



ANALIZA MES WYTRZYMAŁOŚCI WĘZŁÓW MOCOWANIA RUCHOMYCH PODZESPOŁÓW PLATFORMY-KONTENERA

Wstęp

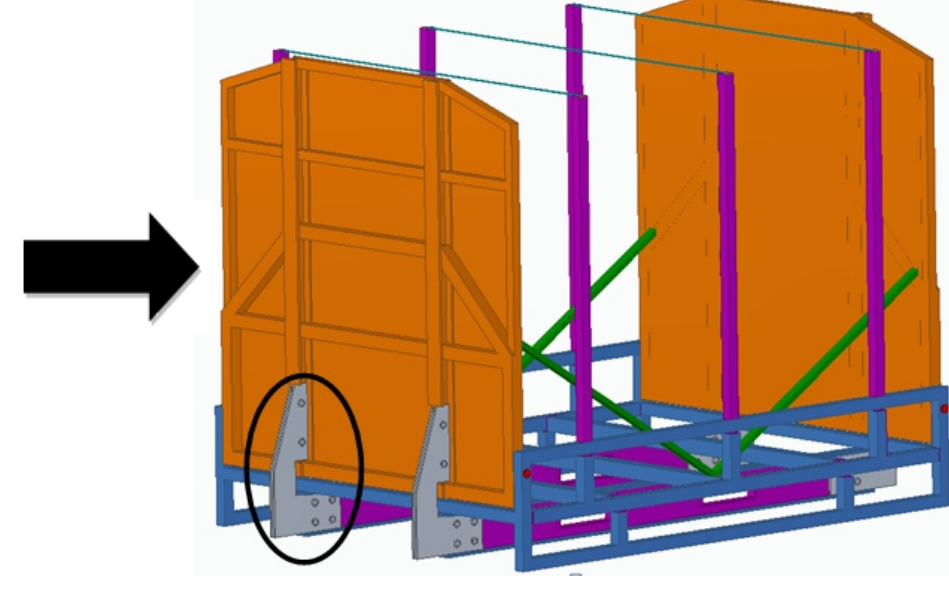
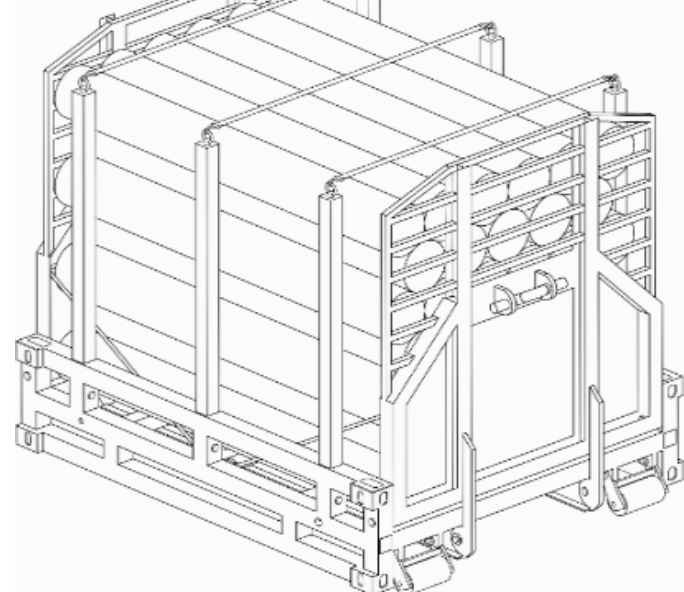
Celem pracy jest zaprojektowanie oraz przeprowadzenie analiz wytrzymałościowych MES demontowalnych połączeń podzespołów platformy-kontenera do transportu intermodalnego, a dokładniej węzłów mocowania czołownicy z ramą platformy w tym zastrzałów wspomagających pionowe ustalenie roboczego położenia czołownicy oraz demontowalnych kłonic w gniazdach mocowanych sworzniowo w ramie. W tym celu wykorzystane zostaną numeryczne modele platformy-kontenera zbudowane z brył sztywnych z odpowiednio nadanym materiałem oraz kontaktami pomiędzy bryłami. Modele obciążeń zostały określone poprzez przeprowadzenie analizy dynamicznej multibody dla różnych wariantów eksploatacyjnych załadunku platformy. W modelach globalno-lokalnych MES odwzorowano tylko wariant obciążeń określonych przy podejmowaniu hakowym, ponieważ powoduje ono największe wyężenia połączeń. Ze względu na konstrukcję, badania przeprowadzono w zakresie liniowym. Dobrano duży współczynnik bezpieczeństwa $n=2$. W pracy opisano model 3D platformy kolejowej z uproszczonymi połączeniami podzespołów. Porównano siły reakcji w złączach dla tego modelu, wykonano modyfikacje modelu geometrycznego, analizy numeryczne wydzielonych połączeń oraz określono wpływ modyfikacji konstrukcji na otrzymane wyężenia.

Wstępny projekt konstrukcyjny

Model geometryczny z dokumentacji patentowej

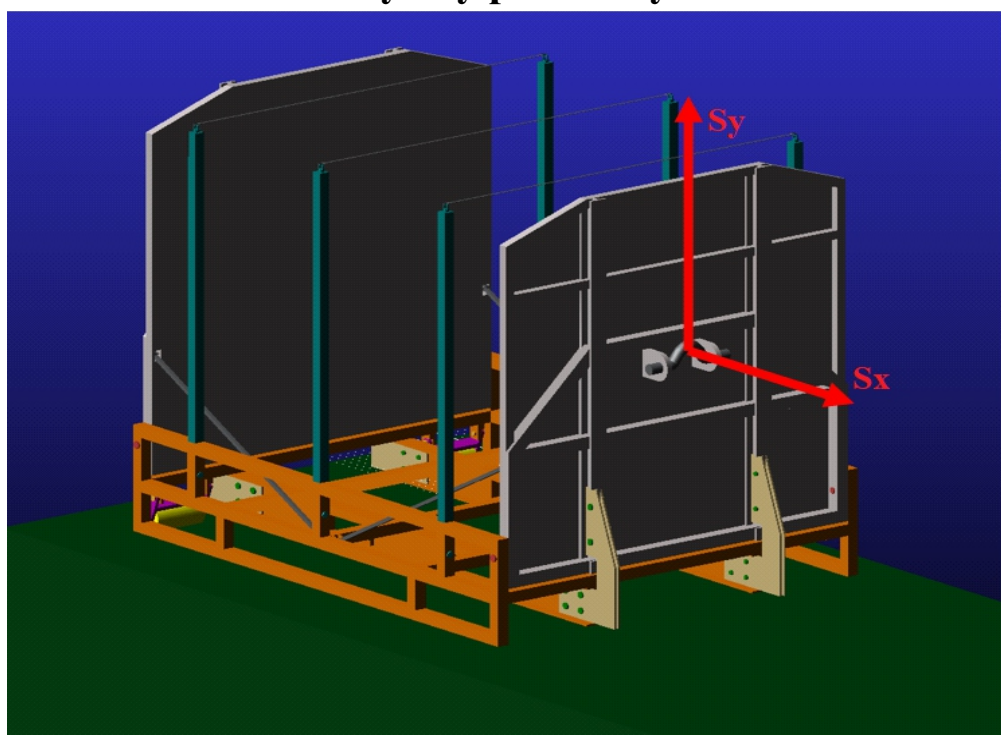
Wstępny projekt konstrukcyjny platformy ze zmodyfikowanymi złączami

Wstępny projekt konstrukcyjny powstał na podstawie istniejącego już modelu geometrycznego i dokumentacji patentowej. W docelowym modelu zmodyfikowano niektóre przekroje platformy-kontenera, czołownicę oraz zaprojektowano nowy kształt złączy dolnych.

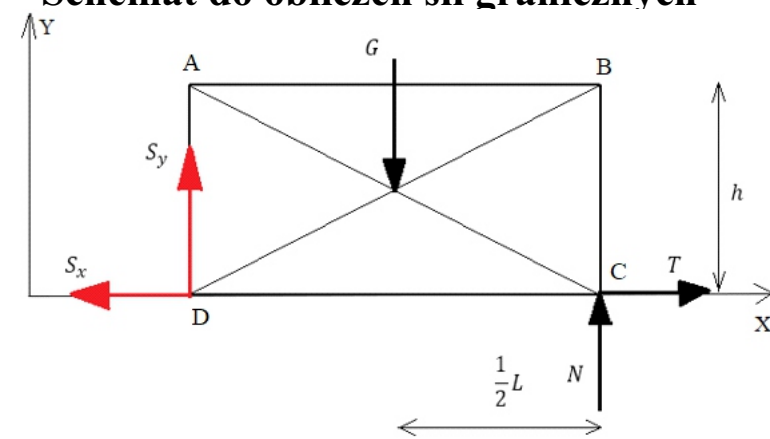


Analiza multibody - Etap I - Oszacowanie sił podczas podejmowania hakowego platformy-kontenera

Model sztywny platformy-kontenera



Schemat do obliczeń sił granicznych



Do wyznaczenia metodą analityczną sił granicznych wykorzystano uproszczony schemat obliczeniowy. Wyznaczone siły zostały wykorzystane w symulacji multibody do określenia poprawności wyznaczonych sił. **Dodatkowo:** zamodelowano podłoże; nadano kontakt między podłożem, a ramą platformy; przypisano materiał jako **spawalną stal konstrukcyjną S355** o następujących parametrach:

- Moduł Younga - 210000MPa;
- Współczynnik Poissona - 0,3;
- Gęstość - 7850 kg/m³

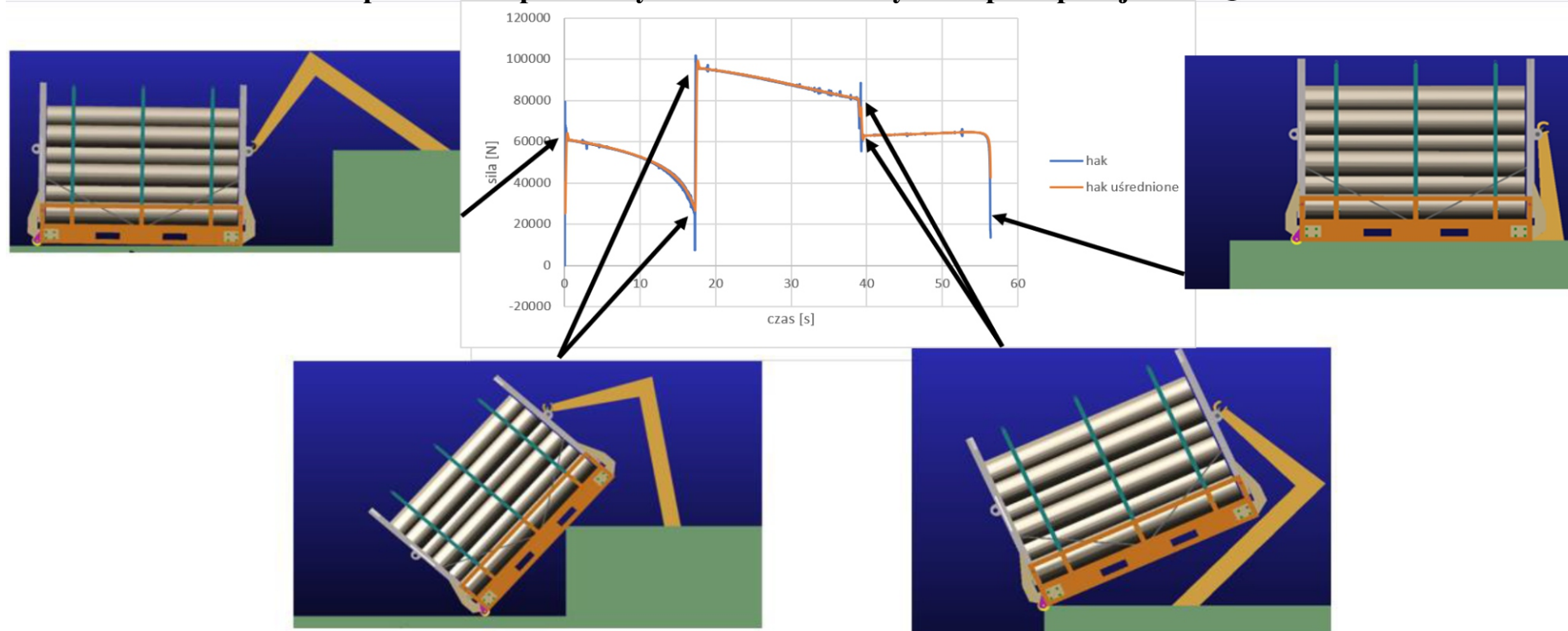
Wariant	Siły graniczne pionowe - S_y [N]	Siły graniczne poziome - S_x [N]
Wariant 1 - $\mu_{\min}$	62896,8	28303,6
Wariant 2 - $\mu_{\max}$	62896,8	37738

Analiza multibody - Etap II - Określenie rzeczywistych sił kontaktowych podczas podejmowania hakowego platformy-kontenera

W celu określenia rzeczywistych sił występujących podczas podejmowania hakowego dodano podwyższenie podłoża na **wysokość 1400mm** wynikającą z normy systemów ACTS oraz zamodelowano hak, któremu nadano prędkość kątową o wartości **2,5 stopnia/s**. Symulację multibody przeprowadzono w oprogramowaniu MSC Adams etapami symulując odpowiednie warianty:

- Wariant 3** – obciążenie siłą skupioną o wartości 98,1kN od ciężaru dłużycy w środku ciężkości ramy,
- Wariant 4** – zmodyfikowane złącza – obciążenie siłą skupioną o wartości 98,1kN od ciężaru dłużycy w środku ciężkości ramy,
- Wariant 5** – zmodyfikowane złącza + ładunek o masie 10 T.
- Wariant 6** – zmodyfikowane złącza + ładunek o masie 10 T + rolka – kontakt między ładunkiem, a ramą i czołownicą dla współczynnika tarcia 0,3.
- Wariant 7** – zmodyfikowane złącza + zwiększony ładunek o masie 10 T + rolka – kontakt między ładunkiem, a ramą i czołownicą dla współczynnika tarcia 0,3.

Wykres sił kontaktowych w haku dla wariantu z dłużycą z położeniem platformy-kontenera w różnych etapach podejmowania



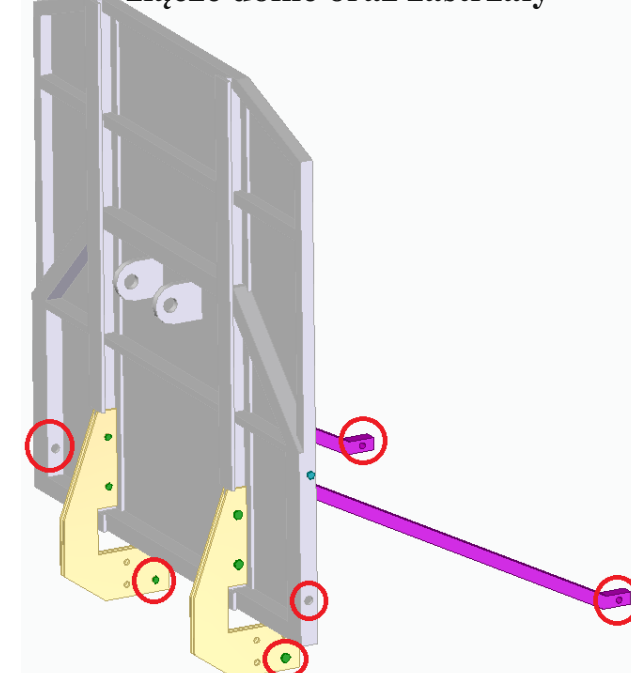
Model sztywny z rolką i ładunkiem - wariant 7



Podczas podejmowania występuje tarcie ładunku o masie 10 ton względem ramy - zminimalizowane uwzględnienie rolki na krawędzi podłoża.

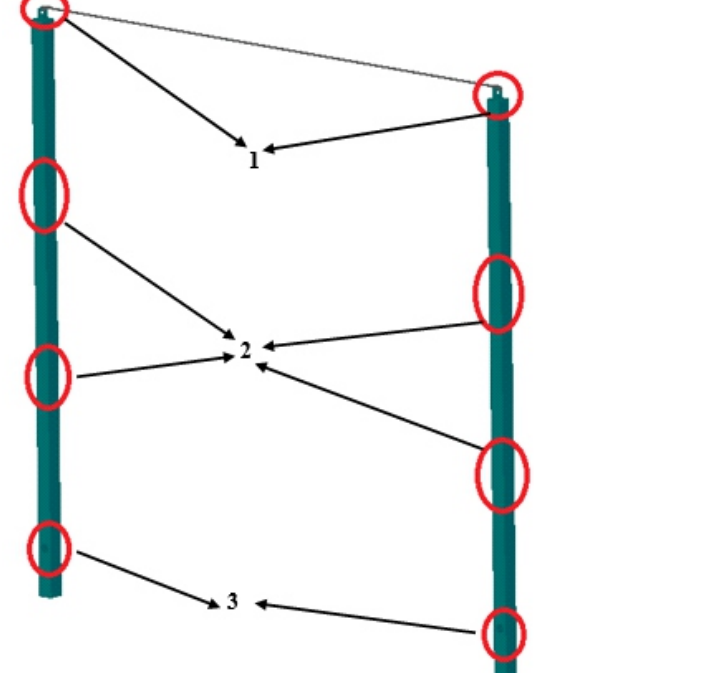
Określenie sił w złączach podzespołów platformy-kontenera podczas podejmowania hakowego

Połączone ze sobą podzespoły z miejscami nadania kontaktu – złącze dolne oraz zastrzały



- 1 – kontakt kłonicy z ciągnem mocującym
- 2 – kontakt kłonicy z naciskającymi bryłami dłużycy podczas podejmowania
- 3 – kontakt kłonicy ze sworzniem w gnieździe ramy

Widok kłonicy ze zdefiniowanymi strefami kontaktu



W celu określenia sił w złączach podzespołów zmodyfikowano ograniczenia-więzy modelu. Nadano kontakt pomiędzy złączem, a sworzniem w szynach ramy, pomiędzy zastrzałem, a sworzniem ramy oraz pomiędzy czołownicą, a połączeniem przegubowym ramy. Podzespoły połączone ze sobą na sztywno. Największe siły przenosi złącze zastrzału z ramą. Otrzymane wartości sił wykorzystano w analizach MES lokalnych modeli złączy.

Złącze	Maksymalna wartość siły [N]	
	w osi X	w osi Z
Złącze dolne czołownica-szyny ramy	5267,17	8561,38
Złącze zastrzał-rama	21524	35626,28
Połączenie kłonica- ciągnie mocujące	2006,8	

Lokalne wydzielone modele MES złączy

- Modele MES złączy dolnych zostały zbudowane z elementów 3D typu SOLID,

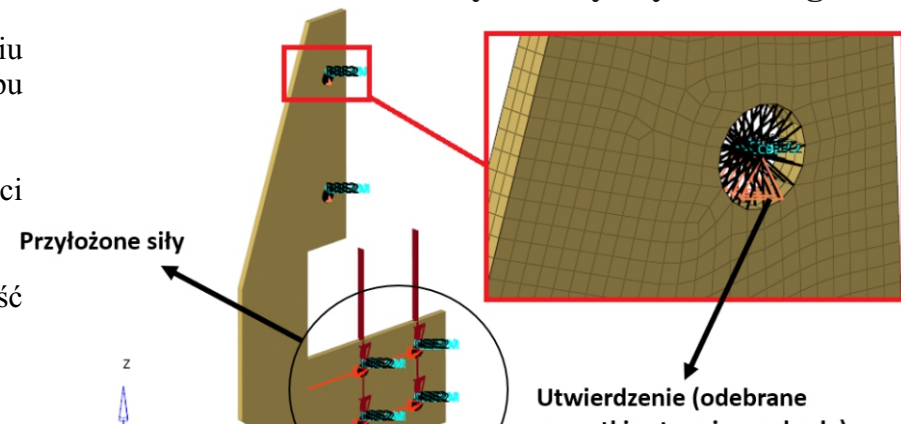
- Połączenia sworzniowe złączy powstały przy wykorzystaniu sztywnych elementów RBE2 połączonych elementami 1D typu BEAM przypisując im odpowiedni przekrój sworznia,

- W węzłach górnych sworzni nałożono ograniczenia w postaci więzów odbierając wszystkie stopnie swobody,

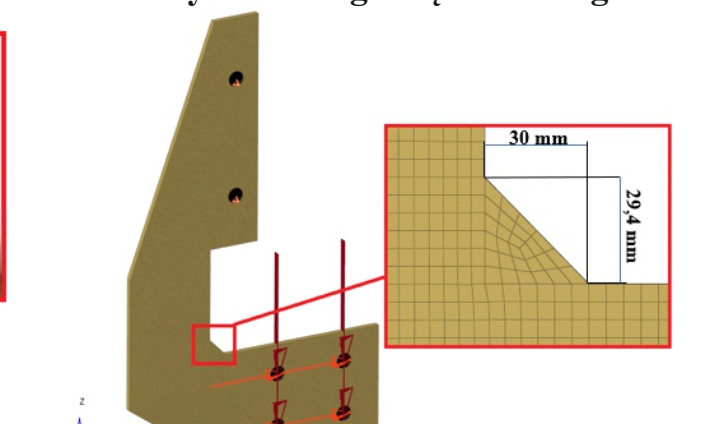
- W węzłach dolnych sworzni przyłożono największą wartość wyznaczonych sił w osi X oraz Z

- Modyfikacja złączy polegała na dodaniu ścięcia

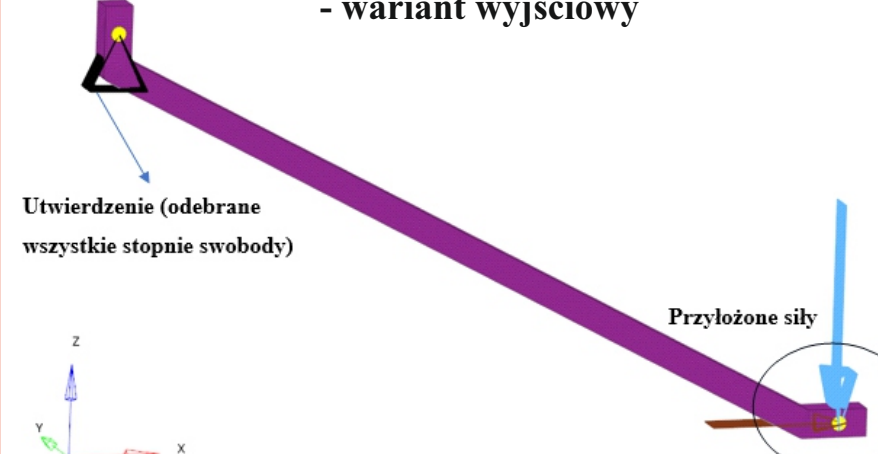
Wariant 8 - model dyskretny złącza dolnego



Wariant 9 - model dyskretny zmodyfikowanego złącza dolnego



Wariant 10 - model dyskretny zastrzału - wariant wyjściowy



Wariant 11 - Model dyskretny zastrzału (dwa otwory na stronę + modyfikacja kształtu)



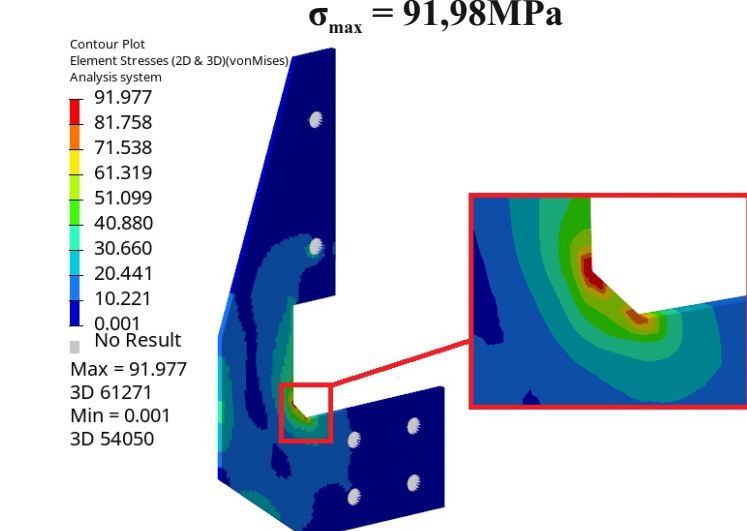
- Modele MES zastrzałów zostały zbudowane z elementów 3D typu SOLID,

- Połączenia sworzniowe złączy powstały przy wykorzystaniu sztywnych elementów RBE2 połączonych elementami 1D typu BEAM przypisując przekrój sworznia o średnicy 24mm,

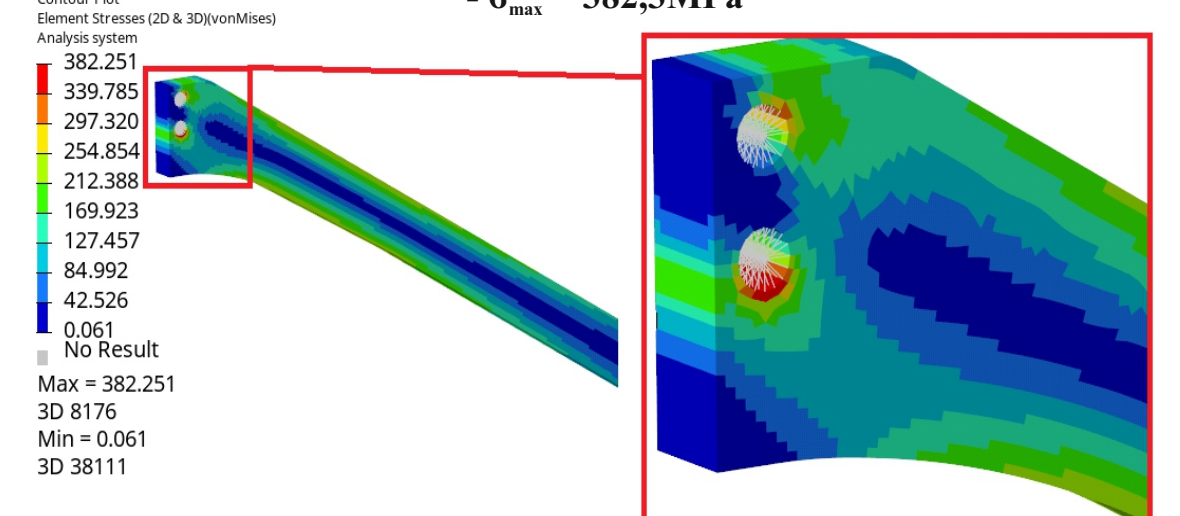
- W węzłach górnych sworzni nałożono ograniczenia w postaci więzów odbierając wszystkie stopnie swobody, w dolnych natomiast przypisano największe wartości wyznaczonych sił w osi X oraz Z,

- Modyfikacja zastrzału polegała na zmianie kształtu, zwiększeniu przekroju w osi Z oraz dodaniu po jednym otworze na stronę

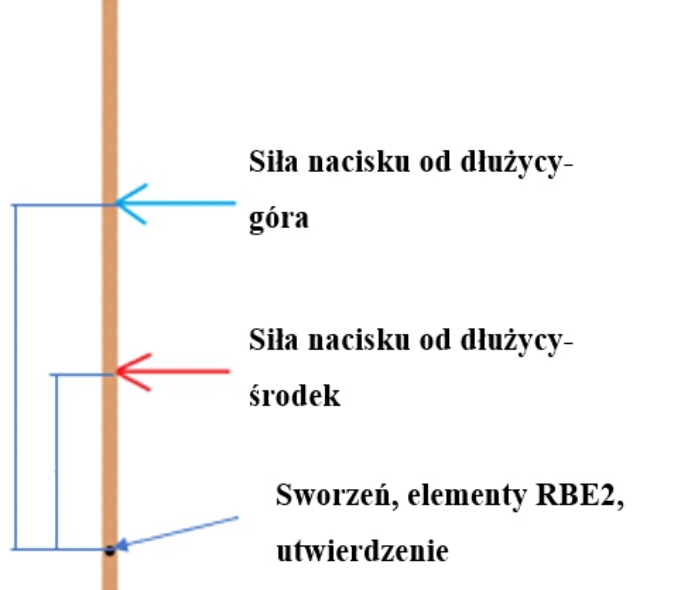
Mapa naprężeń – wariant 9 - $\sigma_{\max} = 91,98\text{MPa}$



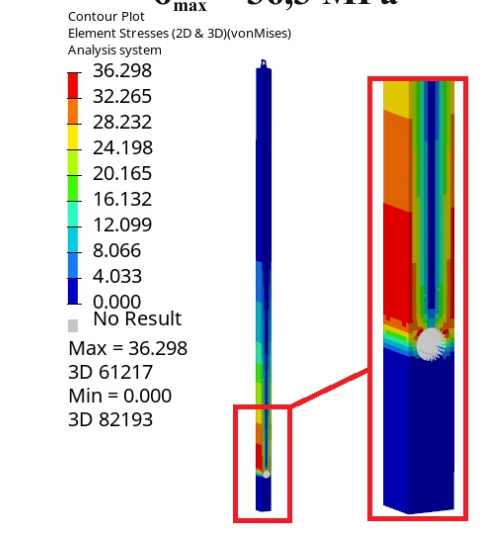
Mapa naprężeń – wariant 11 - $\sigma_{\max} = 382,3\text{MPa}$



Wariant 12 – Model dyskretny kłonicy



Mapa naprężeń – wariant 12 - $\sigma_{\max} = 36,3\text{MPa}$



Warianty	Przemieszczenia [mm]	Naprężenia [MPa]
Wariant 8	0,376	133,85
Wariant 9	0,323	91,98
Wariant 10	268,66	1847>Re
Wariant 11	22,8	382,2
Wariant 12	5,93	36,3

Podsumowanie

- 1) Zidentyfikowano zastrzał jako złącze przenoszące największe obciążenia podczas podejmowania hakowego. W wariantie 10 otrzymano wyężenie przekraczające wartości dopuszczalne przyjęte w założeniach konstrukcyjnych do badań.
- 2) Poprzez modyfikację kształtu oraz cech konstrukcyjnych złącza dolnego uzyskano satysfakcjonujący oraz łagodniejszy rozkład naprężeń. Modyfikując geometrię zastrzału zredukowano maksymalne wartości naprężeń prawie 5-cio krotnie (382MPa).
- 3) Kontynuując pracę należy:
 - wykonać optymalizację wytrzymałości poszczególnych złączy,
 - wprowadzić poprawki, zmodyfikować wybrane cechy konstrukcyjne złączy np. rozlokowanie otworów w górnej części zastrzału,
 - wykonać szczegółową analizę nieliniową MES z uwzględnieniem zjawiska kontaktu oraz modeli 3D sworzni.

Specjalność: **TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII MECHANICZNEJ**