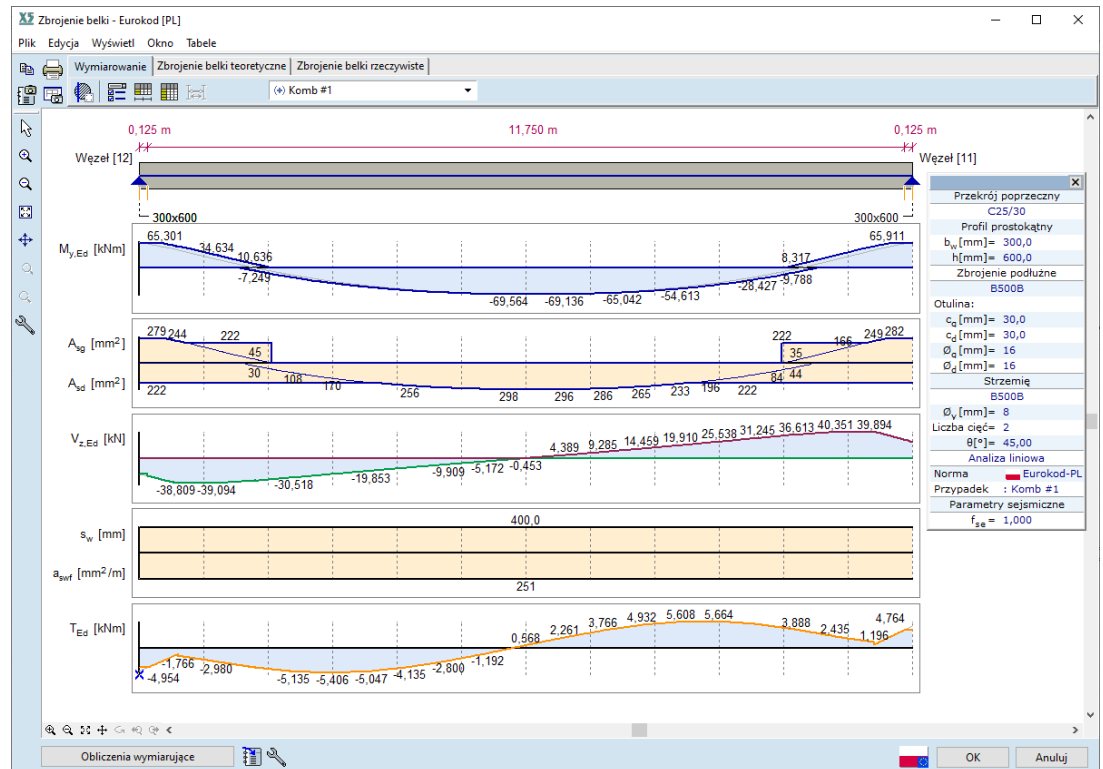
Wskaźnik dla sił sejsmicznych

f_{se} = 1

☐ Zapisz jako domyślne

OK Anuluj

Po kliknięciu **OK** zostanie wyświetlone poniższe okno. W tym oknie przedstawiona jest m.in. obwiednia sił wewnętrznych i obliczona potrzebna ilość zbrojenia podłużnego i poprzecznego.



Po przejściu na zakładkę **Zbrojenie belki teoretyczne** widoczne są m.in. wymagane zbrojenie, szerokość rys, nośność na zginanie i ścinanie i inne.



Po przejściu zakładkę Zbrojenie belki rzeczywiste obliczone zbrojenie może być przypisane do żebra zgodnie z intencją użytkownika. Ta funkcja nie jest tutaj prezentowana, ale podobny przykład można znaleźć w rozdziale **Model belkowy** tego samouczka.

Kliknij **OK**, żeby zamknąć okno.

