



**POLITECHNIKA WARSZAWSKA**

**WYDZIAŁ : Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa**

# **Metoda Elementów Skończonych II**

**SPRAWOZDANIE**

Ćwiczenie nr 3 (ANSYS)

**Zadanie sprężysto – plastyczne**

**(Nonlinear Analysis)**

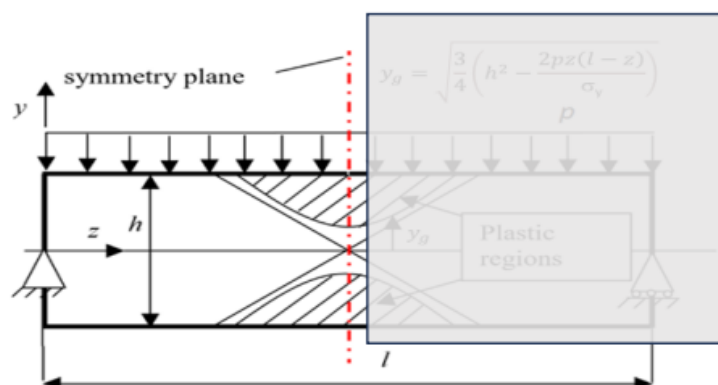
Wykonał : Adam Nowak (indeks 304250)

(magisterskie niestacjonarne)

WARSZAWA, maj 2024

## 1. Cel ćwiczenia

Badana belka została obciążona z góry ciśnieniem przekraczającym jej granicę sprężystości. Po przekroczeniu tej granicy i wejściu w rejon plastyczny, belka zaczęła ulegać trwałym deformacjom.

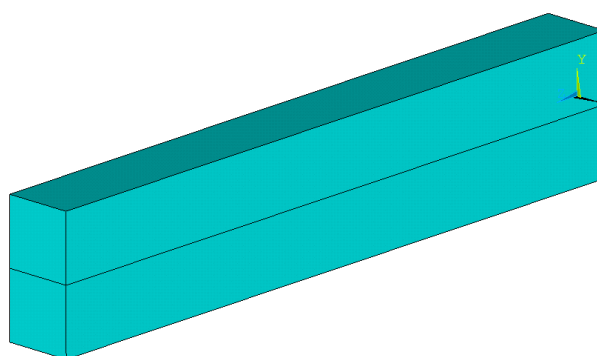


Rysunek 1 Obciążenie belki

## 2. Obiekt – dane

### 2a. Przyjęty układ.

Przyjęty układ odniesienia został umieszczony w płaszczyźnie symetrii przekroju belki. Układ został przedstawiony na Rys 2.



Rysunek 2 Geometria oraz położenie układu

### 2b. Wymiary, gabaryty, kształt

Szerokość x wysokość x długość: 10 x 20 x 100 mm.

### 2c. Dane materiałowe, model dwuliniowy:

#### Rejon sprężysty:

Stal  $E = 200 \text{ GPa}, \nu = 0.3$

#### Rejon plastyczny:

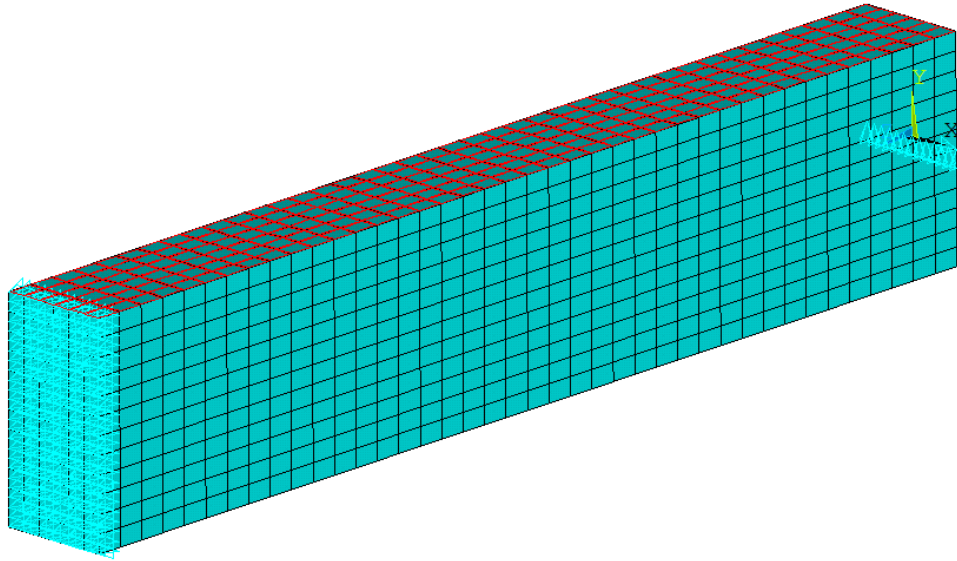
Stal  $E_t = 100 \text{ MPa}$

#### Granica sprężystości:

$\sigma_y = 150 \text{ MPa}$

## 2d. Warunki brzegowe i obciążenie.

Belka została utwierdzona końców, odebrano stopień swobody w kierunku Y na linii środkowej przekroju oraz odebrano stopień swobody w kierunku x na końcu tej linii. Belka została obciążona ciśnieniem na górnej ścianie oraz został nałożony warunek symetrii na drugim końcu belki.



*Rysunek 3 Warunki brzegowe*

## 3. Model MES

### 3a. Użyte oprogramowanie.

Do przeprowadzenia symulacji wykorzystano oprogramowanie Ansys Mechanical Enterprise z wykorzystaniem aplikacji wewnętrznej APDL.

### 3b. Zastosowane elementy skończone.

Zastosowano model typu solid 186.

### 3c. Siatka podziału, liczby elementów / węzłów

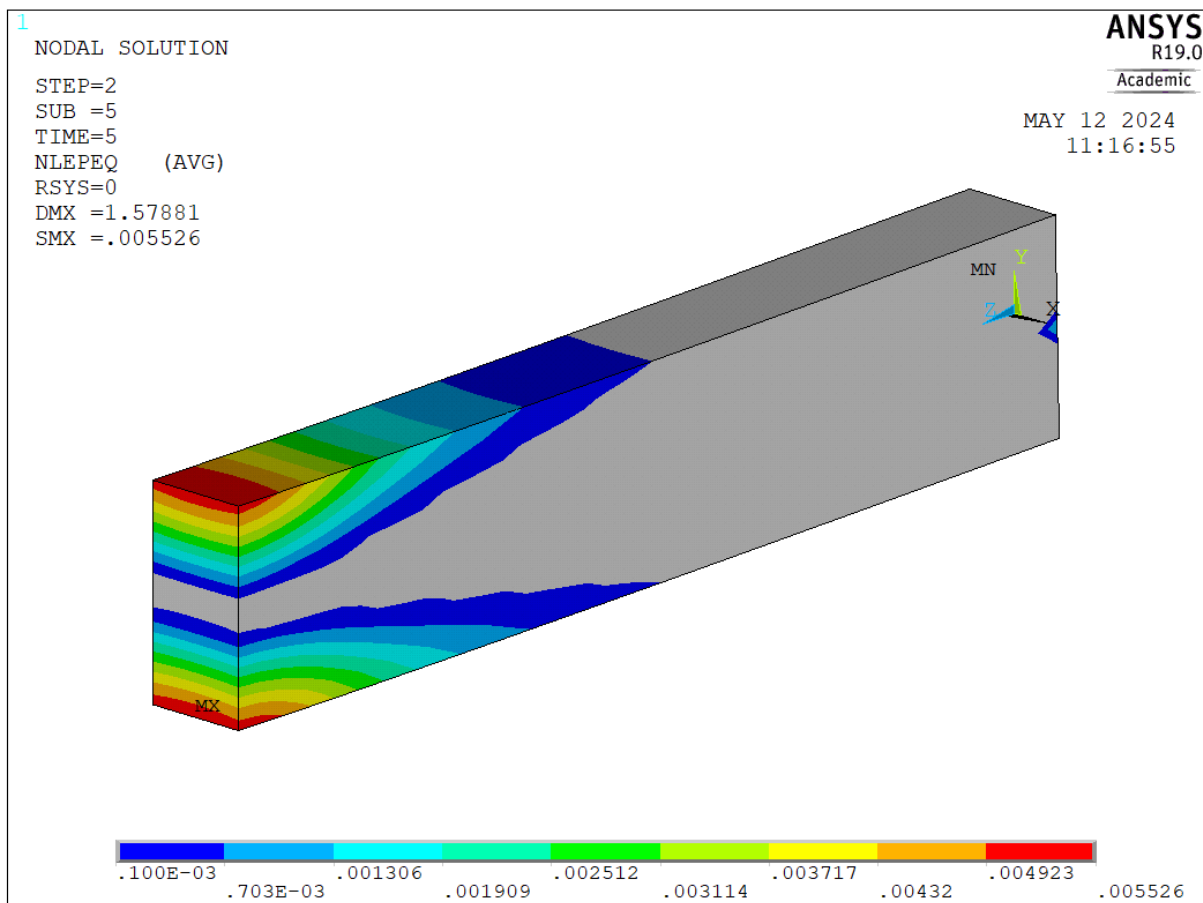
Zastosowano siatkę strukturalną, która została utworzona poprzez podzielenie boków belki na 6 podziałów wzdłuż jednej osi, 12 podziałów wzdłuż drugiej osi oraz 40 podziałów wzdłuż trzeciej osi – rys 3.

### 3d. Ustawiania analizy

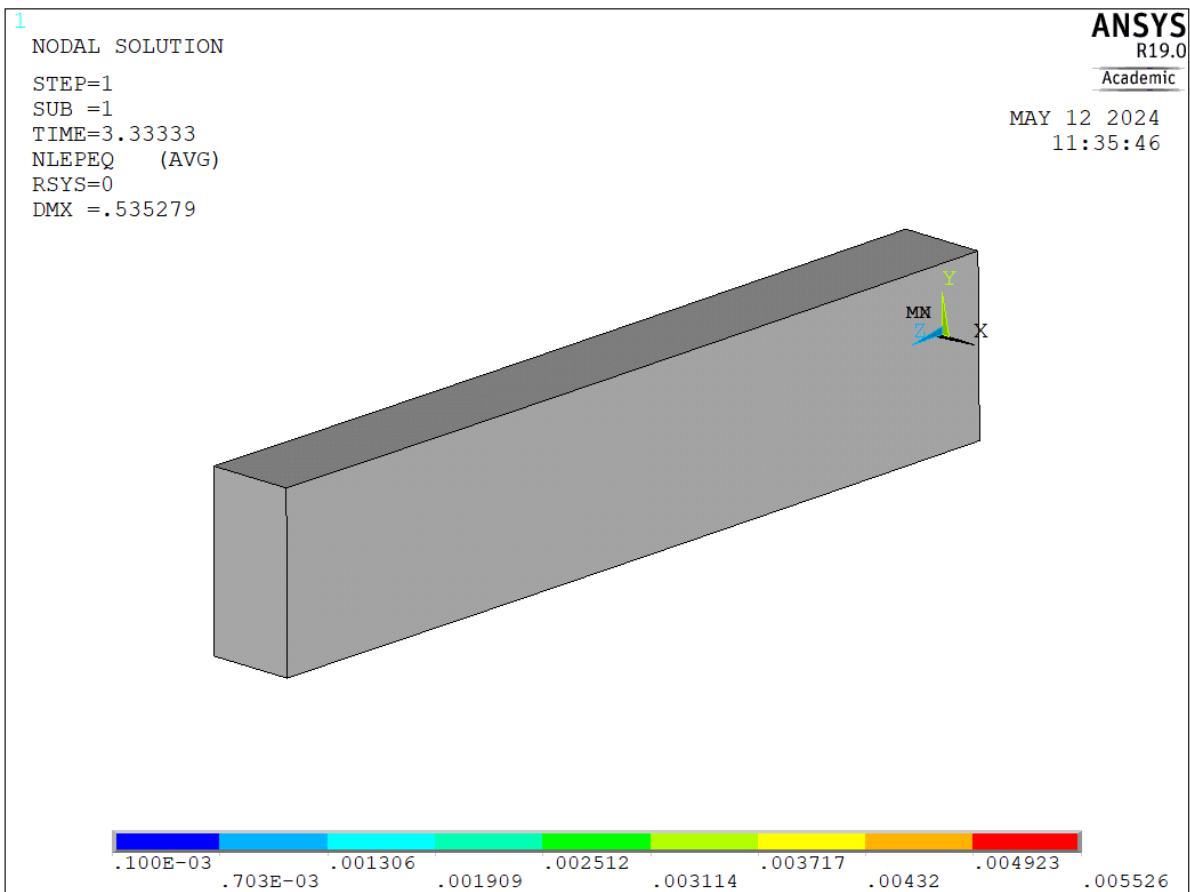
Analiza składała się z trzech kroków:

- 1) Obciążenie ciśnieniem 3,3 MPa,
- 2) Obciążenie ciśnieniem 5 MPa,
- 3) Obciążenie ciśnieniem 0 MPa

#### 4. Plastyczne naprężenia zredukowane von Misesa

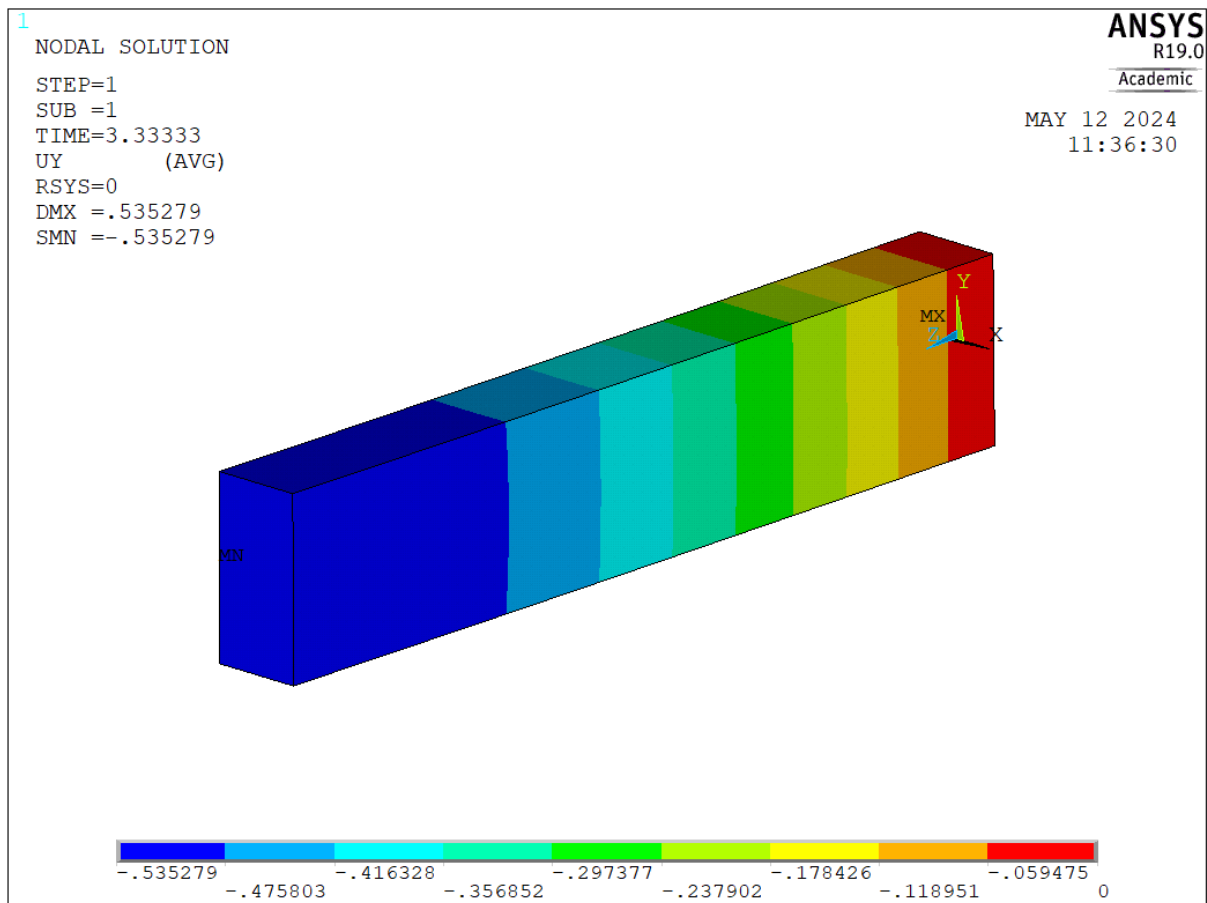


Rysunek 4 Obciążenie ciśnieniem 5 MPa

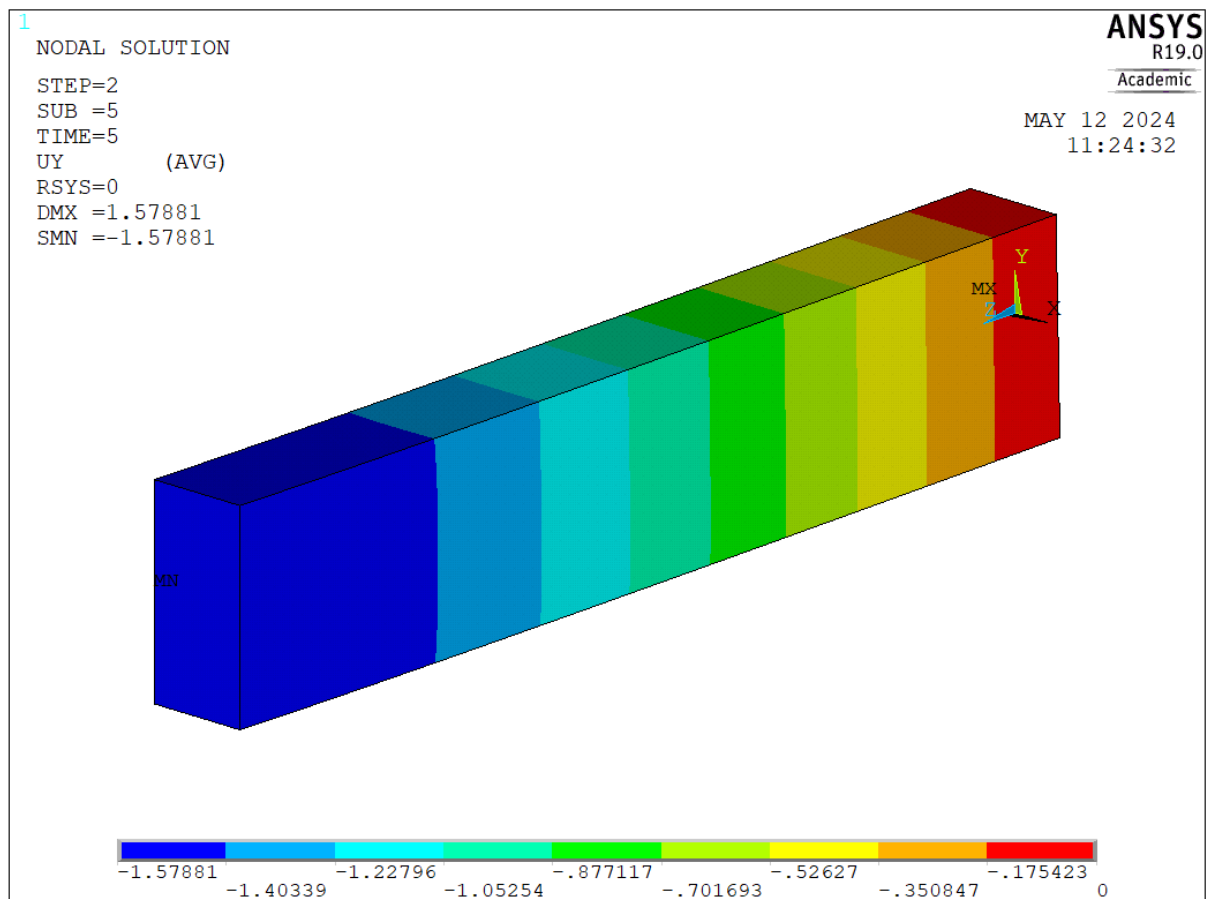


Rysunek 5 Obciążenie ciśnieniem 3.3 MPa

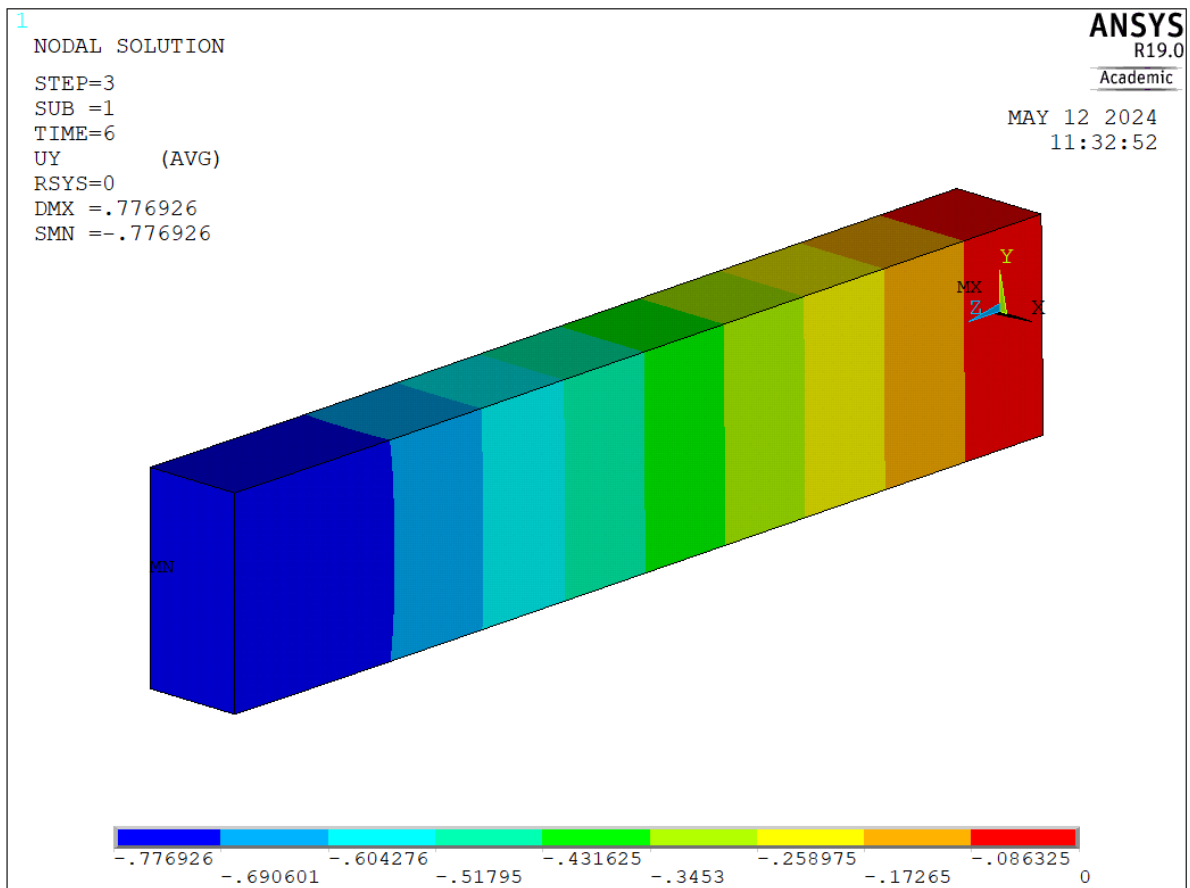
## 5. Przemieszczenia w kierunku Y



Rysunek 6 Odształcenia belki podczas obciążenia 3.3 MPa

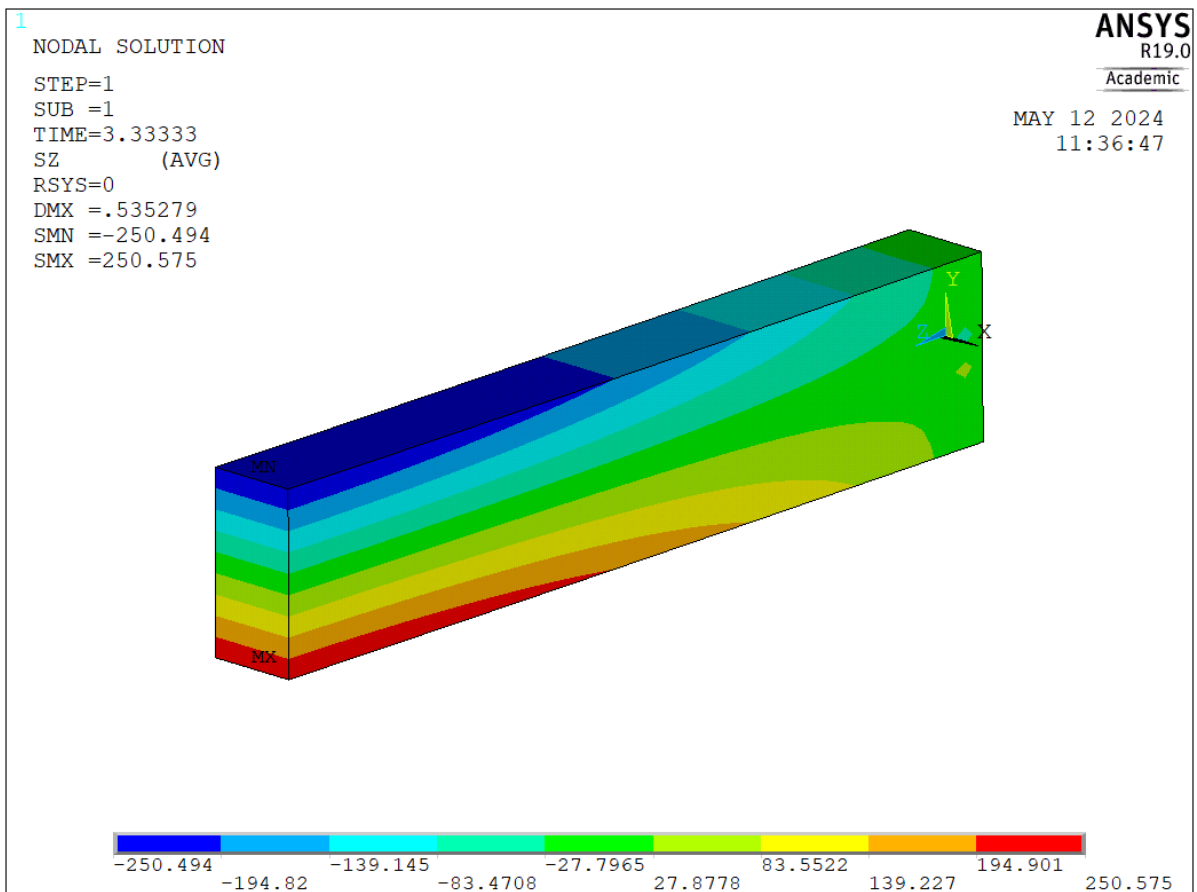


Rysunek 7 Odształcenia belki podczas obciążenia 5 MPa

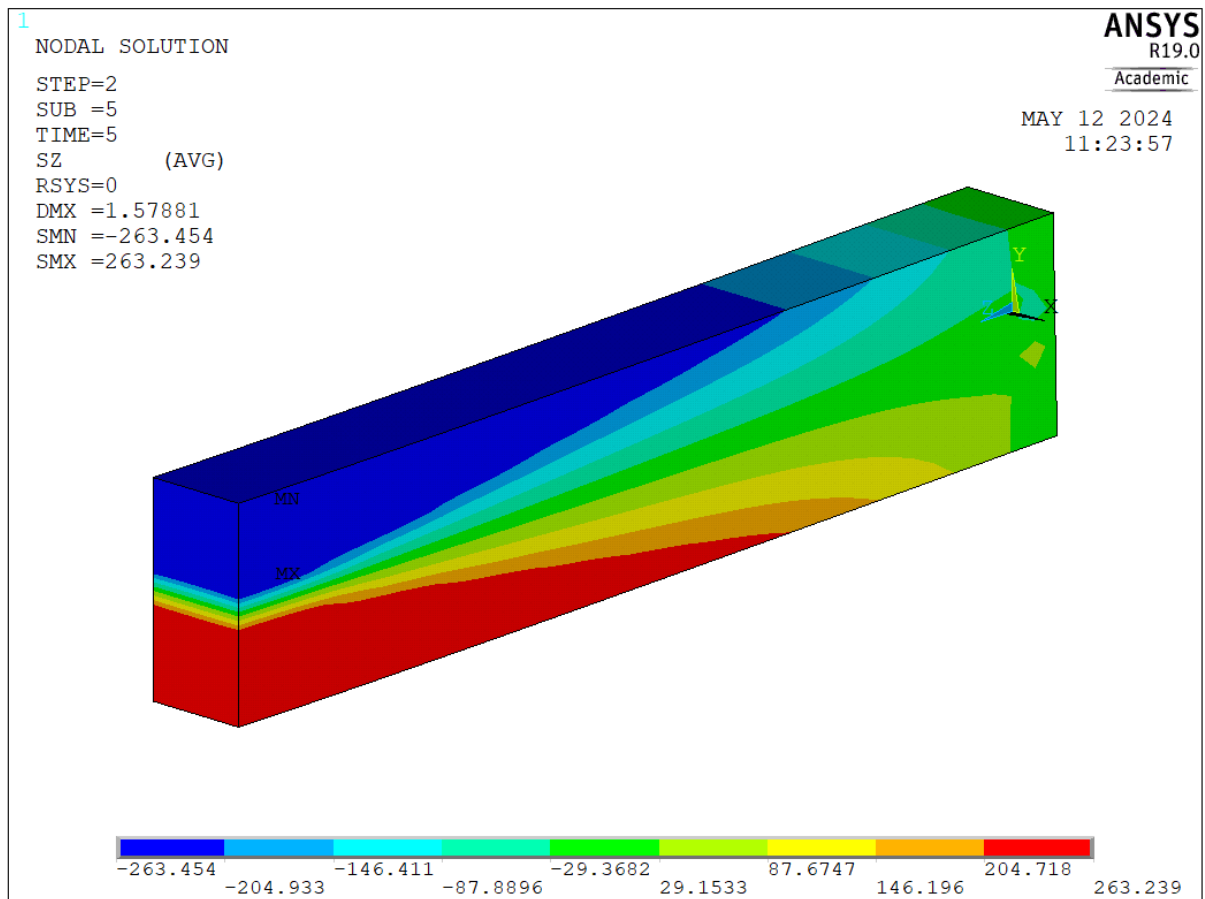


Rysunek 8 Odształcenia belki po zdjęciu obciążenia

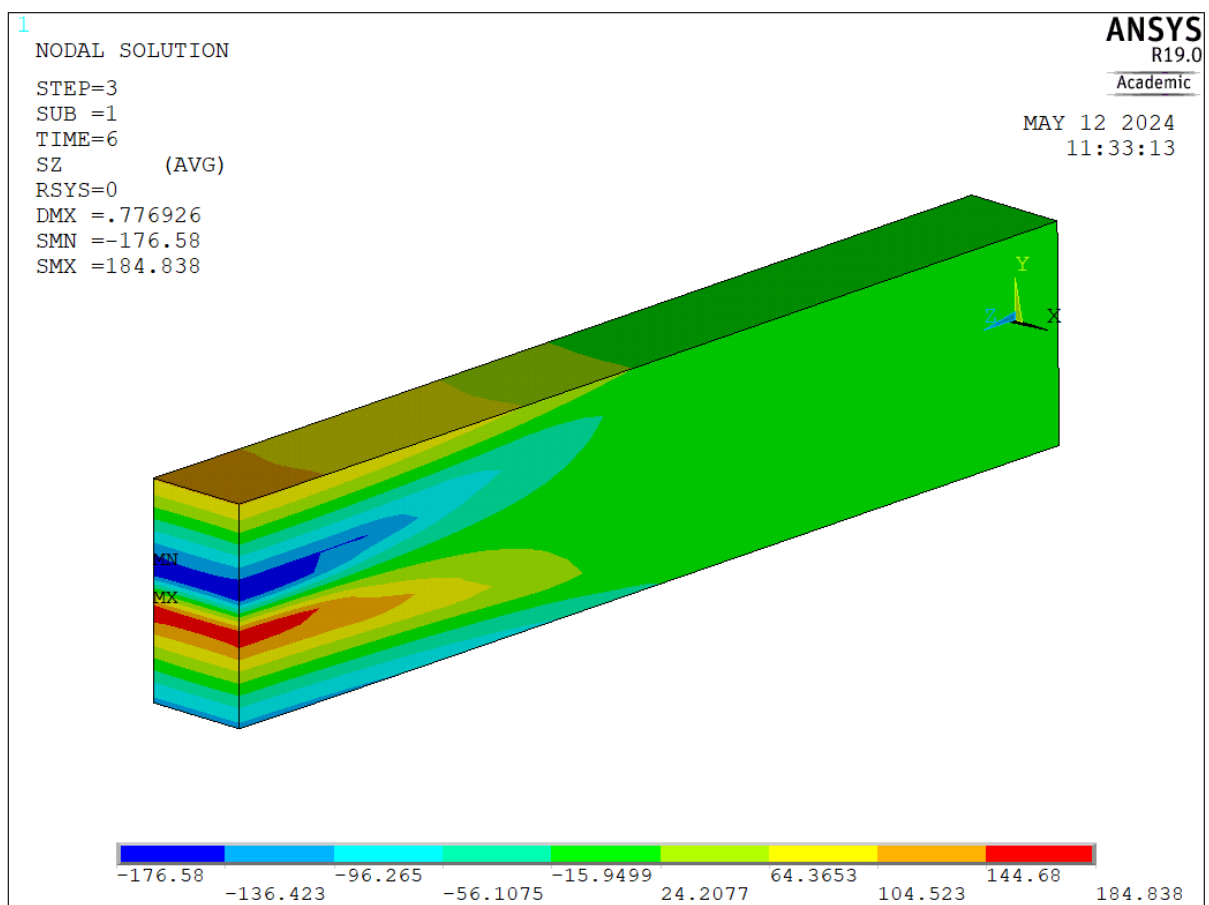
## 6. Naprężenia w osi Z



Rysunek 9 Naprężenia belki podczas obciążenia 3.3 MPa

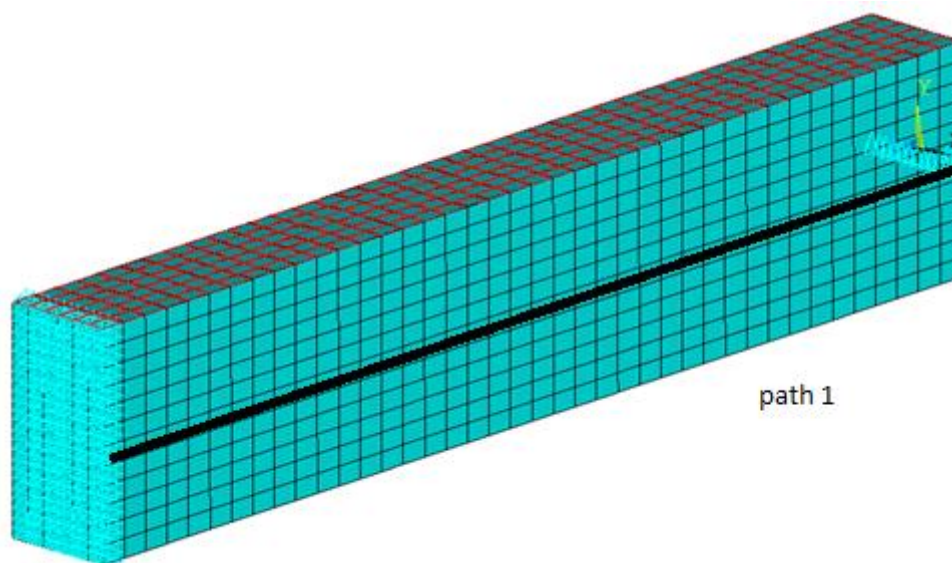


Rysunek 10 Naprężenia belki podczas obciążenia 5 MPa

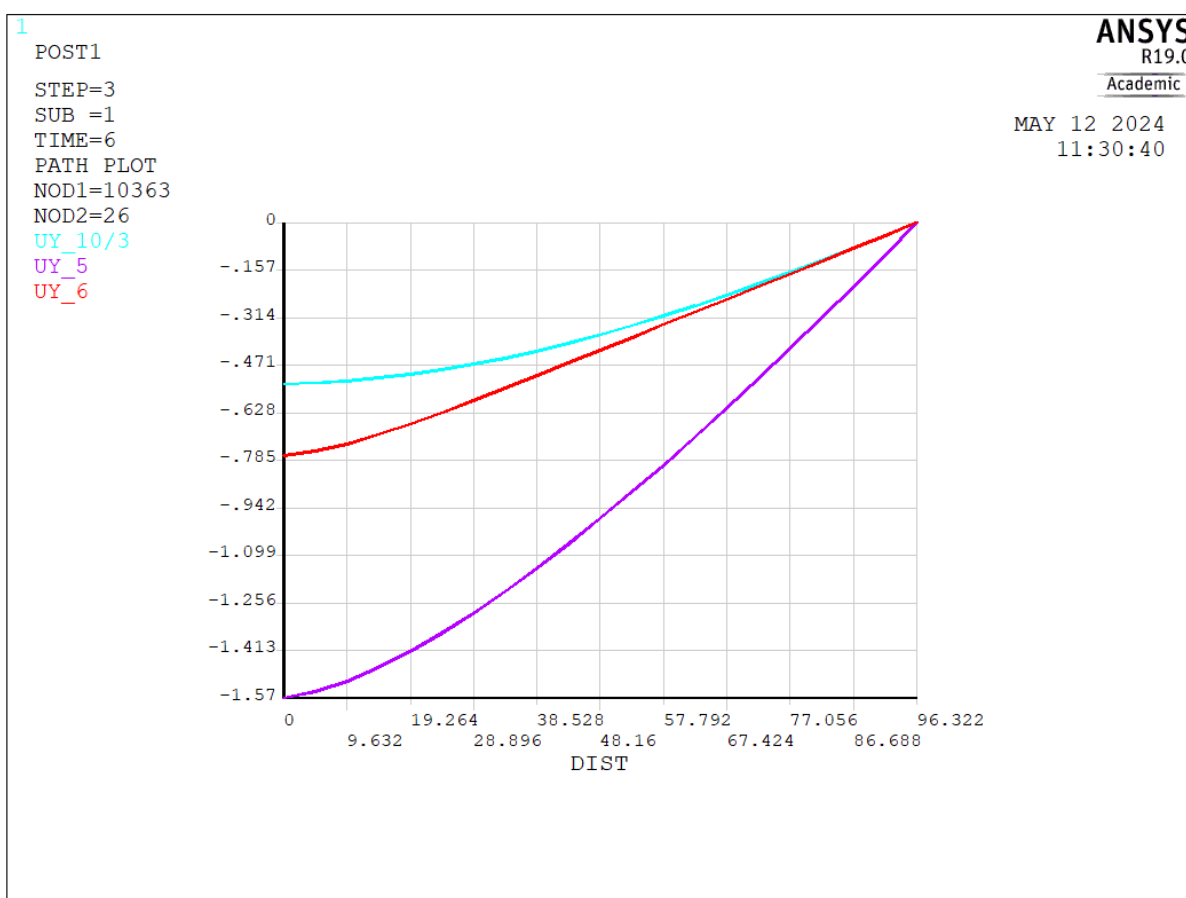


Rysunek 11 Naprężenia belki po zdjęciu obciążenia

## 7. Przeszaczenia w osi Y wzduż belki



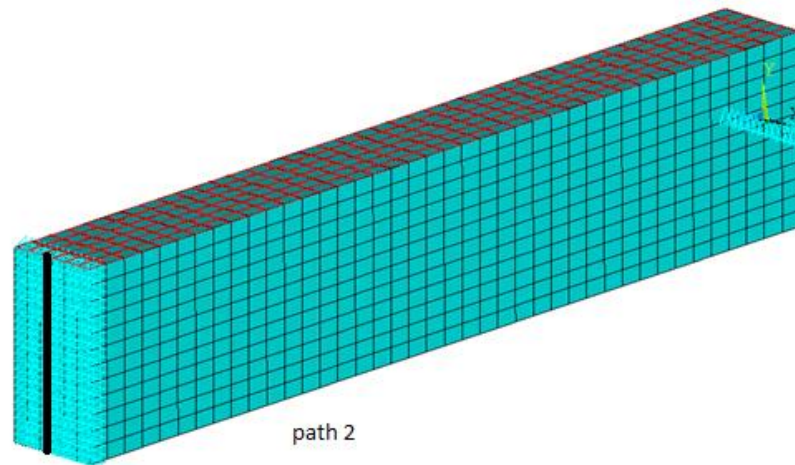
Rysunek 12 Wizualizacja ścieżki nr 1



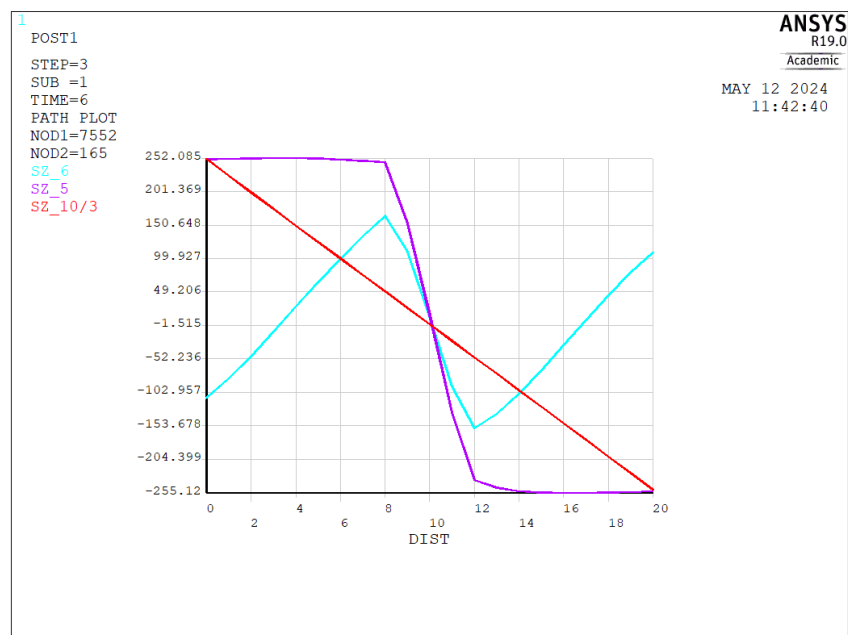
Rysunek 13 Naprężenia  $\sigma_z$  dla 3 obciążeń



## 8. Naprężenia w osi Z na końcu belki

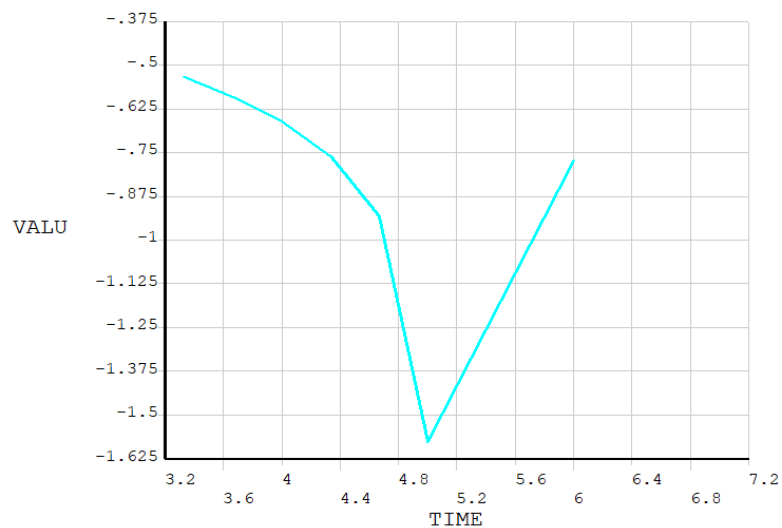


Rysunek 14 Wizualizacja ścieżki nr 2



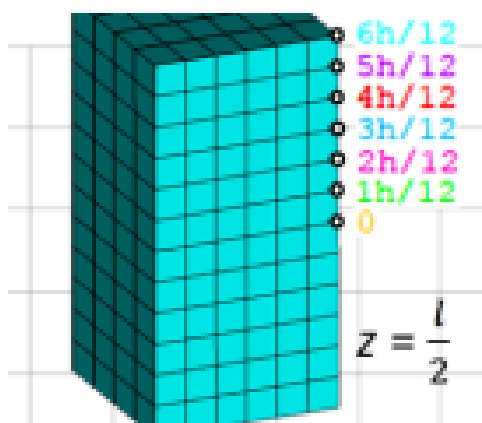
Rysunek 15 Naprężenia dla 3 kolejnych obciążeń

## 9. Odształcenia w osi Y na końcu belki

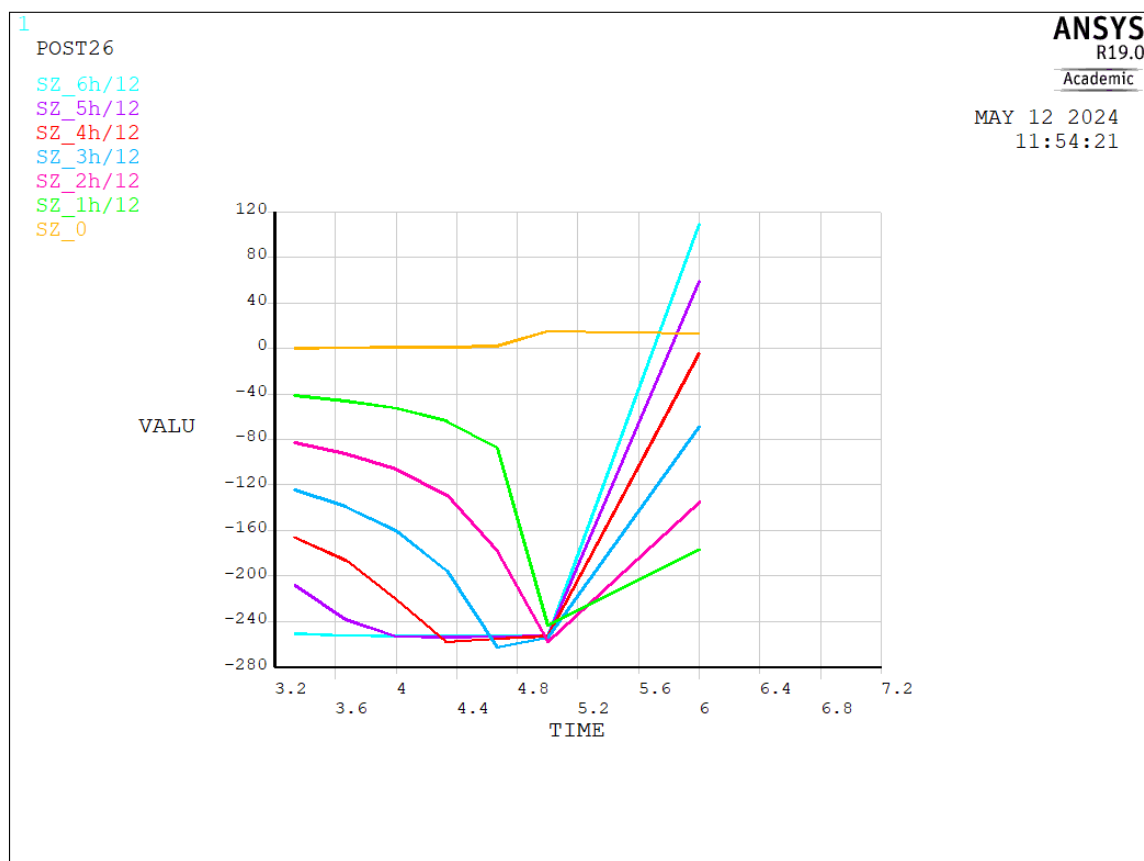


Rysunek 16 Odształcenia w punkcie środkowym

## 10. Naprężenia w osi Z w czasie



Rysunek 17 Wizualizacja miejsc w których zostały przeanalizowane naprężenia w czasie



Rysunek 18 Naprężenia w czasie w miejscach pokazanych na rys 17

## 11. Wnioski

- Przejście w rejon plastyczny:

Analiza wykazała, że po przekroczeniu granicy plastyczności (250 MPa), belka zaczynała wykazywać niezerowe naprężenia plastyczne. W fazie sprężystej, przed osiągnięciem tego punktu, takie naprężenia nie występowały, co potwierdza poprawność przeprowadzonych obliczeń.

- Odształcenia reszkowe:

Po zdjęciu obciążenia z belki, materiał nie powrócił do swojego pierwotnego kształtu. Było to wynikiem trwałych odkształceń plastycznych, zgodnie z teorią wytrzymałości materiałów, która mówi, że po przekroczeniu granicy plastyczności materiał zachowuje trwałe odkształcenia.

- Naprężenia reszkowe:

W przypadku naprężeń w kierunku Z oraz odkształceń w kierunku Y, po zdjęciu obciążenia, nadal występowały naprężenia reszkowe. Jest to bezpośrednio związane z wcześniejszym przejściem belki w stan plastyczny, który pozostawił trwałe naprężenia wewnętrzne.

- Zachowanie sprężyste i plastyczne:

W zakresie sprężystym, naprężenia w przekroju belki odpowiadały wzorom analitycznym. Po przejściu do obszaru plastycznego, rozkład naprężeń zmienił się, przyjmując charakterystykę dwuliniową, która została przypisana materiałowi na początku analizy. Po zdjęciu obciążenia w przekroju belki pozostały naprężenia reszkowe.

- Przemieszczenie punktu końcowego:

Analiza przemieszczenia wybranego punktu na końcu belki w pseudo-czasie wykazała, że punkt ten nie powrócił do pozycji wyjściowej po zdjęciu obciążenia, co potwierdza trwałe odkształcenia plastyczne.

- Rozkład naprężeń wzdłuż osi belki:

Obserwacje wykazały, że naprężenia  $\sigma_z$  były najmniejsze w pobliżu osi obojętnej belki i rosły wraz z oddalaniem się od niej. Po zdjęciu obciążenia, naprężenia na różnych płaszczyznach równoległych do środka belki powróciły do wartości niezerowych, świadcząc o obecności naprężeń reszkowych.

Podsumowując, analiza jednoznacznie wykazała, że po przekroczeniu granicy plastyczności, belka nie wraca do pierwotnego stanu, a w materiale pozostają trwałe naprężenia reszkowe. Te wyniki są zgodne z teorią plastyczności i wytrzymałości materiałów.