



Analiza rozkładu naprężeń krzesła stalowego wykonana w programie Solidworks

K. Musiał^a, Ł. Ciszek^a, T. Targoś^a, A. Śliwa^b

^a Studenci Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
email: kamil.mus90@gmail.com

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

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę MES rozkładu naprężeń i przemieszczeń powstałych w wyniku obciążenia krzesła szkolnego siłami odpowiadającymi wadze: dziecka, dorosłego mężczyzny i otyłego mężczyzny. Określono miejsca o najwyższej wartości naprężeń oraz przemieszczeń.

Abstract: The paper presents the MES analysis of stress distribution and displacements in school chair caused by the load equivalent to weight of child, and adult man and an obese adult man. Locations with the highest value of stresses and displacements were specified.

Słowa kluczowe: MES, rozkład naprężeń, rozkład przemieszczeń, AISI 1025

1. WPROWADZENIE

Krzesło to jednoosobowy mebel do siedzenia z oparciem, jest powszechnie stosowanym meblem w domostwach, przedsiębiorstwach, urzędach i placówkach oświaty. Najczęściej wykonany szkielet krzesła jest z drewna, stali, aluminium lub tworzyw sztucznych, natomiast siedzisko i oparcie zazwyczaj wykonywane jest z drewna lub tworzywa sztucznego i często jest tapicerowane [1]. Przykładowe krzesło, które zostanie poddane analizie metodą elementów skończonych przedstawiono na rysunku 1.

W celu analizy rozkładu naprężeń występujących krzesło podczas obciążenia wykorzystano metodę elementów skończonych (MES). Jest to jedno z podstawowych narzędzi komputerowych stosowanych w obliczeniach inżynierskich i naukowych. Obliczenia MES polegają na podzieleniu obszaru na elementy skończone i wykonanie obliczeń tylko dla wyróżnionych punktów – węzłów [2,3].



Rysunek 1. Zdjęcie przykładowego krzesła szkolnego [4]

Figure 1. Photo of an exemplary school chair [4]

2. ZAŁOŻENIA MODELOWE

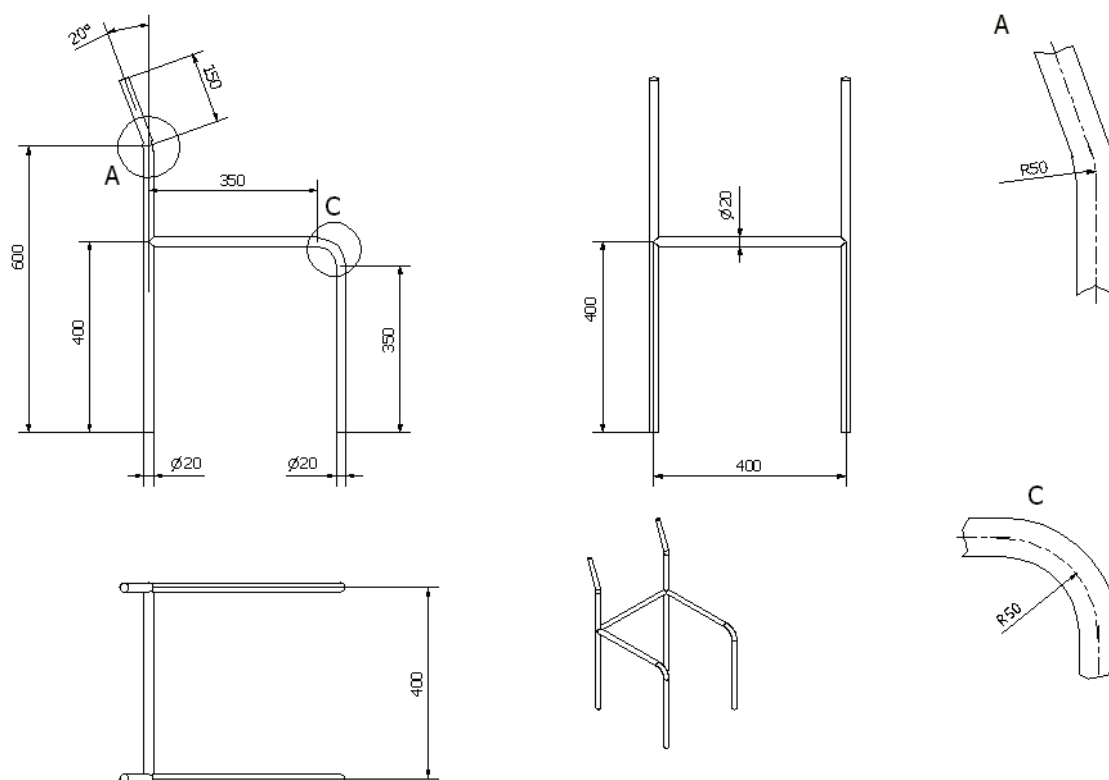
W pracy poddano analizie proste krzesło szkolne w typie ŻAK z asortymentu sklepu STALDREW. Na rysunku 2 przedstawiono geometrię oraz wymiary analizowanego krzesła, którego model szkieletowy wykonano przy wykorzystaniu oprogramowania Solidworks, a następnie odebrano wszystkie stopnie swobody na dolnych powierzchniach nóg krzesła oraz określono kierunki przyłożenia siły do konstrukcji w miejscach na których opiera się siedzisko na profile do których przymocowane jest oparcie co zostało przedstawione na rysunku 3. Następnie wygenerowano siatkę składającą się z 27 367 elementów skończonych i 54 717 węzłów o rozmiarze elementu równym 10,1708 mm, przy tolerancji 0,508539 mm, co przedstawiono na rysunku 3 i 4.

Przeanalizowano wpływ obciążenia na szkielet krzesła szkolnego wykonanego ze stali AISI 1025 [6] w dwóch wariantach obciążenia:

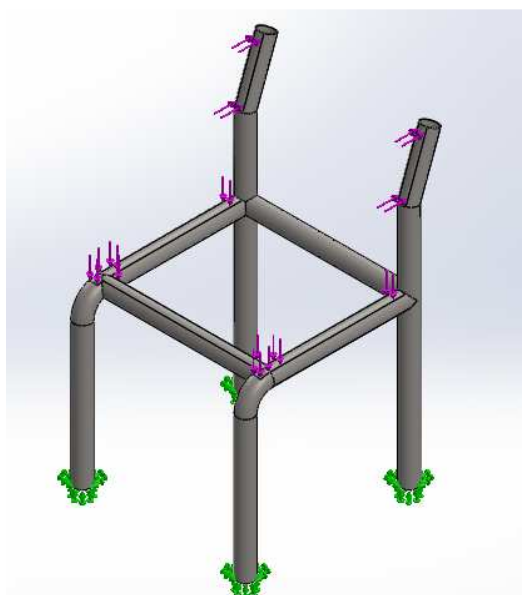
- obciążenie robocze – średniej wagi dziecko – 45 kg [7] wynoszące 450 N na siedzisku i 100 N na oparciu,
- obciążenie wysokie – średniej wagi dorosły mężczyzna – 80 kg [8] wynoszące 800 N na siedzisku i 250 N na oparciu,
- obciążenie bardzo wysokie – dorosły mężczyzna z nadwagą – 150 kg [8] wynoszące 1500 N na siedzisku i 500 N na oparciu.

3. ANALIZA ROZKŁADU NAPRĘŻEŃ

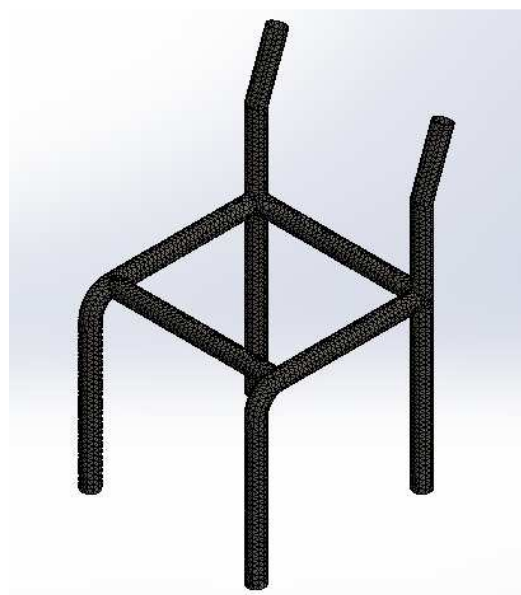
Na rysunkach 5-7 przedstawiono rozkład naprężeń powstających w szkielecie krzesła przy obciążeniu 45 kg, 80 kg i 150 kg obliczonych przy wykorzystaniu oprogramowania SolidWorks. Wyraźnie można zauważyć, że największe naprężenia powstają w miejscu łączenia giętej przedniej nogi z tylną – oznaczone kółkiem. Jest to obszar najbardziej narażony na uszkodzenie podczas użytkowania krzesła szkolnego.



Rysunek 2. Geometria oraz wymiary analizowanego krzesła szkolnego [4,5]
 Figure 2. The geometry and dimensions of analyzed school chair [4,5]



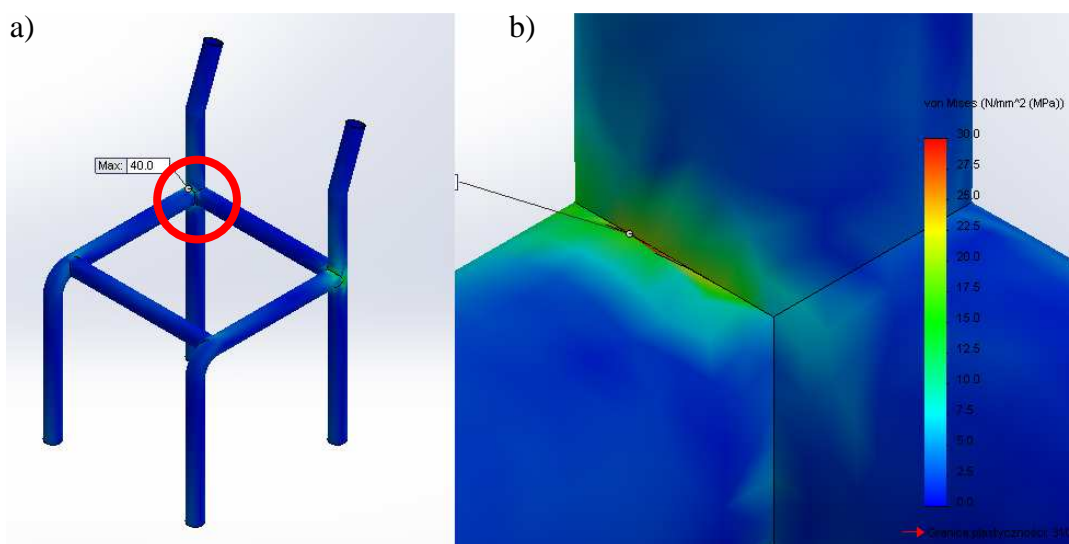
Rysunek 3. Umocowanie nieruchome oraz przyłożone obciążenie zewnętrzne do szkieletu krzesła szkolnego
 Figure 3. Fixation and external load applied to the framework of the school chair



Rysunek 4. Widok siatki geometrycznej modelu szkieletu krzesła szkolnego
 Figure 4. Grid view of framework model of school chair

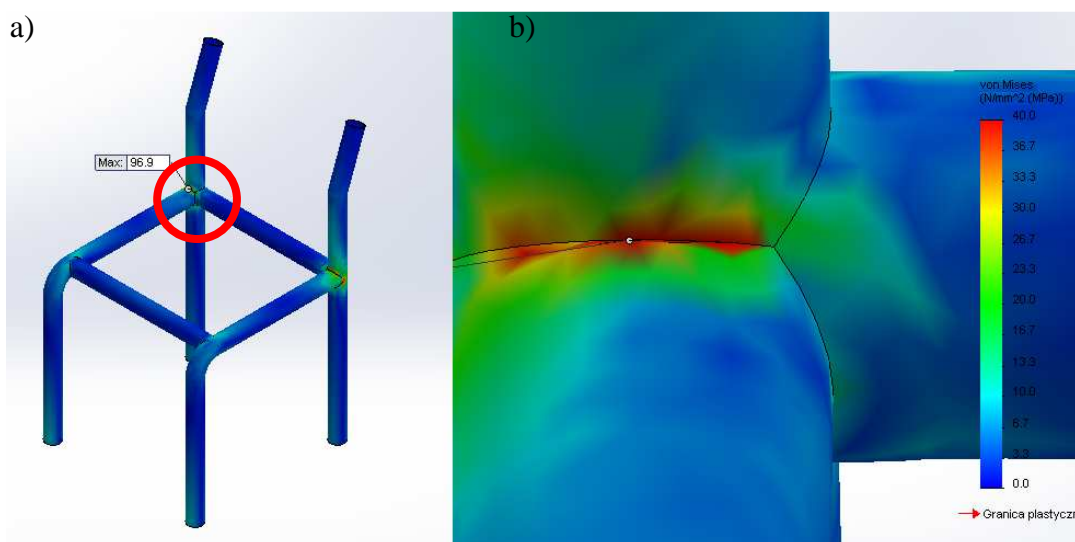
W przypadku obciążenia 450 N na siedzisko i 100 N, przedstawionym na rysunku 5 na oparciu najwyższe obliczone naprężenia wynoszą 40 MPa, natomiast w obszarze wokół niego naprężenia wynoszą około 17 MPa.

W drugim przypadku przedstawionym na rysunku 6 po obciążeniu szkieletu krzesła 800 N na siedzisko i 250 N na oparciu najwyższe naprężenie jakie obliczono wynosi 96,9 MPa, natomiast w obszarze sąsiadującym średnio 21 MPa, przy dość znacznym obszarze przekraczającym 40 MPa.



Rysunek 5. Rozkład naprężeń zredukowanych wg. Hubera-Misesa przy obciążeniu 45 kg: a) widok całego modelu, b) powiększenie obszaru w kółku

Figure 5. Distribution of Huber-Mises stress with a load of 45 kg: a) view of the entire model, b) an enlargement of the area in a circle

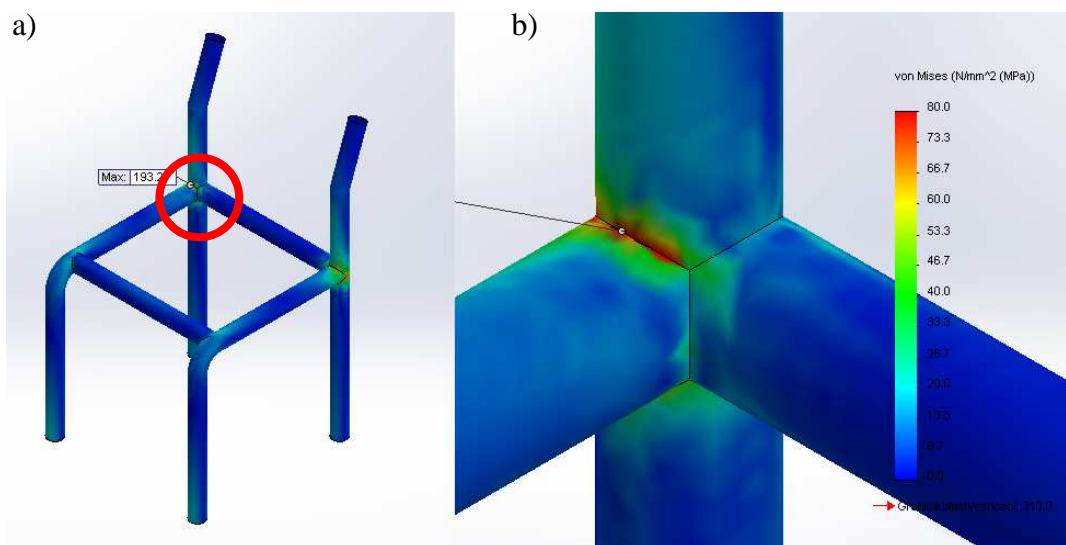


Rysunek 6. Rozkład naprężeń zredukowanych wg. Hubera-Misesa przy obciążeniu 80 kg: a) widok całego krzesła, b) powiększenie obszaru w kółku

Figure 6. Distribution of Huber-Mises stress with a load of 85 kg: a) view of the entire model, b) an enlargement of the area in a circle

W trzecim przypadku przedstawionym na rysunku 7 gdy obciążono szkielet siłą 1500 N na siedzisko i 500 N na oparcie najwyższa wartość naprężeń wynosi 193,3 MPa, przy znacznym udziale naprężeń przekraczających 80 MPa i średniej wartości 40 MPa.

Obliczone naprężenia we wszystkich przypadkach nie zbliżają się nawet do granicy plastyczności analizowanej stali, co przy uwzględnieniu niedokładności przybliżeń zdefiniowanych własności materiału oraz uproszczeń modelu daje podstawy do uznania iż jest to stop stali nadający się do zastosowania na szkolne krzesło.



Rysunek 7. Rozkład naprężeń zredukowanych wg. Hubera-Misesa przy obciążeniu 150 kg: a) widok całego krzesła, b) powiększenie obszaru w kółku

Figure 7. Distribution of Huber-Mises stress with a load of 150 kg: a) view of the entire model, b) an enlargement of the area in a circle

4. ANALIZA ROZKŁADU PRZEMIESZCZEŃ

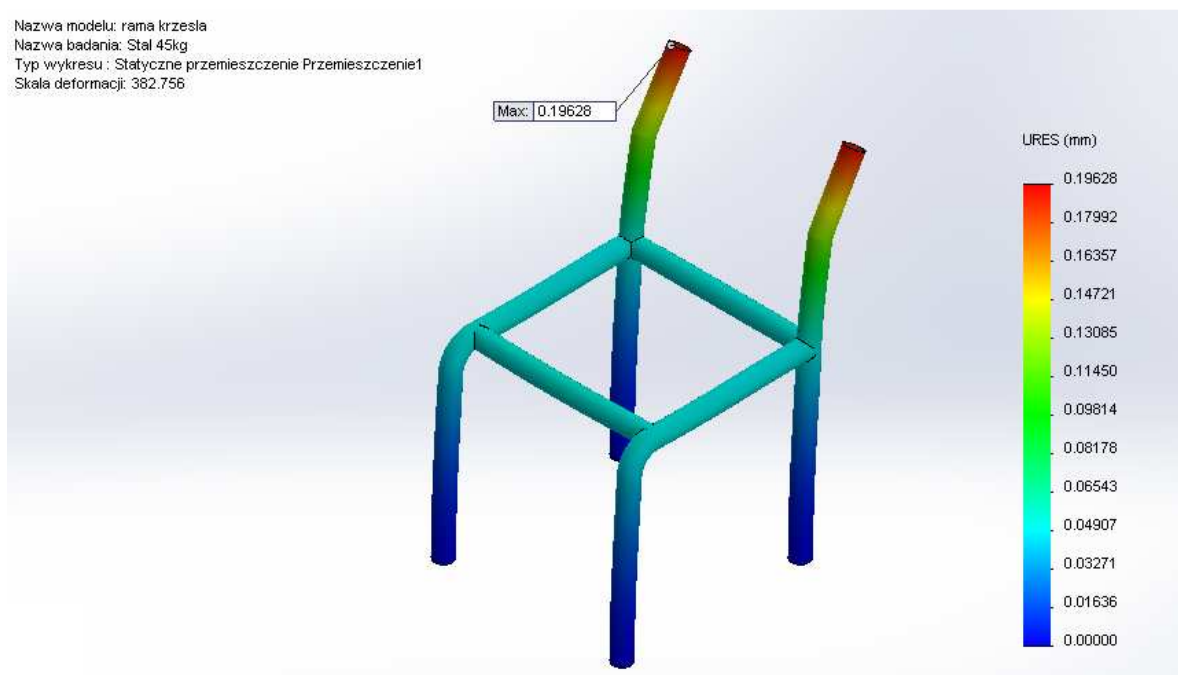
Na rysunkach 8÷10 przedstawiono wyniki symulacji MES obrazujących przemieszczenia zachodzące w analizowanym modelu krzesła dla obciążeń 45 kg, 80 kg oraz 150 kg. Najwyższe przemieszczenie odnotowano w górnej części tylnych nóg, do których mocowane jest oparcie. Najniższe – zerowe – przemieszczenie wyszło w dolnej okolicy wszystkich nóg, stojących na podłożu. Natomiast na wysokości siedziska wyliczone zostały przemieszczenia poniżej średniej.

W pierwszym przypadku przedstawionym na rysunku 8 najwyższa wartość przemieszczenia wynosi 0,196 mm dla oparcia, natomiast dla siedziska wynosi około 0,05 mm.

W przypadku drugim przedstawionym na rysunku 9 przemieszczenia wynoszą 0,5 mm dla oparcia i około 0,14 mm dla siedziska.

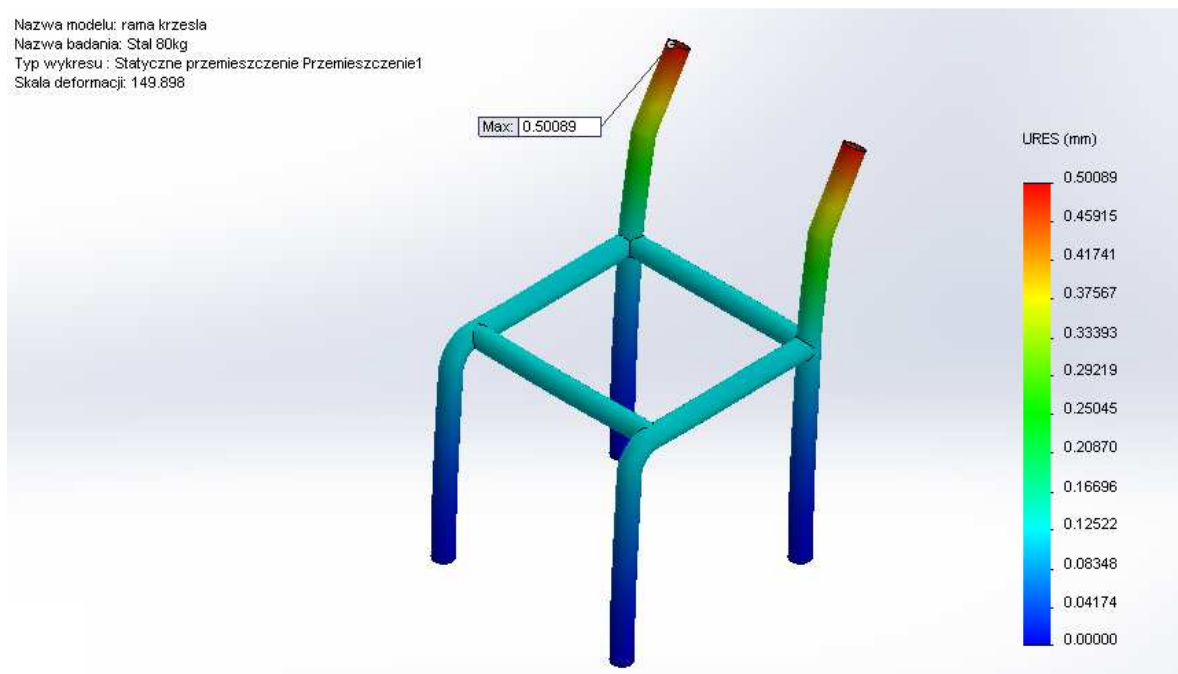
W przypadku trzecim przedstawionym na rysunku 10 oparcie się przemieściło o 1 mm natomiast siedzisko o około 0,3 mm.

We wszystkich przypadkach przemieszczenia są stosunkowo niskie w porównaniu do wielkości części składowych modelu krzesła, co pozwala sądzić, iż model jest wystarczająco sztywny nawet przy obciążeniu bardzo wysokim.



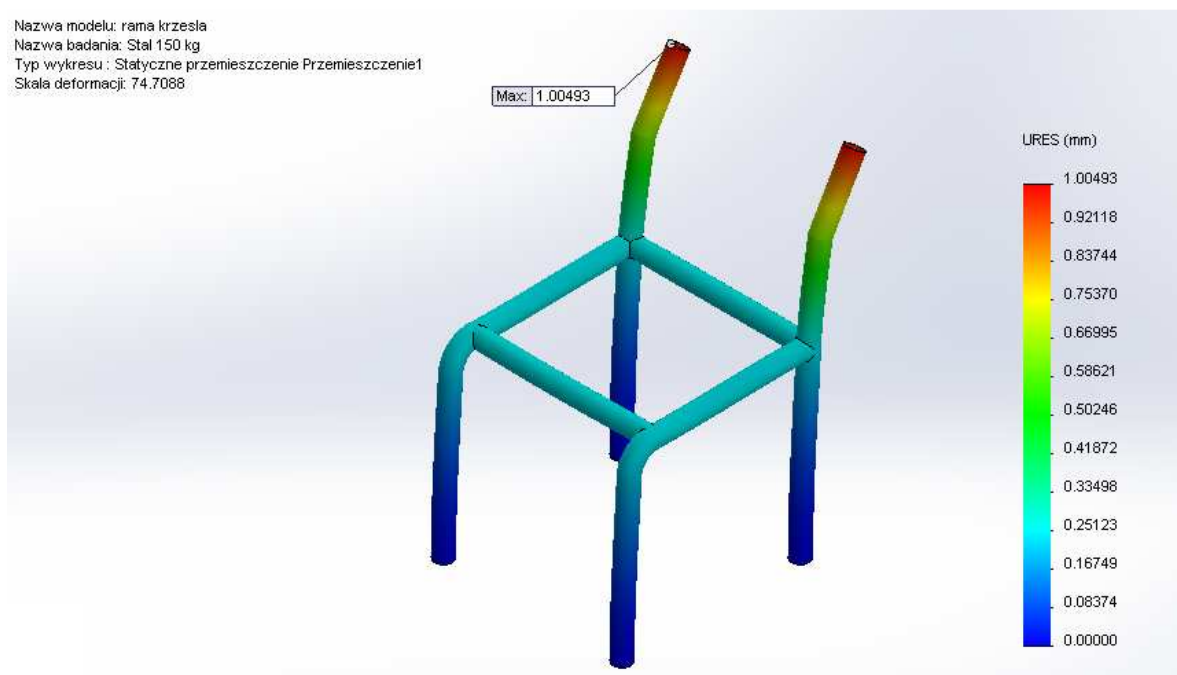
Rysunek 8. Rozkład przemieszczeń w szkielecie krzesła przy obciążeniu 45 kg, skala deformacji 382,756x

Figure 8. Displacement distribution in the chair framework with load of 45 kg; the scale of deformation: 382.756x



Rysunek 9. Rozkład przemieszczeń w szkielecie krzesła przy obciążeniu 80 kg, skala deformacji 149,898x

Figure 9. Displacement distribution in the chair framework with load of 80 kg; the scale of deformation: 149.898x



Rysunek 10. Rozkład przemieszczeń w szkieletcie krzesła przy obciążeniu 150 kg, skala deformacji 74,7088x

Figure 10. Displacement distribution in the chair framework with load of 150 kg; the scale of deformation: 74.788x

5. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono analizę metodą elementów skończonych naprężeń oraz przemieszczeń powstających w ramie krzesła szkolnego przy obciążeniach odpowiadających wadze dziecka, dorosłego mężczyzny i otyłego mężczyzny. Otrzymane wyniki rozkładu naprężeń nie przekraczają granicy plastyczności zadanego stopu stali AISI 1025 co przy uwzględnieniu uproszczeń modelu pozwala sądzić, iż dla analizowanej geometrii oraz wymiarów dopuszczalne jest codzienne użytkowanie krzesła nawet przez otyłych mężczyzn. Największe naprężenia powstawały na łączeniu przedniej giętej nogi z tylną nogą. W przyszłości należałoby przeprowadzić dodatkowe badania tego zagadnienia uwzględniając w obliczeniach spoinę łączącą elementy ramy krzesła.

LITERATURA

1. I. Grzeluk, Słownik terminologiczny mebli, Ośrodek Dokumentacji Zabytków, 1998, 60.
2. A.Z. Fortuna, B. Macukow, J. Wąsowski, Metody numeryczne, WNT, Warszawa, 1993.
3. A. Budzyński, Krótki wstęp do zastosowania Metody Elementów Skończonych do numerycznych obliczeń inżynierskich, <http://www.knse.pl/publikacje/65.pdf> – dostęp 17/01/2014.
4. Strona internetowa sklepu z artykułami szkolnymi STALDREW, <http://www.staldrew.pl/> – dostęp 20/01/2015.

5. G. Linkiewicz, Informacje i materiały dla studentów, Politechnika Warszawska, <http://www.linkiewicz.edu.pl/materiały/solidworks/zaliczenia/krzeslo.asp> – dostęp 17/01/2015.
6. Międzynarodowa internetowa baza materiałoznawcza, <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=de59918cfd3c48ae9ad2f70032c6b4ab> – dostęp 21/01/2014.
7. K. Jakóbiak, Zdrowie dzieci i młodzieży w Polsce w 2009 r., Główny Urząd Statystyczny w Krakowie, Kraków 2011, http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/zo_zdrowie_dzieci_mlodziemy_w_polsce_2009.pdf – dostęp 21/01/2014.
8. Wyniki badań statystycznych Biura Badania Opinii i Rynku Estymator, http://www.estymator.com.pl/WYNIKI/WAGA_I_NADWAGA_POLAKOW__komunikat.pdf – dostęp 21/01/2014.