

VIII

STUDENCKA SESJA  
NAUKOWA



40 lat kierunku Techniczne

Kłobwice, 7 czerwca 2006

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA**

Wydział Transportu



## **VIII Studencka Sesja Naukowa**

Katowice 07.06.2010 r.



**40-lat kształcenia na kierunku Transport**

Streszczenia

Katowice 2010 r.

---

Michał Oberski	Wykorzystanie oprogramowania MSC ADAMS Car w badaniach symulacyjnych dynamiki pojazdu samochodowego	21
mgr inż. Paweł Sobczak, mgr inż. Bogusław Śleziak	Modyfikacja metody pomiaru stanu technicznego zawieszzeń pojazdów samochodowych na stanowisku harmonicznym	22
mgr inż. Paweł Sobczak, mgr inż. Bogusław Śleziak	Modyfikacja stanowiska o wymuszeniu harmonicznym do badań zawieszzeń pojazdów samochodowych	23

### *Katedra Logistyki i Transportu Przemysłowego (RT-3)*

Marcin Bała, prof. dr hab. Aleksander Śładkowski	Opracowanie blokady wieszaka windy D5 dla „Fiat Auto Poland” S.A.	24
Andrzej Drozd, prof. dr hab. Aleksander Śładkowski	Analiza i propozycja przebudowy stanowiska kompletacji nakładki słupka i okiennic w magazynie Sistema Poland	25
Leszek Dziewior, dr inż. Bogna Mrówczyńska	Przygotowanie danych pomiarowych GPS jako danych wejściowych do programu rozwiązującego problem komiwojażera	26
Paweł Idzik, prof. dr hab. Aleksander Śładkowski	Analiza transportu wewnętrznego w firmie Leiber Poland	27
Jerzy Jankowicz	Sprawozdanie z działalności Szkolnego Koła Naukowego Logistyki „LogistiCAD” w roku akademickim 2009/10	28
Krzysztof Misiek, dr inż. Damian Gąska	Badanie wytrzymałości nowego typu członu powtarzalnego długiego przenośnika taśmowego w PGE KWB „Bełchatów” S.A.	29
Tomasz Niepokojczycki, dr inż. Czesław Pypno	Kasety do gromadzenia długich odcinków taśm przenośnikowych oraz możliwości ich transportu	30
Marcin Ochenduszko, prof. dr hab. Aleksander Śładkowski	Redukcja maksymalnych naprężeń występujących w dźwigarach bramowej suwnicy kontenerowej firmy FAMAK S.A. metodą elementów skończonych	31
Tomasz Skwierczyński, dr inż. Damian Gąska	Wpływ rodzaju kompletacji na proces magazynowania na przykładzie opracowań BSS Polska	32
Monika Szymczyk, dr inż. Maria Cieśla	Analiza łańcucha dostaw nowych samochodów na podstawie przedsiębiorstwa CAT Polska	33
Justyna Urgacz, dr inż. Piotr Nowakowski	Analiza porównawcza systemów logistycznych zbiórki odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w krajach rozwiniętych	34

Marcin Ochenduszko

prof. dr hab. Aleksander Śładkowski

Katedra Logistyki i Transportu Przemysłowego

Wydział Transportu Politechniki Śląskiej

## **REDUKCJA MAKSYMALNYCH NAPRĘŻEŃ WYSTĘPUJĄCYCH W DŹWIGARACH BRAMOWEJ SUWNICY KONTENEROWEJ FIRMY FAMA S.A. METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH**

Według normy PN-M-4500:1996 suwnica jest to dźwignica, w której urządzenie chwytające jest podwieszane do wciągarki przejezdnej, wciągnika lub też żurawia przemieszczającego się po moście.

Ze względu na budowę konstrukcji nośnej suwnicy dzielą się na:

- mostowe (natorowe),
- bramowe,
- półbramowe,
- podwieszane.

Konstrukcje nośne suwnic wykonane są z materiałów atestowanych jako jednodźwigarowe lub dwudźwigarowe. Przekroje poprzeczne dźwigarów wykonane są jako skrzynkowe, blachownicowe, kratowe oraz z teownikiem do jazdy wciągnika Na rys. 1) przedstawiony został jeden z przykładów konstrukcji suwnic [4].



*Rys. 1. Suwnica bramowa o konstrukcji kratownicowej*

Konstrukcja nośna suwnic bramowych wykonana jest w kształcie bramy jedno- lub dwudźwigarowej. Konstrukcje nośne suwnic bramowych o małych udźwigach wykonane są jako jednodźwigarowe o przekroju, który w dolnej części posiada kształt teownika, który stanowi jezdnię wciągnika. Na końcach toru jezdniego zamontowane są odboje ewentualnie krzywki na wyłączniki krańcowe. Dźwigar nośny zamontowany jest na czterech podporach ustawionych na czołownicach, w których zamontowane są koła jezdne suwnicy. Na rys. 2, możemy zobaczyć przykład konstrukcji suwnicy jednodźwigarowej [5].



Rys. 2. Suwnica jednodźwigarowa

Konstrukcje nośne suwnic bramowych o dużych rozpiętościach i dużym udźwigu, tzw. mosty przeładunkowe, wykonane są jako dwudźwigarowe, o przekroju skrzynkowym lub blachownicowym, połączone ze sobą. Na dźwigarach zamontowane są szyny, które stanowią jezdnię wózka. Do dźwigarów zamontowane są podesty z barierkami.

Na końcach dźwigarów zamontowane są odboje oraz krzywki wyłącznika krańcowego jazdy wózka. Przy niektórych typach suwnic wyłączniki krańcowe zamontowane są na końcach dźwigarów, a krzywka na wózku suwnicy.

Dźwigary nośne wsparte są na czterech podporach ustawionych na czołownicach, w których zamontowane są koła jezdne suwnicy. Przykład konstrukcji suwnicy dwudźwigarowej możemy zobaczyć na rys. 3 [6].



Rys. 3. Suwnica bramowa dwudźwigarowa

Kształtowniki, rury, blachy, pręty stalowe, należy przyjmować wg norm hutniczych i aktualnych programów produkcji, dobierając gatunek stali (skład chemiczny) oraz jej właściwości mechaniczne, technologiczne i eksploatacyjne odpowiednio do rodzaju przeznaczenia elementu konstrukcyjnego. Konstrukcje spawane należy projektować ze stali spawalnej. Konstrukcje przeznaczone do eksploatacji w warunkach sprzyjających kruchemu pękaniu należy projektować ze stali odpowiedniej udarności gwarantowanej atestem [3].

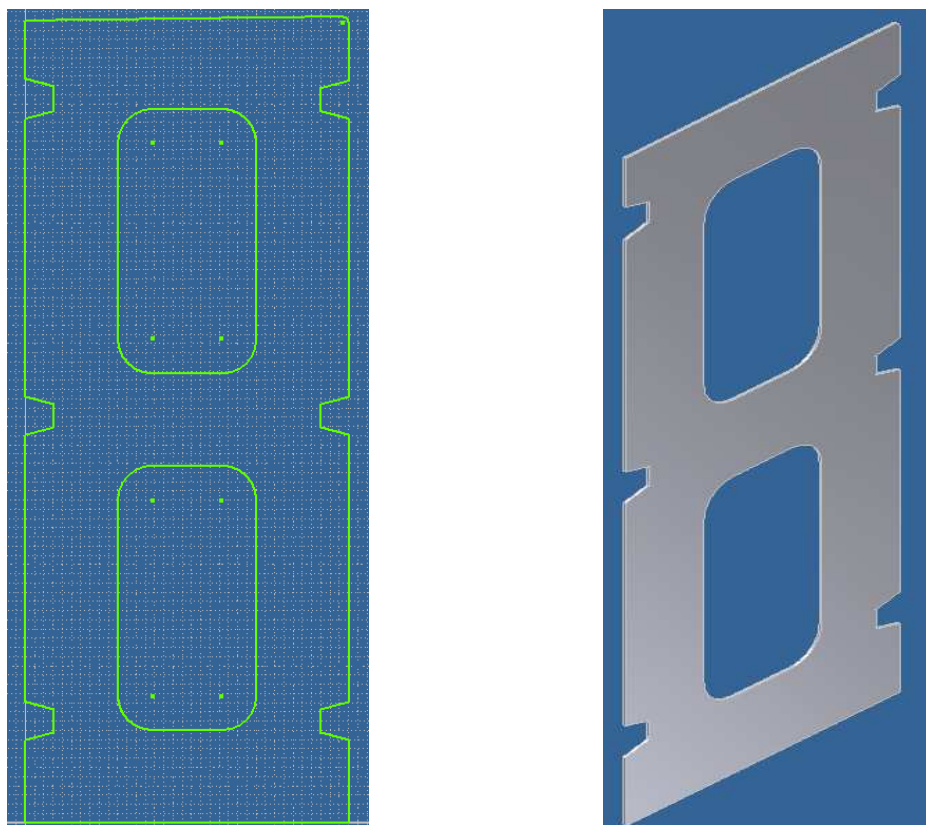
Celem pracy jest zredukowanie naprężeń, występujących w konstrukcji dźwigarów w miejscach połączenia dźwigarów z podporą stałą oraz z podporą wahliwą a także w narożach pomiędzy dźwigarami a czołownicami. Obiektem pracy jest bramowa suwnica kontenerowa firmy F.M. i U. FAMAK S.A., która obecnie pracuje od marca 2008 r, w Euroterminalu w Sławkowie. Max udźwig na linach  $Q_L = 56,2$  t a udźwig pod sprederem  $Q_S = 40$  t. Suwnica ta została przedstawiona na rysunku (Rys. 4.) na kolejnej stronie. Grupa natężenia pracy suwnicy wg PN-ISO-4301:1998 to A6. W pisaniu pracy został wykorzystany artykuł [2].

Przebieg pracy polega na stworzeniu trójwymiarowego modelu bryłowego dźwigarów wraz z czołownicami do celów pokazowych oraz powierzchniowego do celów obliczeniowych. Obydwa modele zostały stworzone w Autodesk Inventor Professional 2009. Model bryłowy był tworzony w następujący sposób. Po pierwsze

tworzenie szkicu danego elementu konstrukcji, a następnie wyciągnięcie elementu na odpowiednią grubość w celu uzyskania elementu bryłowego. Rys. 5 przedstawia nam proces tworzenia przepony.

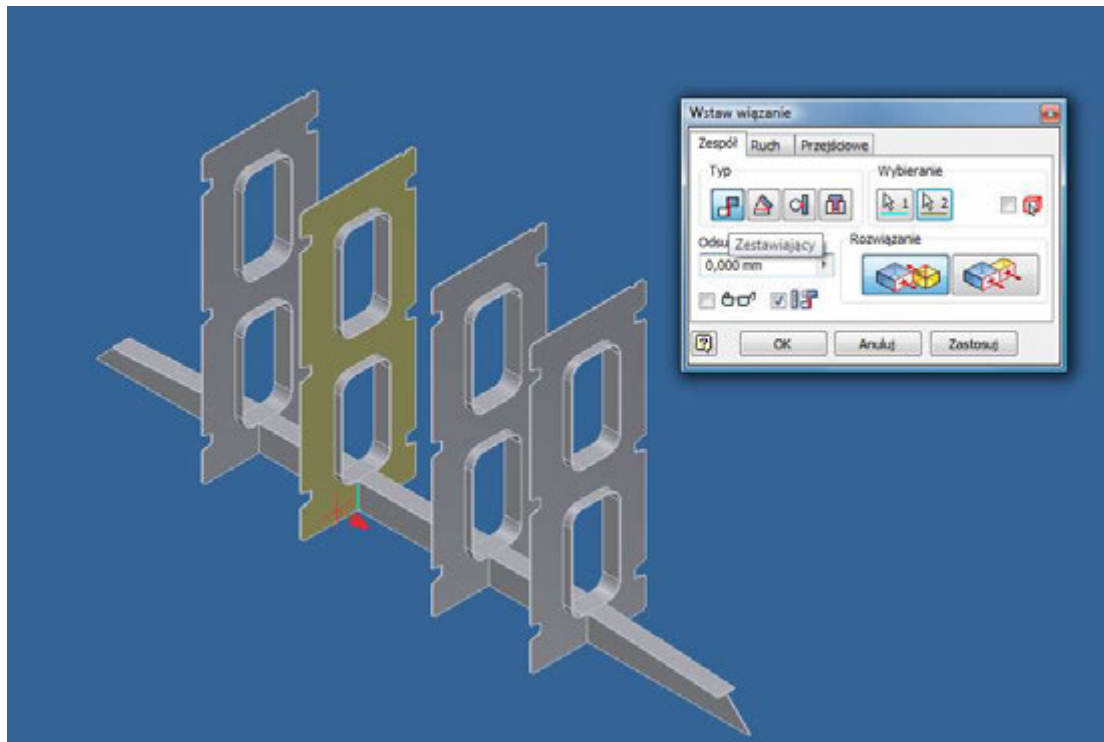


Rys. 4. Suwnica kontenerowa firmy F.M. i U. FAMAK S.A podczas pracy



Rys. 5. Tworzenie przepony w modelu bryłowym

Po stworzeniu w ten sposób wszystkich części konstrukcji następnie należało zmontować wszystkie elementy w całość za pomocą zespołów, dla ułatwienia prac były stworzone podzespoły, do montażu których wykorzystana była funkcja wstaw wiązanie. Możemy zaobserwować to na rys. 6.

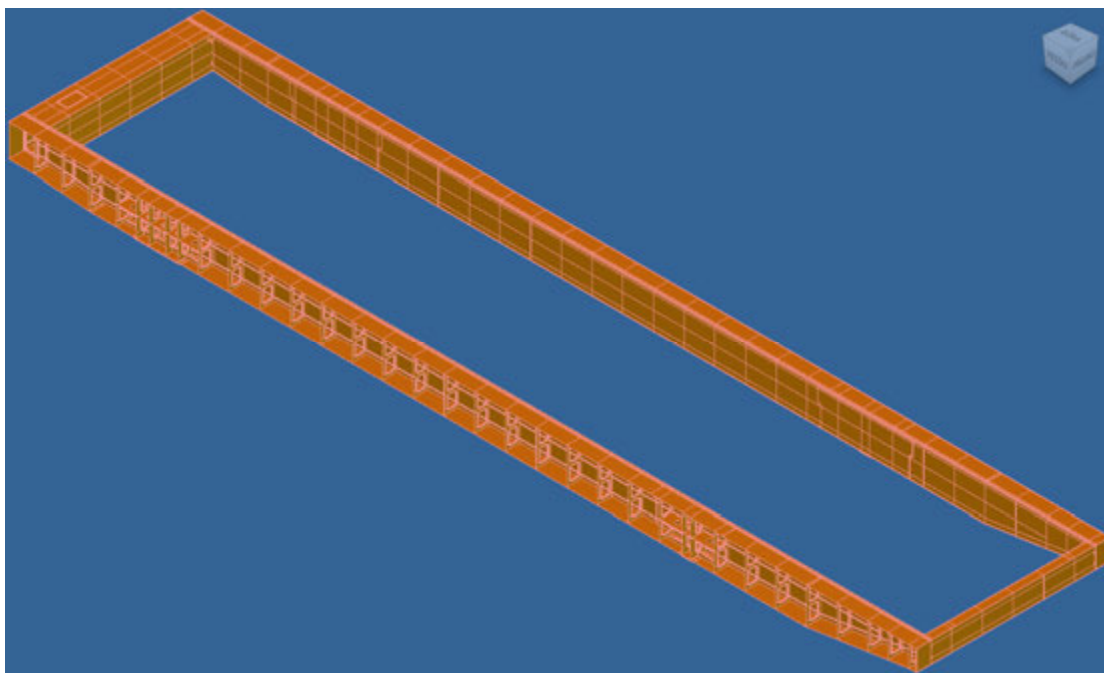


Rys. 6. Tworzenie wiązań w modelu bryłowym

Na koniec suwnicy nadano kolor do celów wizualnych (rys. 7). Zajmijmy się teraz tworzeniem modelu powierzchniowego który w przeciwieństwie do modelu bryłowego którego każda część była tworzona w nowym pliku, tu cała konstrukcja została stworzona w jednym pliku. Ze względów na problemy w programach obliczeniowych z importem zespołów montowanych za pomocą wiązań w oprogramowaniach typu Inventor.

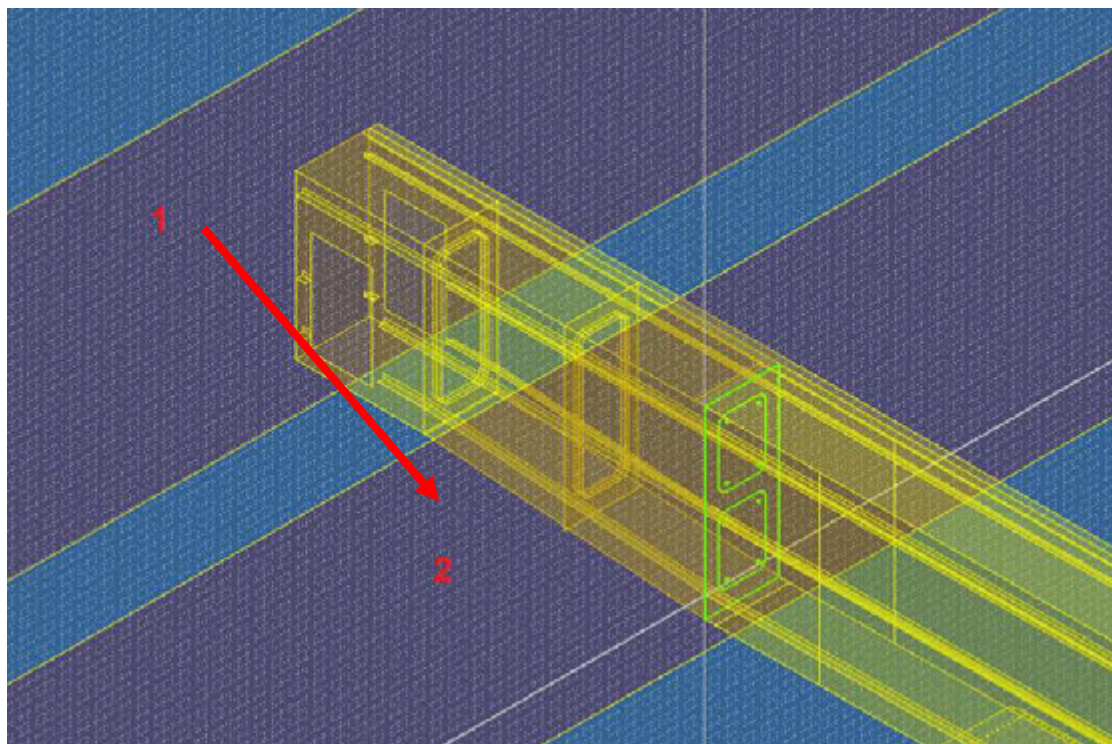
Dlatego model powierzchniowy został utworzony w jednym pliku, ale należy pamiętać, że przy modelach takich jak suwnica, o której mowa, jakiegokolwiek późniejsze modyfikacje konkretnej części od strony szkicu są utrudnione ponieważ dany element może być ściśle powiązany z innymi przylegającymi do niego elementami i może dojść do rozsypania się modelu dlatego należy bardzo dokładnie wykonać model pierwotny. Model powierzchniowy został uproszczony do potrzeb przyśpieszenia czasu obliczeń i zostały usunięte z niego elementy, które nie mają wpływu na konstrukcję nośną suwnicy a mają tylko znaczenie bezpieczeństwa pracy ludzi np. z fazowanie ostrych krawędzi, usunięcie podcięć w miejscach gdzie występują połączenia spawane.



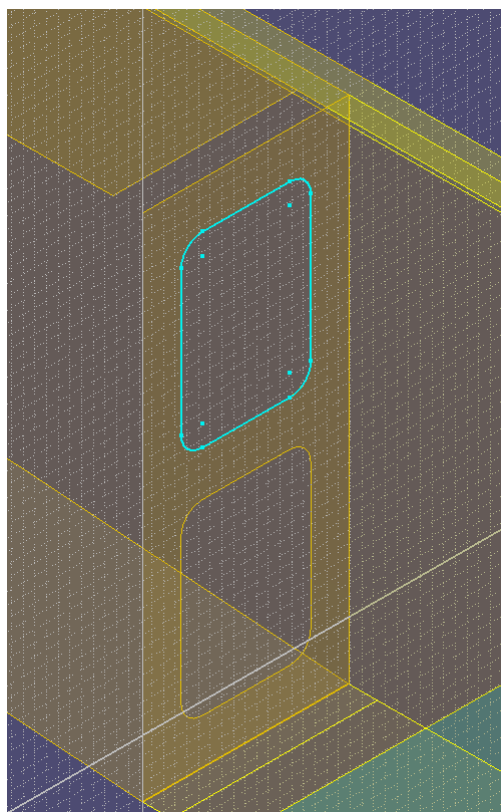


Rys. 7. Gotowy model bryłowy z niewidocznym jednym bokiem

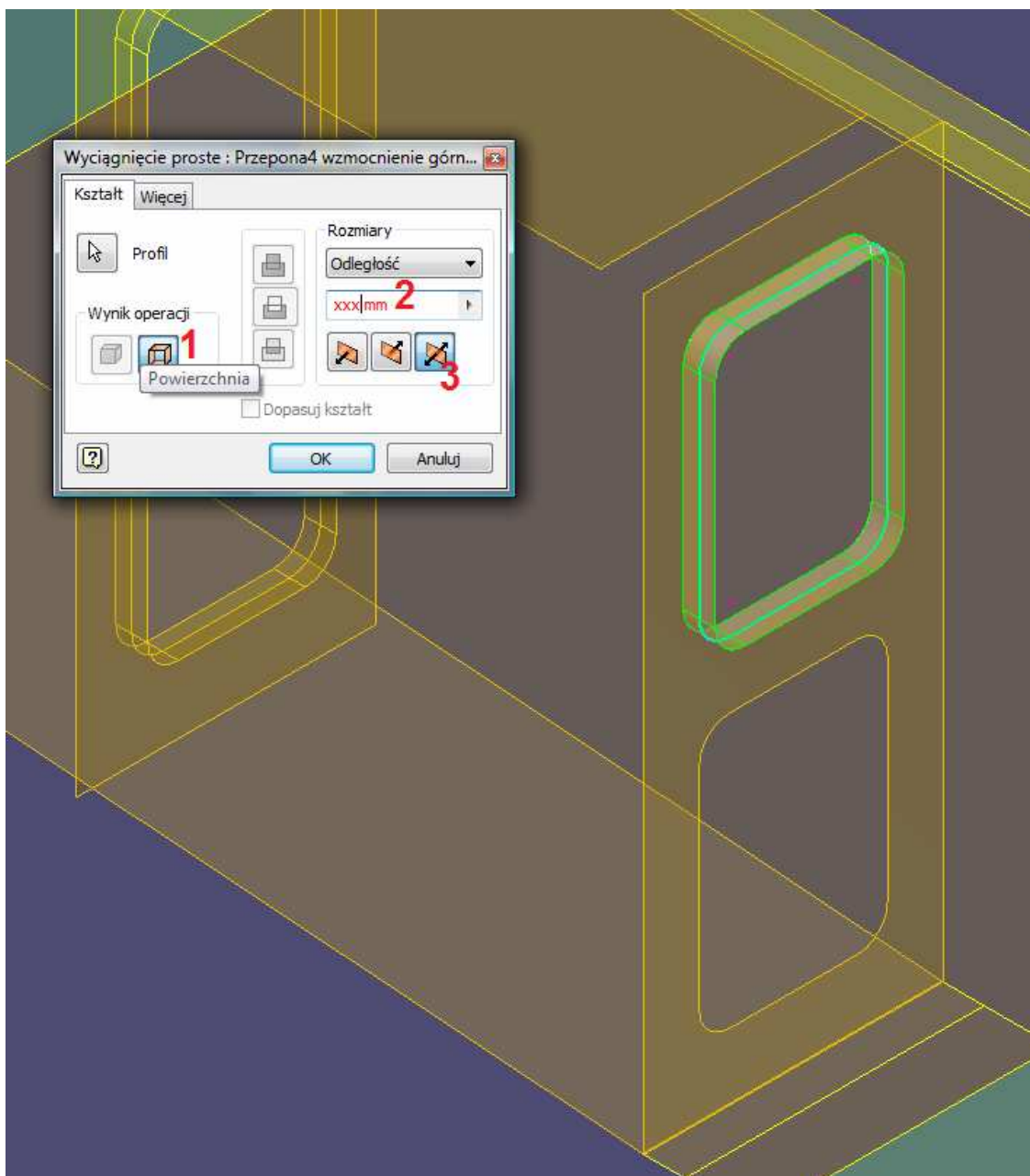
Ważne jest tu pamiętać o dodaniu do wymiarów elementów różnicy wynikającej z braku grubości przylegających elementów. Jeżeli tego nie uwzględnimy nasz model obliczeniowy może się później okazać mniejszy gabarytowo od rzeczywistego modelu. Aby stworzyć model powierzchniowy wykorzystujemy funkcje płaszczyzny konstrukcyjnej, na których tworzymy szkic części a następnie używamy zamknij obwiednie aby otrzymać powierzchnie. Na rysunku poniżej widzimy proces powstawania przepony wewnątrz dźwigara, aby przepona była zamieszczona na swoim miejscu płaszczyzna konstrukcyjna **2** została przesunięta o pewną odległość względem płaszczyzny konstrukcyjnej **1** (rys. 8). Po ukończeniu szkicu, zamykamy obwiednie i otrzymujemy gotową przeponę następnie musimy utworzyć wzmocnienia przepony, które tworzymy po przez rzutowanie elementu (rys. 9.) a następnie stosujemy wyciągnięcie proste, zaznaczając **1** wynik operacji powierzchnia, **2** wprowadzamy wartość wyciągnięcia, **3** wybieramy kierunek wyciągnięcia symetrycznie w dwie strony (rys. 10.). Po stworzeniu w ten sposób całego dźwigara oraz obydwóch czołownic należy stworzyć odbicie lustrzane drugiego dźwigara. Kolejnym i zarazem ostatnim etapem prac w Inventorze jest stworzenie linii podziałowych w celu utworzenia wspólnych punktów do tworzenia siatek MESH w Patranie. Rys. 11 przedstawia gotowy model do zaimportowania w Patranie.



Rys. 8. Tworzenie szkicu przepony w modelu powierzchniowym

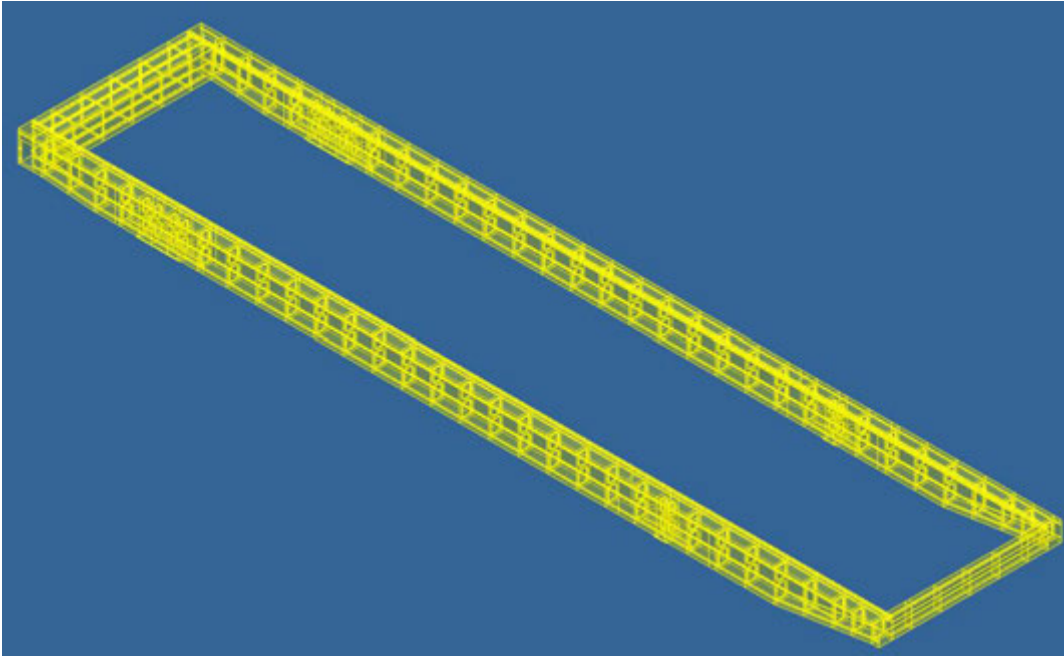


Rys. 9. Rzutowanie elementu do wykonania wzmocnienia przepony w modelu powierzchniowym



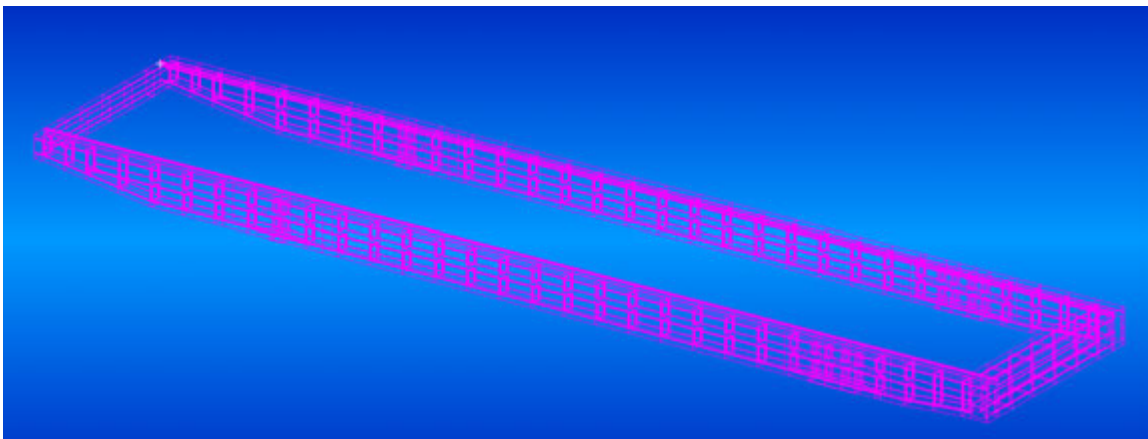
Rys. 10. Tworzenie wzmocnienia przepony w modelu powierzchniowym

Aby zaimportować model do Patrana należy plik zapisać z rozszerzeniem \*.x\_t jest to plik tekstowy zgodny z programem Patran. Następnie model powierzchniowy został zaimportowany do programu Patran 2008 r2, który jest postprocesorem do obliczeń w MD Nastran.



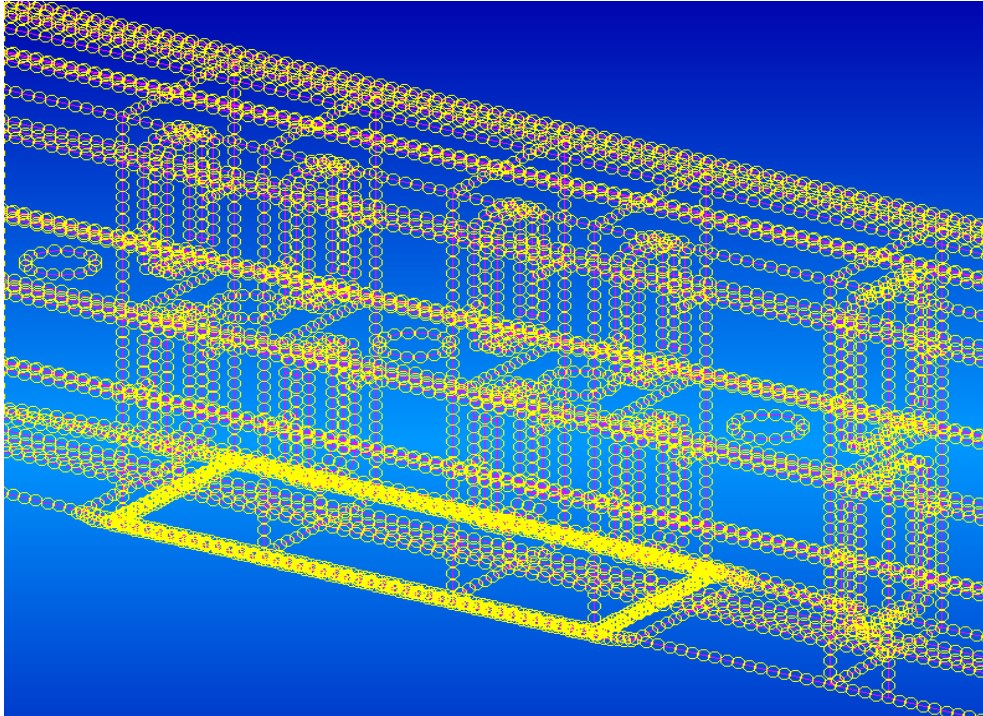
Rys. 11. Gotowy model powierzchniowy

Początkiem pracy w Patranie jest stworzenie nowego pliku, następnie importujemy plik z Inventora o rozszerzeniu \*.x\_t, dobrze jest, też od razu wybrać jednostki, w jakich ma być zaimportowany model, w tym przypadku model został zaimportowany w milimetrach. Po zaimportowaniu pliku wyświetli się posumowanie, w którym są zawarte takie informacje, jak ilość części w Inventorze " Sheet body" 387 a także ilość powierzchni " Surface" 4627 które widzi Patran, powstały one w wyniku zastosowania w Inventorze linii podziałowych w celu uzyskania wspólnych punktów dla elementów. Na rys. 12 możemy zobaczyć model suwnicy po zaimportowaniu go do Patrana.



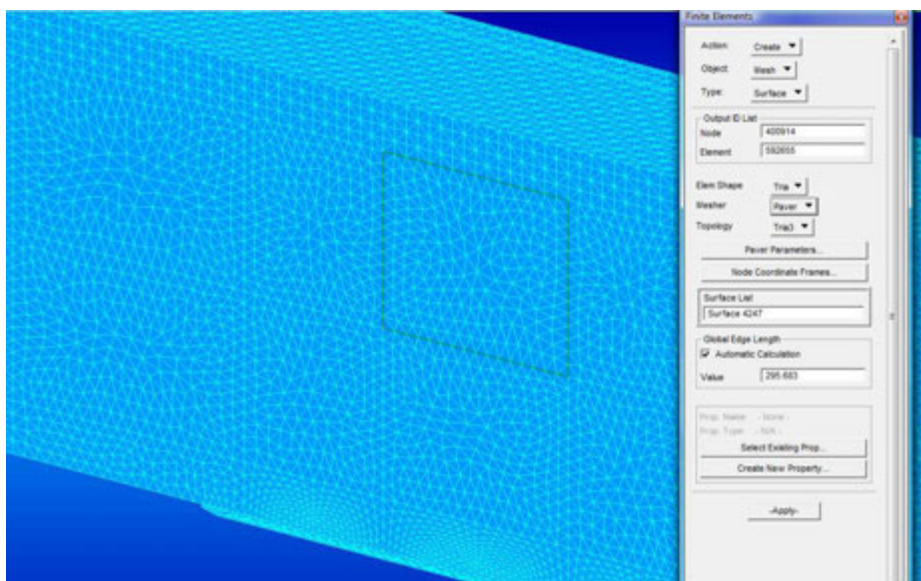
Rys. 12. Model suwnicy w widoku szkieletowym

Przygotowanie modelu do analizy polega na naniesieniu, Mesh Speed, czyli tak zwanych wspólnych punktów dla stykających się krawędzi, w których powstaną węzły siatek (rys. 13).



Rys. 13. Fragment suwnicy z naniesionymi punktami Mesh Speed

Następnie generujemy siatki w tym przypadku zostały wykorzystane siatki Tria3, czyli siatka trójkątna 3 punktowa (rys. 14).

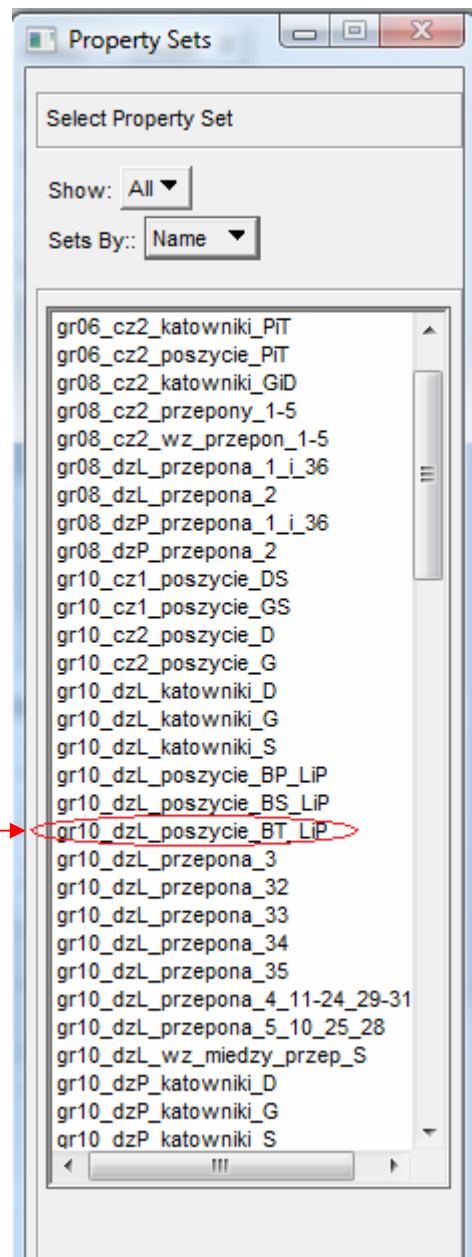


Rys. 14. Fragment suwnicy z naniesioną siatką Mesh liczna elementów 592655 oraz 400914 węzłów

Siatki należy generować o optymalnym zagęszczeniu aby uzyskać miarodajne wyniki, a przy tym aby komputer podolał obliczeniom. W naszym przypadku obliczenia trwały nie całe 10 min. Kolejnym krokiem jest wprowadzenie właściwości stali oraz grubości blach. Dla tego modelu zostały zadane następujące właściwości stali współczynnik sprężystości podłużnej  $E = 2,17 \cdot 10^5$  [N/mm<sup>2</sup>], współczynnik Poissona  $\nu = 0,3$ , gęstość masy  $\rho = 7,850 \cdot 10^{-9}$  [kg/mm<sup>3</sup>]. Grubości blach wynoszą od 6 [mm] do 30 [mm]. Ponieważ tematem pracy jest redukcja naprężeń w konstrukcji stalowej dźwigarów i czołownic suwnicy elementy o takich samych grubościach zostały podzielone na grupy aby w razie późniejszych ich zmian w jakimś elemencie było to miarę proste, na rys. 15 możemy zaobserwować fragment tego podziału.

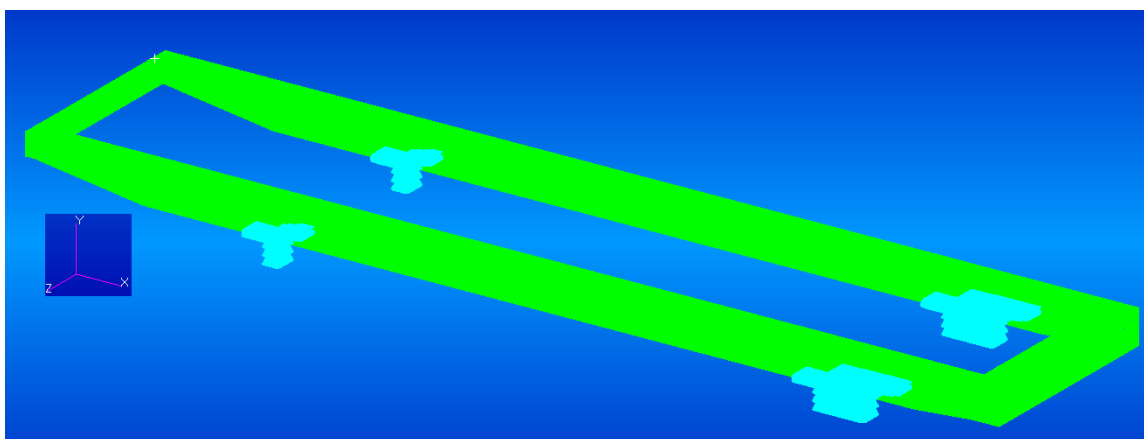
Warto wspomnieć też, iż przód suwnicy jest za podporą wahliwą a tył za podporą stałą, jest to przydatne w celu lokalizacji odpowiednich grubości blach. Jak wiadomo w oby dwóch dźwigarach te same elementy muszą mieć identyczną grubość a zostały one rozbite na dźwigar prawy i lewy, ten podział został wprowadzony tylko ze względu na zminimalizowanie ryzyka pominięcia nadania na jakimś elemencie jego właściwości.

gr10 - grubość blachy 10 mm  
dzL - dźwigar lewy  
BT - bok tył  
LiP - lewa i prawa strona  
dźwigara



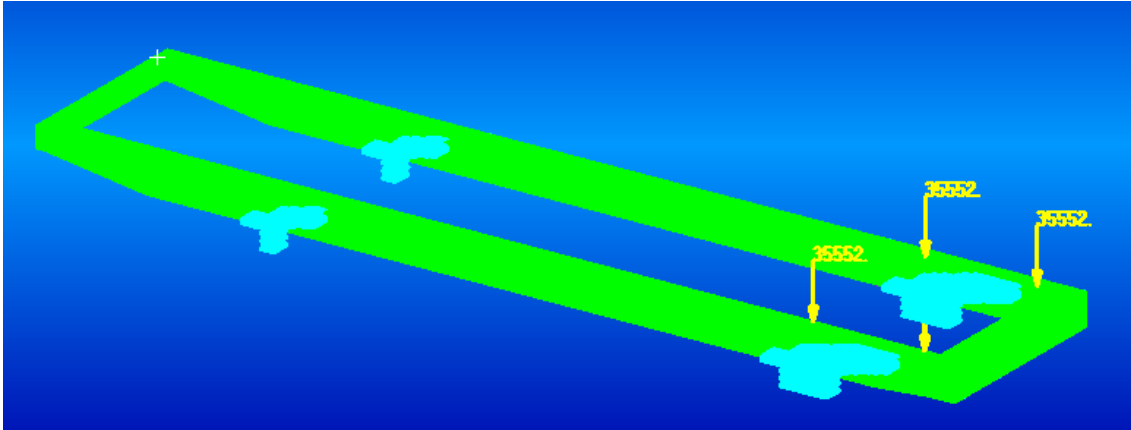
Rys. 15. Fragment tabelki z grubościami blach

Ponieważ w tym przypadku zajmujemy się tylko naprężeniami występującymi w dźwigarach i czołownicach, pomijając naprężenia występujące w podporach tej suwnicy, miejscami utwierdzenia jej są węzły otworów pod śruby do montażu z podporami, w miejscu podpory stałej przemieszczenia w wszystkich trzech osiach są zablokowane, dotyczy to także obracania się względem tych osi. Natomiast w miejscu kontaktu z podporą wahliwą przemieszczenie zostało zablokowane tylko w osi Y i Z natomiast obracanie się zostało zablokowane w osi X i Y (rys. 16) pokazują położenie suwnicy względem układu współrzędnych.



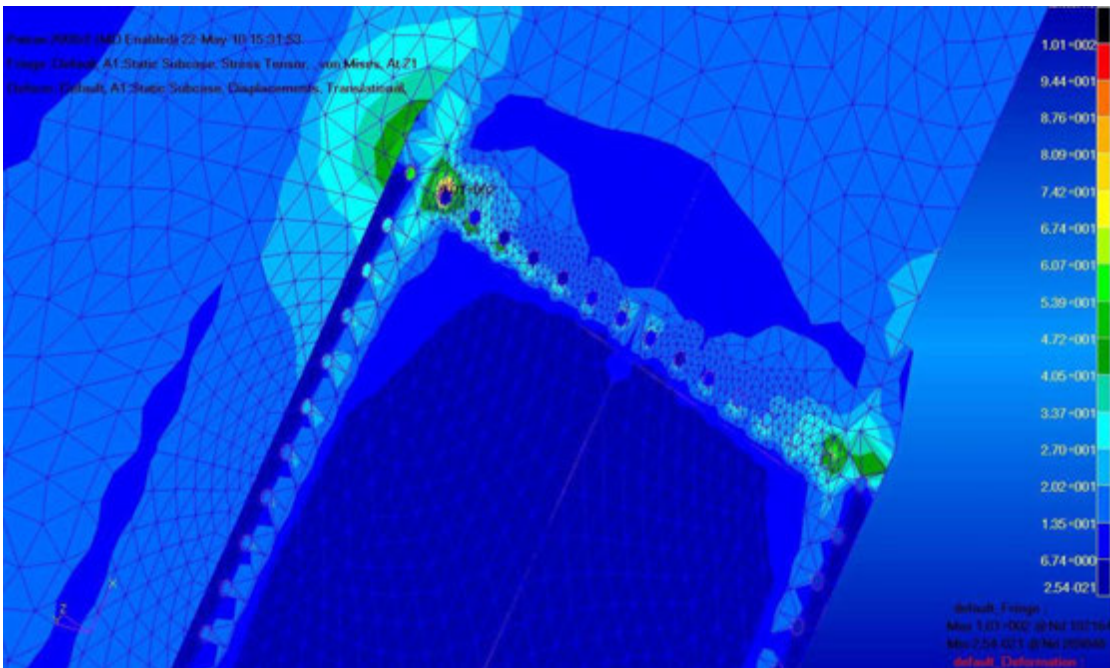
Rys. 16. Położenie suwnicy względem osi X Y Z

Na tym etapie prac rozpatrujemy naprężenia w konstrukcji powstałe z oddziaływania obciążeń wynikając z masy wózka  $m_w = 60$  [t] oraz maksymalnego udźwigu na linach  $Q_L = 56,2$  [t] co daje nam łączny nacisk kół wózka na szyny dźwigarów  $96,2$  [t] równa się to siłę  $1137,7$  [kN], dzieląc tą siłę przez 4 koła w wózku daje nam to nacisk jednego koła na szynę  $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 284,412$  [kN], ponieważ wstępne obliczenia były przeprowadzone z pominięciem szyny siła ta została przyłożona do 8 węzłów dla każdego koła wózka co daje nam siłę dla jednego węzła  $35,55$  [kN]. Siłę tę należy wprowadzić do programów N ponieważ model był zaimportowany w milimetrach więc wartość siły przyłożonej do jednego węzła z 32 wynosi  $355,515$  [N]. Następnie należy przyłożyć te siły do konstrukcji, w zależności od danego położenia wózka (rozpatrywane są 3 położenia: pierwsze na środku dźwigarów, drugie za podporą stałą, trzecie za podporą wahliwą). Rys. 17 przedstawia jedno z położen wózka.



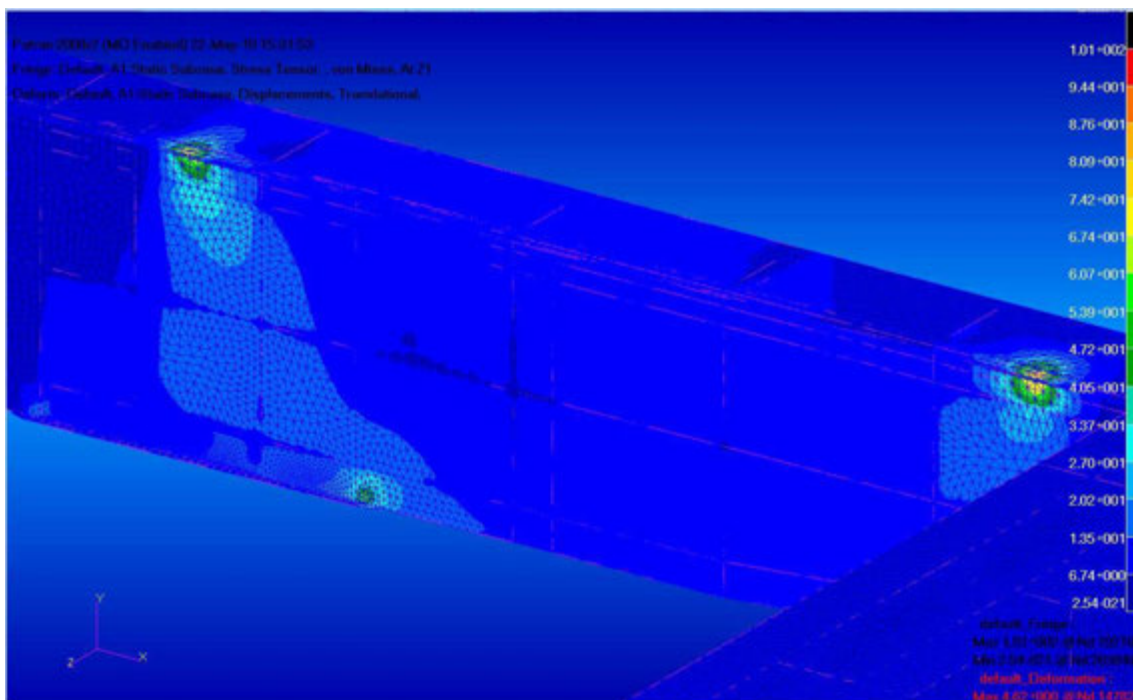
Rys. 17. Przykład przyłożenia sił do konstrukcji dźwigarów przy położeniu wózka za podporą stałą

To jest koniec prac nad modelem, teraz pozostaje nam włączyć analizę a następnie, należy przeanalizować wyniki obliczeń, w tym położeniu wózka otrzymaliśmy naprężenia rzędu 101 [MPa] w miejscu kontaktu dźwigara z podporą stałą (rys. 18, 19).



Rys. 18. Maksymalne naprężenia w położeniu wózka za podporą stałą





Rys. 19. Naprężenia w położeniu wózka za podporą stałą

Aktualnie trwają prace nad rozpatrywaniem przypadku z szyną oraz pod wpływem warunków atmosferycznych oddziaływującymi na konstrukcję suwnicy a także na podnoszony ładunek, równocześnie pracujemy nad rozwiązaniami które pomogą w przyszłości zredukować te naprężenia w nowych konstrukcjach podobnych do tej suwnicy.

## Literatura

- [1] Chimiak M.: *Budowa suwnic i ciągników oraz ich obsługa*, KaBe, Krosno, 2009.
- [2] Chmurawa M.P., Gąska D.: *Modeling of bridge cranes of INGENIUM. (4)*  
Cracow - Glasgow - Radom, 2005, pp. 409 -414.
- [3] PN-80/B-03200 *Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie*.
- [4] <http://mazurski.com.pl/web/uploads/573.png> (22.05.2010)
- [5] <http://www.eltech-suwnice.pl/download/dscn0035.jpg> (22.05.2010)
- [6] [http://www.liebherr.pl/images/GUMMIBEREIFTE\\_CONTAINER-STAPELKRANE\\_2.jpg](http://www.liebherr.pl/images/GUMMIBEREIFTE_CONTAINER-STAPELKRANE_2.jpg) (22.05.2010)