

Krótkie wprowadzenie do SolidWorks Simulation

Autor: dr inż. Jerzy Domański

jdom@uwm.edu.pl

Materiał stanowi wprowadzenie,
mające na celu ułatwienie studentom rozpoczynanie pracy w programie.

SPIS TREŚCI

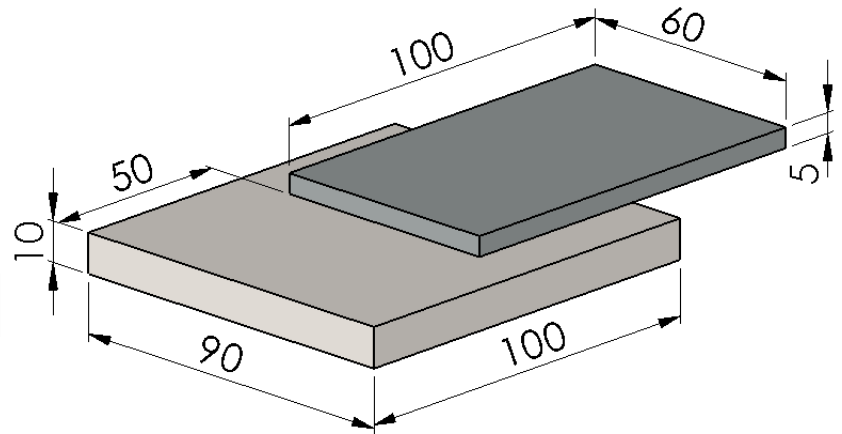
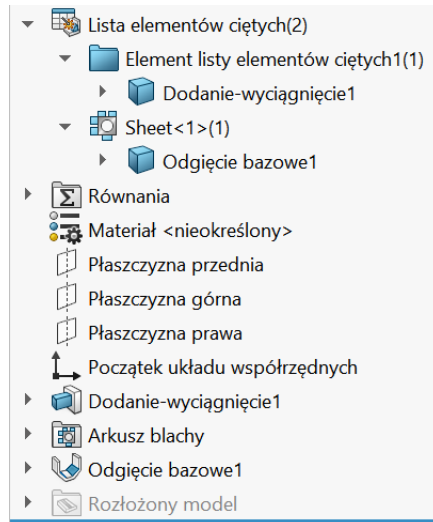
1.	Model poddany obliczeniom wytrzymałościowym	2
1.1	Dodawanie połączeń spawanych	2
1.2	Materiał	3
2.	Uruchamianie analizy wytrzymałościowej	3
3.	Pierwsze kroki po utworzeniu analizy wytrzymałościowej.....	4
4.	Interakcje	4
4.1	Interakcja globalna	4
4.2	Interakcja lokalna	5
5.	Mocowanie i obciążenie	6
6.	Siatka	7
7.	Uruchamianie obliczeń	9
8.	Wyniki obliczeń.....	10
9.	Wybrane metody oceny modelu obliczeniowego oraz wyników.....	12
9.1	Przeglądarka interakcji	12
9.2	Dodanie własnego wykresu.....	12
10.	Opcje SolidWorks Simulation	13
11.	Przykłady definicji połączeń śrubowych	14
11.1	Definicja śrub fundamentowych	15
11.2	Definicja śrub złącznych	15
11.3	Definicja interakcji Wirtualna ściana	16
11.4	Wyniki.....	17
11.5	Analiza wyników	17
12.	Podsumowanie wprowadzenia do Simulation	18

1. Model poddany obliczeniom wytrzymałościowym

Model poniższy został wykonany jako część wieloobiektowa (wielobrytowa).

Dolna płyta została wykonana jako wyciągnięcie a górna jako blacha.

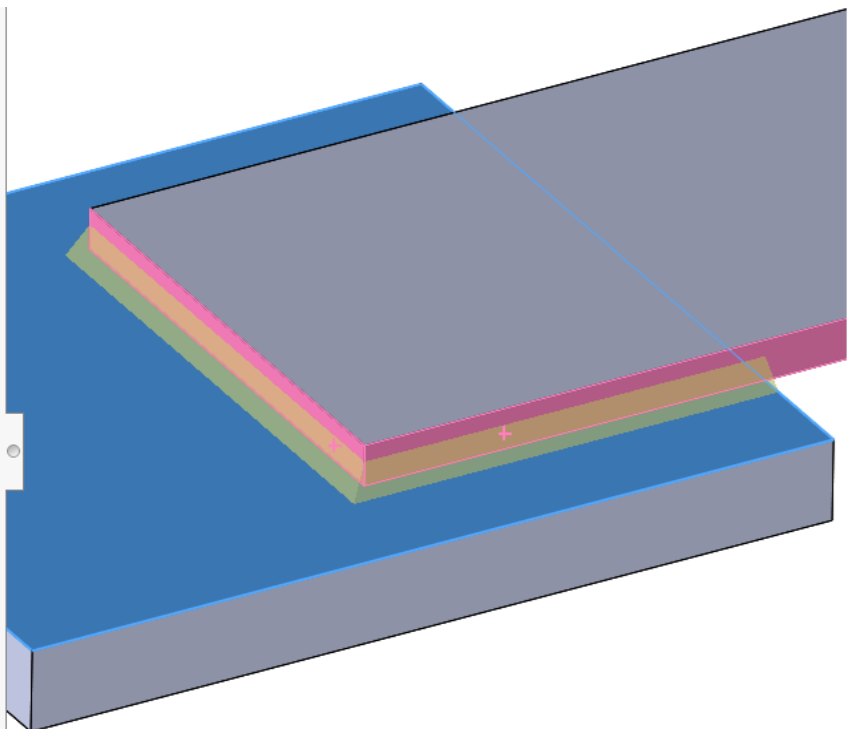
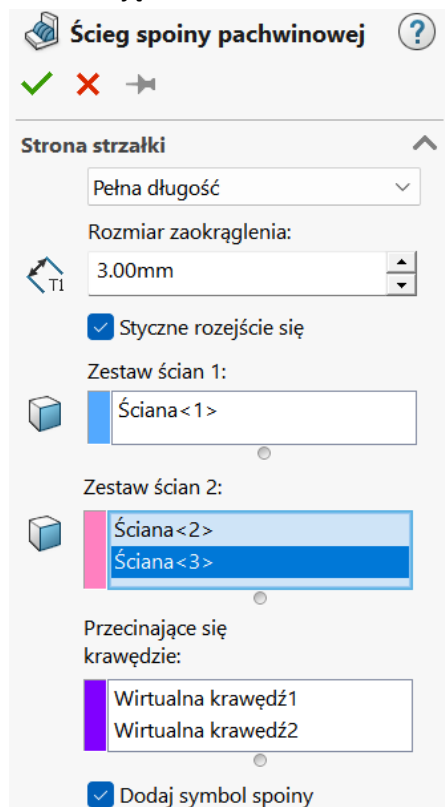
Dwie płyty nie stanowią jednej bryły i zostaną zespawane (spawy zostaną dodane poniżej).



1.1 Dodawanie połączeń spawanych

Z menu Wstaw > Konstrukcje spawane > Ściąg spoiny pachwinowej

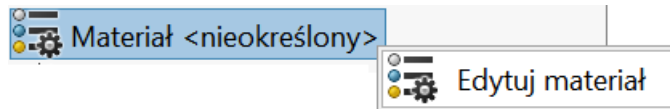
Celo zespawano tylko dwie krawędzie, żeby lepiej pokazać wpływ doboru interakcji na obliczoną konstrukcję.



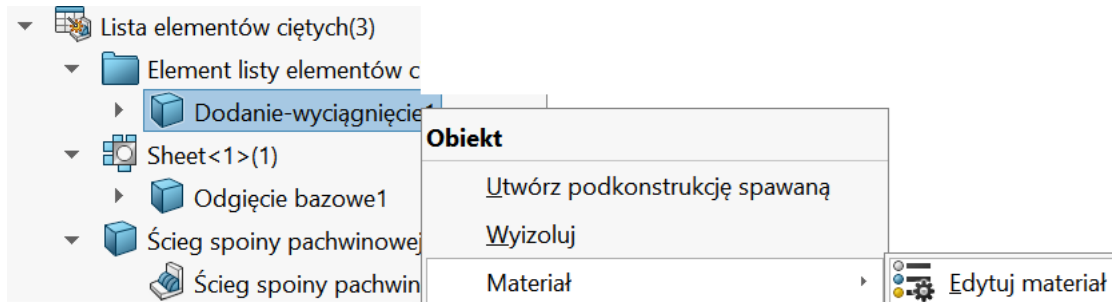
1.2 Materiał

Materiał może zostać dodany na etapie modelowania (zaprezentowane poniżej) lub później na etapie obliczeń (nie pokazano w opracowaniu). Każda bryła może mieć inny materiał.

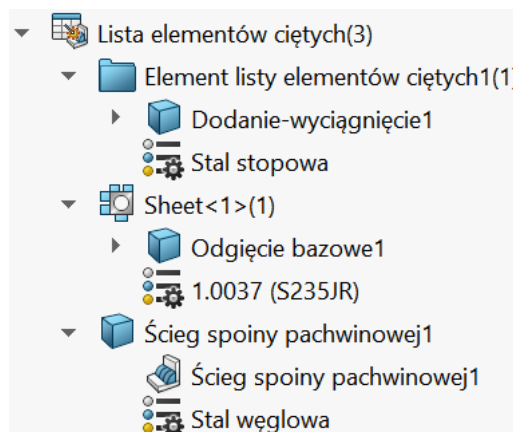
Poniżej definiowanie materiału dla całej konstrukcji:



Poniżej definiowanie materiału dla każdej bryły:

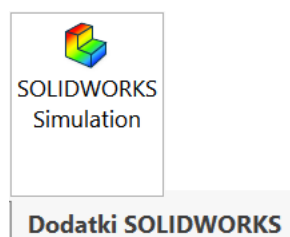


Przykład różnych materiałów:

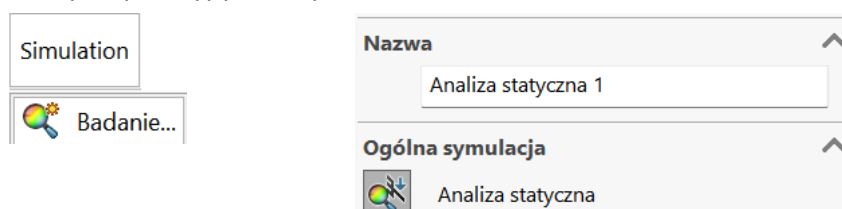


2. Uruchamianie analizy wytrzymałościowej

Uruchamianie dodatku:

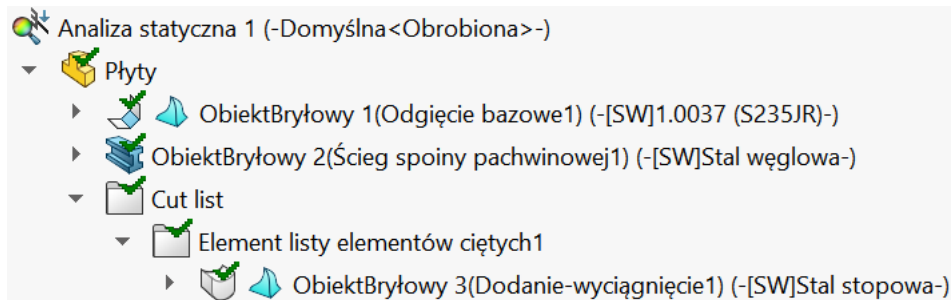


Tworzenie analizy i wybór typu analizy:



3. Pierwsze kroki po utworzeniu analizy wytrzymałościowej

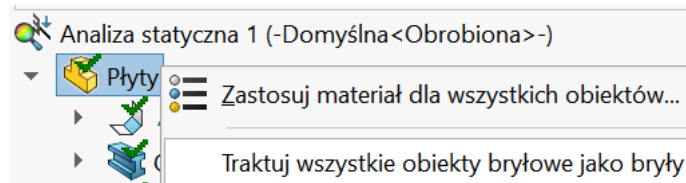
Poniżej fragment drzewa analizy wytrzymałościowej:



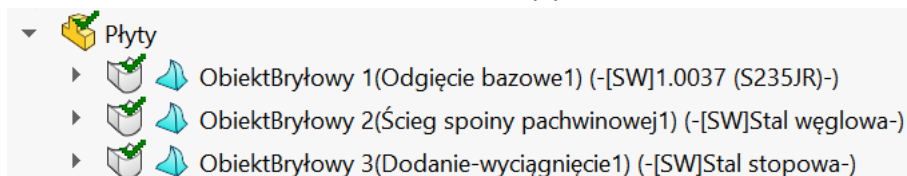
Na rysunku powyżej:

- Obiekt bryłowy 1 – siatka skorupy (powłokowa), *model wykonany jako arkusz blachy*,
- Obiekt bryłowy 2 – siatka belki, *ścieg spoiny pachwinowej*,
- Obiekt bryłowy 3 – siatka bryłowa, *model wykonany wyciągnięciem*.

Zalecam zmianę typów siatki na siatkę bryłową (w tym przypadku):



Poniżej bryły po skasowaniu folderu **Cut list** i zamianie na bryły:

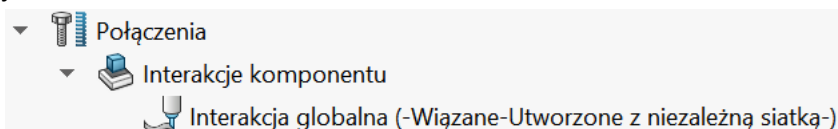


4. Interakcje

Interakcja to sposób oddziaływania jednej bryły na drugą.

4.1 Interakcja globalna

Domyślna interakcja:

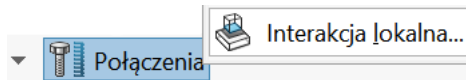


Rodzaje interakcji:



- Wiązane – dotykające się ściany łączą się w jedną całość, np. między bryłą spawu a bryłą połączoną przez spaw,
- Kontakt – dotykające się ściany mogą zostać rozłączone, pojawia się reakcja, gdy siła powoduje nacisk jednej bryły na drugą,
- Swobodne – bryły nie oddziałują na siebie, nawet gdy w wyniku odkształcenia jedna bryła zacznie przenikać drugą.

4.2 Interakcja lokalna

Definiowanie nowej interakcji:

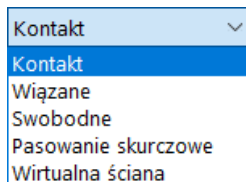


Etapy tworzenia interakcji lokalnej:

- **Automatycznie znajdź interakcje lokalne**,
- Zaznaczyć obiekty,
- Typ: Kontakt,
- Kliknąć : Znajdź interakcje lokalne,
- Wpisać właściwości (nie zawsze 0),
- Dodać interakcję klikając 
- Kliknięcie  oznacza usunięcie proponowanej interakcji.

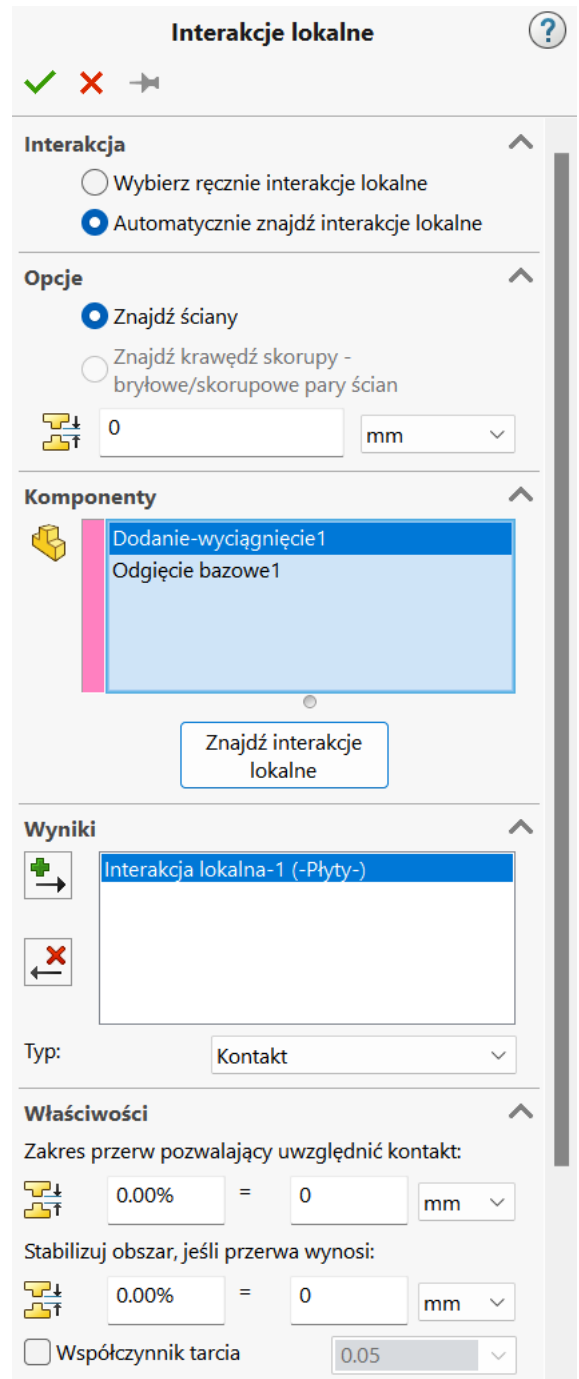
Metoda **Wybierz ręcznie interakcje lokalne** wymaga wyboru przez użytkownika odpowiednich powierzchni.

Dostępne są poniższe typy interakcji lokalnej:



Interakcje niewystępujące w interakcji globalnej:

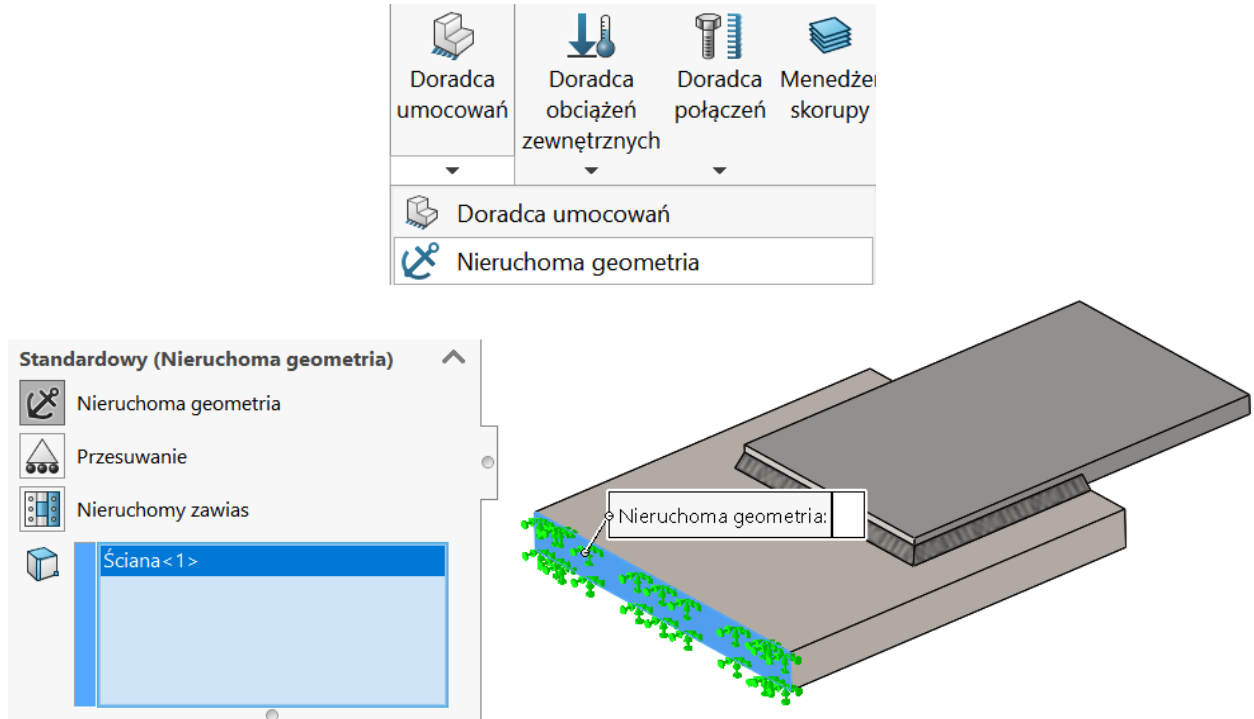
- **Pasowanie skurczowe**: w przypadku gdy sworzeń o większej średnicy pasowany jest w otworze o średnicy mniejszej,
- **Wirtualna ściana**: konieczna przy definicji śrub fundamentowych, odzwierciedla oddziaływanie podłoża na elementy konstrukcji, np. gdy konstrukcja opiera się na betonowej posadzce do której przymocowana jest śrubami



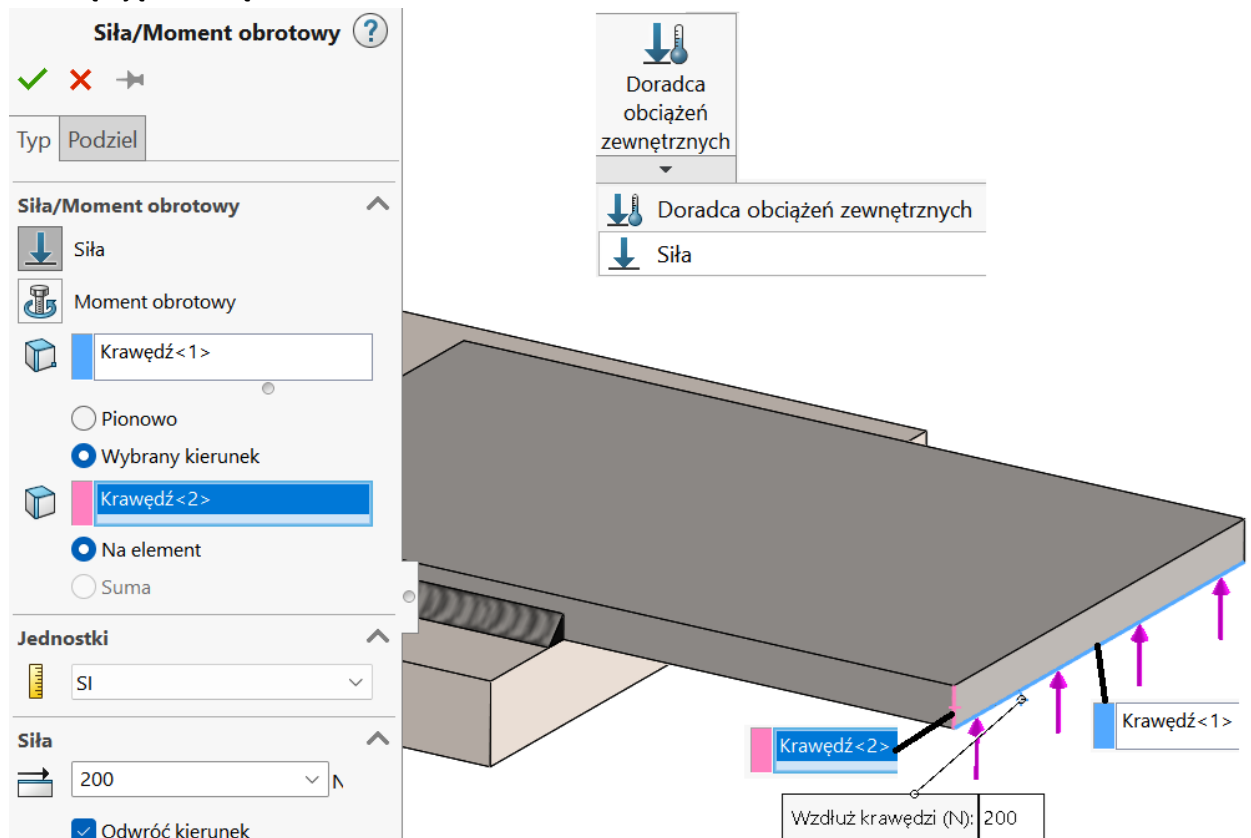
5. Mocowanie i obciążenie

Poniżej najprostsze przypadki – bardzo często nie są wystarczające.

Mocowanie Nieruchoma geometria:

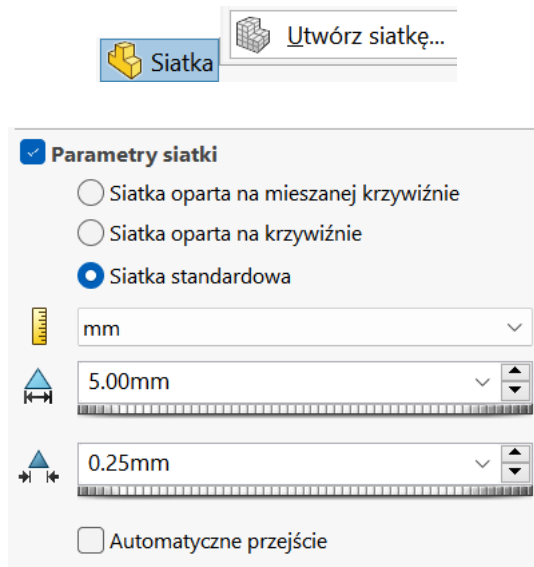


Siła obciążająca krawędź:

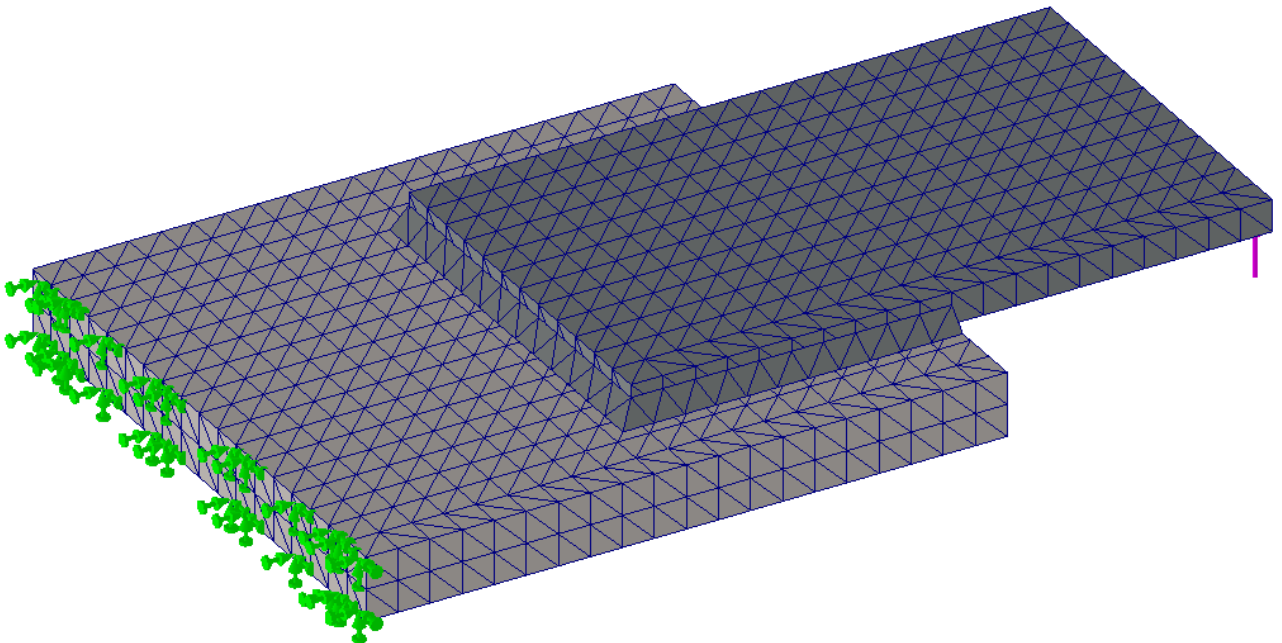


6. Siatka

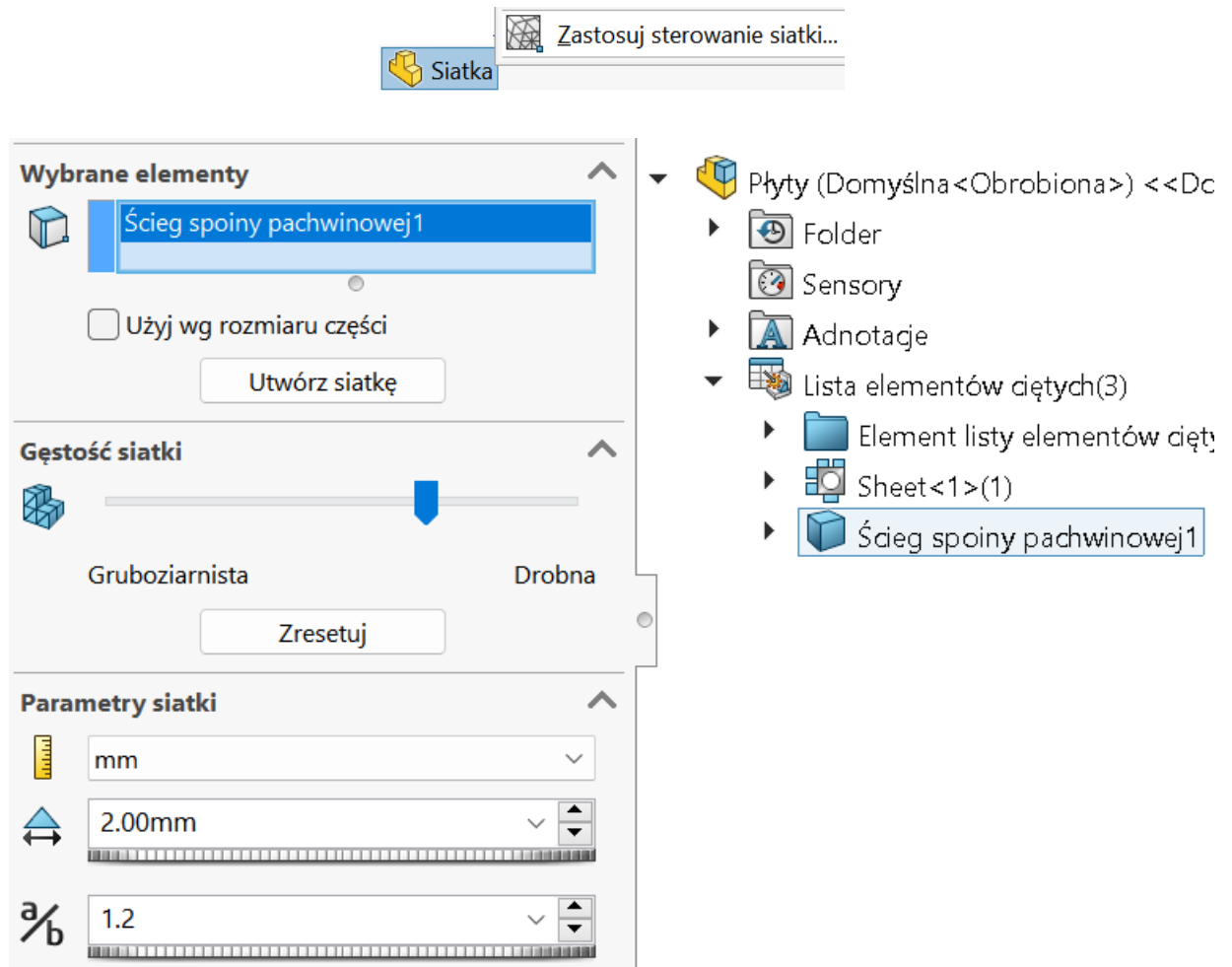
Siatka globalna:



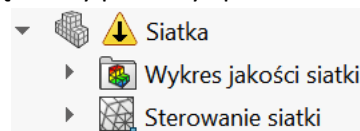
Przykład utworzonej siatki:



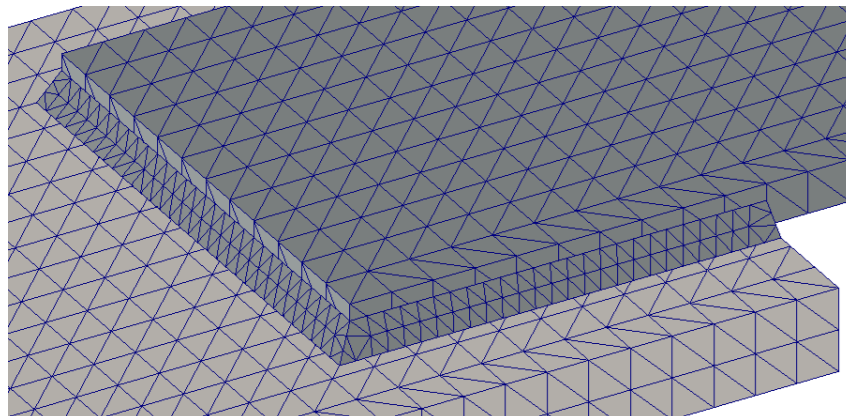
Lokalne zagęszczenie siatki:



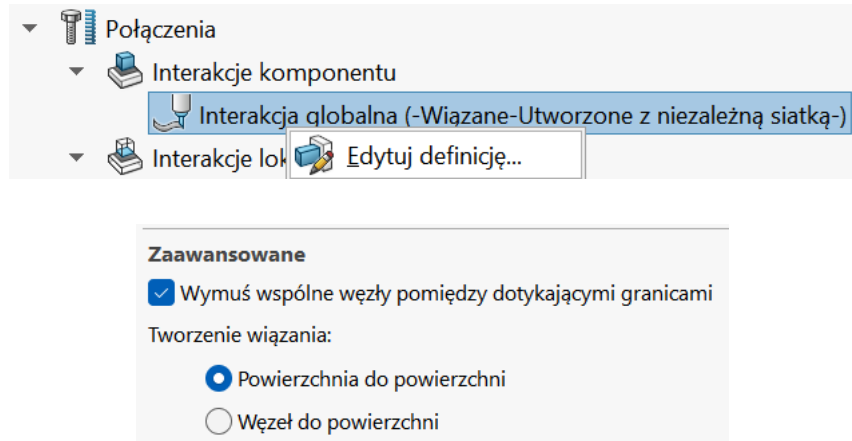
Poniższe ostrzeżenie oznacza, że siatkę należy przeliczyć ponownie:



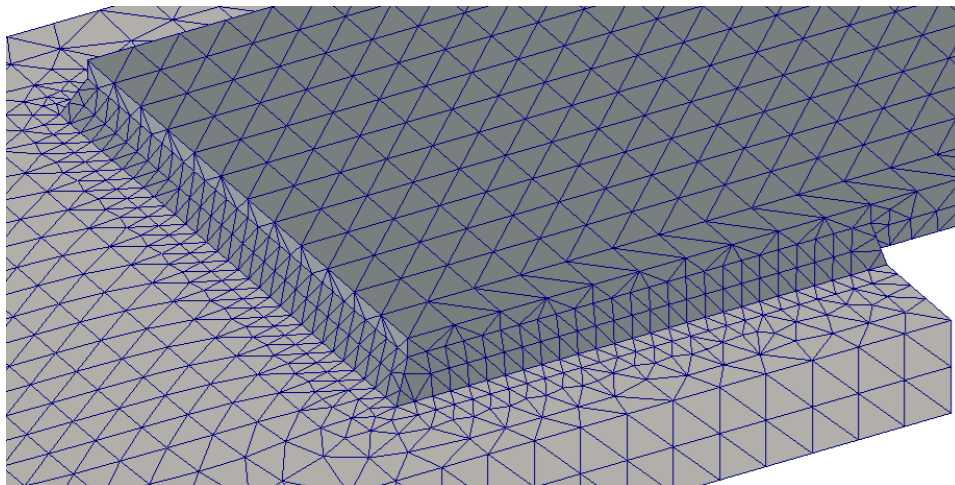
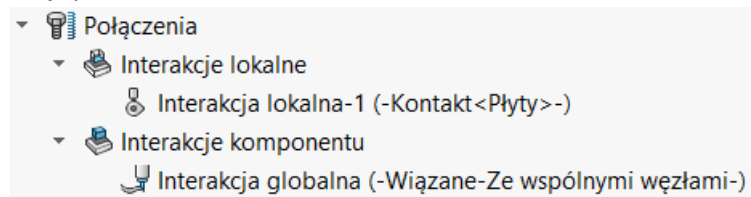
Poniżej przykład siatki po ponownym utworzeniu:



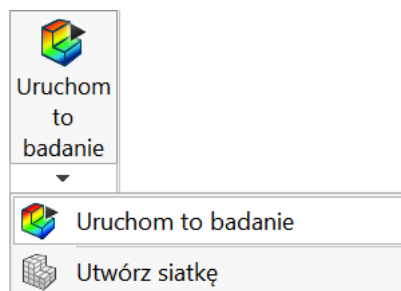
Zmiana właściwości interakcji lokalnej:



Połączenia i siatka po kolejnym utworzeniu:

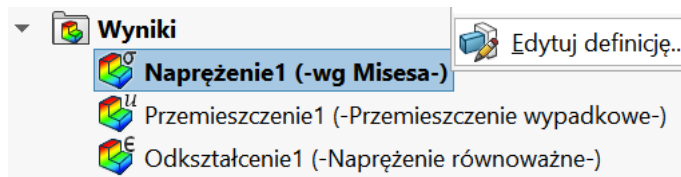


7. Uruchamianie obliczeń

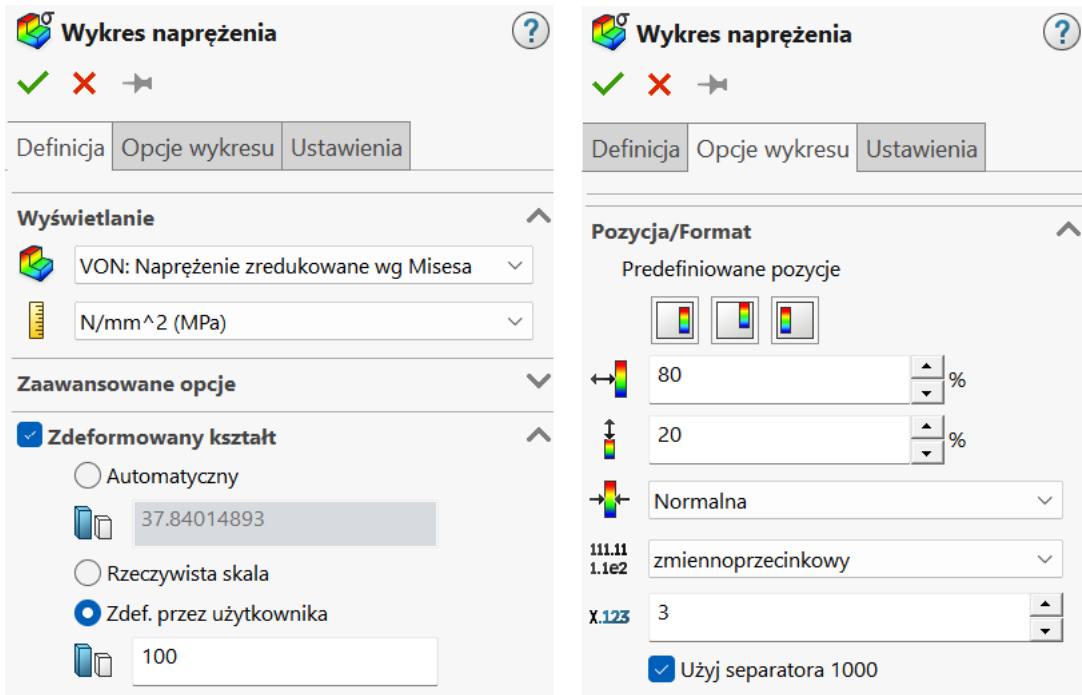


8. Wyniki obliczeń

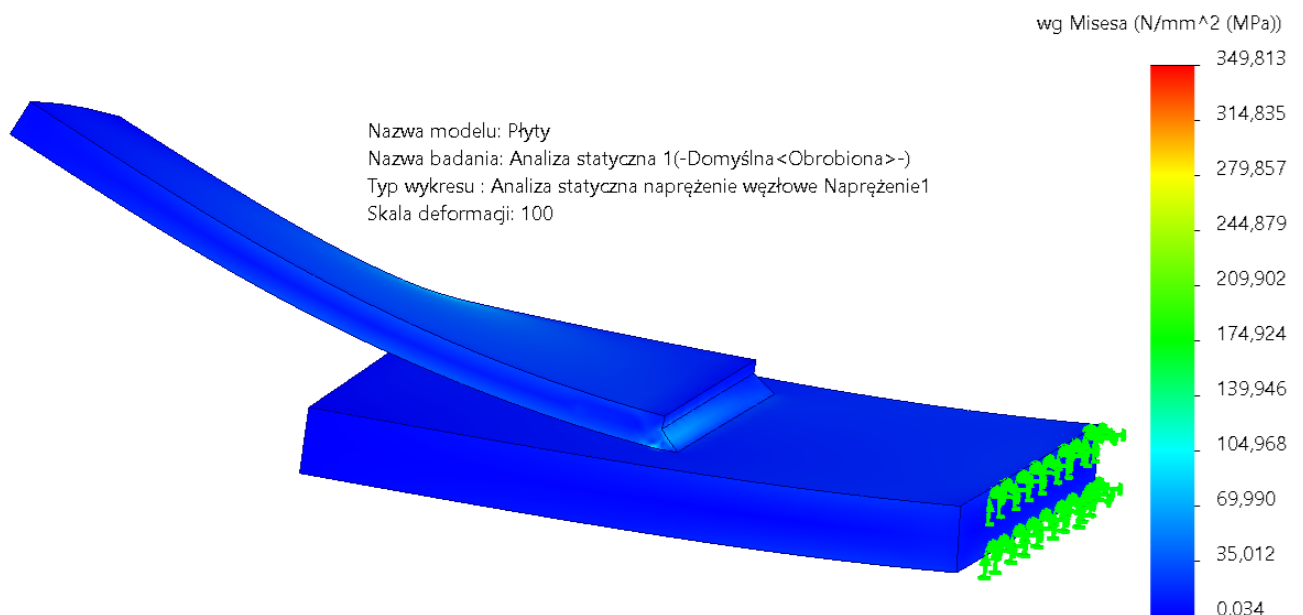
Poniżej edycja domyślnego wykresu:



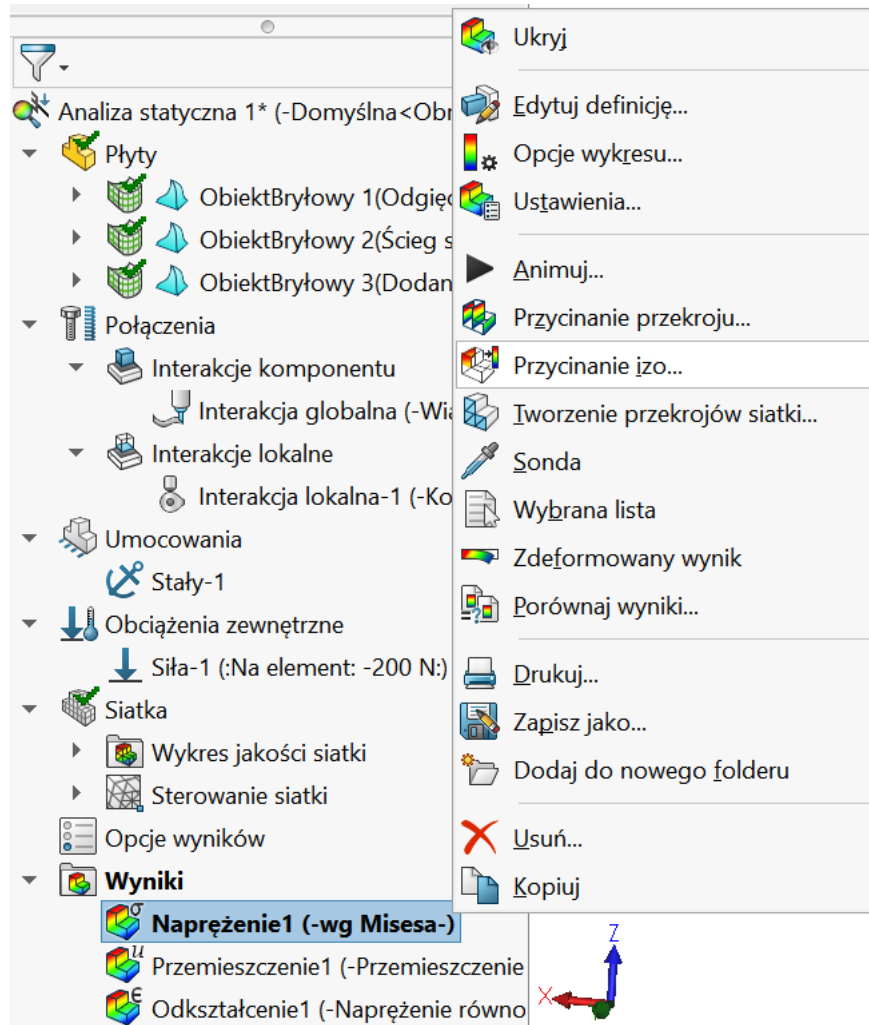
Poniżej przykłady zmiany wykresu:



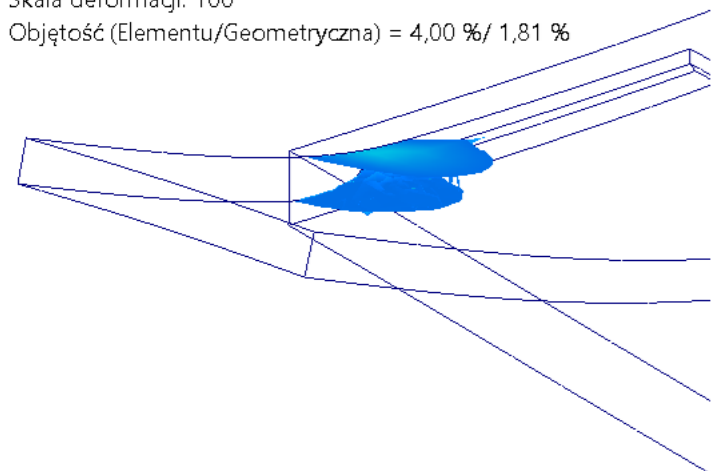
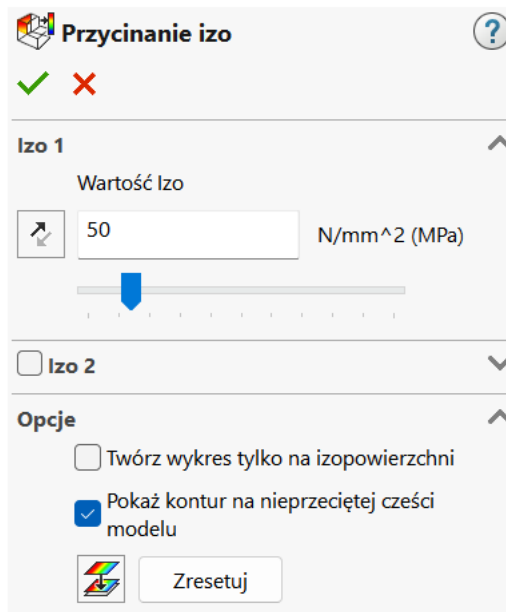
Poniżej przykład wyników (deformacja w skali 100, dzięki czemu widać odsunięcie płyty dolnej ze względu na brak spawu z jednej strony). Na wykresie nie zaznaczono granicy plastyczności ze względu na występowanie różnych materiałów:



Polecenia dostępne po kliknięciu prawym przyciskiem w wykres:



Przykład przycinania IZO (wyświetlenie wartości powyżej lub poniżej wpisanej wartości):

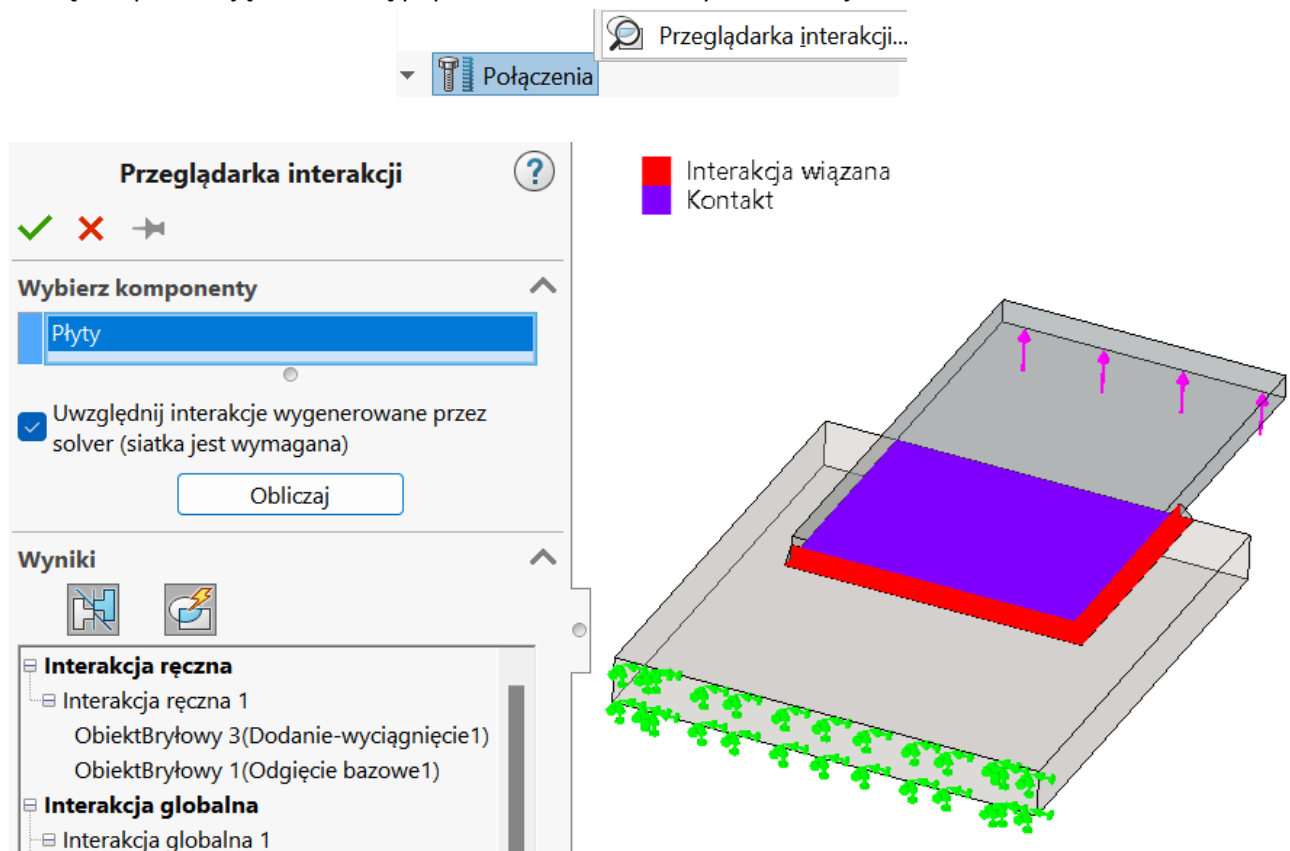


Nie wystarczy porównanie wartości maksymalnych naprężeń z granicą plastyczności.
Warto ocenić wynik przynajmniej przez przycinanie IZO.

9. Wybrane metody oceny modelu obliczeniowego oraz wyników

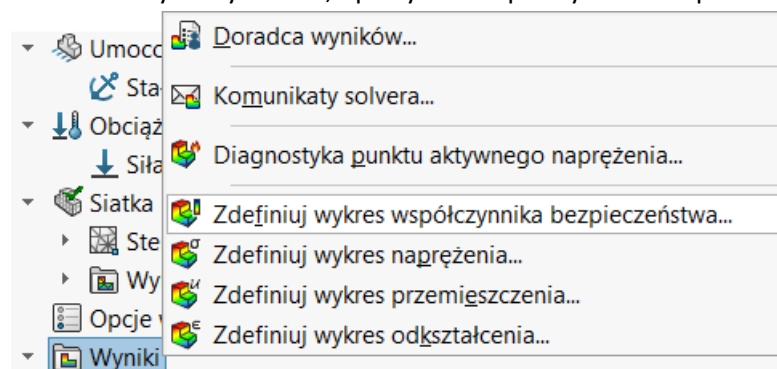
9.1 Przeglądarka interakcji

Narzędzie pozwalające na ocenę poprawności zastosowanych interakcji.



9.2 Dodanie własnego wykresu

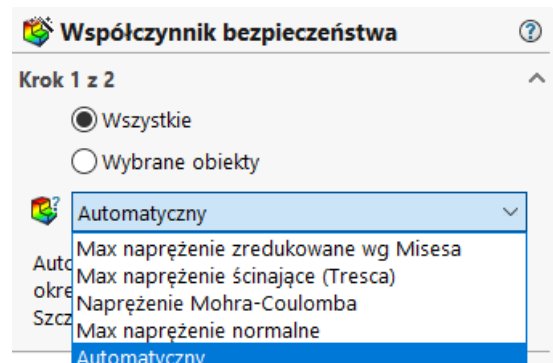
Istnieje możliwość dodania własnych wykresów, np. wykres współczynnika bezpieczeństwa.



Z prawej przykład definicji wykresu współczynnika bezpieczeństwa.

Można wybrać rodzaj naprężeń oraz w zależności czy materiał jest kruchy czy plastyczny.

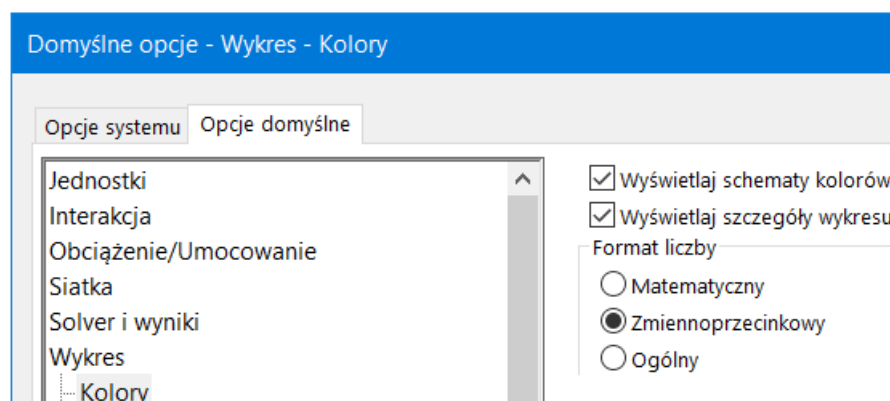
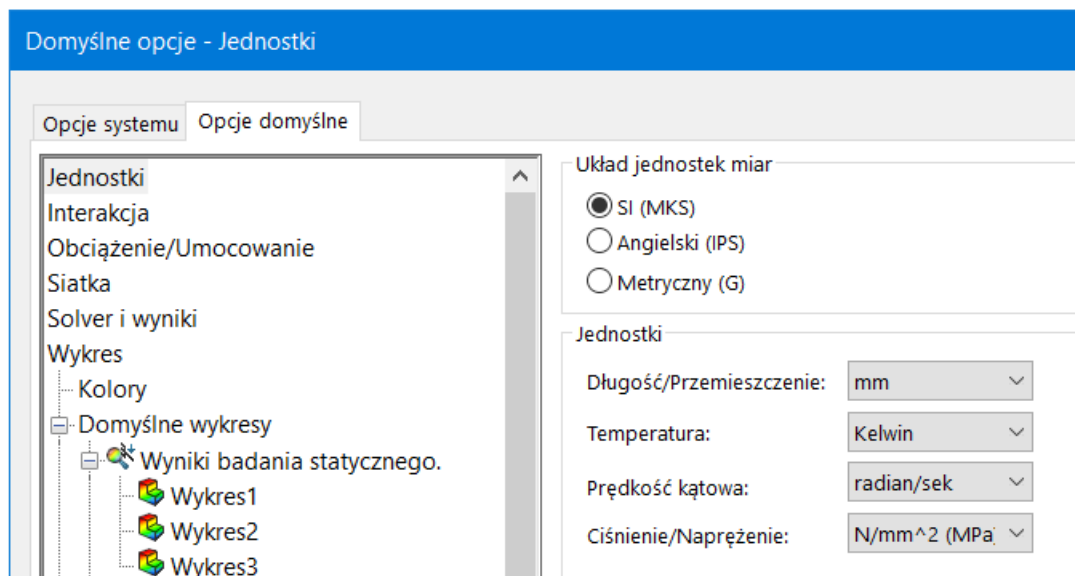
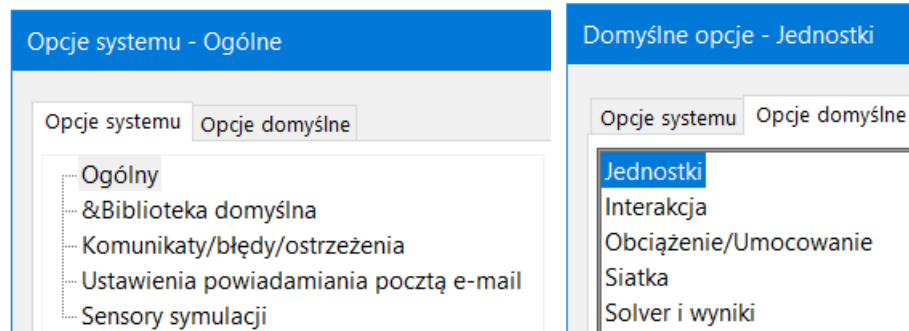
W przypadku stali wystarczy wybór **Automatyczny**.



10. Opcje SolidWorks Simulation

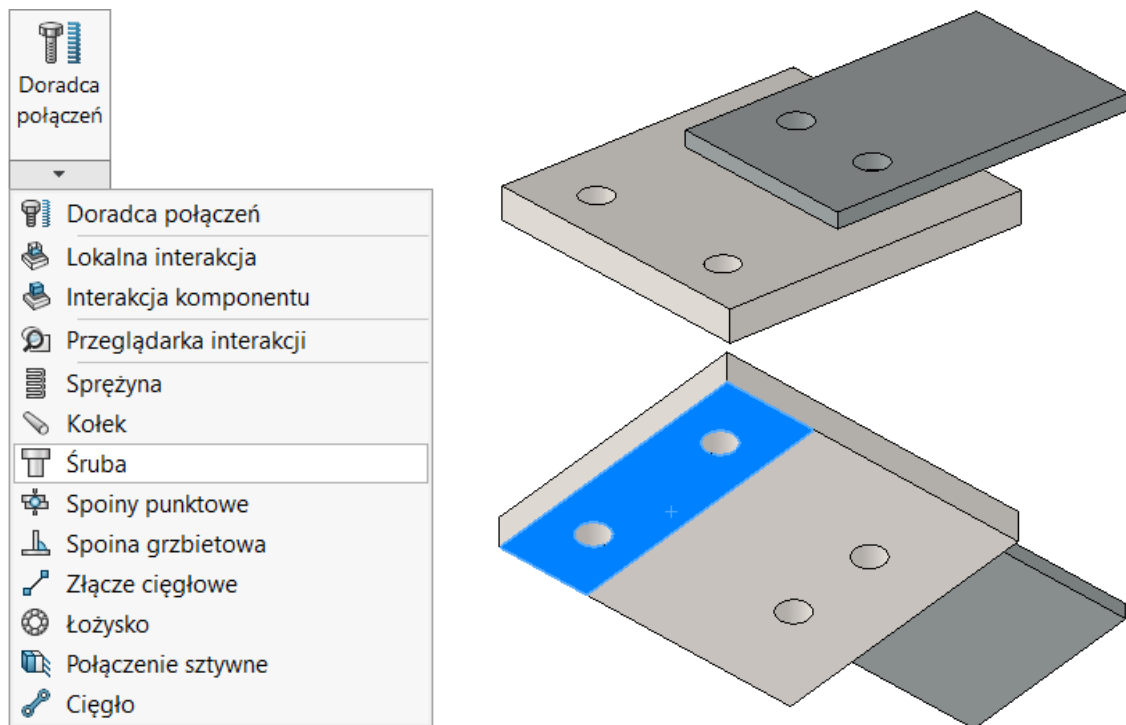
Menu Simulation > Opcje.

Istnieje możliwość ustawienia opcji domyślnych, np. jednostki wyników i wyświetlanie liczba w zapisie zmiennoprzecinkowym.



11. Przykłady definicji połączeń śrubowych

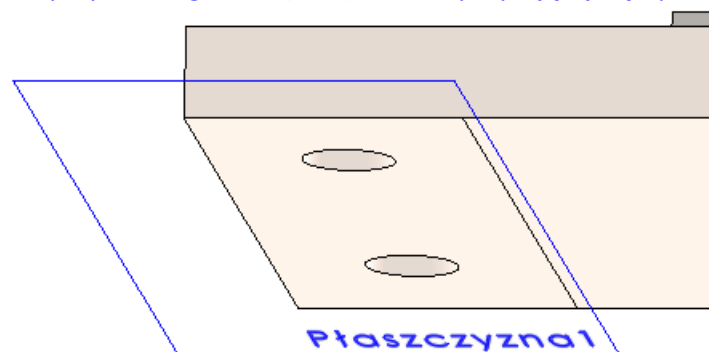
Polecenie Śruba (z paska Simulation) oraz model obliczeniowy (niebieska ściana będzie opierać się na podłożu – uzyskana przez podział ściany):



Model składa się z dwóch płyt (jak poprzednio), śruby fundamentowe mocują konstrukcję do podłoża, płyty zostaną skręcone śrubami.

Czynności wstępne:

- Zadanie materiału,
- Wstawienie płaszczyzny w odległości 0 (zero) od ściany stykającej się z podłożem:



- Utworzenie badania: **Analiza statyczna**,
- Zamiana typu siatki na bryły,
- Zmiana interakcji globalnej na **Kontakt**.

11.1 Definicja śrub fundamentowych

Poniżej definicja śruby fundamentowej (parametry są tylko przykładowe):

Złącza

✓ ✗ ⇄

Typ **Podziel**

Komunikat

Typ

Śruba

Krawędź <1>

Płaszczyzna 1

15 mm

10 mm

Średnica nakrętki (mm): 15

Średnica nominalna trzonu (mm): 10

Moment obrotowy (N.m): 2

Współczynnik tarcia (K): 0,2

Obciążenie wstępne

SI

Osiowe

Moment obrotowy

2 N.m

0,2

Zaawansowane opcje

Seria śrub

Ściana <1>

11.2 Definicja śrub złącznych

Typ

Śruba

Krawędź <1>

Krawędź <2>

Ta sama średnica łba i nakrętki

15 mm

10 mm

Średnica łba (mm): 15

Średnica nominalna trzonu (mm): 10

Moment obrotowy (N.m): 2

Współczynnik tarcia (K): 0,2

Obciążenie wstępne

SI

Osiowe

Moment obrotowy

2 N.m

0,2

Zaawansowane opcje

Seria śrub

Ściana <1>

Ściana <2>

11.3 Definicja interakcji Wirtualna ściana

Interakcja

Wybierz ręcznie interakcje lokalne
 Automatycznie znajdź interakcje lokalne

Typ

Wirtualna ściana

Ściana <1>

Własny kontakt

Płaszczyzna1

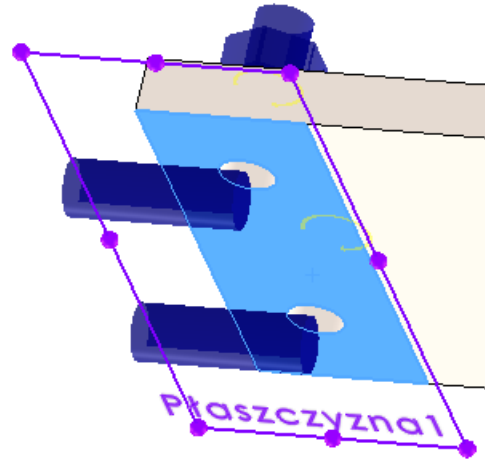
Właściwości

Zakres przerw pozwalający uwzględnić kontakt:

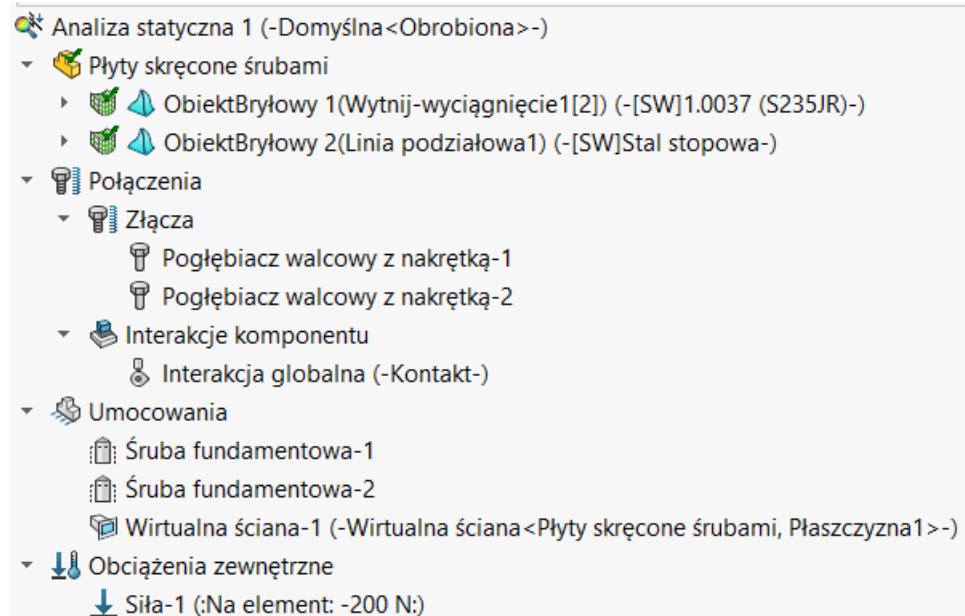
0.00% = 0 mm

Stabilizuj obszar, jeśli przerwa wynosi:

0.00% = 0 mm



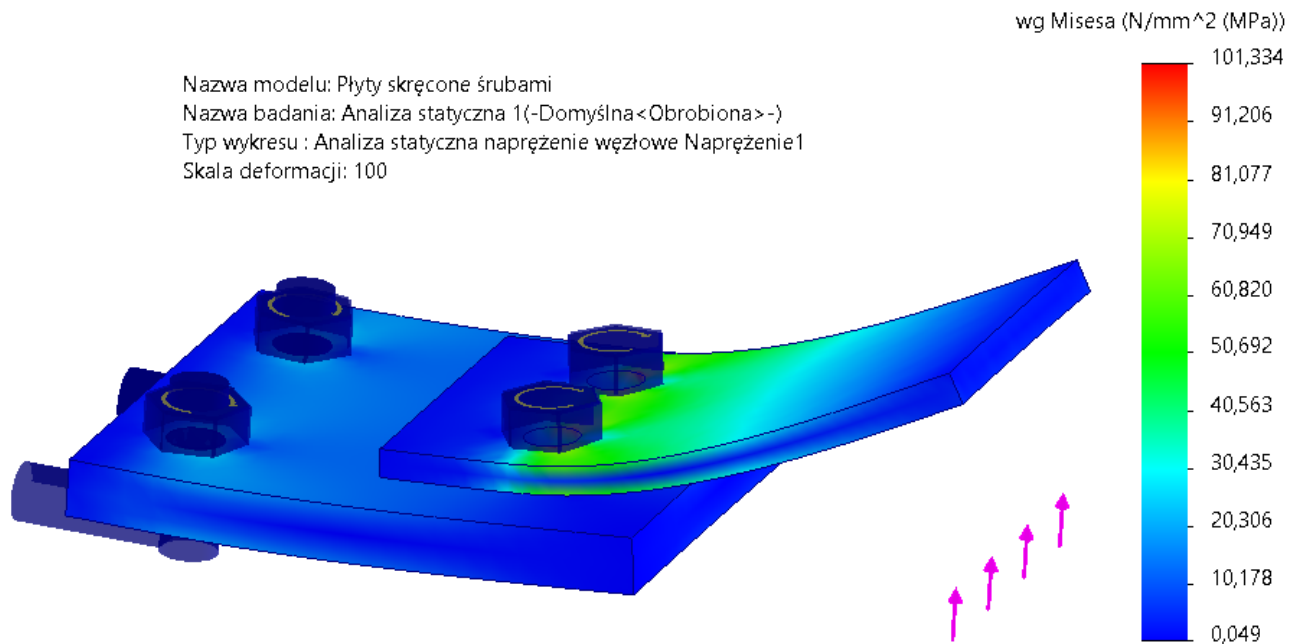
Drzewo Simulation po wykonaniu wszystkich ustawień:



Obciążenie siłą na krawędź jak na stronie 6.

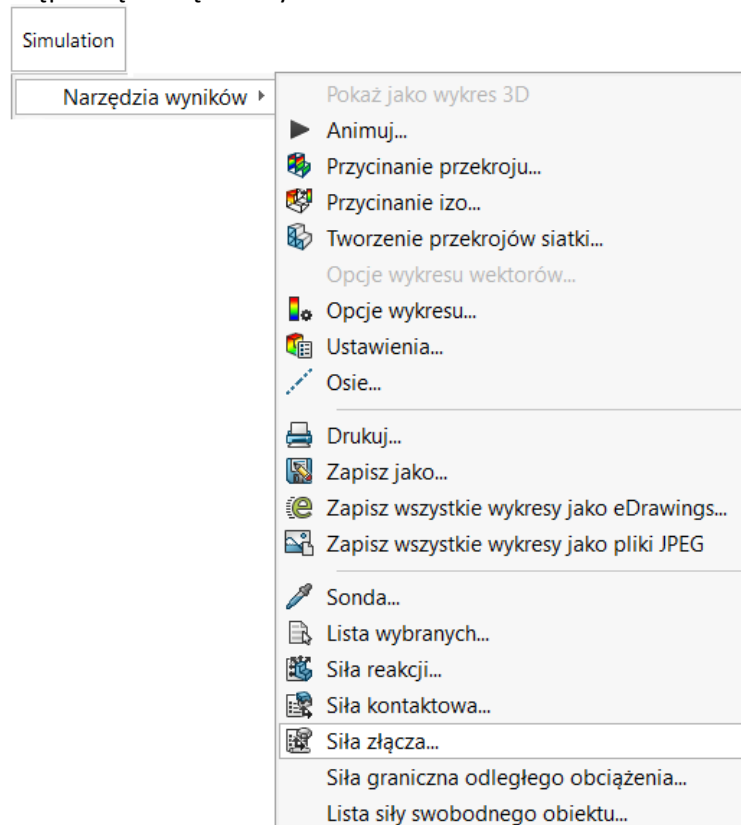
11.4 Wyniki

Poniżej wykres naprężeń w skali deformacji równej 100.



11.5 Analiza wyników

W menu Simulation dostępne są Narzędzia wyników:



Poniżej przykład sił w złączach (w tym przypadku w śrubach):

Siła wynikowa

✓ ✗

● Siła złącza

Wybór

SI

Wszystkie złącza

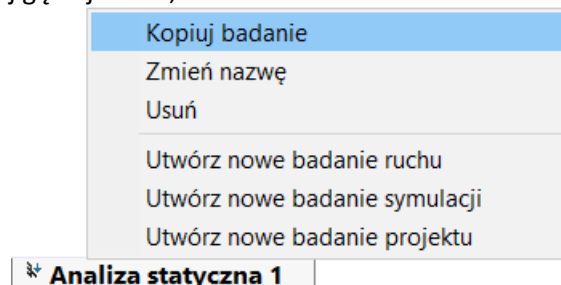
Siła złącza

Typ	Wypadkowa	Złącze
Siła ścinająca (N)	17,87	Śruba fundamentowa-1
Siła osiowa (N)	1 388,2	Śruba fundamentowa-1
Moment zginający (N.m)	0,76018	Śruba fundamentowa-1
Moment obrotowy (N.m)	0	Śruba fundamentowa-1
Siła ścinająca (N)	17,87	Śruba fundamentowa-2
Siła osiowa (N)	1 389,8	Śruba fundamentowa-2
Moment zginający (N.m)	0,76241	Śruba fundamentowa-2
Moment obrotowy (N.m)	0	Śruba fundamentowa-2
Siła ścinająca (N)	40,001	Pogłębiacz walcowy z nakrętką-1
Siła osiowa (N)	1 327,9	Pogłębiacz walcowy z nakrętką-1
Moment zginający (N.m)	1,1887	Pogłębiacz walcowy z nakrętką-1
Moment obrotowy (N.m)	0	Pogłębiacz walcowy z nakrętką-1
Siła ścinająca (N)	40,001	Pogłębiacz walcowy z nakrętką-2
Siła osiowa (N)	1 336,7	Pogłębiacz walcowy z nakrętką-2

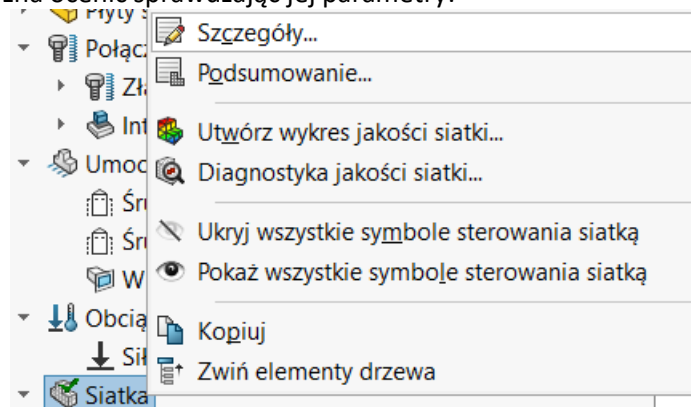
12. Podsumowanie wprowadzenia do Simulation

Wykonując obliczenia należy pamiętać o tym, że:

- Wyniki obliczeń zależą od gęstości siatki, po wykonaniu obliczeń warto utworzyć kopię badania i przeliczyć na bardziej gęstej siatce,



- Jakość siatki można ocenić sprawdzając jej parametry:



- Nie wystarczy porównanie maksymalnych naprężeń z granicą plastyczności – należy poddać wyniki analizie, co najmniej przez przycinanie IZO.

Szczegóły siatki:

Siatka Szczegóły	
Nazwa badania	Analiza statyczna 1 (-Domyślna<Obrobiona>-)
SzczegółyTyp siatki	Siatka bryłowa
Użyty generator siatki	Siatka standardowa
Automatyczne przejście	Wyłączone
Uwzględnij automatyczne pętle siatki	Wyłączone
Punkty jakobianu siatki wysokiej jakości	16 punktów
Rozmiar elementu	5 mm
Tolerancja	0,25 mm
Jakość siatki	Wysoka
Całkowita liczba węzłów	13545
Całkowita liczba elementów	7733
Maksymalny współczynnik kształtu	4,375
Procent elementów o współczynniku kształtu <3	99,7
Procent elementów o współczynniku kształtu >10	0
Procent zniekształconych elementów	0
Liczba zniekształconych elementów	0
Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)	00:00:01
Nazwa komputera	

Poprawna siatka powinna posiadać elementy skończone o współczynniku kształtu poniżej 3.

Po nabraniu wprawy w wykonywaniu obliczeń, przed wykonaniem obliczeń warto sprawdzić liczbę elementów skończonych – duża liczba elementów wymaga większego czasu obliczeń i większej mocy komputera.