



**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**  
**WYDZIAŁ BUDOWY MASZYN I ZARZĄDZANIA**



# **SYMULACJA ZAGADNIEŃ BIOMEDYCZNYCH**

---

## **PROJEKT**

**Wykonały:**

**Iga Chudaska**

**Julia Jakubiak**

**Prowadzący:**

**dr hab. Tomasz Stręk, prof. nadz.**

Poznań 2015

## Spis treści

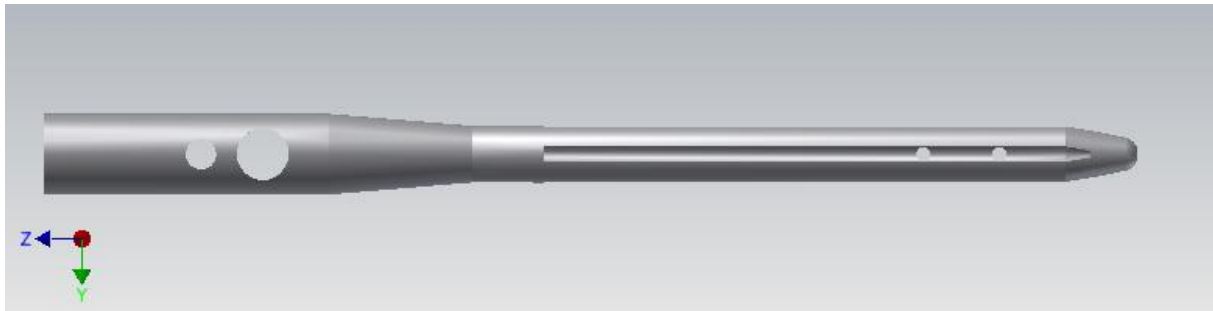
1. Cel pracy.....	3
2. Gwóźdź stabilizujący nasadę głowy kości udowej.....	3
3. Analiza stanu naprężeń i odkształceń.....	5
3.1. Przebieg badania.....	5
3.2. Podsumowanie.....	9
4. Analiza częstotliwości drgań własnych.....	10
4.1. Przebieg badania.....	10
4.2. Podsumowanie.....	15
5. Bibliografia.....	16

## 1. Cel pracy

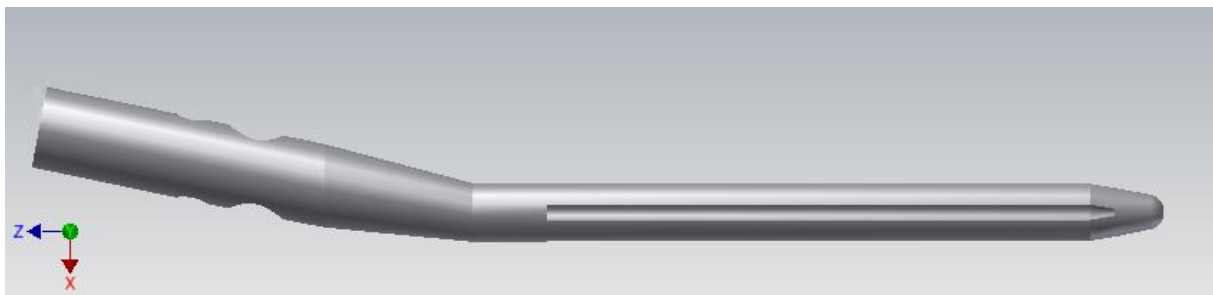
Celem projektu jest zbadanie naprężeń działających na gwóźdź śródszpikowy krótki znajdujący się w kości udowej i sprawdzenie w jaki sposób zajdą odkształcenia. Dokonana zostanie również analiza drgań harmoniczných własnych. Symulacje zostaną wykonane w programie COMSOL Multiphysics.

## 2. Gwóźdź stabilizujący nasadę głowy kości udowej

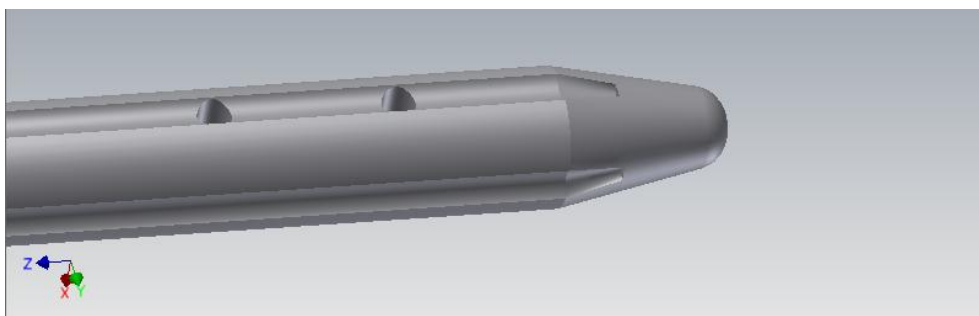
Gwoździe śródszpikowe krótkie znajdują zastosowanie przy zespoleniach bliższej części kości udowej (złamania szyjki kości udowej, złamania głowy kości udowej). Szczególnie zaleca się użycie ich przy złamaniach podkrętarzowych, przezkrętarzowych, międzykrętarzowych. Dzięki zastosowaniu dwóch wkrętów (wkret blokujący, wkret antyrotacyjny) zaimplantowanych kątowno (kątowno – śrubowy) uzyskuje się anatomiczne ustawienie główki kości udowej w stosunku do jej trzonu. Konstrukcja gwóźdź krętarzowego - dzięki odpowiednio zaprojektowanym otworom w części bliższej - umożliwi dobór odpowiedniego kątowno – śrubowego [13].



Rys.1. Gwóźdź stabilizujący nasadę głowy kości udowej stworzony w środowisku CAD



Rys.2. Gwóźdź stabilizujący nasadę głowy kości udowej stworzony w środowisku CAD



Rys.3. Gwóźdź stabilizujący nasadę głowy kości udowej stworzony w środowisku CAD



Rys. 4. Złamanie głowy kości udowej prawej



Rys. 5. Stabilizacja głowy kości udowej gwoździem krętarzowym krótkim.  
Sposób umieszczenia gwoździa w kości

### 3. Analiza stanu naprężeń i odkształceń

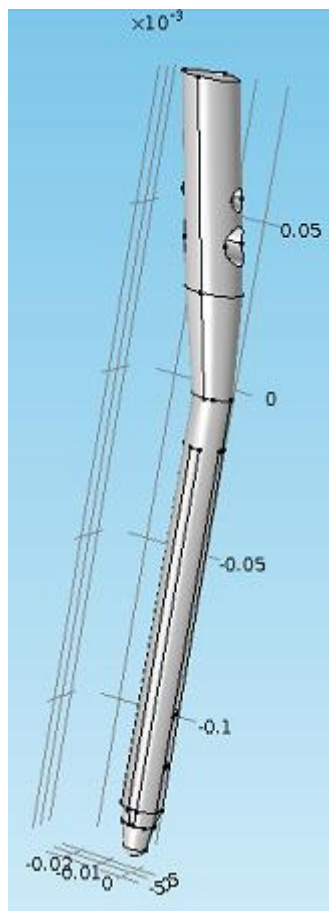
W wyniku używania implantu prawdopodobne są zmiany wewnętrzne materiału (koncentracja naprężeń, pęknięcia) oraz uszkodzenie powierzchni zewnętrznych i warstwy wierzchniej, które mogą spowodować obniżenie wytrzymałości i odporności korozyjnej. Powtórne wszczepienie stwarza zagrożenie uszkodzenia mechanicznego implantu oraz skażenia tkanek organizmu pacjenta.

Wymiary gwoźdźcia:

- długość: 360mm
- średnica nasady: 14mm
- średnica trzonu: 10 mm

#### 3.1. Przebieg badania

Symulacja została przeprowadzona w programie COMSOL Multiphysics. Model gwoźdźcia śródszpikowego został zaimportowany z programu Autodesk Inventor Professional. Zastosowano moduł *structural mechanics - solid, stress-strain - static analysis*.



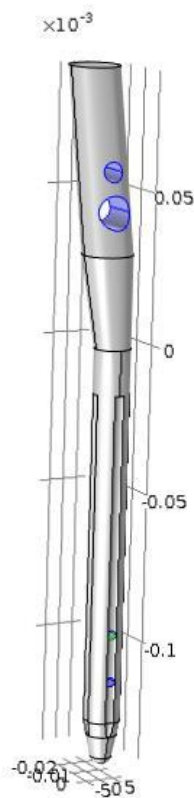
Rys. 6. Obraz gwoźdźcia odtworzony w programie COMSOL

Za materiał wyjściowy przyjęto Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo.

Material Contents					
Property	Name	Value	Unit	Property group	
✓ Density	rho	rho(T[1/K]...	kg/m <sup>3</sup>	Basic	
✓ Young's modulus	E	E_solid_te...	Pa	Young's modulus and Poisso...	
✓ Poisson's ratio	nu	0.3	1	Young's modulus and Poisso...	
dL	dL	(dL(T[1/K]...		Basic	
CTE	CTE	CTE(T[1/K...	1/K	Basic	
Thermal conductivity	k	k(T[1/K])[...	W/(m·K)	Basic	
Coefficient of thermal expansion	alpha	(alpha(T[1...	1/K	Basic	
Heat capacity at constant pressure	Cp	C(T[1/K])[...	J/(kg·K)	Basic	

Rys. 7. Właściwości materiału Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo.

Po dobraniu materiału na implant określiliśmy powierzchnie nieruchome, względem których zachodzić będą odkształcenia (*Solid Mechanics >> Fixed constraint*). Utwierdzone fragmenty to cztery otwory na wkręty antyrotacyjne i blokujące: po dwa w górnej i dolnej części implantu.



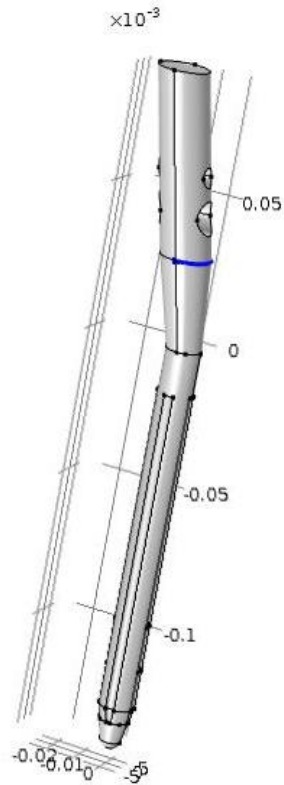
Rys. 8. Powierzchnie utwierdzone (zaznaczone kolorem niebieskim)

Obciążeniu poddana została krawędź nasady gwoźdźcia. Ustaliśmy wartości sił (*Solid Mechanics >> Edge Load*) w trzech płaszczyznach:

$$x = -300 \text{ N,}$$

$$y = 0 \text{ N,}$$

$$z = -400 \text{ N.}$$



Rys. 9. Krawędź przyłożenia siły (zaznaczona kolorem niebieskim)

▼ Equation

Show equation assuming:

Study 1, Stationary

$$F = F_L$$

$$F_L = \frac{F_{tot}}{L}$$

▼ Coordinate System Selection

Coordinate system:

Global coordinate system

▼ Force

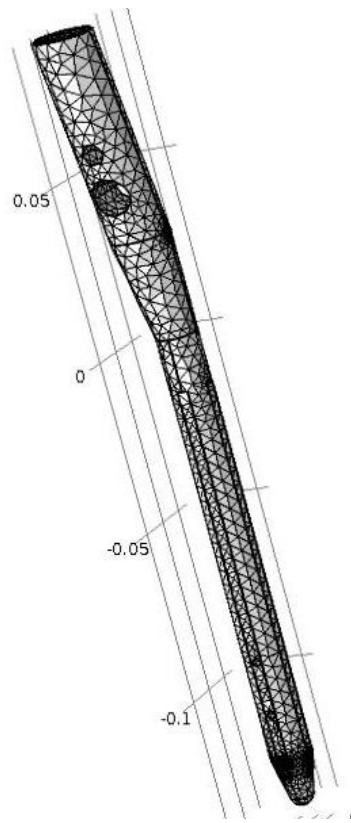
Load type:

Total force

$F_{tot}$	-300	x	N
	0	y	
	-400	z	

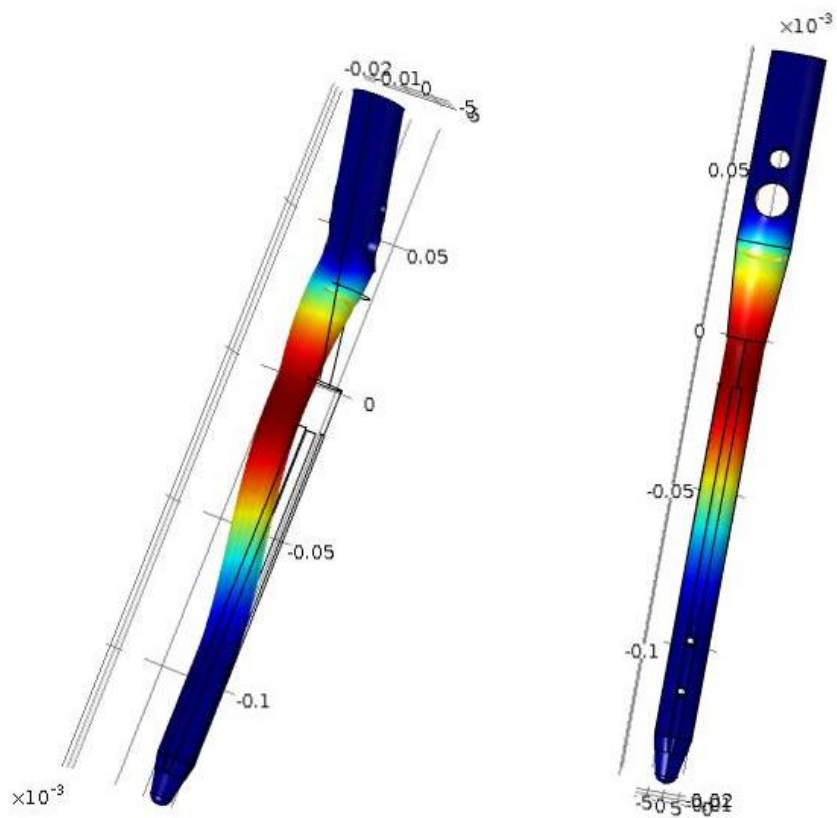
Rys. 10. Wartości sił oraz równanie zgodnie z którym zostaną one rozłożone na płaszczyznach

Wygenerowano siatkę elementów skończonych.



Rys. 11. Wygenerowana siatka elementów skończonych

Otrzymałyśmy następujący wynik:



Rys. 12. Wynik symulacji



### **3.2. Podsumowanie**

Jak widać na załączonym rysunku (Rys. 12) implant odkształcił się w osi x w górnej części nasady – tam też występują największe naprężenia. Konstruując implant należy uwzględnić jego usztywnienie tym właśnie obrębie. Metoda MES pomaga w łatwy sposób i szybko zbadać reakcję konstrukcji na obciążenia. Dzięki temu wiemy jak element zachowa w trakcie pracy. Zależy nam, żeby pełnił funkcje do jakich został stworzony, dlatego należy określić warunki, w których się sprawdzi. Albowiem zmiany kształtu i modyfikacje implantu są niedopuszczalne.

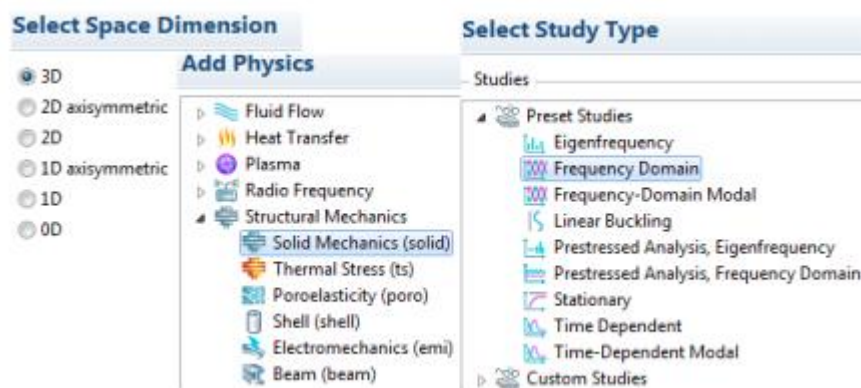
## 4. Analiza częstotliwości drgań własnych

Drgania własne to drgania ciała wywołane wychyleniem z położenia równowagi trwałej, kiedy na ciało nie działają żadne siły, poza siłami określającymi położenie równowagi i siłami dążącymi do jej przywrócenia. Częstotliwość wzbudzenia poszczególnych drgań własnych zależy od sposobu wzbudzenia i ilości dostarczonej energii. Na przykład dzwon po uderzeniu wykonuje drgania, które powodują drgania powietrza słyszane przez nas jako dźwięk. Uderzając dzwon w różnych miejscach, z różną siłą, różnymi przedmiotami - spowodujemy, że będziemy słyszeli różnie brzmiące dźwięki - o różnej barwie. Oznacza to, że za każdym razem dzwon wykonuje nieco inne drgania. Drgania te będą różniły się składem widmowym, czyli będą wzbudzone drgania własne o różnych częstotliwościach i natężeniach.

Przedmiotem badań będzie przedstawiony już stabilizator śródszpikowy. Celem jest określenie wartości częstotliwości pierwszych piętnastu drgań harmoniczných, a także wizualizacja kierunku ich działania.

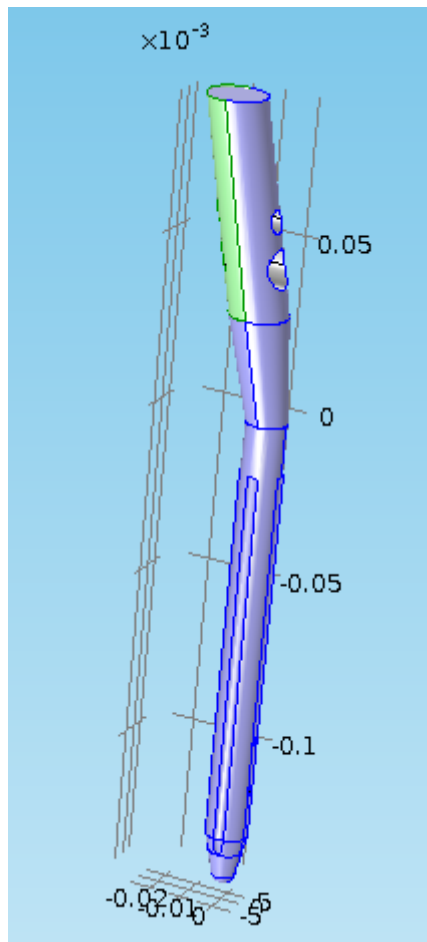
### 4.1. Przebieg badania

Symulacja została przeprowadzona w programie Comsol Multiphysics 4.3, w module „*Structural Mechanics*”, podmodule „*Solid Mechanics (solid)*”, dla „*Frequency Domain*”. Jest to tryb używany do analizy trójwymiarowej 3D.



Rys. 13. Tryb pracy w programie COMSOL

Skorzystałyśmy z parametrów wprowadzonych przy symulacji odkształceń (materiał, powierzchnie utwardzone, krawędź przyłożenia obciążenia, wartości sił...).



Rys. 14. Obszary swobodne (*Solid Mechanics >> Free1*). Powierzchnie utwierdzone to cztery otwory – obszary niepodświetlone na niebiesko

Podczas przeprowadzania analizy drgań harmonicznycch własnych w programie COMSOL, wykorzystywane zostało poniższe równanie:

$$-\rho\omega^2\mathbf{u} - \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} = \mathbf{F}e^{i\phi}$$

gdzie:

$\rho$  – gęstość,

$\omega$  – prędkość kątowna,

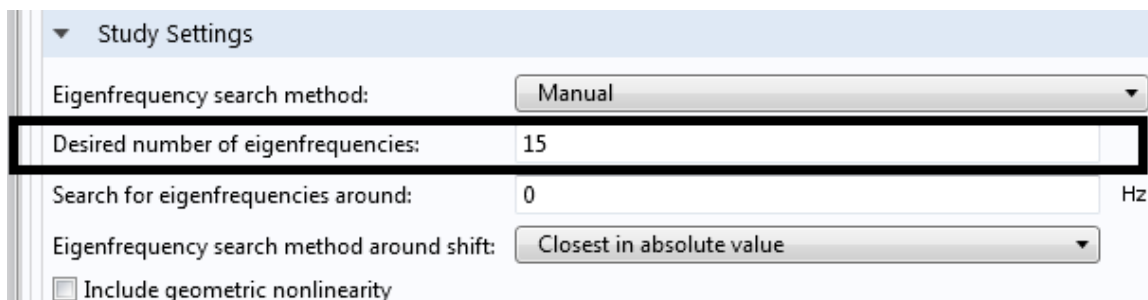
$\mathbf{u}$  – pole prędkości,

$\mathbf{F}$  – siła objętościowa,

$\boldsymbol{\sigma}$  – naprężenia,

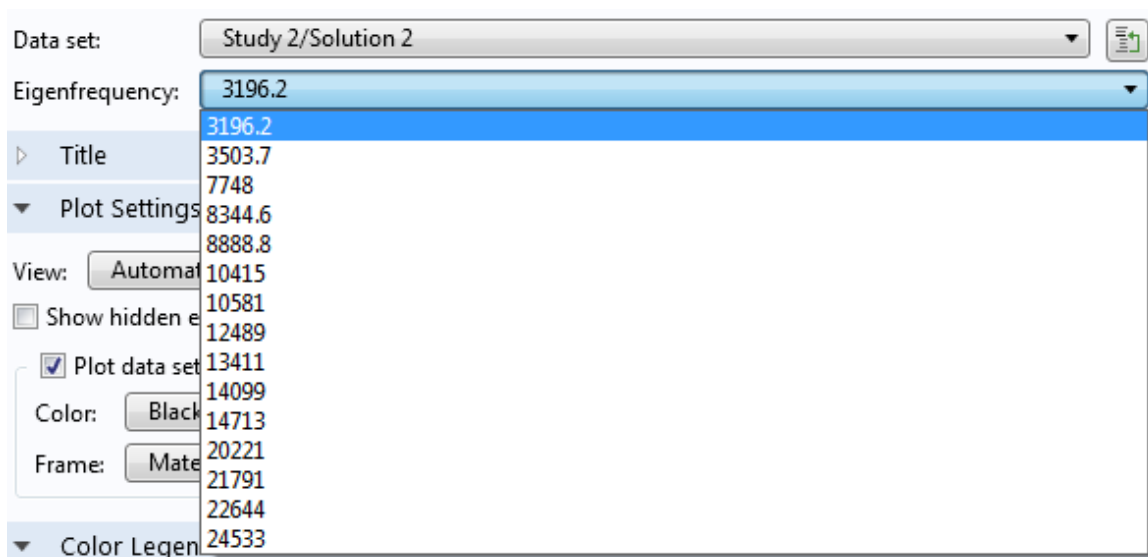
$\nabla$  – operator Nabla.

Wybrałyśmy 15 punktów (*Study2 >> Step 1: Eigenfrequency*), w których program COMSOL liczył wartości częstotliwości własnych.



Rys. 15. Określenie pożądanej ilości punktów

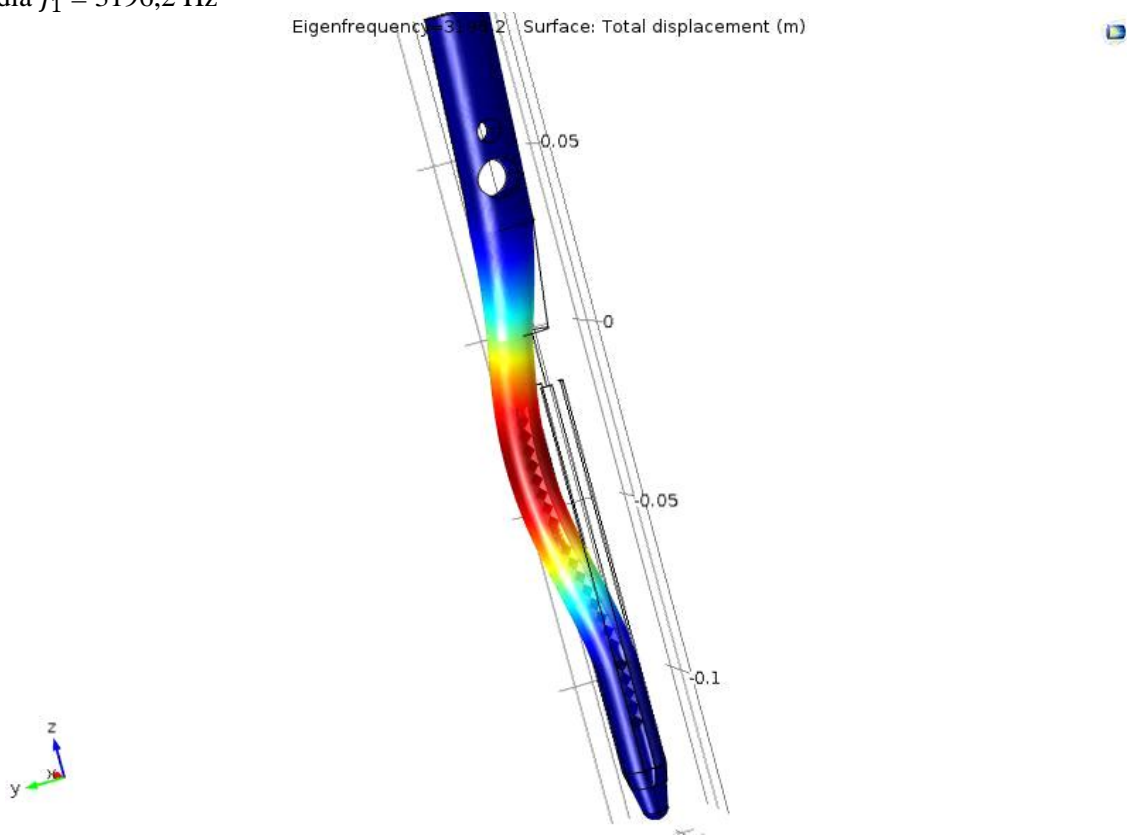
Wygenerowano siatkę składającą się z 65967 elementów skończonych, następnie po kliknięciu "COMPUTE", uzyskałyśmy wartości wyliczonych częstotliwości własnych:



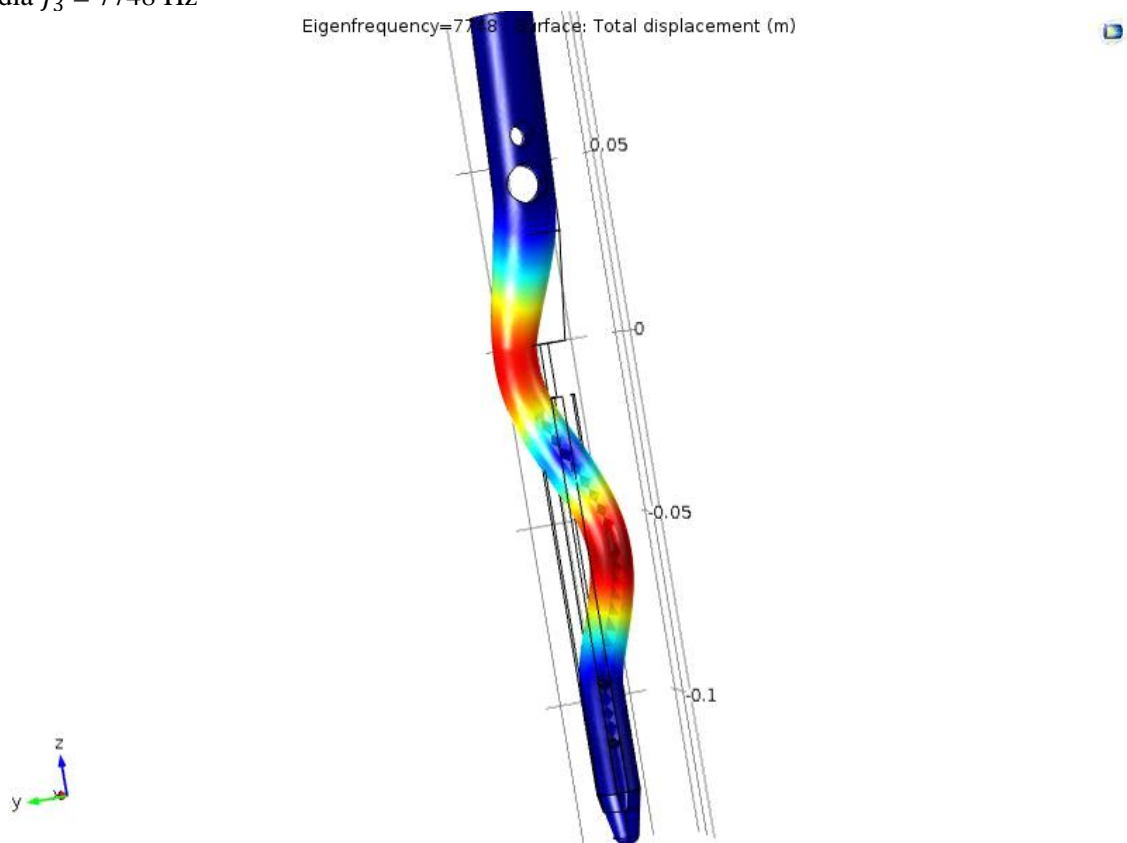
Rys. 16. Wartości częstotliwości własnych w 15 punktach

Wyniki dla wybranych częstotliwości:

a) dla  $f_1 = 3196,2$  Hz



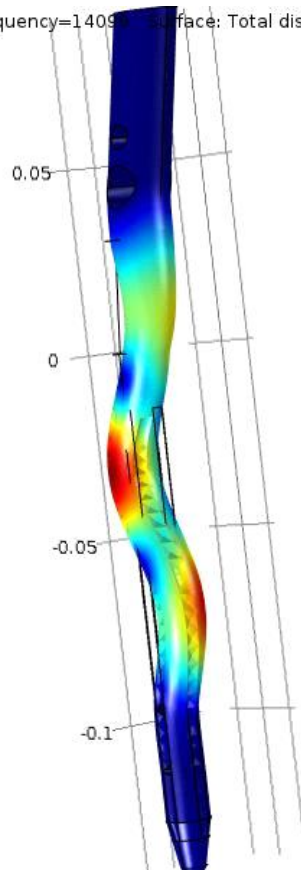
b) dla  $f_3 = 7748$  Hz



c) dla  $f_{10} = 14099$  Hz



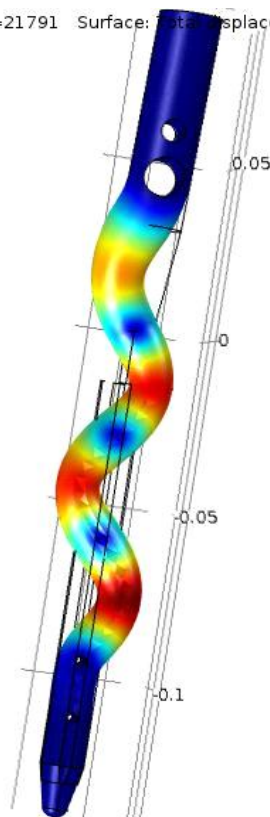
Eigenfrequency=14099 Surface: Total displacement (m)



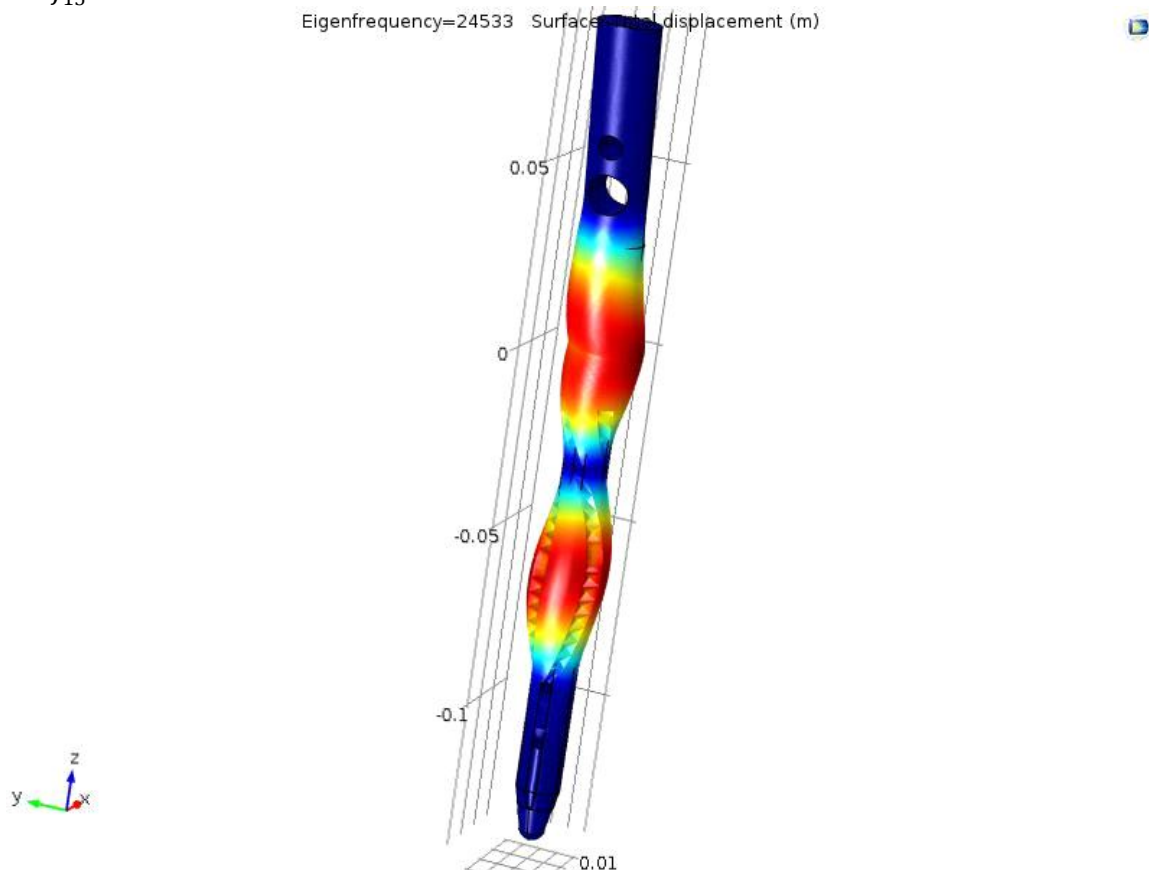
d) dla  $f_{13} = 21791$  Hz



Eigenfrequency=21791 Surface: Total displacement (m)



e) dla  $f_{15} = 24533$  Hz



## 4.2. Podsumowanie

W wyniku obliczeń uzyskano obraz przemieszczeń pod wpływem drgań własnych. Wynika z tego, że implant pod wpływem drgań o określonej częstotliwości drga w kierunku poziomym. Im wyższa częstotliwość drgań, tym krótsza jest długość fali. Podczas właściwego użytkowania implantu, gdy jest on wszczepiony w kanał szpikowy, drgania o wyliczonych wartościach nie działają na niego i mu nie szkodzą. Wyznaczanie częstotliwości drgań własnych ma większe znaczenie przy projektowaniu maszyn i urządzeń narażonych na działanie drgań. Znajomość częstości drgań własnych konstrukcji pozwala uniknąć zjawiska rezonansu. Rezonans polega na gwałtownym wzroście amplitudy drgań układu zachodzącym, gdy częstość drgań wymuszających zbliża się do częstości drgań własnych. Zjawisko rezonansu przebiega tym gwałtowniej, im mniejsze jest tłumienie w układzie.

## 5. Bibliografia

- [1] <http://images.radiopaedia.org/images/3667/f19acd33226ea13aae04fdf2c42e47.jpg>
- [2] Specyfikacja gwoździ śródszpikowych firmy MEDGAL: [http://www.medgal.com.pl/pl,ms-gwozdzie\\_proste\\_udowe-0-gwozdzie\\_srodszpikowe\\_blokowane-produkty.html](http://www.medgal.com.pl/pl,ms-gwozdzie_proste_udowe-0-gwozdzie_srodszpikowe_blokowane-produkty.html)
- [3] [https://pl.wikipedia.org/wiki/Drgania\\_swobodne](https://pl.wikipedia.org/wiki/Drgania_swobodne)