



ZESZYTY STUDENCKICH KÓŁ NAUKOWYCH

Symulacja komputerowa endoprotezy wykorzystywanej w stawie biodrowym

M. Baron^a, M. Sroka^b, W. Sitek^b, A. Śliwa^b

^a Student Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

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

Streszczenie: W pracy wykonana symulacja komputerowa endoprotezy bezcementowej wykonanej z stopu tytanu Ti6Al4V na modelu 3D. Na model nałożone zostały elementy nieruchomej geometrii, a także wyznaczono siłę nacisku na głowę oraz górną część protezy. Analiza wykonana jest na dwóch tych samych modelach, ale o różnej sile nacisku 600 [N] i 2500 [N]. Wszystkie badania są przeprowadzone za pomocą programu SOLIDWORKS, w którym został stworzony model 3D endoprotezy. Analizę wykonano dla całości złożeń, dla głowy protezy, a także jej trzpienia. Badania wykonano dla naprężeń węzłowych, odkształcenia statycznego, przemieszczenia statycznego, oraz współczynnika bezpieczeństwa.

Abstract: The paper presents a computer simulation of endoprosthesis made of titanium Ti6Al4V on the 3D model. Stationary elements were imposed on the model geometry, and also sets the force one the head and the upper part of the prosthesis. The analysis is made on two of the same models, but of varying strenght pressure 600 [N] and 2500 [N]. All tests are carried out by Rusing a SOLIDWRKS in which was created 3D model of the endoprosthesis. Analysis was performed for the whole of the assembly, for the head of the prosthesisand its stem. The survey made for nodal displacement, static deformation, stress static, and the factor of safety.

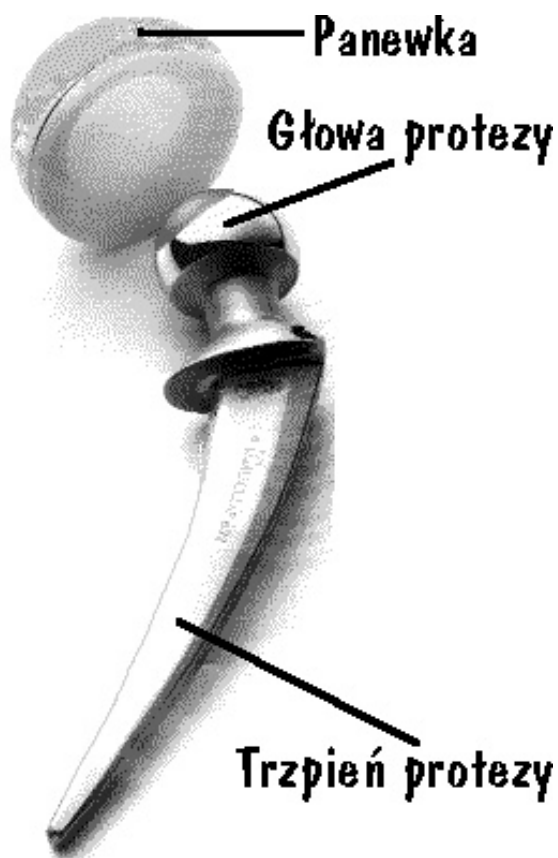
Słowa kluczowe: endoproteza, symulacja komputerowa, SolidWorks

1. WPROWADZENIE

Endoproteza wykorzystywana w stawie biodrowym z medycznego punktu widzenia powinna oddawać przenoszenie obciążeń, a także musi zapewniać odpowiedni zakres ruchów w stawie biodrowym. Ważne w budowie jest także tłumienie drgań, czy możliwość wykonania prostego zabiegu operacyjnego. Materiały używane do konstrukcji endoprotez

muszą być materiałami biozgodnymi, czyli materiałami które nie wywołują działania alergicznego, immunologicznego, drażniącego i kancerogennego [1].

Endoproteza składa się z dwóch elementów. Pierwszy z nich to trzpień połączony wraz z głową, jest to element zastępujący bliższą część kości udowej, oraz drugiego elementu zwanego panewką. Elementy te oprócz biozgodności muszą wykazywać się najwyższą możliwą odpornością na korozję, tarcie, niszczenie, zużycie. Wyróżniamy wiele rodzajów endoprotez, a ich dobór zależy od zaawansowania zmian zwyrodnieniowych, oraz tego w jakim wieku i stanie zdrowia znajduje się osoba decydująca się na zabieg [1, 2].



Rysunek 1. Budowa endoprotezy stawu biodrowego [3]

Figure 1. Construction of the hip endoprosthesis [3]

2. SYMULACJA KOMPUTEROWA ENDOPROTEZY

Wykonana została symulacja komputerowa endoprotezy wykorzystywanej w stawie biodrowym. Endoproteza została wykonana w programie SOLIDWORKS, ze względu na przyjazny dla osób pracujących w programie interfejs, a także możliwość skorzystania z metod obliczeń inżynierskich przy pomocy Metody Elementów Skończonych. Model przestrzenny może podlegać zmianie. Z łatwością można zmieniać długość trzpienia czy też średnicę głowy, dzięki czemu łatwiej jest sprostać wymaganiom stawianym przez pacjentów. Model przedstawia protezę bezcementową wykonaną ze stopu tytanu Ti6Al4V o kącie

nachylenia szyjki wynoszącym 135° . Jej prostokątny kształt zapobiega zbędnym ruchom w połączeniu z kością, a także eliminuje mikro przestrzeń, zwiększając przy tym stabilność połączenia.

Podczas wykonywania symulacji komputerowej zestawiono ze sobą dwie endoprotezy. Obie z tego samego materiału, jednak z różną siłą nacisku w celu zbadania zachowania się elementu. Siły wykorzystane przy próbach wytrzymałościowych, to:

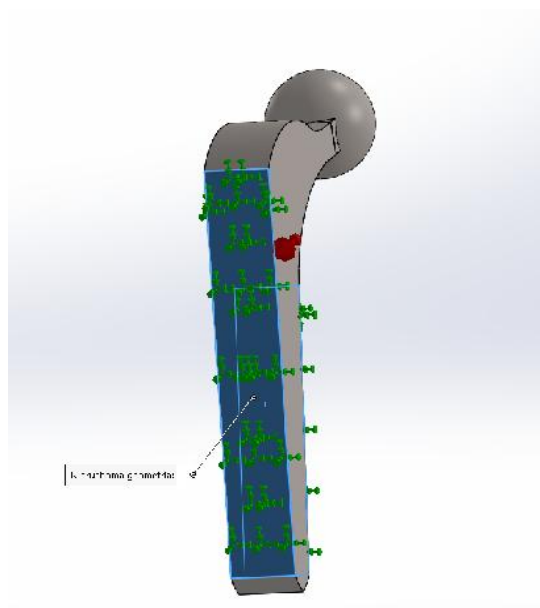
- 600 [N] jest to siła nałożona na górną część i głowę endoprotezy dla osoby ważącej 80 [kg]. Podczas szybkiego około 5 [km/h] chodu obciążenie które proteza musi przenieść, to 245[N] [17]. Siła została zwiększona 2,5 krotnie, aby zbadać zachowanie się protezy oraz poznać jej własności wytrzymałościowe.
- 2500 [N] jest to siła która została nałożona w celach sprawdzenia cech wytrzymałościowych, aby pokazać jaką ewentualną różnicę można zauważyć w własnościach endoprotezy przy znacznie większej sile nałożonej na protezę.

Wykonano siatkę bryłową modelu (Rys.2.). Sposób nakładania sił i unieruchomienia geometrii protezy zostały zaprezentowane na tym samym modelu (Rys.3., Rys.4.).



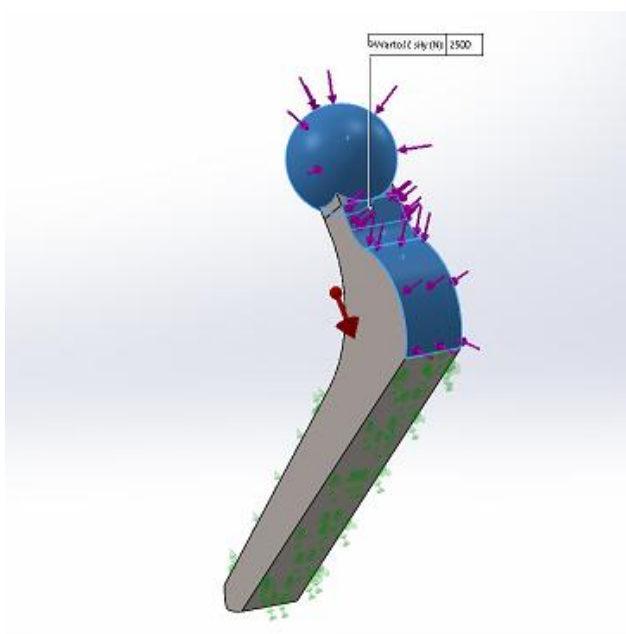
Rysunek 2. Wykonanie siatki bryłowej dla endoprotezy o sile nacisku 600 [N]

Figure 2. Fabrication of solid mesh for prostheses 600 [N]



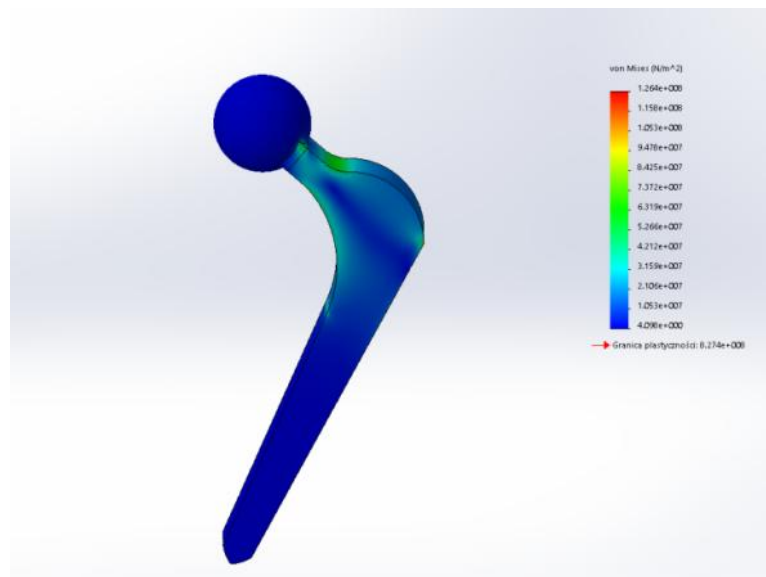
Rysunek 3. Wyznaczanie nieruchomej geometrii endoprotezy
Figure 3. Determination of fixed geometry of the prosthesis

Nałożenie nieruchomej geometrii, w celu nadania protezie położenia jakie występuje w połączeniu z kością.



Rysunek 4. Nałożenie sił na głowę oraz górną część protezy
Figure 4. Applying head and upper prosthesis

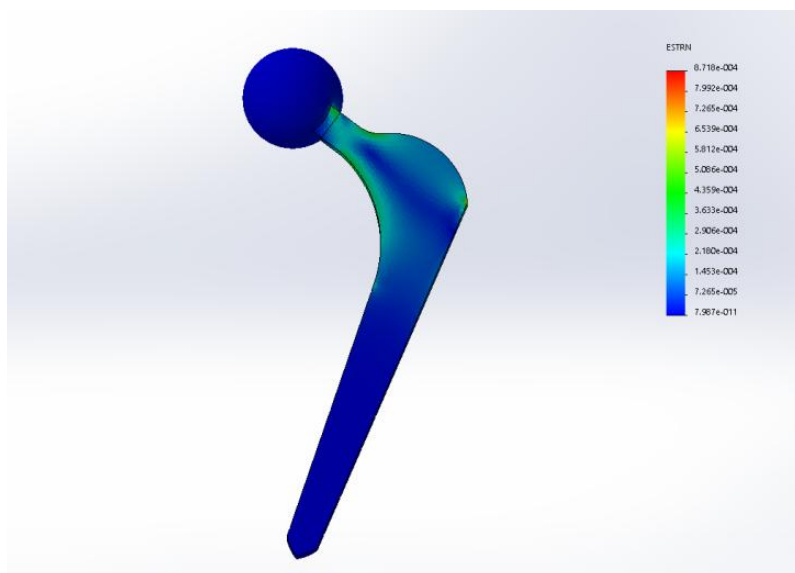
Wykonano symulację komputerową naprężeń, odkształceń i przemieszczeń dla całego złożenia o sile nacisku 600 [N] oraz wyznaczono współczynnik bezpieczeństwa.



Rysunek 5. Analiza naprężeń

Figure 5. Stress analysis

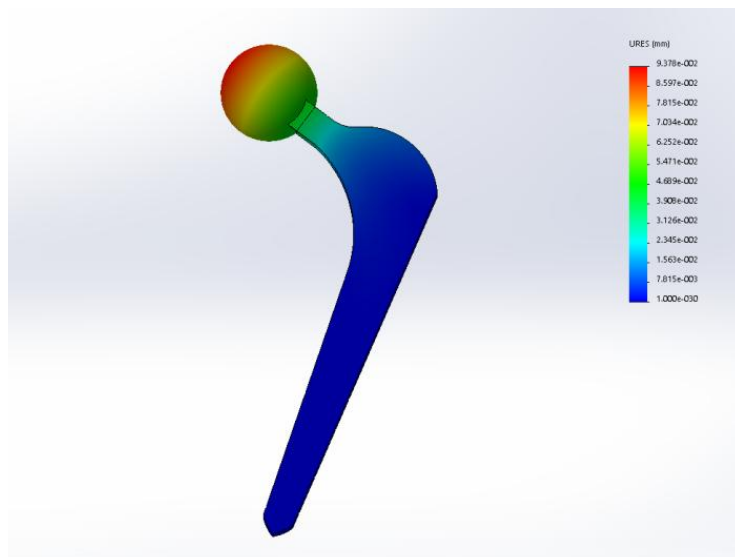
Badanie obrazuje naprężenia podczas szybkiego chodu. Warto zwrócić uwagę na znikome ich działanie na szyjkę endoprotezy, które zapewniają trwałość całości modelu.



Rysunek 6. Analiza odkształceń

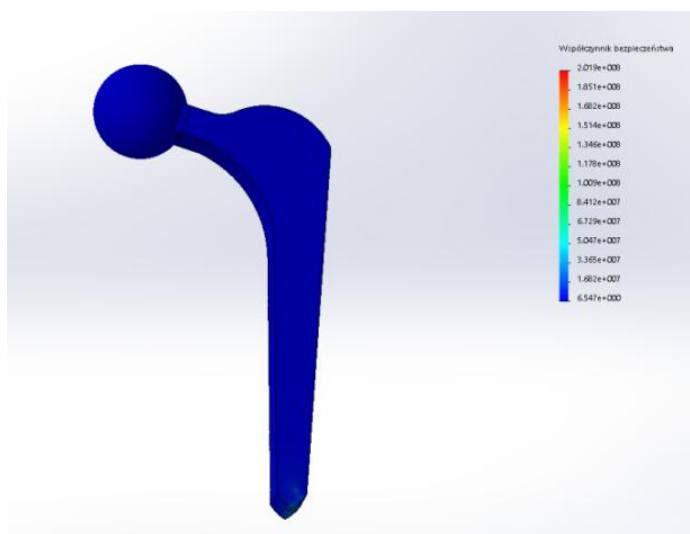
Figure 6. Deformation analysis

Badanie endoprotezy pod względem odkształceń informuje nas o odkształceniach zachodzących na powierzchni endoprotezy. Na rysunku widzimy bardzo niską szansę wystąpienia jakiegokolwiek odkształcenia w okolicach szyjki, a także górnej części protezy.



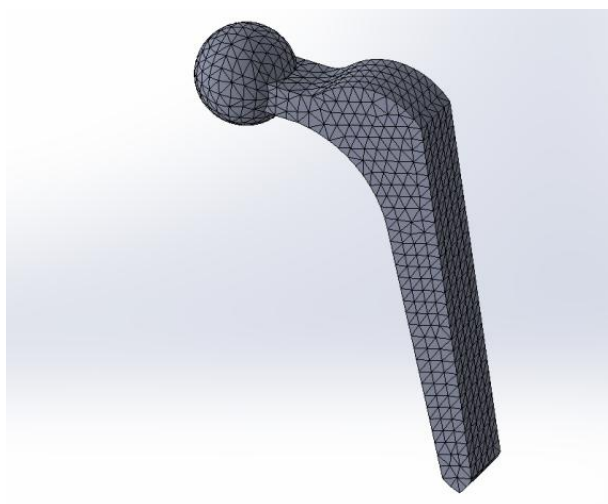
Rysunek 7. Analiza przemieszczeń
Figure 7. Analysis of displacements

Analizując badanie mające na celu przemieszczenie widzimy, że endoproteza nie ulega zbyt wielkiemu przemieszczeniu, jednak zwracając uwagę na głowę endoprotezy stwierdzamy znaczne przemieszczenie. Dzieje się tak ze względu na ruch wykonywany podczas szybkiego chodu. Brak negatywnego wpływu na endoprotezę.



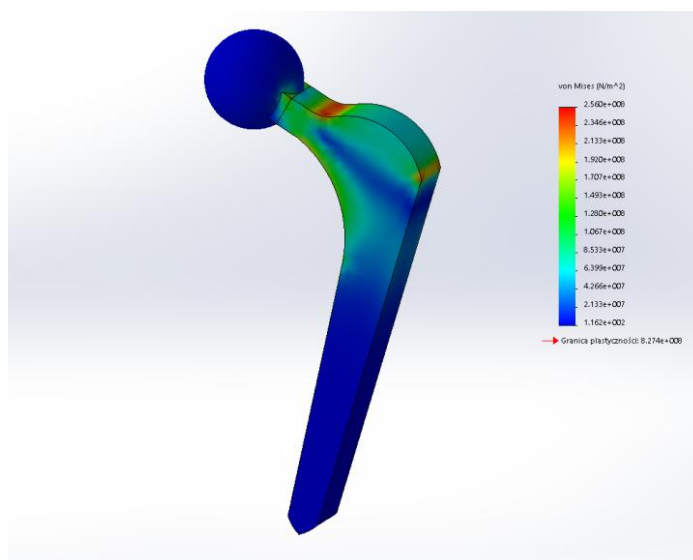
Rysunek 8. Współczynnik bezpieczeństwa
Figure 8. Safety coefficient

Badanie współczynnikiem bezpieczeństwa polega na wykazaniu ile razy naprężenie dopuszczalne dla danej konstrukcji jest mniejsze od naprężenia niebezpiecznego. Badanie zostało przeprowadzone przy powieleniu naprężenia 6.5 razy, co pozwala nam na stwierdzenie, iż ta proteza jest bezpieczna.



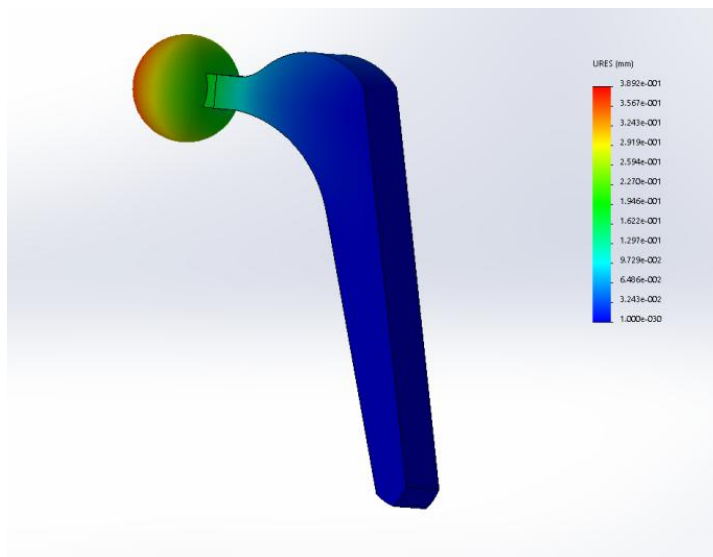
Rysunek 9. Wykonanie siatki bryłowej o sile nacisku 2500 [N]
Figure 9. Fabrication of a solid mesh with a force of 2500 [N]

Wykonano symulację komputerową naprężeń, odkształceń i przemieszczeń dla całego złożenia o sile nacisku 2500 [N] oraz wyznaczono współczynnik bezpieczeństwa.



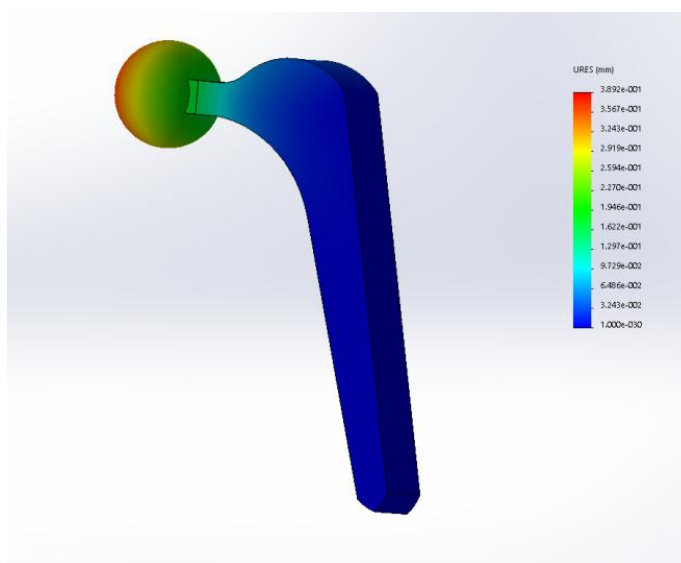
Rysunek 10. Analiza naprężeń
Figure 10. Stress analysis

Na górną część szyjki protezy działają siły, które mogą wpłynąć na stan ogólny endoprotezy, mogące doprowadzić nawet do jej uszkodzenia.



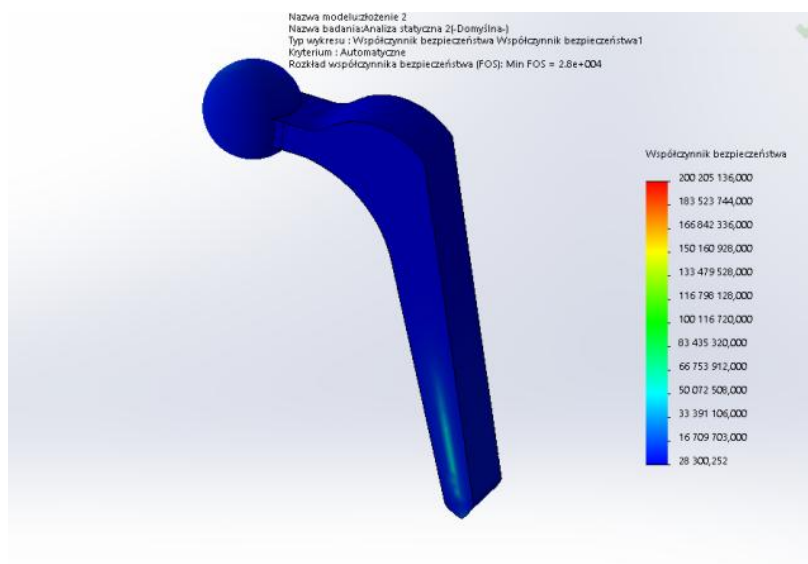
Rysunek 11. Analiza odkształceń
Figure 11. Deformation analysis

Badanie przedstawiające odkształcenie obrazuje znaczne zwiększenie odkształcenia głowy endoprotezy. Jednak w połączeniu z panewką nawet taka wartość nałożonej siły daje małe prawdopodobieństwo na zmianę.



Rysunek 12. Analiza przemieszczeń
Figure 12. Analysis of displacements

Widoczne powyżej przemieszczenie, jest nieco większe niż w przypadku użycia mniejszej siły. Różnica jest mało zauważalna ze względu na panewkę umieszczoną w kości. Różnicą którą można zauważyć, jest nieco większe przemieszczenie statyczne w okolicach całej szyjki endoprotezy.



Rysunek 13. Współczynnik bezpieczeństwa
Figure 13. Safety coefficient

Badając współczynnik bezpieczeństwa wartość naprężeń dopuszczalnych względem wartości naprężeń niebezpiecznych wynosi 1. Wykonano taki pomiar, aby sprawdzić czy przy takich naprężeniach i tak wielkiej sile endoproteza będzie w stanie wytrzymać. Jesteśmy w stanie zauważyć lekkie załamanie w okolicy zakończenia trzpienia protezy, co świadczy o lekkich zmianach wywołanych naprężeniami, mogącymi przy nieco większej sile wpłynąć na stan protezy.

3. PODSUMOWANIE

Na dzień dzisiejszy rozwój symulacji komputerowych daje nam ogromne możliwości a symulacje są odwzorowaniem rzeczywistości. Modelując jesteśmy w stanie dokładnie analizować każdą nawet najmniejszą część zaprojektowanego przedmiotu. Zaletą takiej analizy oraz przeprowadzanej symulacji jest brak kosztów związanych z tworzeniem prototypów oraz brak nakładów pracy z nim związanych. Każdy posiada staw biodrowy, dzięki któremu jest zdolny od poruszania kończynami dolnymi, a w wyniku tego może chodzić i uprawiać różnego rodzaju sporty. Wiadomo, że tak jak każda kość, czy staw w ludzkim ciele może ulec uszkodzeniu lub złamaniu. Rozwijająca się technologia daje możliwość zastąpienia różnych części ciała częściami sztucznymi, które są biokompatybilne z ludzkimi tkankami. Jedną z takich części jest endoproteza stawu biodrowego, dzięki której możliwy jest powrót w znacznej części do dawnej sprawności fizycznej. Przedstawiona,

analizowana proteza jest to endoproteza bezcementowa o składzie Ti6Al4V, na którą nałożono dwie różne wartości siły. Symulacja danej endoprotezy miała na celu zbadanie jej wytrzymałości podczas szybkiego chodu, a także przy nałożeniu znacznie większej siły w celach poznawczych. Symulacja objęła badania dla każdej części z osobna, a także dla całego złozenia. Wykonano symulację komputerową naprężeń, odkształceń i przemieszczeń oraz wyznaczono współczynnik bezpieczeństwa.

W symulacji dotyczącej pierwszego modelu, obciążenie na głowę protezy, a także na górną jej część wynosi 600 [N] zastosowano zagęszczenie siatki bryłowej, wywierając pozytywny wpływ na dokładność wyników.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że całkowitego złozenia, znacznie niższe naprężenie węzłowe, oraz odkształcenie statyczne prezentuje endoproteza na którą zastosowano mniejszą siłę. Analizując wykres statycznego przemieszczenia nie ma znacznej różnicy, podobnie jak w przypadku współczynnika bezpieczeństwa.

LITERATURA

1. Podstawy inżynierii biomedycznej TOM II, Wydawnictwo AGH, Kraków, 2009.
2. M.Gierzyńska- Dolna, Biotribologia. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2002.
3. <http://krasuski.com/poradniki.html>.
4. G. Rakowski, Z. Kacprzyk, Metoda Elementów Skończonych w mechanice konstrukcji, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2016.