



Analiza rozkładu naprężeń nieruchomego pomostu serwisowego, wykonana w programie SolidWorks

A. Jurczyk^a, I. Grocholski^a, S. Pyka^a, M. Kuc^a, A. Orczyk^a, A. Śliwa^b, M. Sroka^b

^a Studenci Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny
email: electricfire@o2.pl

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
email: agata.sliwa@polsl.pl, marek.sroka@polsl.pl

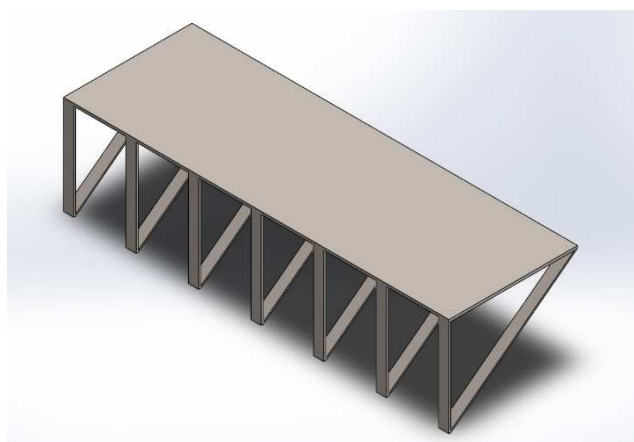
Streszczenie: W niniejszej pracy przedstawiona została analiza rozkładu naprężeń dwóch pomostów wykonanych ze stali stopowej o różnych rozkładach masy w programie SolidWorks. Naprężenia powstały w wyniku obciążenia określonymi siłami, które są równe wadze grupy ludzi.

Abstract: This paper presents the analysis of stress distribution in two service platforms made of alloy steel with different masses, which were designed in Solid Edge. These stresses are caused by the load equivalent to the weight of a group of people.

Słowa kluczowe: SolidWorks, rozkład naprężeń, obciążenie, nieruchomy pomost serwisowy

1. WPROWADZENIE

Pomostem serwisowym nazywamy konstrukcję metalową zawieszoną na ścianie budynku, która służy do przenoszenia ludzi oraz materiałów serwisowych, przykładowy pomost przedstawiono na rysunku 1. Pomost składa się z kładki, oraz wspierających ją od spodu wsporników. Wsporniki z reguły mają kształt płaskownika, teownika bądź kątownika [1,4].



Rysunek 1. Zdjęcie przykładowego pomostu
Figure 1. Photo of an exemplary platform

Wiele gałęzi współczesnego przemysłu wykorzystuje metodę elementów skończonych do rozwiązywania różnych problemów inżynierskich. Metoda ta wykorzystywana jest między innymi przy sprawdzaniu wykonanych wcześniej obliczeń analitycznych lub zaprojektowanych wcześniej konstrukcji, aby wykazać czy rzeczywiście są w stanie wytrzymać zadane warunki pracy oraz określić poprawność dobranej materiału. Pozwala to na pominięcie prób na gotowym, często kosztownym elemencie, a czasem jest nawet jedyną możliwością zweryfikowania danej konstrukcji [2,3].

W celu analizy naprężeń oraz w celu zamodelowania pomostu użyte zostało oprogramowanie SolidWorks. Jest to oprogramowanie, które umożliwia zamodelowanie przedmiotu w trójwymiarowej przestrzeni, jak również wykonanie symulacji obciążeń.

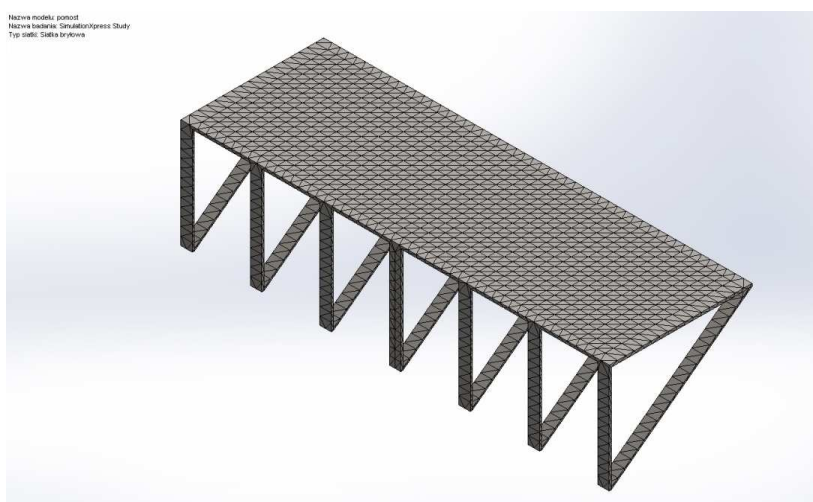
2. ZAŁOŻENIA MODELOWE

W niniejszej pracy zaprezentowano analizę wytrzymałościową nieruchomego pomostu serwisowego. Przedstawiona została analiza rozkładu naprężeń dwóch pomostów wykonanych ze stali stopowej o różnych rozkładach masy. Pierwszy model został wykonany jako bazowy względem drugiego, w którym przeprowadzono redukcję masy. Zredukowanie masy wpływa na zmniejszenie kosztów wykonania konstrukcji oraz ma na celu zmniejszenie obciążeń przenoszonych przez ściany nośne. Wymiary zostały dobrane do potrzeb podanych w założeniach projektowych, które obejmowały masę i umiejscowienie pomostu.

Model stworzony został przy użyciu programu SolidWorks. Rama pomostu została wykonana z profili stalowych o wymiarach zewnętrznych 50 x 10 mm, o grubości 10 mm.

Pomost został zobrazowany jako uproszczony model, który został przytwierdzony do ściany nośnej w celu zbadania naprężeń podczas ugięcia. Siła statyczna została przyłożona pionowo na kładkę płaskownika. W pracy została użyta analiza liniowo statyczna z czworocienną siatką. Przeanalizowany został wpływ stałego obciążenia 300 N na konstrukcję pomostu przed oraz po redukcji masy.

Dla modelu geometrycznego wygenerowano siatkę elementów skończonych co przedstawiono na rysunku 2, z kolei informację o nałożonej siatce elementów skończonych zawarto w tabelicy 1. Własności materiału wykorzystanego w budowie pomostu prezentuje tablica 2 a model pomostu z nałożonymi warunkami brzegowymi ukazano na rysunku 3.



Rysunek 2. Model pomostu z nałożoną siatką elementów skończonych
Figure 2. The model of the platform after meshing

Tablica 1. Informacje o siatce nałożonej na pomost

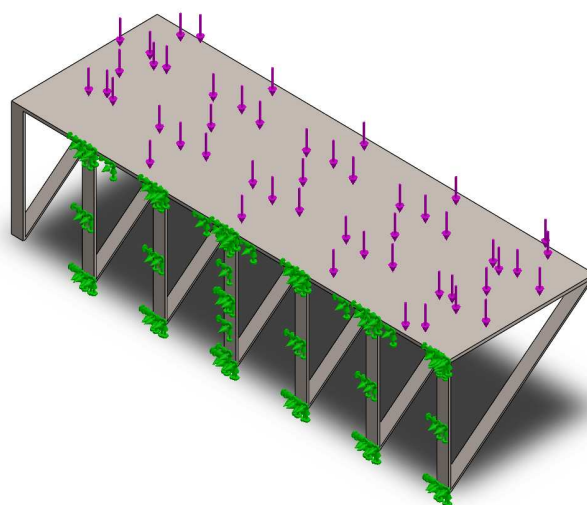
Table 1. Information about the mesh put on the platform

Typ siatki	Siatka bryłowa
Użyty generator siatki:	Siatka standardowa
Automatyczne przejście:	Wyłączone
Uwzględnij automatyczne pętle siatki:	Wyłączone
Punkty jacobianu	4 punkty
Rozmiar elementu	59,0443 mm
Tolerancja	2,95222 mm
Jakość siatki	Wysoka
Całkowita liczba węzłów	17134
Całkowita liczba elementów	8041
Maksymalny współczynnik proporcji	19,509
% elementów o współczynniku kształtu < 3	16,9
% elementów o współczynniku kształtu > 10	9,27

Tablica 2. Własności materiału wykorzystanego w budowie pomostu

Table 2. Properties of the material used in the construction of the platform

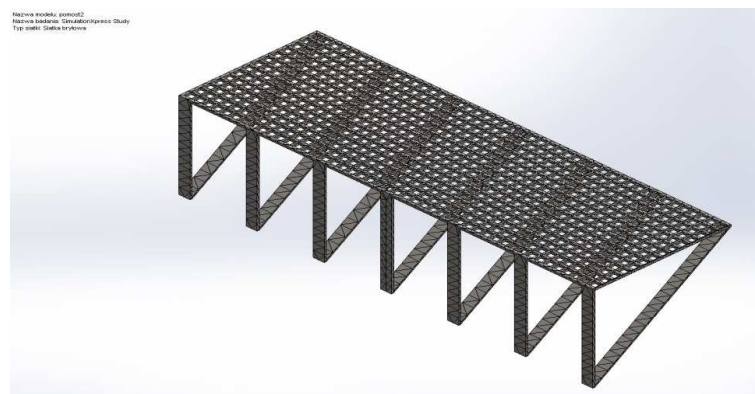
Nazwa	Stal stopowa
Typ modelu	Liniowy elastyczny izotropowy
Domyślne kryterium zniszczenia	Max naprężenie zredukowane wg Misesa
Granica plastyczności	6,20422e+008 N/m ²
Wytrzymałość na rozciąganie	7,23826e+008 N/m ²
Masa	573,583 kg
Objętość	0,0744913 m ³
Gęstość	7700 kg/m ³
Waga	5621,11 N



Rysunek 3. Model pomostu z nałożonymi warunkami brzegowymi

Figure 3. The model of the platform with the flagged load

Następnym krokiem było zredukowanie masy pomostu oraz nałożenie siatki elementów skończonych na analizowany model (rys. 4, tab. 3). Własności materiału z którego został wykonany pomost po redukcji masy przedstawiono w tabelicy 4. Rysunek 5 przedstawia model pomostu z nałożonymi warunkami brzegowymi po redukcji masy.



Rysunek 4. Model pomostu z nałożoną siatką elementów skończonych po redukcji masy
 Figure 4. The model of the platform after meshing after mass reduction

Tablica 3. Informacje o siatce nałożonej na pomost po redukcji masy

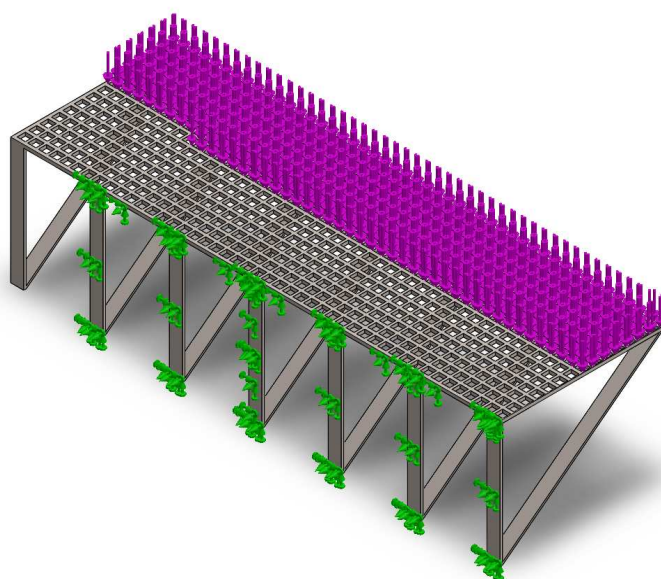
Table 3. Information about the mesh put on the platform after mass reduction

Typ siatki	Siatka bryłowa
Użyty generator siatki	Siatka standardowa
Automatyczne przejście	Wyłączone
Uwzględnij automatyczne pętle siatki	Wyłączone
Punkty jacobianu	4 punkty
Rozmiar elementu	59,0443 mm
Tolerancja	2,95222 mm
Jakość siatki	Wysoka
Całkowita liczba węzłów	46092
Całkowita liczba elementów	21889
Maksymalny współczynnik proporcji	20,237
% elementów o współczynniku kształtu < 3	40,4
% elementów o współczynniku kształtu > 10	3,62

Tablica 4. Własnościach materiału pomostu po redukcji masy

Table 4. Properties of the material used in the construction of the platform after mass reduction

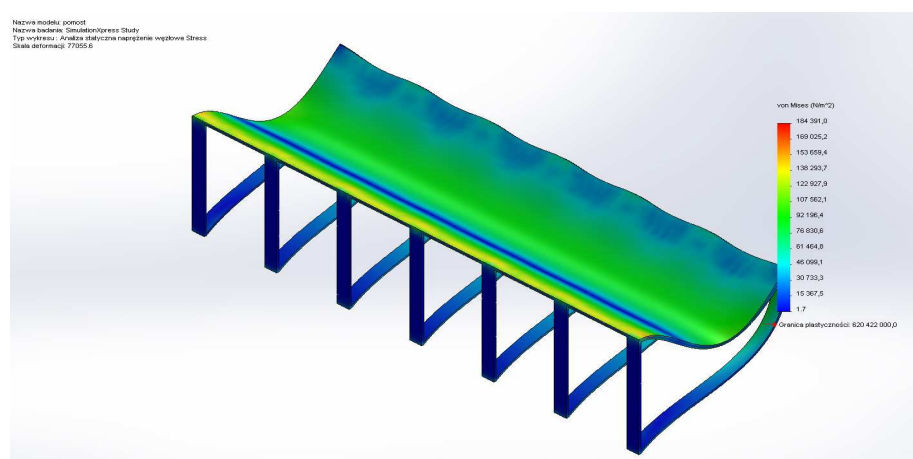
Nazwa:	Stal stopowa
Typ modelu:	Liniowy elastyczny izotropowy
Domyślne kryterium zniszczenia:	Max naprężenie zredukowane wg Misesa
Granica plastyczności:	6.20422e+008 N/m ²
Wytrzymałość na rozciąganie:	7.23826e+008 N/m ²
Masa:	325.643 kg
Objętość:	0.0422913 m ³
Gęstość:	7700 kg/m ³
Waga:	3191.3 N



Rysunek 5. Model pomostu z nałożonymi warunkami brzegowymi po redukcji masy
Figure 5. The model of the platform after the mass reduction with the flagged load

3. ANALIZA MES

Na rysunku 6 przedstawiającym rozkład naprężeń omawianego pomostu można zaobserwować, że w każdym przypadku ugięcie następuje w środkowej części kładki – jest to obszar najbardziej narażony na odkształcenia.

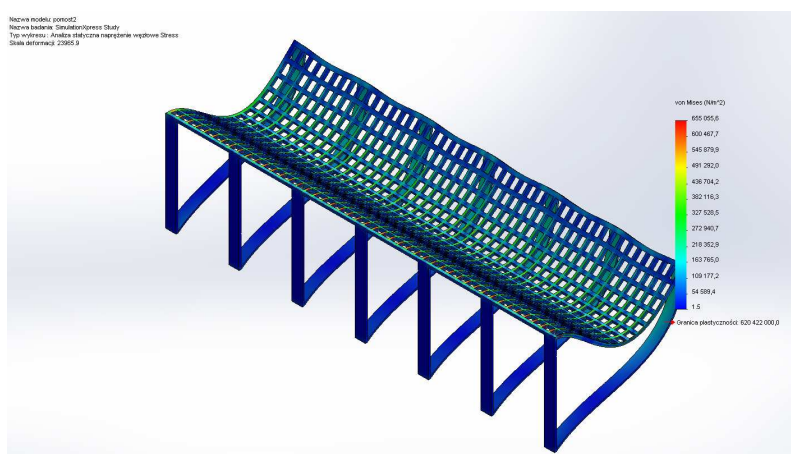


Rysunek 6. Minimalne i maksymalne naprężenia występujące w pomoście pod wpływem nałożonej siły

Figure 6. Minimum and maximum stress which occur in the platform due to the load

W pierwszym przypadku, naprężenia wywierane na środek omawianej kładki wahają się w granicach 174÷184 MPa.

W drugim przypadku naprężenia występujące w pomoście pod wpływem nałożonej siły po pokazanej redukcji masy mieszczą się w granicach 153÷655 MPa (rys. 7).



Rysunek 7. Minimalne i maksymalne naprężenia występujące w pomoście pod wpływem nałożonej siły po redukcji masy

Figure 7. Minimum and maximum stress which occur in the platform after mass reduction, due to the load

Naprężenia wywierane na pomost przekraczają możliwe dopuszczalne obciążenie, które wynosi 620 MPa. Informacje na temat naprężeń zawarte są w tablicach 5 i 6.

Tablica 5. Minimalne i maksymalne naprężenia występujące w pomoście pod wpływem nałożonej siły

Table 5. The minimum and maximum stress which occur in the platform due to the load

Nazwa	Typ	Min	Max
Stress	VON: Naprężenie zredukowane wg Mesa	1,74602 N/m ² Węzeł: 9396	184391 N/m ² Węzeł: 16552

Tablica 6. Minimalne i maksymalne naprężenia występujące w pomoście pod wpływem nałożonej siły po redukcji masy

Table 6. The minimum and maximum stress which occur in the platform after mass reduction, due to the load

Nazwa	Typ	Min	Max
Stress	VON: Naprężenie zredukowane wg Misesa	1,5318 N/m ² Węzeł: 22673	655056 N/m ² Węzeł: 10587

Tablice 7 oraz 8 zawierają informacje na temat przemieszczeń, które można zaobserwować na rysunkach o numerach 8 oraz 9. W wyniku owych przemieszczeń dochodzi do deformacji widocznych na rysunkach 10 oraz 11. Aby zapobiec deformacjom należy przyjąć współczynnik bezpieczeństwa, na temat którego informacje znajdziemy w tablicach 9 i 10, natomiast modele o zastosowanym współczynniku przedstawiają rysunki 12 oraz 13.

Norma PN-EN 10088 definiuje, iż wartość naprężeń, które jest w stanie wytrzymać stal nierdzewna waha się od 400 MPa w przypadku stali ferrytycznych, aż do 620 MPa.

Można więc zauważyć iż model drugi nie jest w stanie wytrzymać naprężeń, które identyfikują daną konstrukcję jako niebezpieczną i przeprowadzenie podobnej redukcji masy nie jest wskazane ze względu na bezpieczeństwo pracy [4].

Tablica 7. Minimalne i maksymalne przemieszczenie wypadkowe występujące w pomoście pod wpływem nałożonej siły

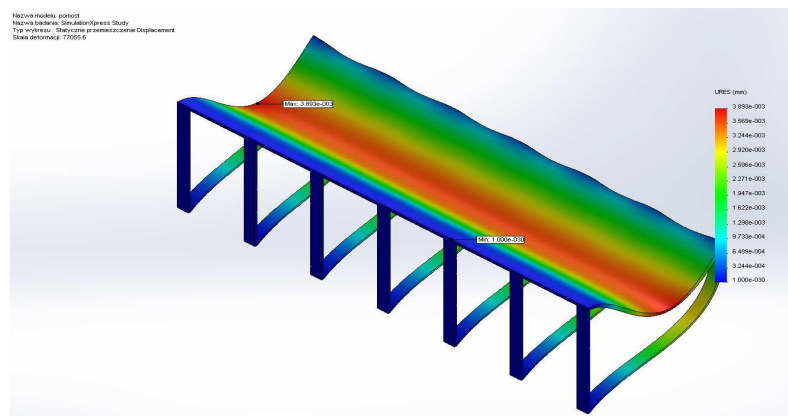
Table 7. The minimum and maximum displacement which the platform was subjected to during simulation due to the load

Nazwa	Typ	Min	Max
Displacement	URES: Wypadkowe przemieszczenie	0 mm Węzeł: 22	0,0038933 mm Węzeł: 16471

Tablica 8. Minimalne i maksymalne przemieszczenie wypadkowe występujące w pomoście pod wpływem nałożonej siły po redukcji masy

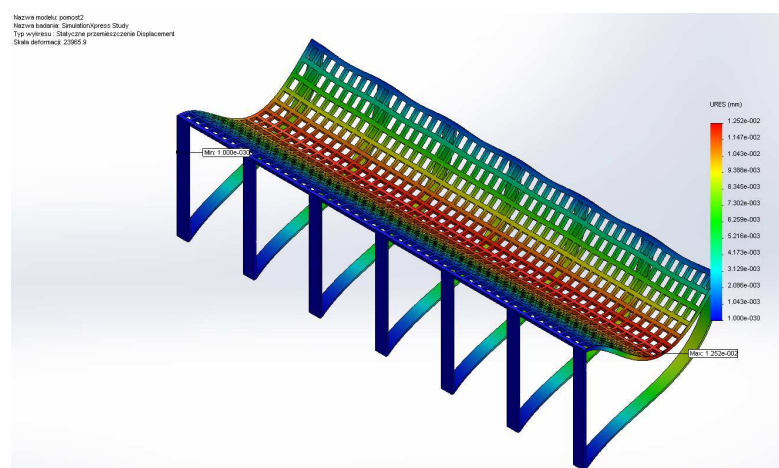
Table 8. The minimum and maximum displacement which the platform after mass reduction was subjected to during simulation, due to the load

Nazwa	Typ	Min	Max
Displacement	URES: Wypadkowe przemieszczenie	0 mm Węzeł: 2625	0,0125179 mm Węzeł: 25600



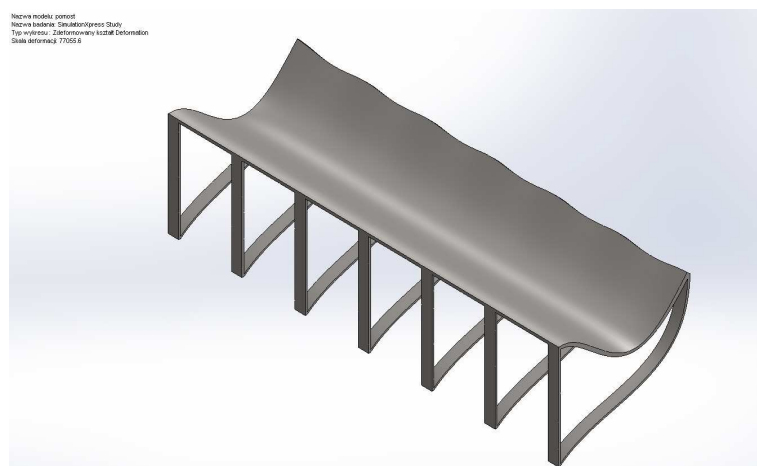
Rysunek 8. Minimalne i maksymalne przemieszczenie wypadkowe występujące w pomoście pod wpływem nałożonej siły

Figure 8. Minimum and maximum displacement which the platform was subjected to during simulation due to the load

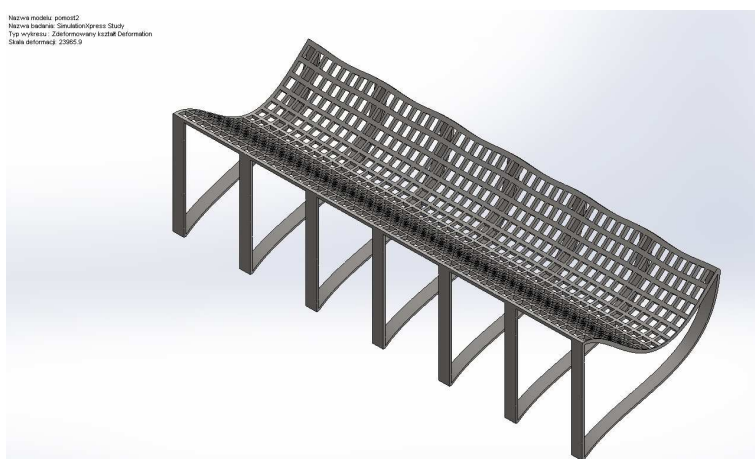


Rysunek 9. Minimalne i maksymalne przemieszczenie wypadkowe występujące w pomoście pod wpływem nałożonej siły po redukcji masy

Figure 9. Minimum and maximum displacement which the platform after mass reduction was subjected to during simulation, due to the load



Rysunek 10. Deformacja pomostu pod wpływem nałożonej siły
Figure 10. Figure of the deformations of the platform, which occur due to the load



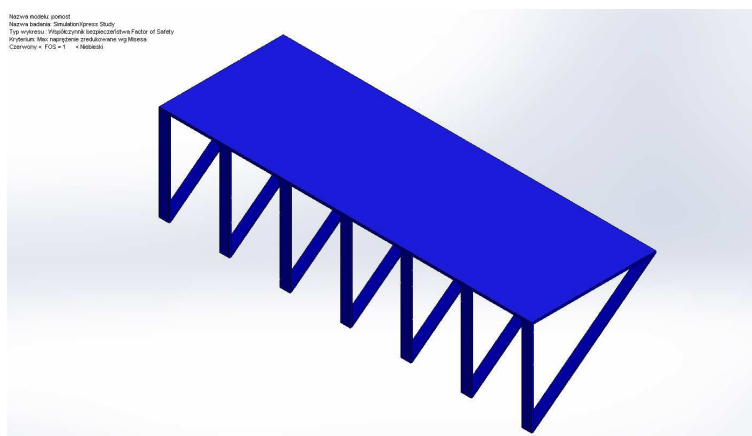
Rysunek 11. Deformacja pomostu pod wpływem nałożonej siły po redukcji masy
Figure 11. Figure of the deformations of the platform after mass reduction, which occur due to the load

Tablica 9. Informacje o współczynniku bezpieczeństwa platformy poddanej obciążeniu
Table 9. Information on the safety factor of the platform subjected to the load during the simulation

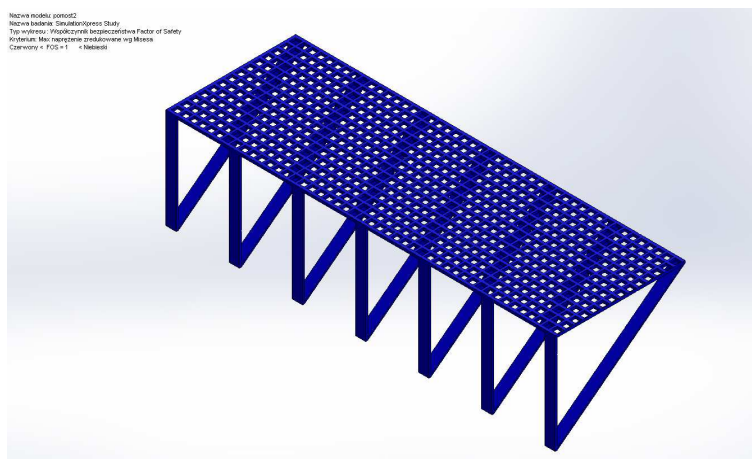
Nazwa	Typ	Min	Max
Factor of Safety	Max naprężenie zredukowane wg Misesa	3364,71 Węzeł: 16552	3,55335e+008 Węzeł: 9396

Tablica 10. Informację o współczynniku bezpieczeństwa platformy poddanej obciążeniu po redukcji masy
Table 10. Information on the safety factor of the platform after mass reduction subjected to the load during the simulation

Nazwa	Typ	Min	Max
Factor of Safety	Max naprężenie zredukowane wg Misesa	947,129 Węzeł: 10587	4,05027e+008 Węzeł: 22673



Rysunek 12. Informacje o współczynniku bezpieczeństwa platformy poddanej obciążeniu
Figure 12. Information on the safety factor of the platform subjected to the load during the simulation



Rysunek 13. Informacje o współczynniku bezpieczeństwa platformy poddanej obciążeniu po redukcji masy
Figure 13. Information on the safety factor of the platform after mass reduction, subjected to the load during the simulation

4. PODSUMOWANIE

W niniejszej pracy przedstawiono analizę naprężeń nieruchomego pomostu serwisowego, wykonanego ze stali nierdzewnej przy dwóch różnych masach modelu – pierwszej, potrafiącej wytrzymać dane obciążenie oraz drugiej, niższej, nie będącej w stanie podjąć temu samemu zadaniu. Oprogramowanie SolidWorks umożliwiło określenie granicy redukcji masy pomostu, dzięki któremu możliwe jest ustalenie maksymalnych naprężeń, występujących w omawianej konstrukcji przy minimalnej masie. Praca z wykorzystaniem ww. oprogramowania pozwala na zachowanie odpowiednich proporcji między zmniejszeniem masy, a wielkością naprężeń. Oprogramowanie pozwala również na możliwość łatwego i szybkiego wprowadzania zmian w modelu, co w wypadku rzeczywistego pomostu oszczędziłoby wiele

kosztów oraz czasu. Wyniki badań pozwoliły ustalić, iż stal nierdzewna jest materiałem spełniającym wyznaczone kryteria na nieruchomy pomost serwisowy, co daje możliwość na bezpieczne użytkowanie.

LITERATURA

1. A. Rutkowski, Części maszyn, WSiP, Warszawa, 1999.
2. L.A. Dobrzański, Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego, WNT, Warszawa, 2002.
3. ANSYS ver.12 for Academic Research, Swanson Analysis System Inc., 2010.
4. B. Szybiński, The aluminium and the steel supporting system for the horns assembly in the High Intensity Neutrino Oscillation Project, Key Engineering Materials 542 (2013) 205-217.