

Politechnika Poznańska
Zakład Mechaniki Technicznej
Metoda Elementów Skończonych – Laboratorium

Wykonali:

Weronika Moniuszko

Piotr Przybył

WBMiZ, MiBM

Semestr 7, TPM2

Prowadzący:

prof. nadzw. Tomasz Stręk

Poznań, 2014

SPIS TREŚCI

<u>ANALIZA UGIĘCIA TABORETU POD WPLYWEM OBCIĄŻENIA</u>	3
1. WSTĘP	3
2. PRZEBIEG SYMULACJI	3
3. WNIOSKI	8
<u>ANALIZA PRZEPLYWU CIEPŁA W GARNKU</u>	9
1. WSTĘP	9
2. PRZEBIEG SYMULACJI	10
3. WNIOSKI	13
<u>ANALIZA PRĘDKOŚCI POWIETRZA OPLYWAJĄCEGO BUDE</u>	14
1. WSTĘP	14
2. PRZEBIEG SYMULACJI	14
3. WNIOSKI	19

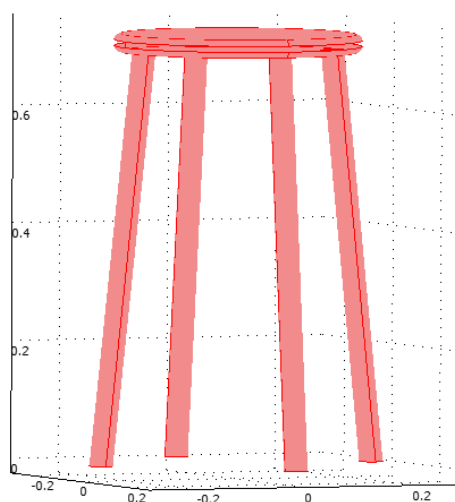
Analiza ugięcia taboretu pod wpływem obciążenia

1. Wstęp

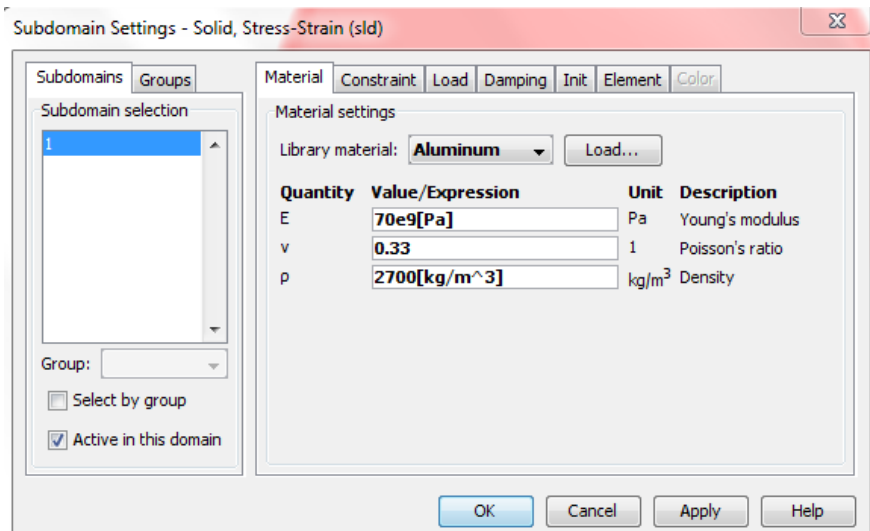
Poniższa symulacja miała na celu pokazanie w jakim stopniu odkształca się (ugina się) zwykły taboret pod wpływem kilku różnych obciążeń (zależnych od masy osób na nim siedzących). Założeniem wstępnym było porównanie odkształceń pochodzących od siedzącej na taborecie kobiety (ok. 60 kg), mężczyzny (ok. 80 kg) oraz osoby otyłej (ok. 150 kg).

2. Przebieg symulacji

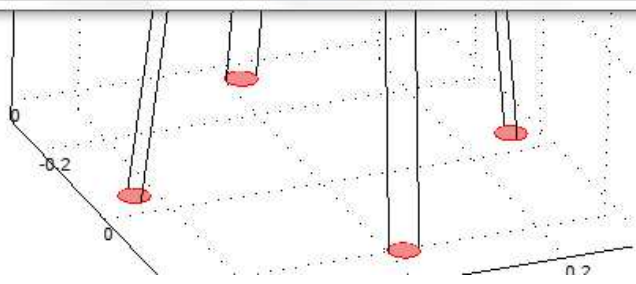
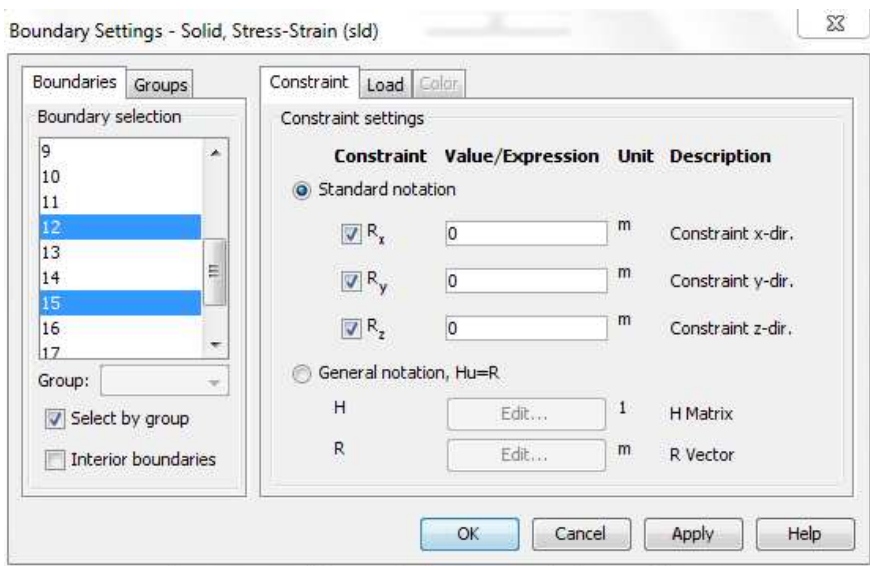
Do symulacji wykorzystano moduł Solid, Stress – Strain. Punktem pierwszym było zamodelowanie wymienionego wcześniej taboretu w programie Inventor oraz przekształcenie go do formatu zgodnego z programem Comsol (Rys.1). Następnym etapem było określenie w sekcji Subdomain Settings materiału, z którego wykonany był taboret – Aluminium (Rys.2). Program czytał potrzebne do symulacji dane z biblioteki materiałów. Następnie w sekcji Boundary Settings należało ustawić, że nogi taboretu są przymocowane do podłoża, a obciążenie zostało przyłożone do górnej płaszczyzny siedziska – oczywiście w kierunku ujemnym, co wynika z przyjętego w programie układu współrzędnych (Rys.3 i Rys.4).



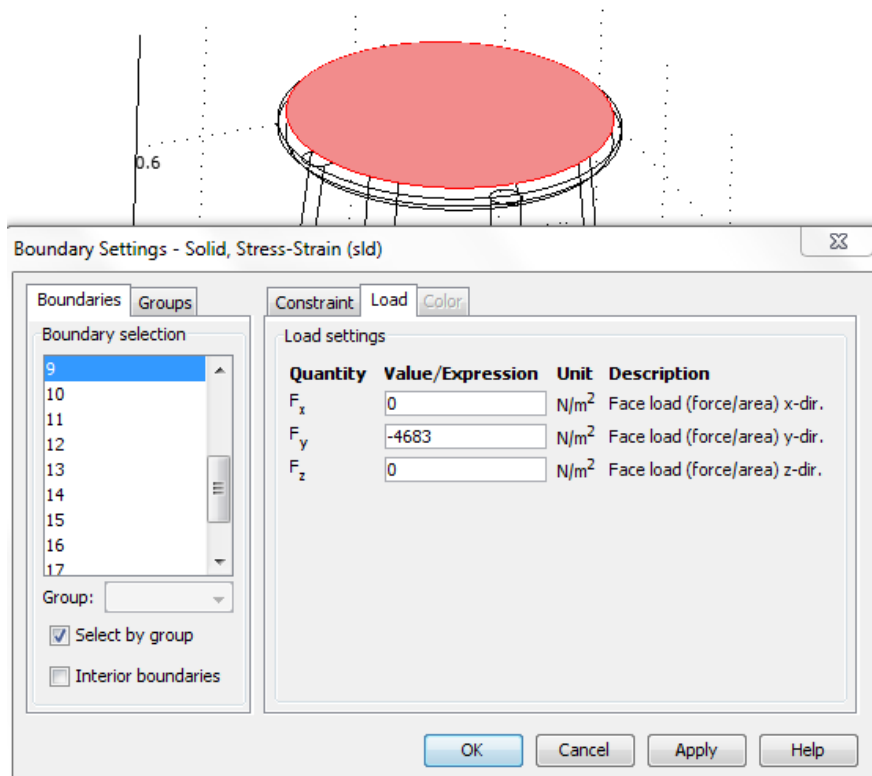
Rys.1. Model taboretu



Rys.2. Subdomain Settings



Rys.3. Boundary Settings - zamocowanie



Rys.4. Boundary Settings – określenie obciążenia

Aby przeprowadzić symulację należało obliczyć jakie obciążenie generuje każda z osób siedzących na taborecie. W związku z tym, należało wykonać obliczenia:

- Dla kobiety ważącej 60 kg obciążenie wynosi:

$$Q = \frac{F}{A}$$

$$F = 60 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 588,6 \text{ N}$$

$$A = \pi R^2 = \pi \cdot (0,2 \text{ m})^2 \approx 0,1257 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{588,6 \text{ N}}{0,1257 \text{ m}^2} \approx 4683 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

- Dla mężczyzny ważącego 80 kg obciążenie wynosi:

$$Q = \frac{F}{A}$$

$$F = 80 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 784,8 \text{ N}$$

$$A = \pi R^2 = \pi \cdot (0,2 \text{ m})^2 \approx 0,1257 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{784,8 \text{ N}}{0,1257 \text{ m}^2} \approx 6244 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

- Dla osoby otyłej ważącej 150 kg obciążenie wynosi:

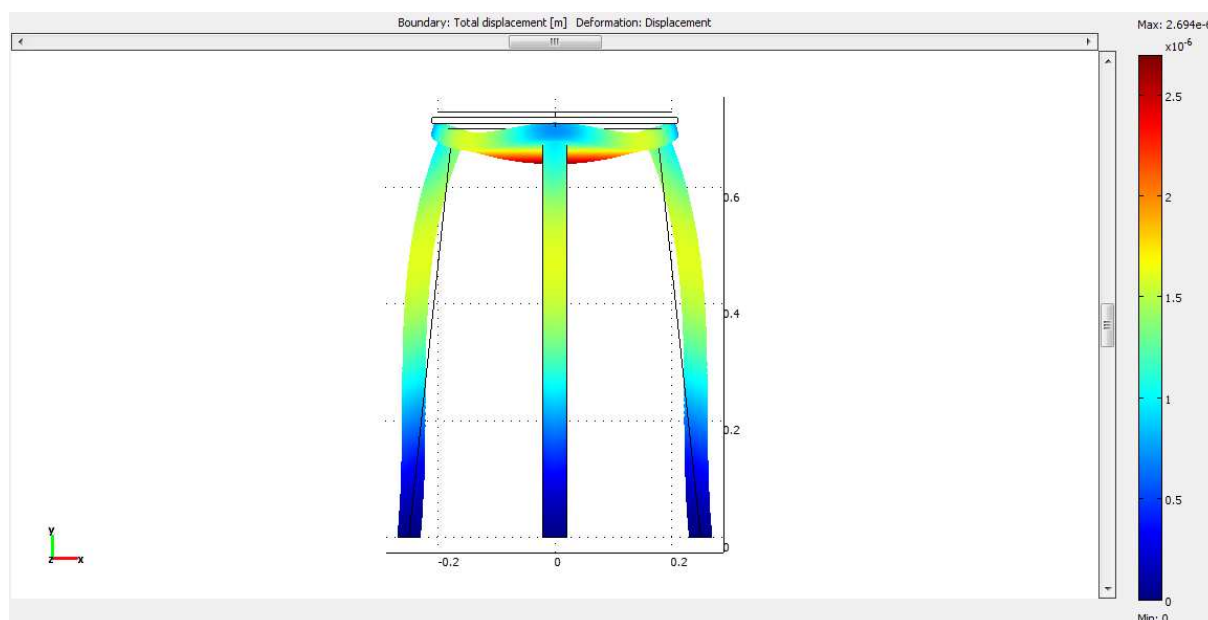
$$Q = \frac{F}{A}$$

$$F = 150 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1471,5 \text{ N}$$

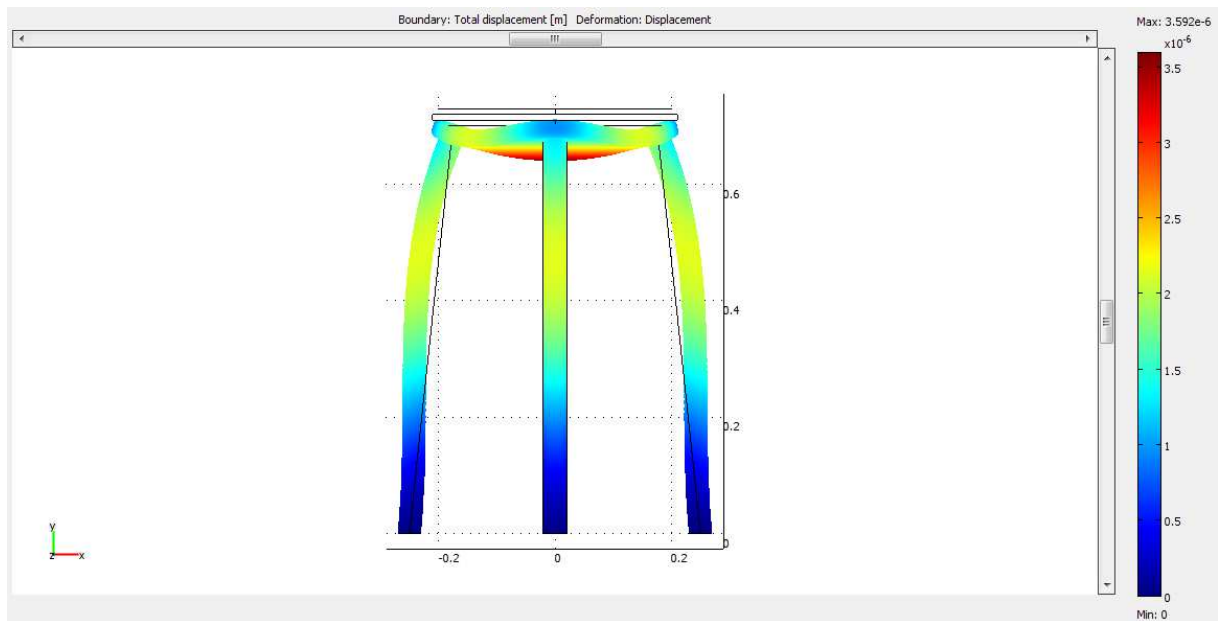
$$A = \pi R^2 = \pi \cdot (0,2 \text{ m})^2 \approx 0,1257 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{784,8 \text{ N}}{0,1257 \text{ m}^2} \approx 11707 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

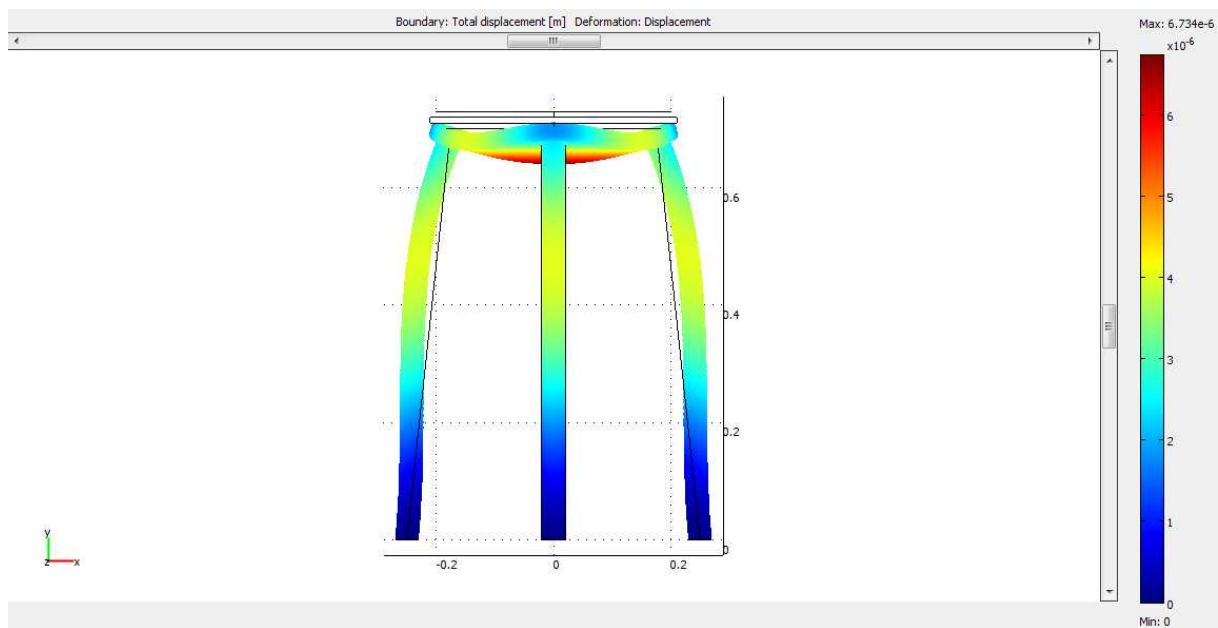
Po przeprowadzeniu kolejnych symulacji otrzymano następujące wyniki – Rys.5 symulacja ugięcia taboretu w przypadku kobiety, Rys.6 w przypadku mężczyzny, Rys. 7 w przypadku osoby otyłej.



Rys.5. Wynik symulacji – ugięcie taboretu dla obciążenia 60 kg



Rys.6. Wynik symulacji – ugięcie taboretu dla obciążenia 80 kg



Rys.7. Wynik symulacji – ugięcie taboretu dla obciążenia 150 kg

3. Wnioski

Oczywiste jest że największe ugięcie otrzymano w miejscu przyłożenia obciążenia.

Dla przeprowadzonych symulacji otrzymano odpowiednio:

- Dla obciążenia 60 kg - $2,694 \cdot 10^{-6} \text{ m} \approx 0,003 \text{ mm}$
- Dla obciążenia 80 kg - $3,592 \cdot 10^{-6} \text{ m} \approx 0,004 \text{ mm}$
- Dla obciążenia 150 kg - $6,734 \cdot 10^{-6} \text{ m} \approx 0,007 \text{ mm}$

Zatem ugięcie generowane przez obciążenia tego typu są bardzo małe co daje taboretowi ogromną wytrzymałość na obciążenia. Ważne jest tutaj jego utwierdzenie w podłożu ponieważ bez tego nie byłoby możliwości przeprowadzenia jakichkolwiek symulacji (program całkowicie wariował z braku oparcia). Wpływa to w jakimś stopniu na poprawność wyników, ale nie jest to znaczące. Założyć można, że jest to taboret na stałe przymocowany do podłoża.

Analiza przepływu ciepła w garnku

1. Wstęp

Przewodzenie ciepła jest procesem wymiany ciepła pomiędzy ciałami o różnej temperaturze, które znajdują się w bezpośrednim kontakcie ze sobą. Proces ten polega na bezładnym ruchu cząsteczek, a konkretniej przekazywaniu energii kinetycznej w wyniku ich zderzeń. Podczas procesu przepływu ciepła układ dąży do wyrównania temperatury.

Przepływ ciepła zauważyć można tylko w przypadku występowania różnicy temperatur pomiędzy stykającymi się ciałami. Kierunek przepływu jest zawsze taki sam – od ciała o wyższej do ciała o niższej temperaturze. Przepływ taki z dużym przybliżeniem można opisać za pomocą równania różniczkowego Fouriera, które opisuje ilość energii przekazanej przez jednostkę powierzchni w jednostce czasu, a ta z kolei jest wprost proporcjonalna do różnicy temperatur:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -k \oint_s \nabla T \cdot dS$$

Przy założeniu, że przewodzenie ciepła odbywa się jednorodnie przez cienką ściankę prostopadle do jej powierzchni w kierunku x równanie przyjmuje postać:

$$Q = -\lambda A \frac{dT}{dx}$$

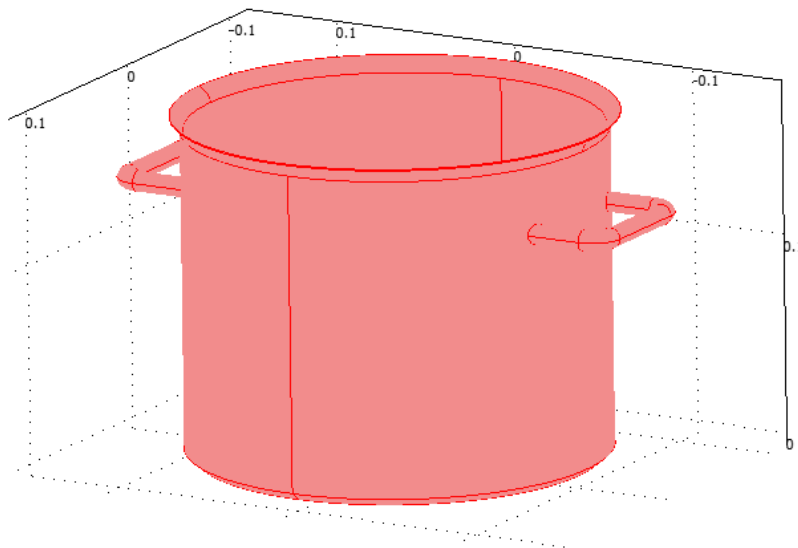
gdzie:

- Q - natężenie przepływu ciepła (ilość ciepła wymieniona w jednostce czasu)
- λ - współczynnik przewodzenia ciepła
- A - powierzchnia wymiany ciepła
- T - temperatura.

Współczynnik przewodzenia ciepła określa zdolność substancji do przewodzenia ciepła. Więcej ciepła przepłynie przez substancję o wyższym współczynniku λ .

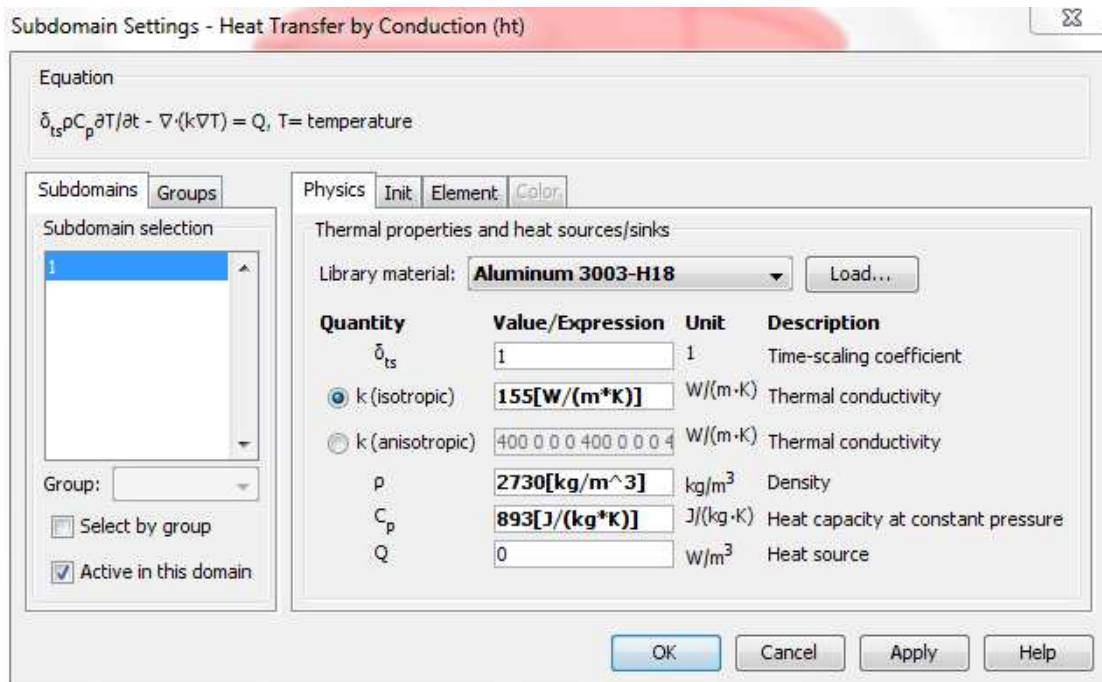
2. Przebieg symulacji

Jako modelu do symulacji przepływu ciepła użyto garnka (Rys.8). Symulację przeprowadzono w module Heat Transfer by Conduction - Transient analysis. Garnek ten został nagrany w naturalny sposób czyli od spodu (w domyśle znajdowała się pod nim płyta grzewcza, która nagrzewała się od temperatury pokojowej 20°C do temperatury 150°C). Garnek był pusty i ogrzewany przez czas 120 s oraz 300 s celem porównania jak bardzo nagrzeją się w tym czasie uchwyty oraz jak będzie wyglądał przepływ ciepła na całej jego powierzchni. Materiał, z którego wykonany został garnek to Aluminium 3003 – H18.



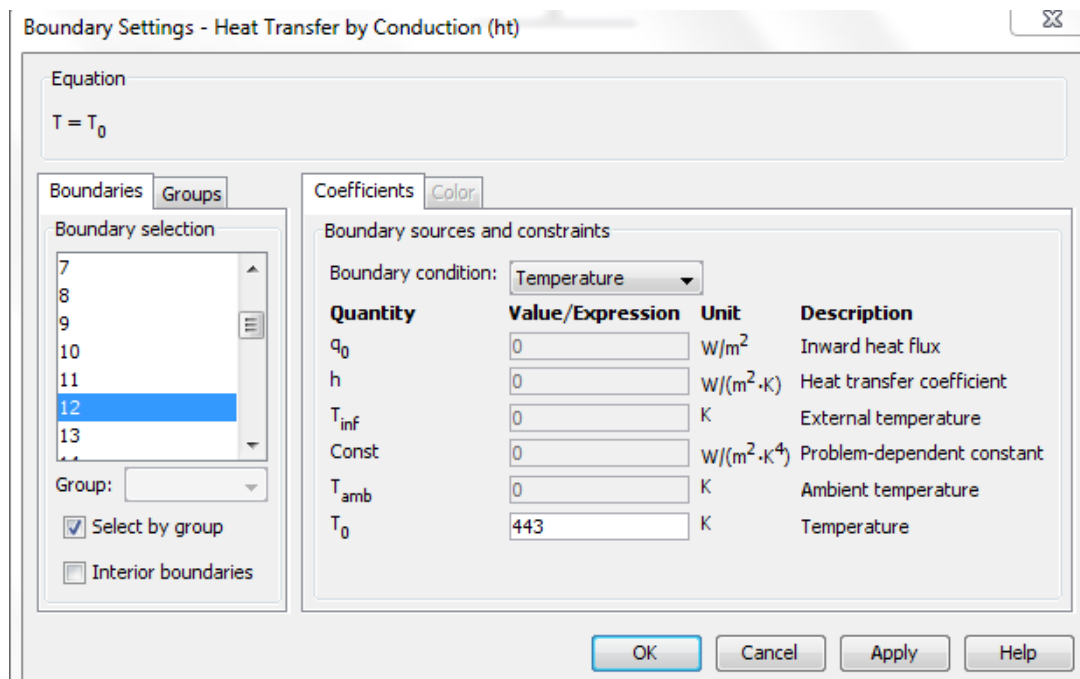
Rys.8. Model garnka

Po określeniu materiału, z którego garnek jest wykonany należało określić parametry związane z grzaniem spodu garnka i jego przewodzeniem ciepła. Najpierw w sekcji Subdomain Settings wczytano następujące parametry dla danego materiału, pasujące do rozwiązywanego przez program równania (Rys.9). W sekcji Initial ustalono temperaturę początkową na poziomie 293 K co odpowiada temperaturze pokojowej.



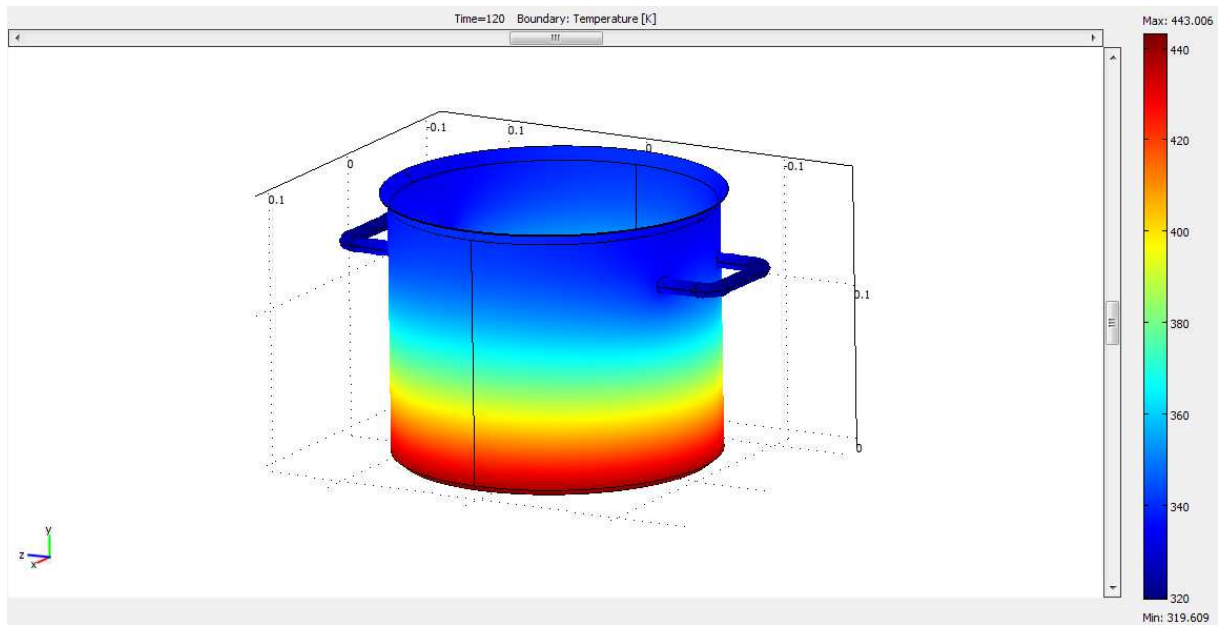
Rys.9. Subdomain Settings

Następnym etapem było określenie w sekcji Boundary Settings parametrów dotyczących grzania. Garnek jest grzany od spodu dlatego też temperaturę końcową dna określono na 443 K co odpowiada 150°C. Dla wszystkich krawędzi oraz ścianek ustawiono thermal insulation (Rys.10).

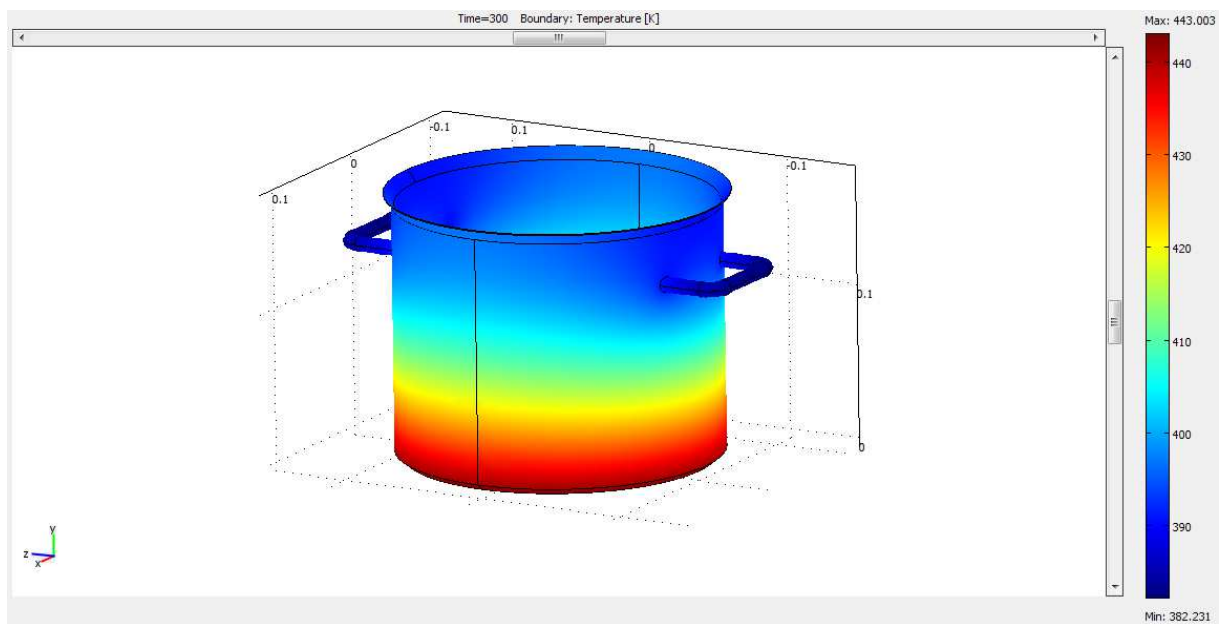


Rys.10. Boundary Settings

Otrzymano następujące wyniki (Rys.11 i Rys.12):



Rys.11. Wynik symulacji dla 120 s



Rys.12. Wynik symulacji dla 300 s

3. Wnioski

Jak powszechnie wiadomo stopy aluminium są materiałami bardzo dobrze przewodzącymi ciepło. Dlatego też w obu przypadkach stopień nagrzania uchwytów garnka był bardzo duży. To samo można powiedzieć o całym garnku. Dlatego też przy produkcji garnków tzw. aluminiowych często spotkać się można z faktem, że uchwyty wykonywane są z drewna, które jest świetnym izolatorem.

Symulacja przeprowadzona była dla 2 czasów grzania – 120 s i 300 s i temperatura uchwytów wynosiła odpowiednio:

- Dla 120 s – ok. 46 °C
- Dla 300 s – ok. 109 °C

Im dłuższy czas grzania tym temperatura uchwytów jest większa, a utrzymanie garnka w rękach staje się niemożliwe. Łatwo w takim wypadku doznać obrażeń i gotowanie staje się w takim wypadku całkiem niebezpieczne. Ergonomicznym rozwiązaniem byłoby wykonanie uchwytów z jakiegoś materiały izolacyjnego i odpornego na wysokie temperatury.

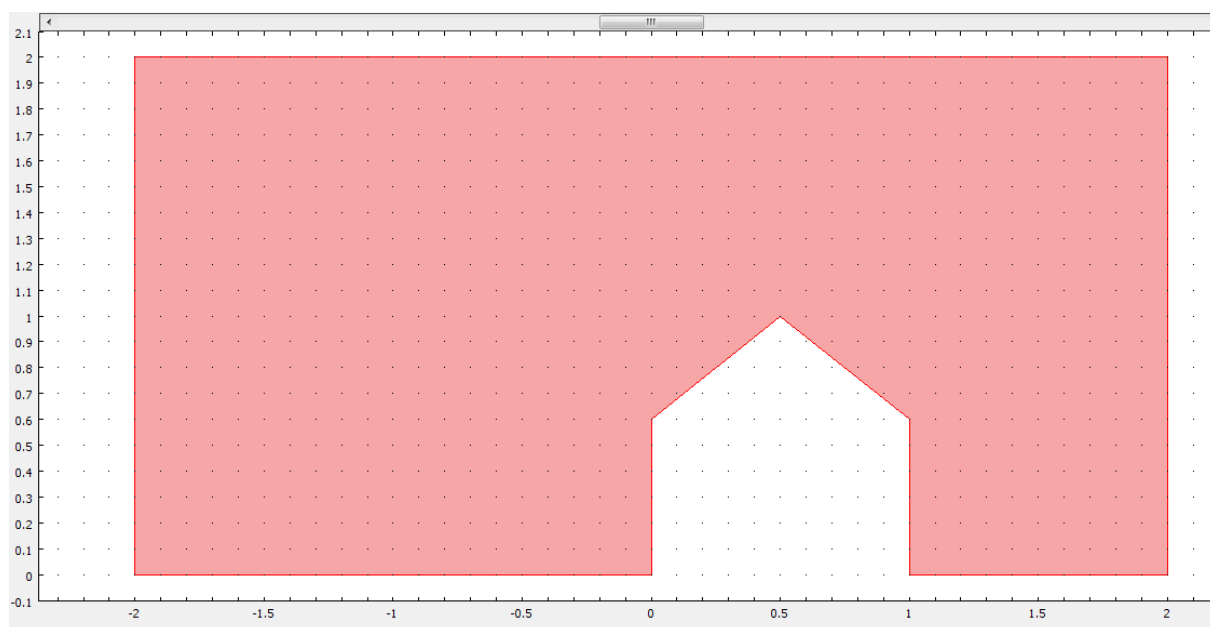
Analiza prędkości powietrza opływającego budę

1. Wstęp

We wstępie warto zauważyć iż taka analiza może być przydatna w przypadku analizowania powietrza opływającego budynki mieszkalne (na potrzeby projektu zdecydowano się na budynek mniejszy niż dom). Do symulacji przepływu powietrza użyto modułu Fluid Dynamics – Incompressible Navier Stokes – Steady – State analysis. Postanowiono przeanalizować prędkość opływającego budę powietrza w zależności o prędkości wiatru na wejściu.

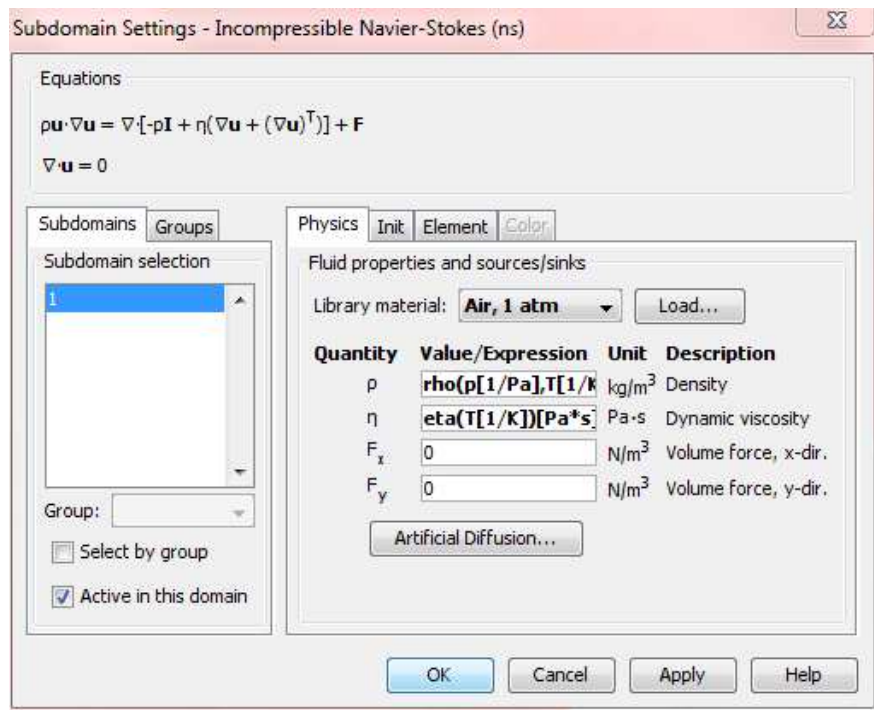
2. Przebieg symulacji

Najpierw należało stworzyć model poglądowy psiej budy i umieścić go w tzw. tunelu aerodynamicznym (Rys. 13). Model ten wykonano bezpośrednio w programie Comsol, ponieważ nie był on skomplikowany i jest to zaledwie analiza 2D – przekroju budy.



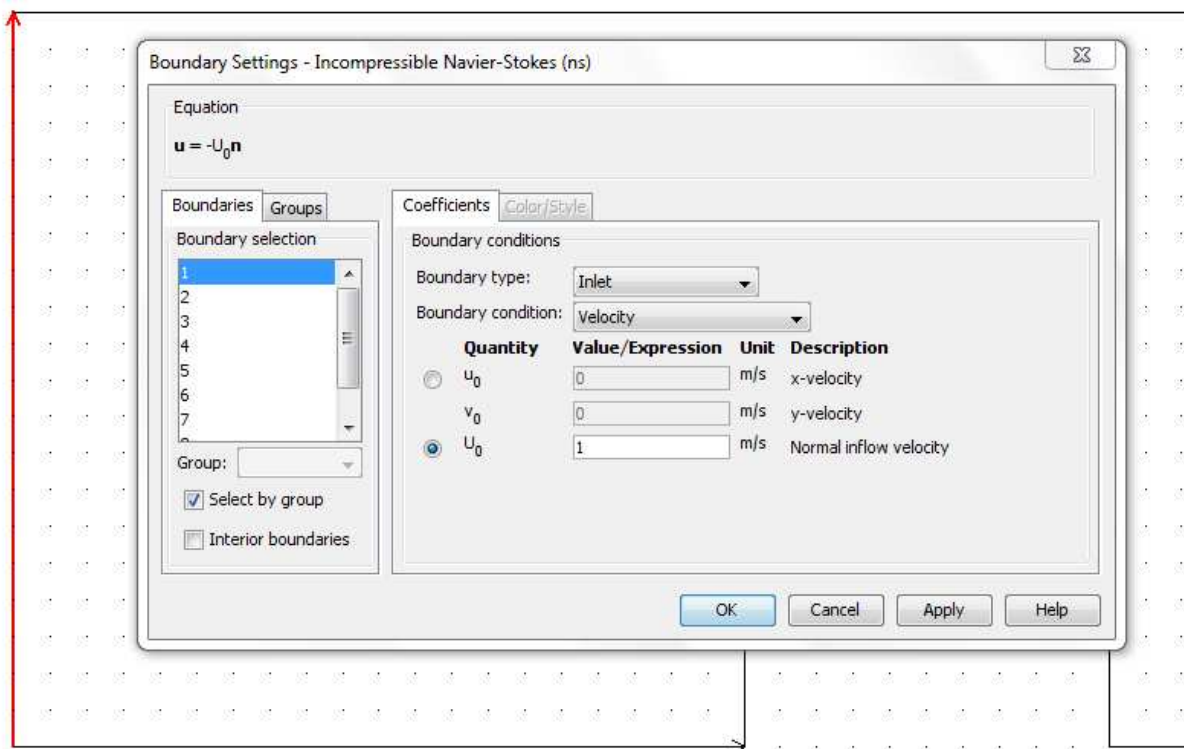
Rys.13. Model psiej budy w tunelu aerodynamicznym

Następnym etapem było ustalenie w sekcji Subdomain Settings powietrza jako gazu opływowego. Wszystkie potrzebne do obliczeń parametry zostały sczytane z biblioteki materiałów (Rys.14).

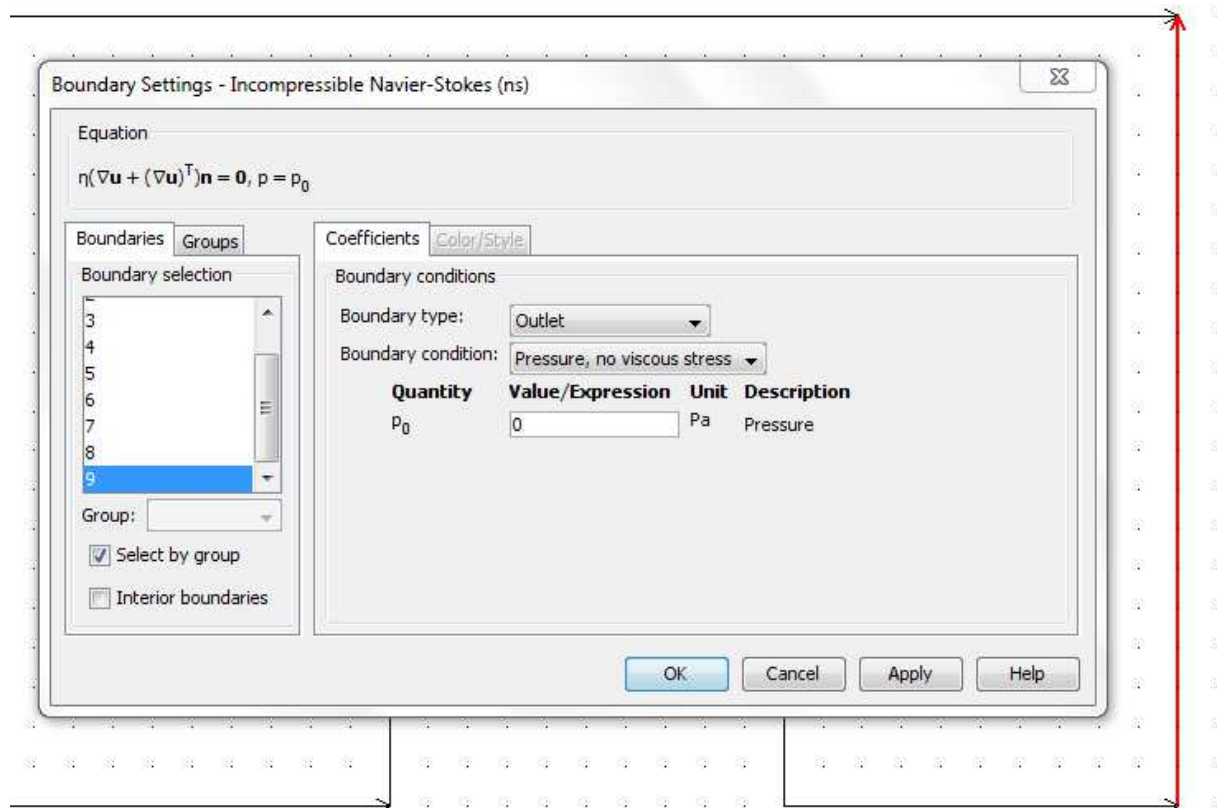


Rys.14. Subdomain Settings – określenie gazu opływowego

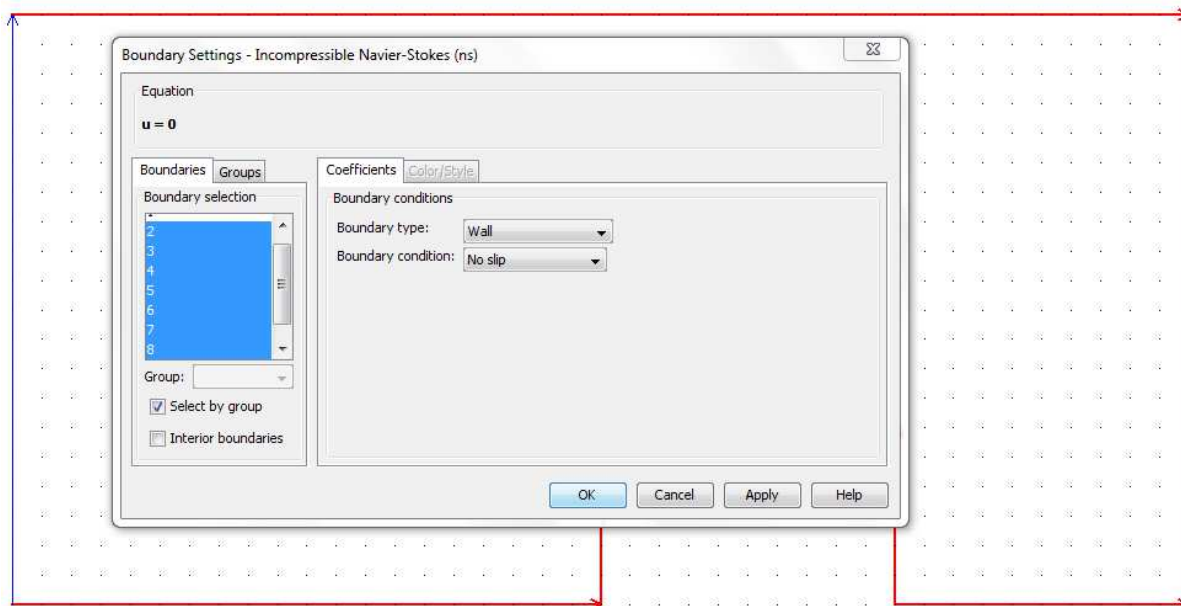
Ostatnim etapem przygotowania symulacji było ustalenie w sekcji Boundary Settings wejścia (inlet) (Rys.15) i wyjścia powietrza (outlet) (Rys.16) w tunelu oraz określenie pozostałych linii jako ściana (wall) (Rys.17). Określenie prędkości wiatru dokonuje się w momencie ustalania wejścia tunelu.



Rys.15. Boundary Settings – ustawienie wejścia (Inlet) i prędkości powietrza

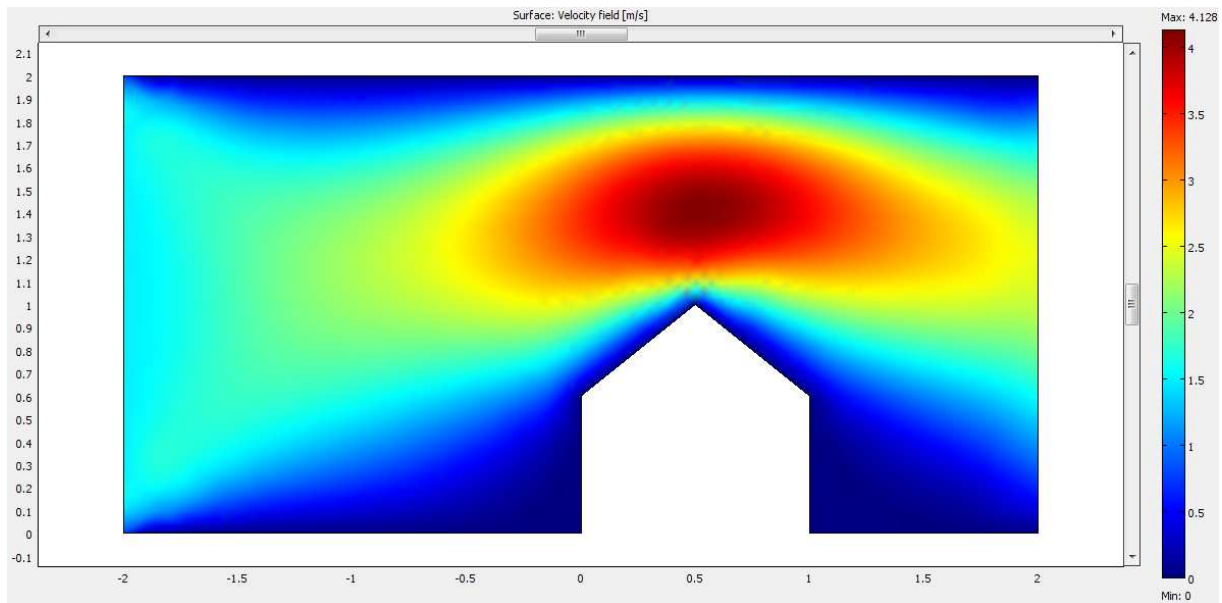


Rys.16. Boundary Settings – ustawienie wyjścia (Outlet)

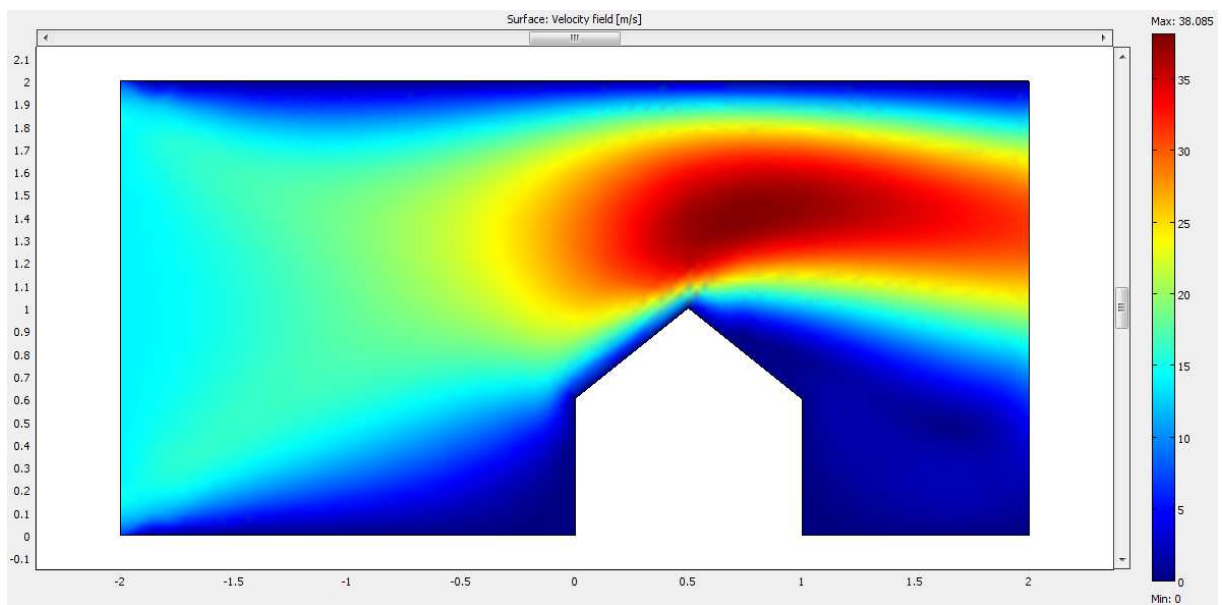


Rys.17. Boundary Settings – ustawienie pozostałych krawędzi jako ścian (Wall)

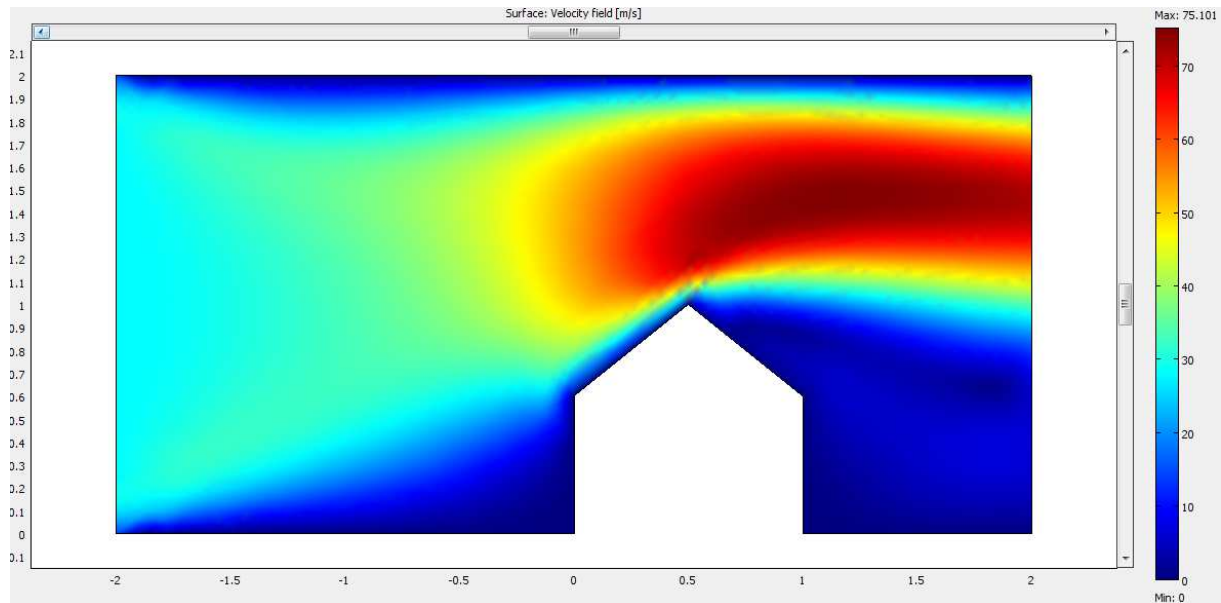
Postanowiono zbadać jaka będzie największa prędkość wiatru opływającego budę w zależności od prędkości wiatru na wejściu. Ustalono 3 prędkości wiatru: $5 \frac{km}{h}$ (czyli ok. $1,5 \frac{m}{s}$, co odpowiada prędkości wiatru w normalny, pogodny dzień), $50 \frac{km}{h}$ (czyli ok. $14 \frac{m}{s}$, co odpowiada prędkości wiatru w trochę bardziej wietrzny dzień) oraz $100 \frac{km}{h}$ (czyli ok. $28 \frac{m}{s}$, co odpowiada prędkości wiatru podczas huraganu). Wyniki otrzymanych symulacji przedstawiono na Rys.18, Rys.19 i Rys.20.



Rys.18. Wynik symulacji dla prędkości wiatru równej $5 \frac{km}{h}$



Rys.19. Wynik symulacji dla prędkości wiatru równej $50 \frac{km}{h}$



Rys.20. Wynik symulacji dla prędkości wiatru równej $100 \frac{km}{h}$

3. Wnioski

Po przeanalizowaniu wyników symulacji zauważyć można, że w każdym przypadku nad dachem psiej budy tworzy się wir powietrzny. W związku z tym prędkość w tym miejscu wzrasta i jest kilkukrotnie większa od prędkości wiatru na wejściu. Odpowiednio maksymalne prędkości nad obiektem wynoszą:

- Dla prędkości $5 \frac{km}{h}$ na wejściu: $4,128 \frac{m}{s} \approx 15 \frac{km}{h}$
- Dla prędkości $50 \frac{km}{h}$ na wejściu: $38,085 \frac{m}{s} \approx 137 \frac{km}{h}$
- Dla prędkości $100 \frac{km}{h}$ na wejściu: $71,101 \frac{m}{s} \approx 270 \frac{km}{h}$

Jak widać są to ogromne różnice (zapewne dużych prędkościach owa buda nie zachowałaby stabilności i poddała się sile wiatru, ale są to tylko rozważania teoretyczne).

Warto zauważyć, że tak samo zachowywałby się wiatr względem budynku mieszkalnego o podobnej strukturze dachu – należało by to wziąć pod uwagę w momencie próby podjęcia jakichkolwiek czynności związanych np. z naprawą dachówki.

Dzięki takim symulacjom można dowiedzieć się jak negatywnym i niszczycielskim żywiołem może być powietrze i tworzące się przez nie wiry.