

# ***Projekt z metody elementów skończonych (MES)***

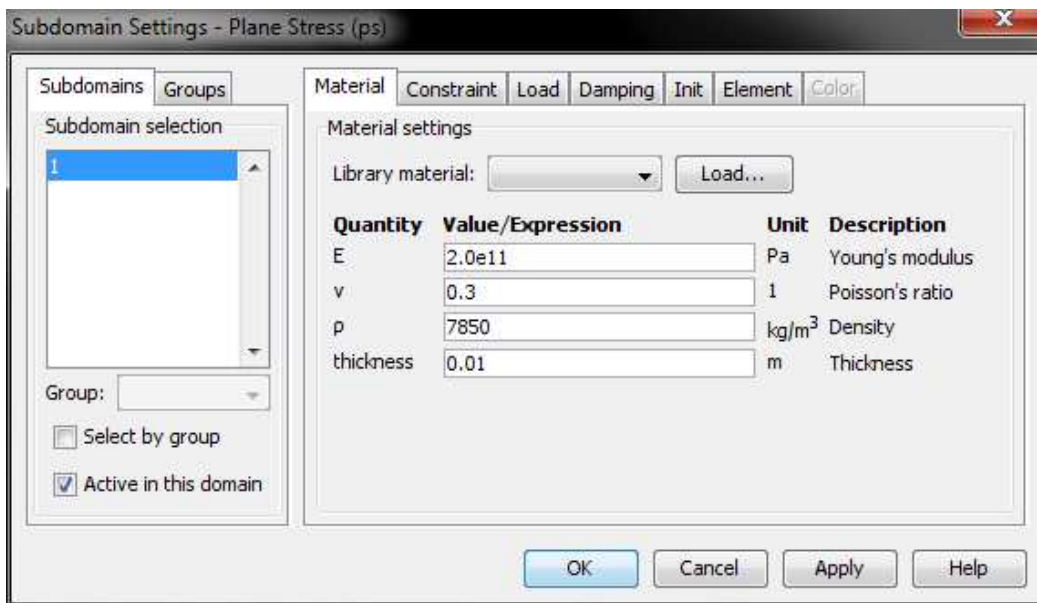


*Sebastian Pałasz*

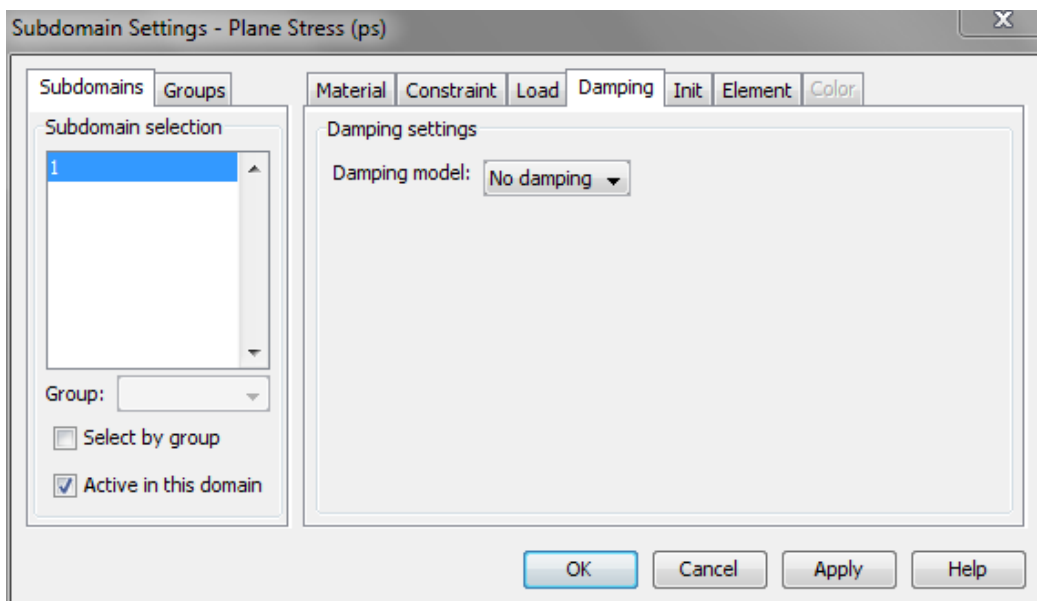
*Prowadzący: Dr hab. inż. T. Stręk*

## 1. Porównanie sztywności i stanu naprężeń w belkach o różnych wadach kształtu.

W tym projekcie analizuję trzy różne belki o tych samych wymiarach. Jedną z nich jest belka kontrolna (bez karbu), pozostałe mają defekt (różne kształty karbu). Karby są elementami niepożądanymi z powodu spiętrzenia naprężeń w miejscu ich występowania i w miarę możliwości należy je eliminować. Chcę pokazać również jak zmienia się sztywność belek, w zależności od ubytku materiału w przekroju. Ubytkiem tym jest oczywiście karb.

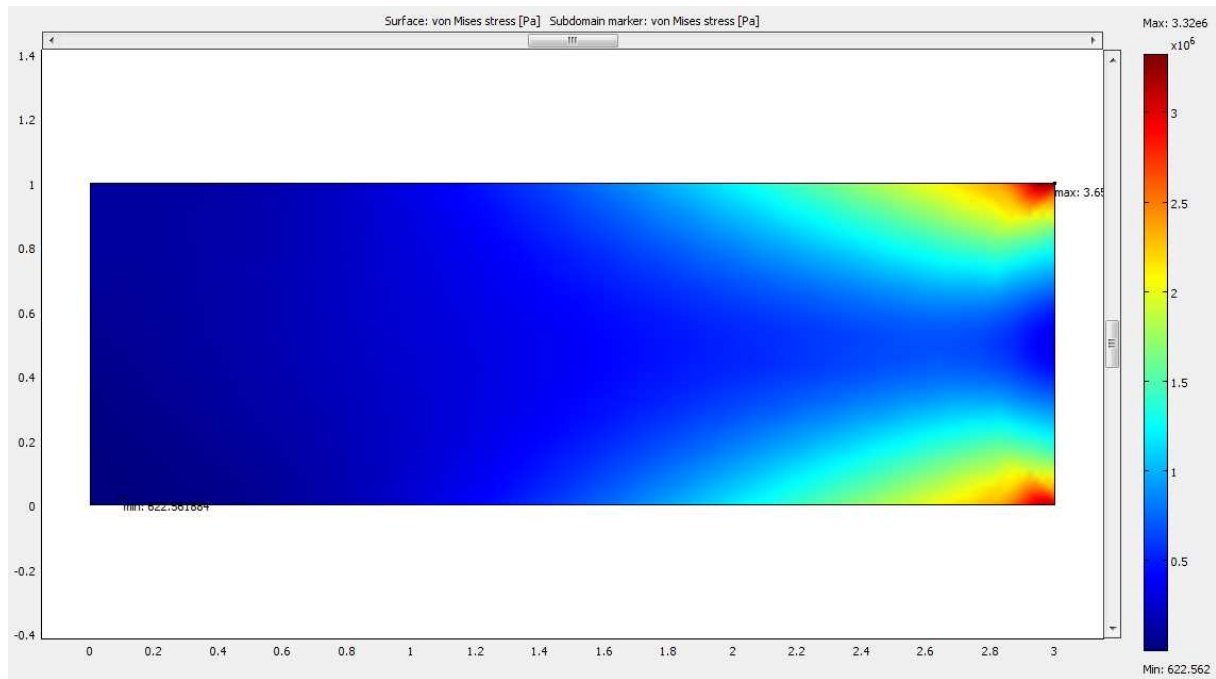


Rysunek 1.1. Materiał belki - podano standardowe wartości współczynników dla stali

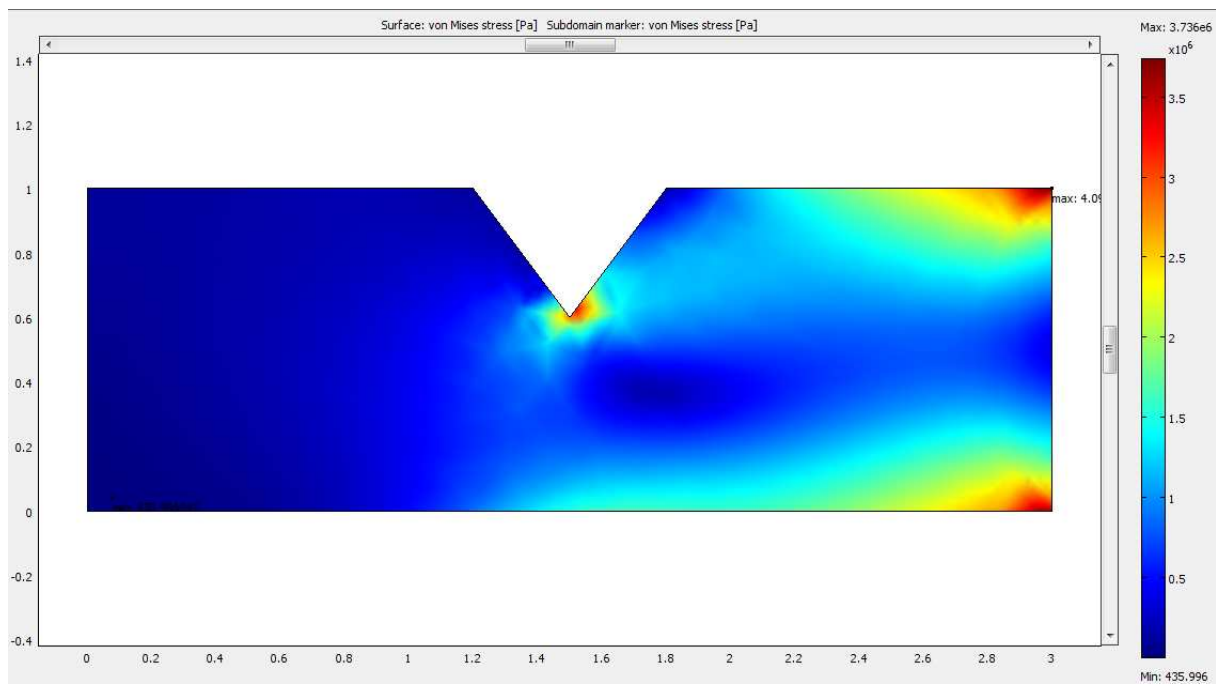


Rysunek 1.2. Brak tłumienia w belkach

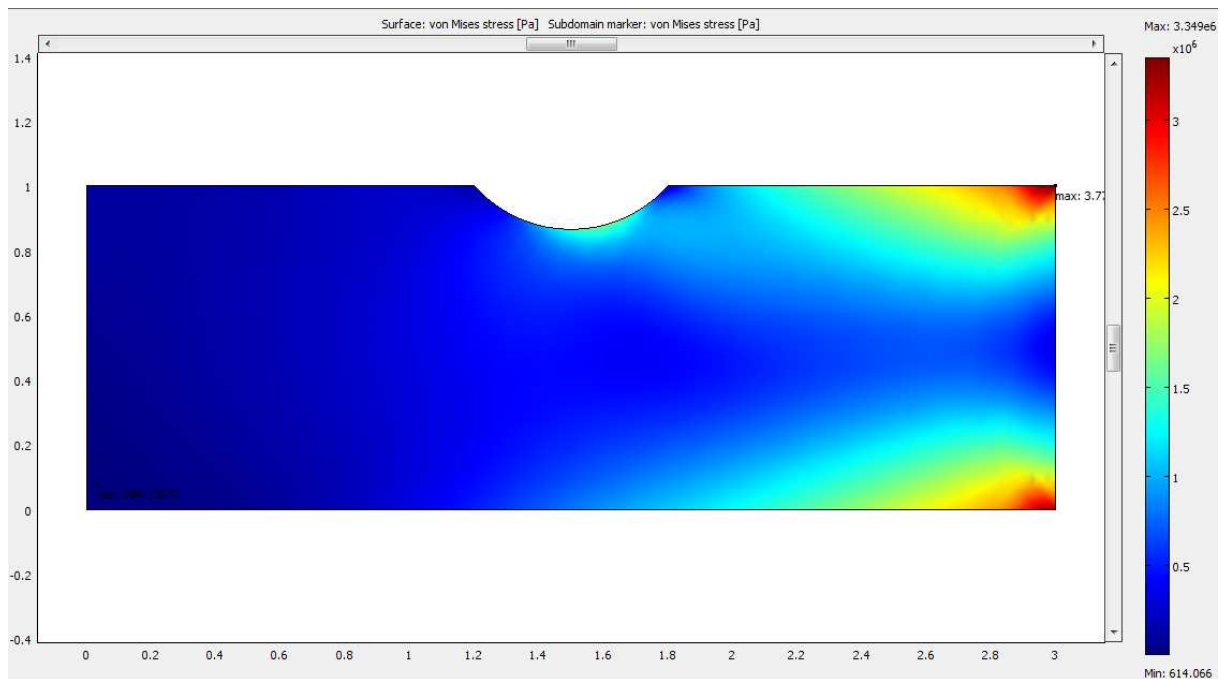
Wszystkie belki podparto z prawej strony. Obciążenie przyłożono od góry o wartości 1000N/m. Wyniki analizy przedstawiono na poniższych wycinkach ekranu z programu COMSOL 3.4:



Rysunek 1.3. Naprężenia w belce kontrolnej



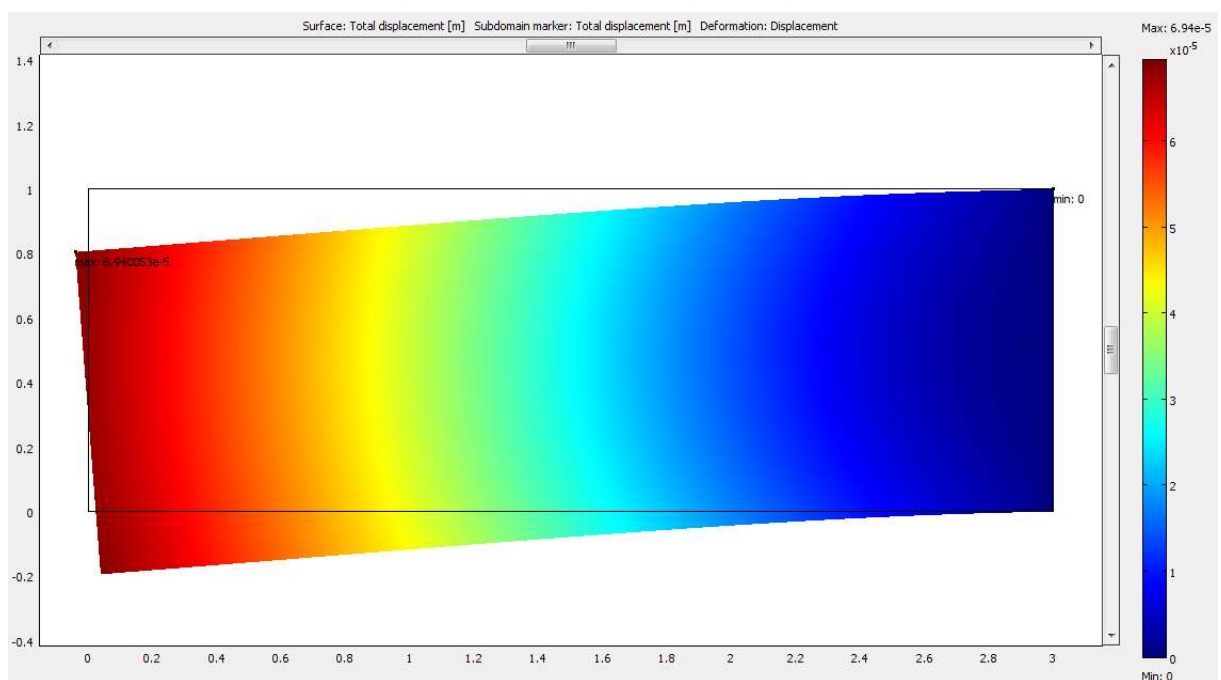
Rysunek 1.4. Naprężenia w belce z karbem trójkątnym



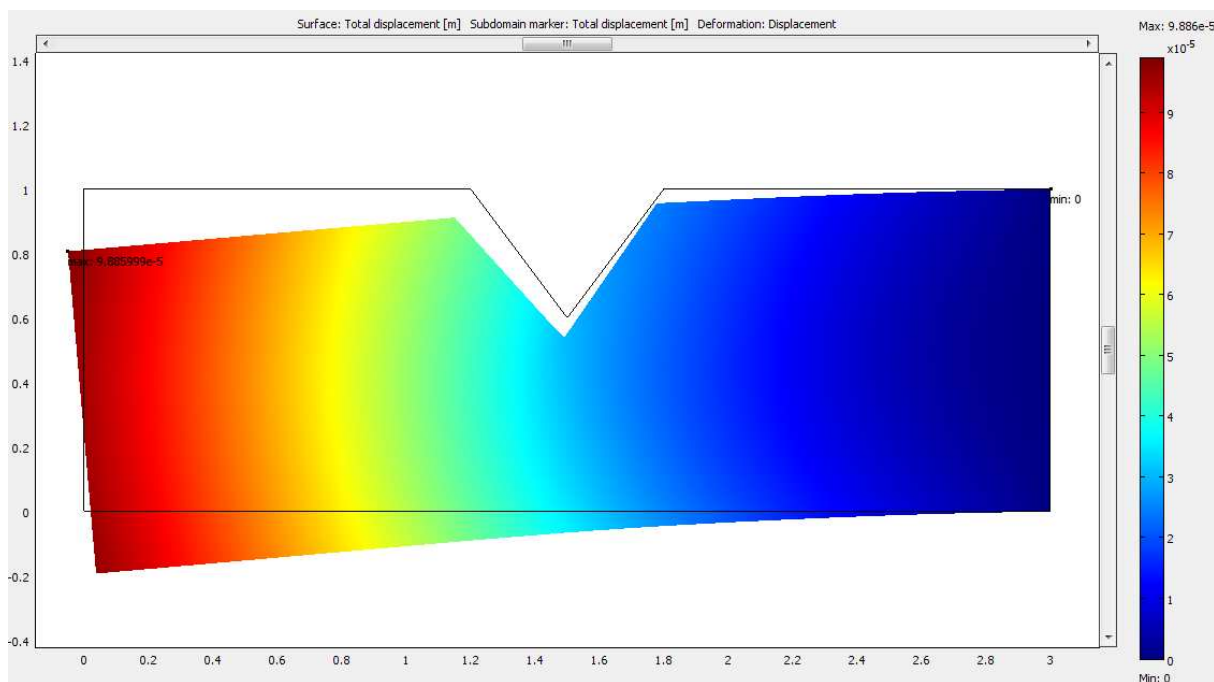
**Rysunek 1.5. Naprężenia w belce z karbem zaokrąglonym**

Naprężenia w pierwszej belce wyniosły  $3,65 \cdot 10^6$  MPa. Najniekorzystniejszy rozkład naprężeń można zaobserwować dla drugiej belki (naprężenia maksymalne:  $4,09 \cdot 10^6$  MPa). Widać lokalny wzrost naprężeń na dole karbu. Od razu widać, że karb ten jest niekorzystny. Nieco mniejsze naprężenia i ich koncentrację w okolicy karbu są w przypadku trzeciej belki. Może to wynikać z faktu mniejszego wcięcia w materiał oraz okrągłego kształtu (naprężenia maksymalne:  $3,72 \cdot 10^6$  MPa). (Wyniki odczytano z wartości min/max wyświetlonych przez program na przekrojach).

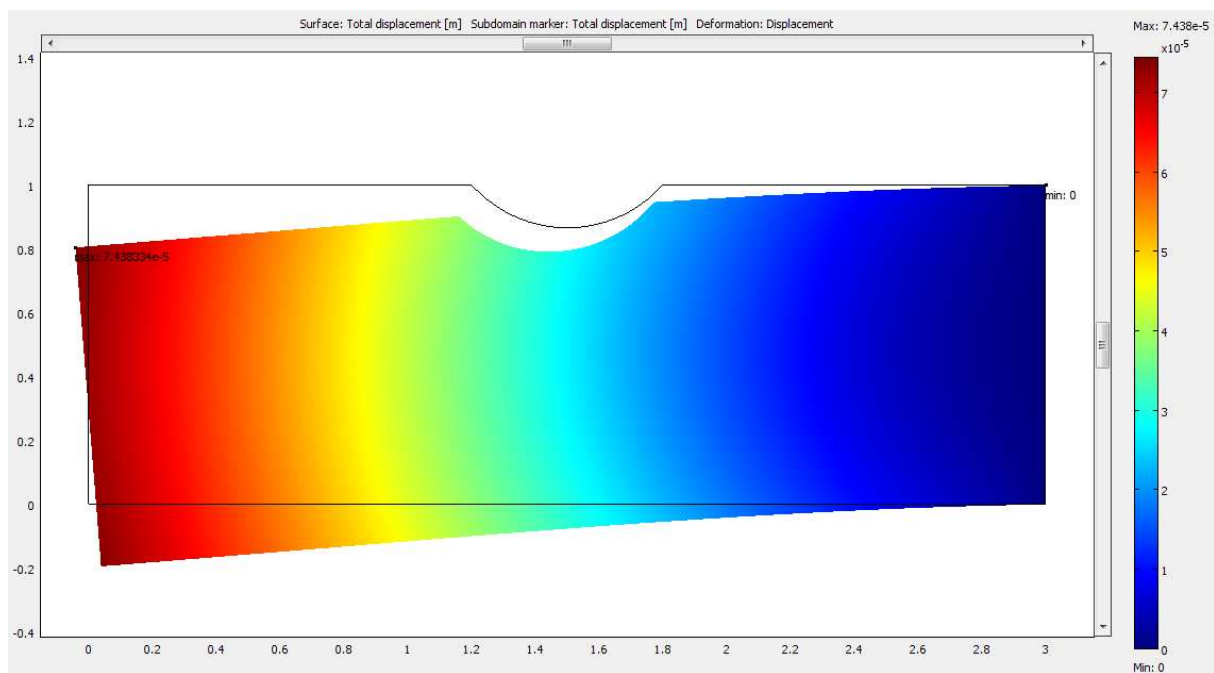
Odształcenia pokazano na poniższych wycinkach ekranu:



**Rysunek 1.6. Odształcenie belki kontrolnej**



**Rysunek 1.7. Odształcenie belki z karbem trójkątnym**



**Rysunek 1.8. Odształcenie belki z karbem zaokrąglonym**

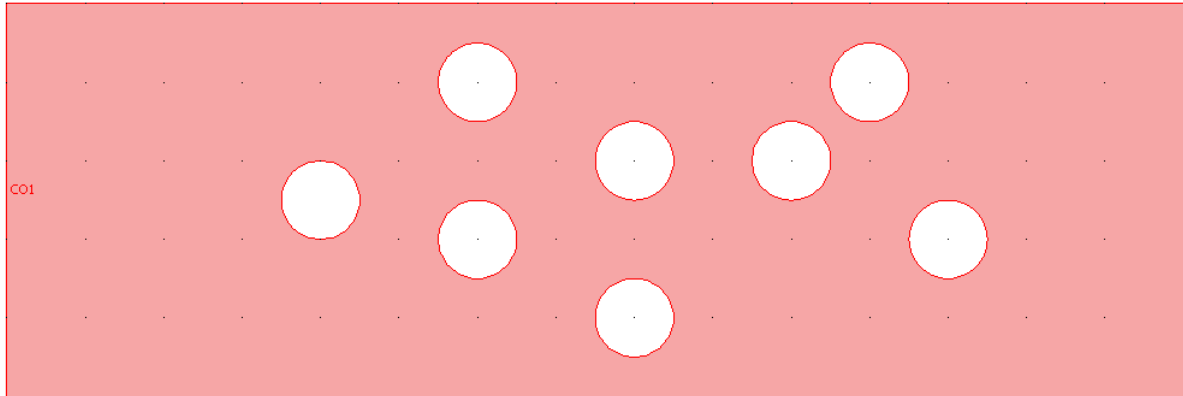
Największą sztywnością charakteryzuje się pierwsza belka, gdzie maksymalne odkształcenie wyniosło  $6,94 \cdot 10^{-5}$  m. W pozostałych dwóch belkach ugięcie wyniosło kolejno:  $9,886 \cdot 10^{-5}$  m i  $7,438 \cdot 10^{-5}$  m. Mniejsze odkształcenie belki z karbem zaokrąglonym było mniejsze co wynika prawdopodobnie z mniejszego ubytku materiałowego przekroju.

Podsumowanie:

Jak widać karby są zjawiskiem niekorzystnym. W zależności od ich kształtu i rozmiaru zmienia się zarówno rozkład naprężeń jak i sztywność. Można to zaobserwować porównując belkę kontrolną (bez karbu) z belkami z karbem. Karb zaokrąglony charakteryzuje się mniejszym lokalnym spiętrzeniem naprężeń.

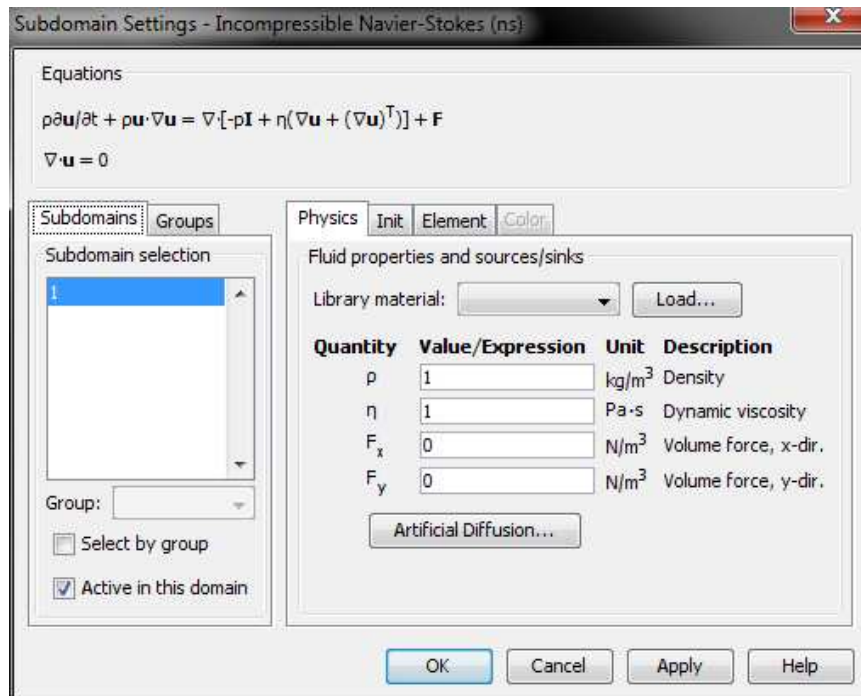
## 2. Przepływ cieczy przez kanał z losowo rozmieszczonymi przeszkodami.

Tym razem pokazuję jak wygląda przepływ w kanale, w którym medium natrafia na przeszkody. Rozmieściłem je losowo. Wszystkie mają kształt okręgu i identyczne wymiary. Widać to na poniższym rysunku:



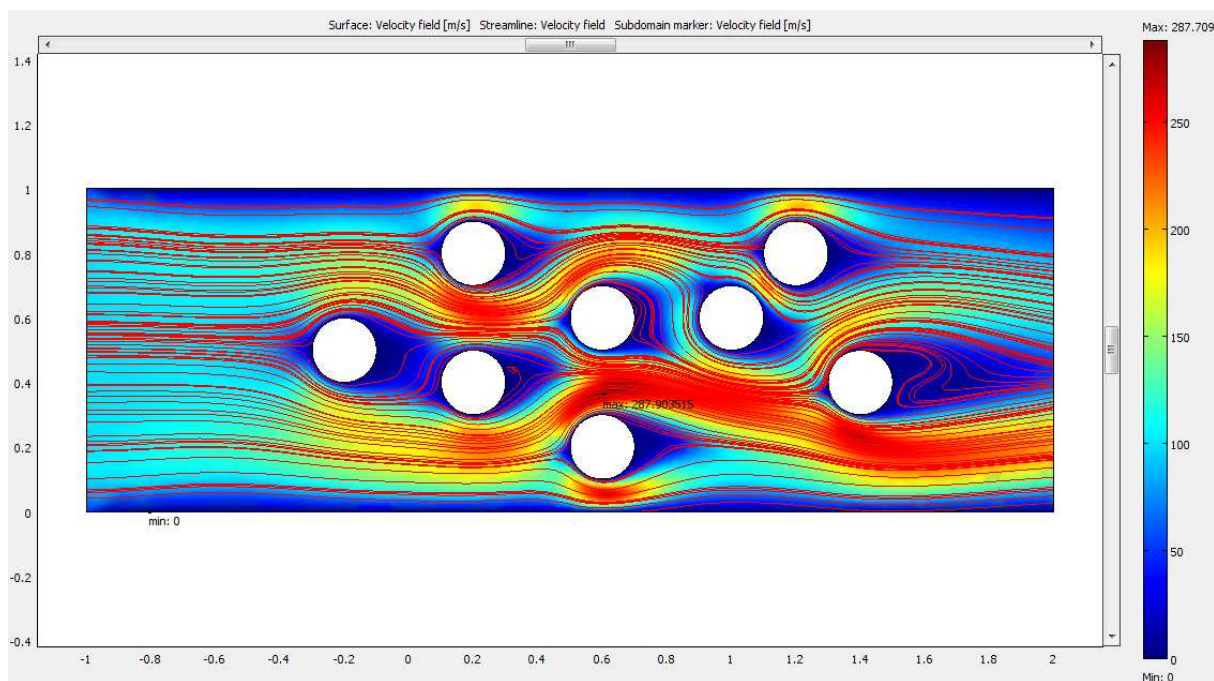
Rysunek 2.1. Rozmieszczenie przeszkód w kanale

Medium przepływa od lewej do prawej z prędkością początkową 100 m/s.



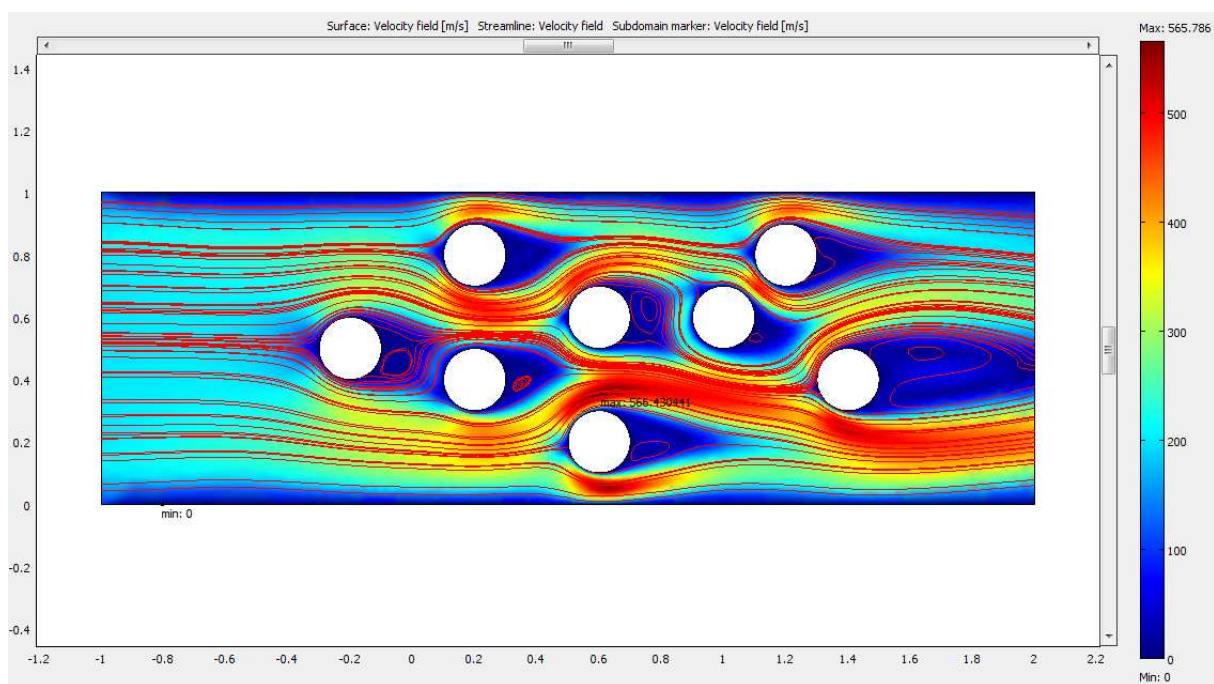
Rysunek 2.2. Nie zmieniono parametrów domyślnych medium ustawionych przez twórców programu

Analiza MES przeprowadzona w programie COMSOL 3.4 wykazała maksymalną prędkość przepływu w kanale  $v=287,90$  m/s. Wiry w zasadzie nie tworzą się, chociaż widać pierwsze ich oznaki. Widać to na rysunku poniżej:



**Rysunek 2.3. Wyniki analizy MES**

Jak widać przepływ jest bardzo burzliwy, a rozkład prędkości nierównomierny. Po zwiększeniu prędkości początkowej przepływu dwukrotnie wyniki przedstawiają się następująco:



**Rysunek 2.4. Wyniki analizy MES dla dwukrotnie zwiększonej prędkości początkowej**

Maksymalna prędkość wyniosła 566,43 m/s. Prędkość maksymalna wzrosła blisko dwukrotnie w porównaniu do pierwszej analizy. Widać też lokalne zawirowania medium za przeszkodami. Rozkład prędkości jest bardzo mocno zbliżony do poprzedniego.



Podsumowanie:

Przeszkody sprawiły, że prędkość medium miejscami znacznie wzrosła. Jednakże tuż za nimi była bliska zeru i zaczęły się tam tworzyć zawirowania. Ponadto Rozkład prędkości stał się bardzo nierównomierny. Prędkość początkowa medium w porównaniu do maksymalnej w obu przypadkach wzrosła blisko 2,9 razy. Jednakże zależy to od ilości oraz gęstości przeszkód. Odpowiednio sterując powyższymi dwoma parametrami można (teoretycznie) sterować rozkładem prędkości jak i samą prędkością medium w kanale. Należy jednak uważać, żeby zbyt duże przewężenie nie doprowadziło do zjawiska kawitacji.