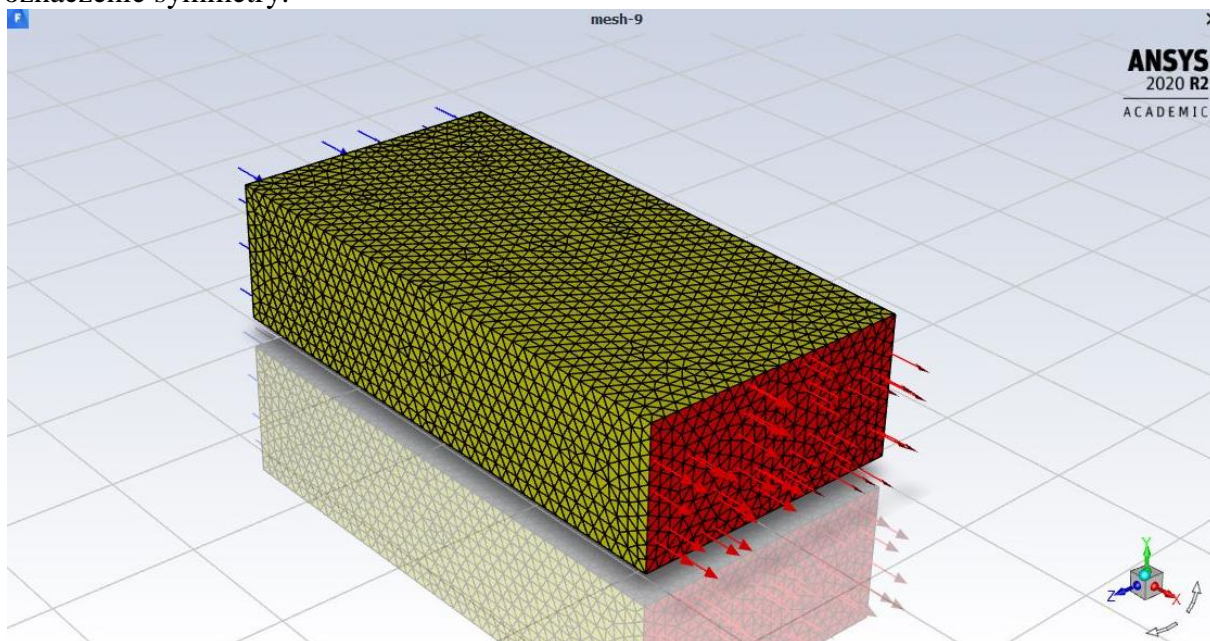


Obliczenia opływu auta w Fluencie
Komputerowa analiza przepływów sob. 12:15-16:00
Prowadzący: Prof. Janusz Piechna

1. Model geometryczny i siatka

Aby odwzorować otoczenie pojazdu w trakcie jazdy siatka elementów skończonych została położona w na pewnej odległości od poruszającego się auta. Powierzchnie karoserii, opon i podwozia w obliczeniach będą traktowane jako ściana, podobnie jak ziemia. Powierzchnia przed autem - wlot powietrza, za - wylot. Reszta obrzeży otoczenia samochodu ma oznaczenie symetry.



Rys. 1.1. widok pełnego modelu elementów skończonych w analizowanym zagadnieniu

2. Pre-processing

Solver - bazujący na ciśnieniu.

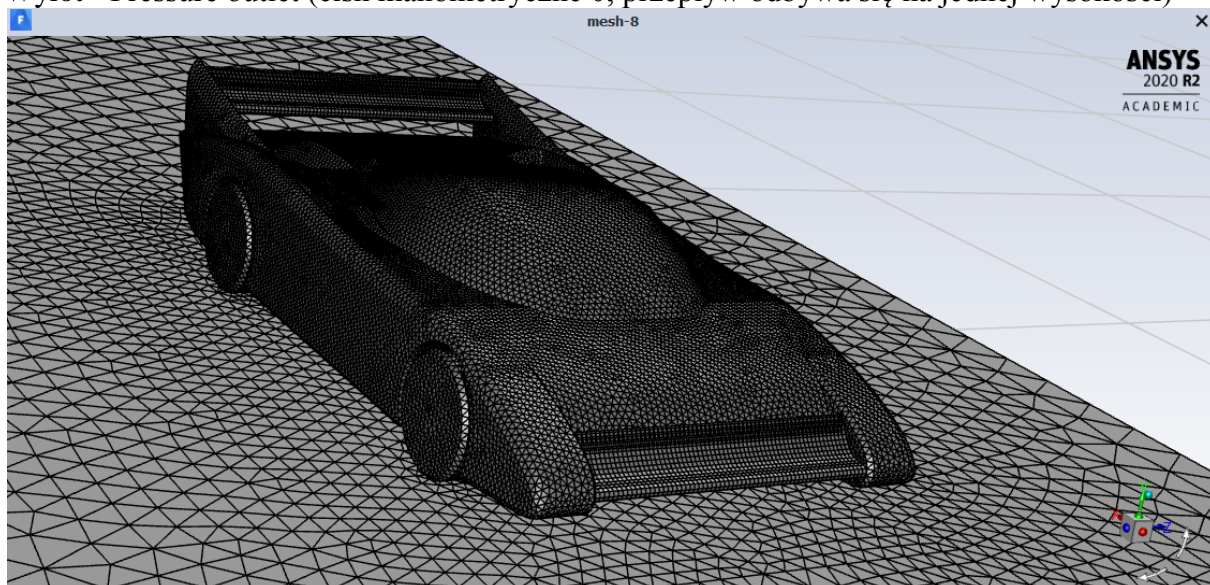
Model lepkościowy użyty w obliczeniach - Spalart-Allmaras, ze standardowymi wartościami.

Przepływ odbywa się w powietrzu, o stałych wartościach gęstości.

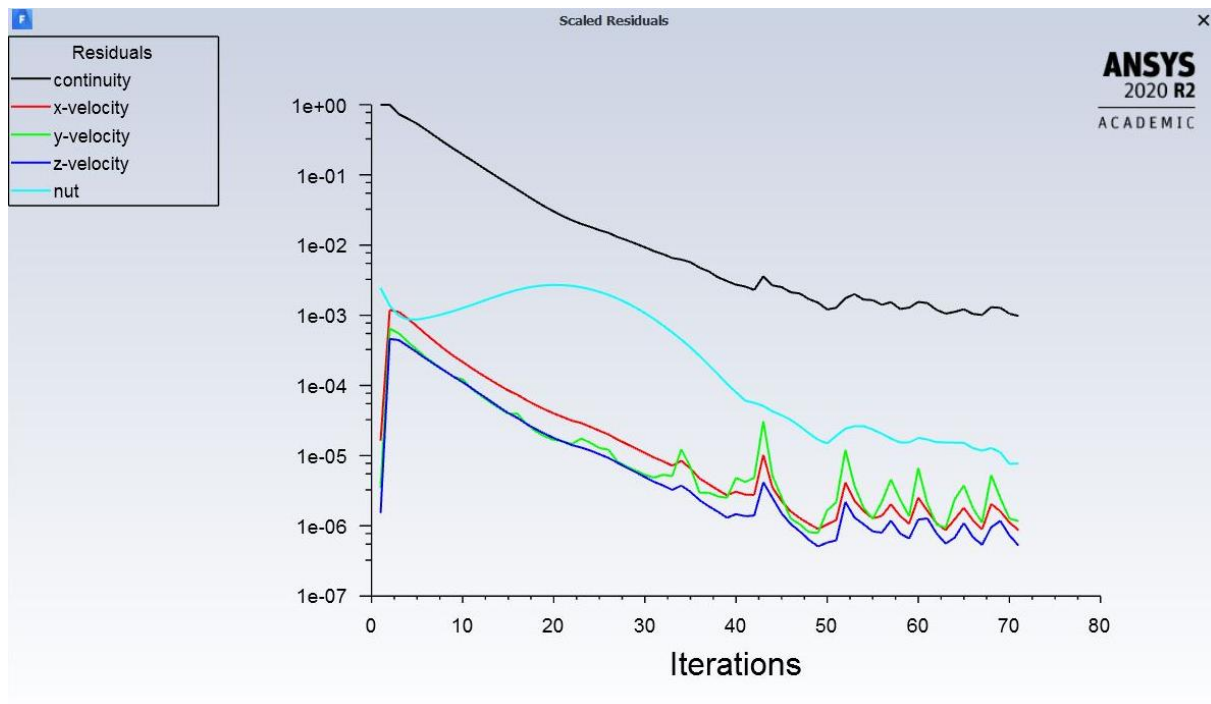
Warunki brzegowe - wlot $40\text{ m/s} = 144\text{ km/h}$

Ziemia ma status moving wall również o prędkości 40 m/s ;

Wylot - Pressure outlet (ciśn manometryczne 0, przepływ odbywa się na jednej wysokości)



Rys. 2.1. widok na siatkę na ściankach samochodu i ziemi



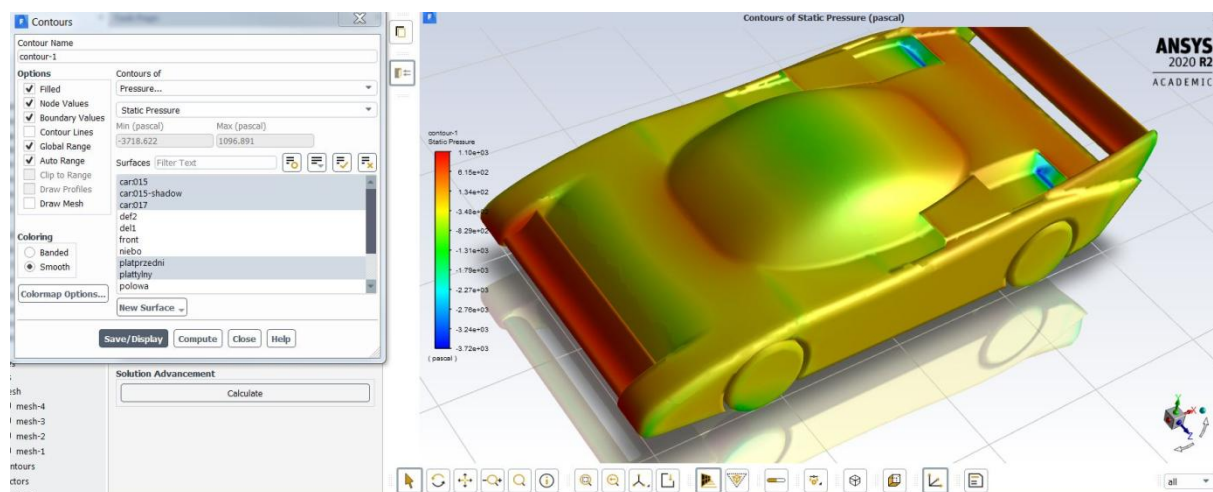
Rys 2.2. Wykres rezyduów w analizowanym zagadnieniu

Symulacja zbiega się w momencie gdy parametr zejdzie poniżej wartości 0,001 (domyślne ustawienie dla obliczeń w Fluencie). Wartości błędu obliczeń na końcu dla poszczególnych parametrów wynoszą:

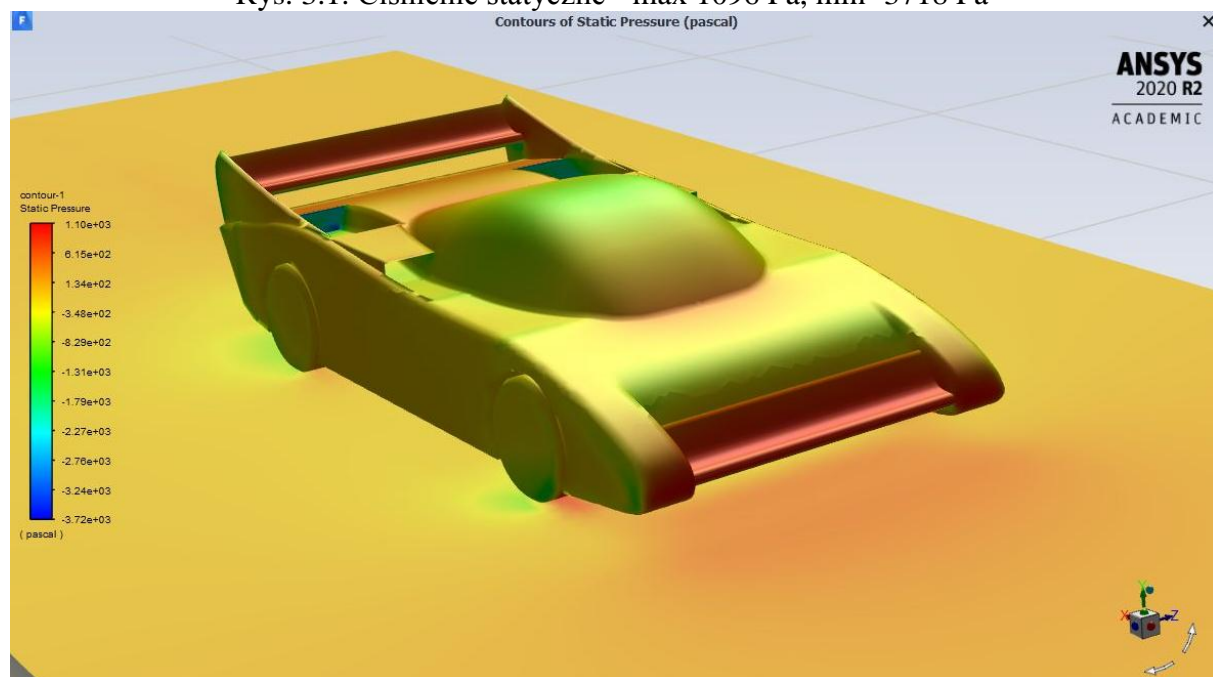
- prędkość X - około 10^{-6}
- prędkość Y - około 10^{-6}
- prędkość Z - około 10^{-6}
- lepkość dynamiczna - około 10^{-5}

3. Wyniki i wnioski:

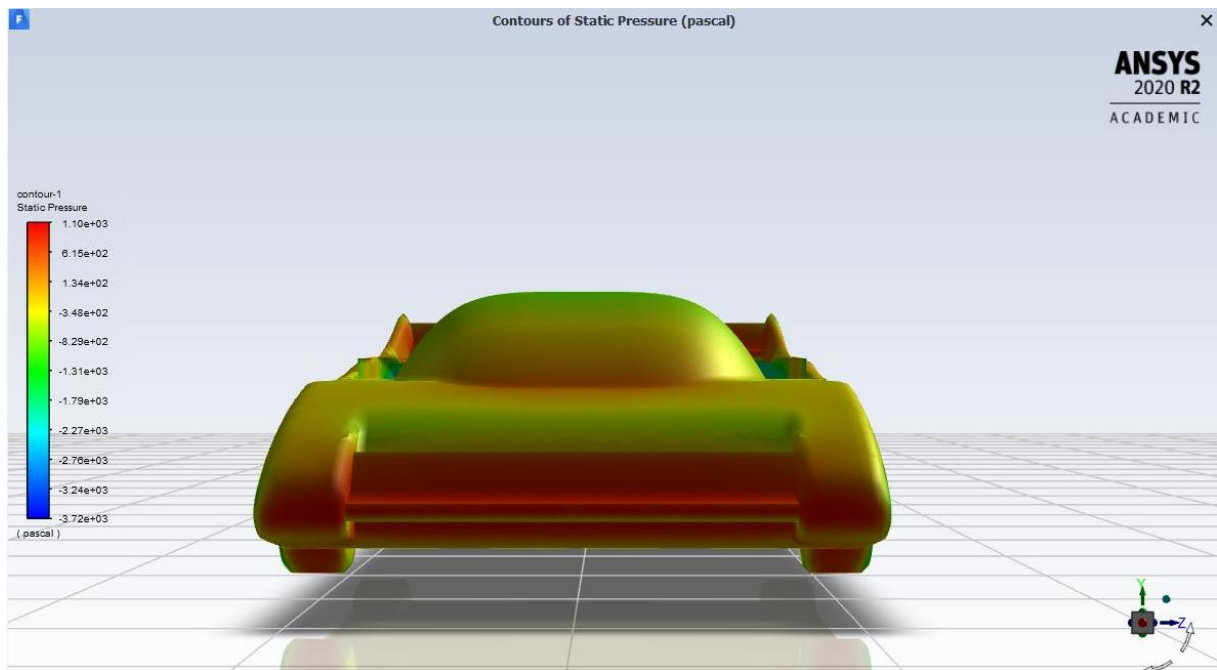
Przebiegi ciśnień:



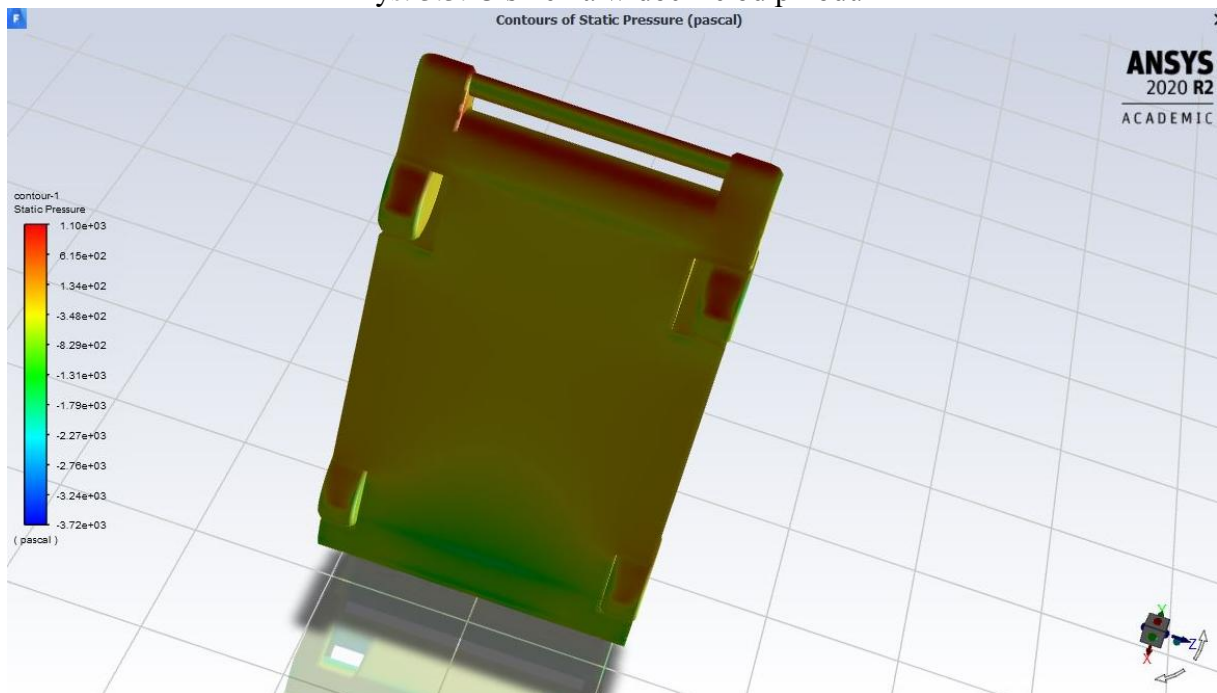
Rys. 3.1. Ciśnienie statyczne - max 1096 Pa, min -3718 Pa



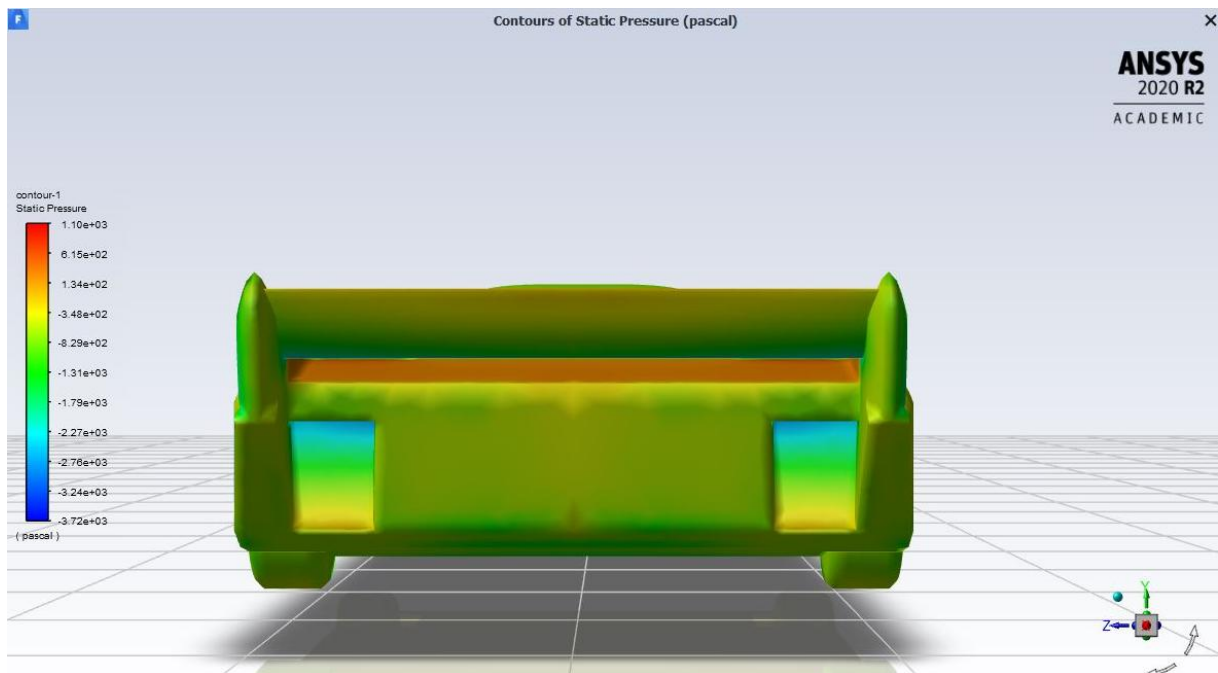
Rys. 3.2. Skrajne wartości widoczne na przednim i tylnym skrzydle



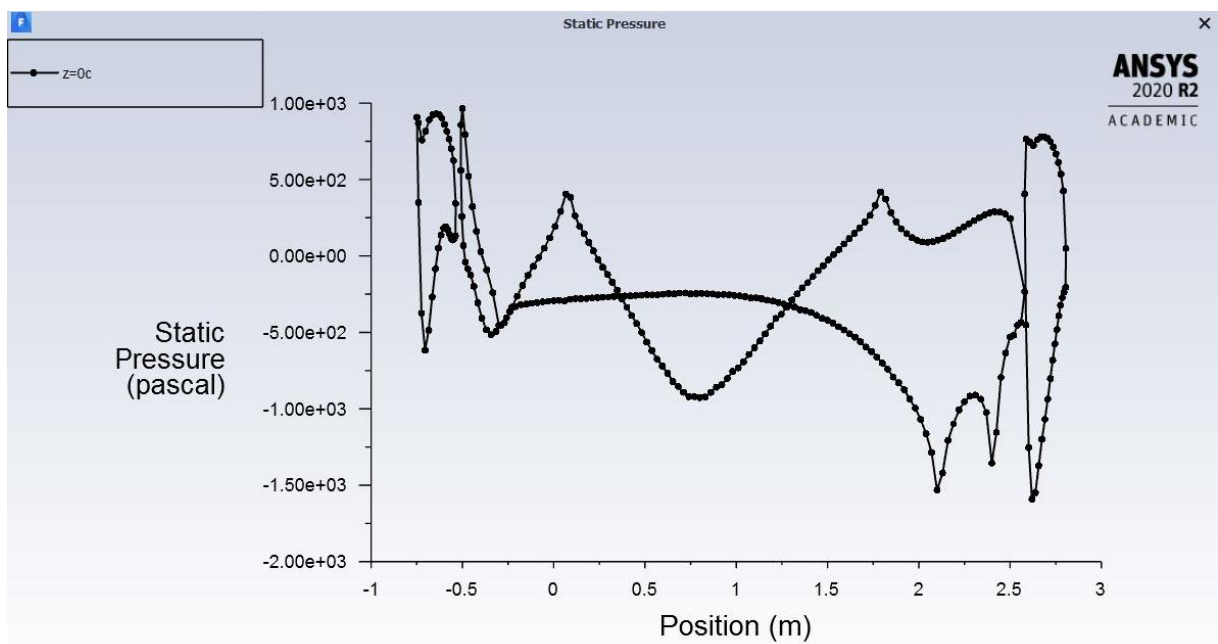
Rys. 3.3. Ciśnienia widoczne od przodu



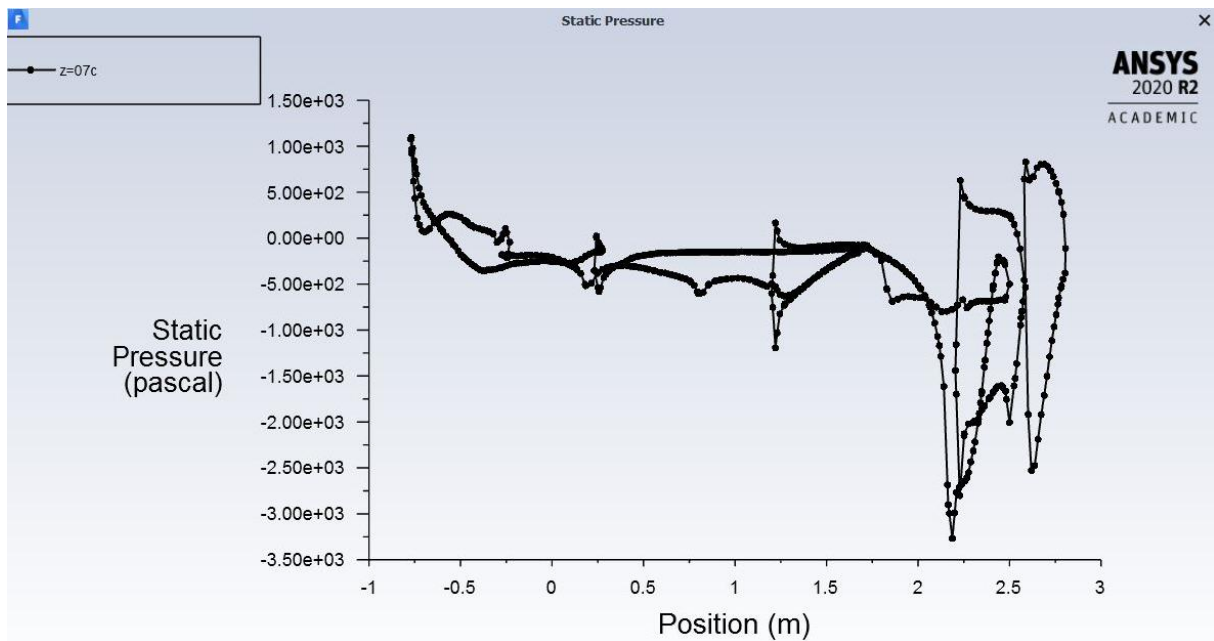
Rys. 3.4. Ciśnienie w widoku od dołu



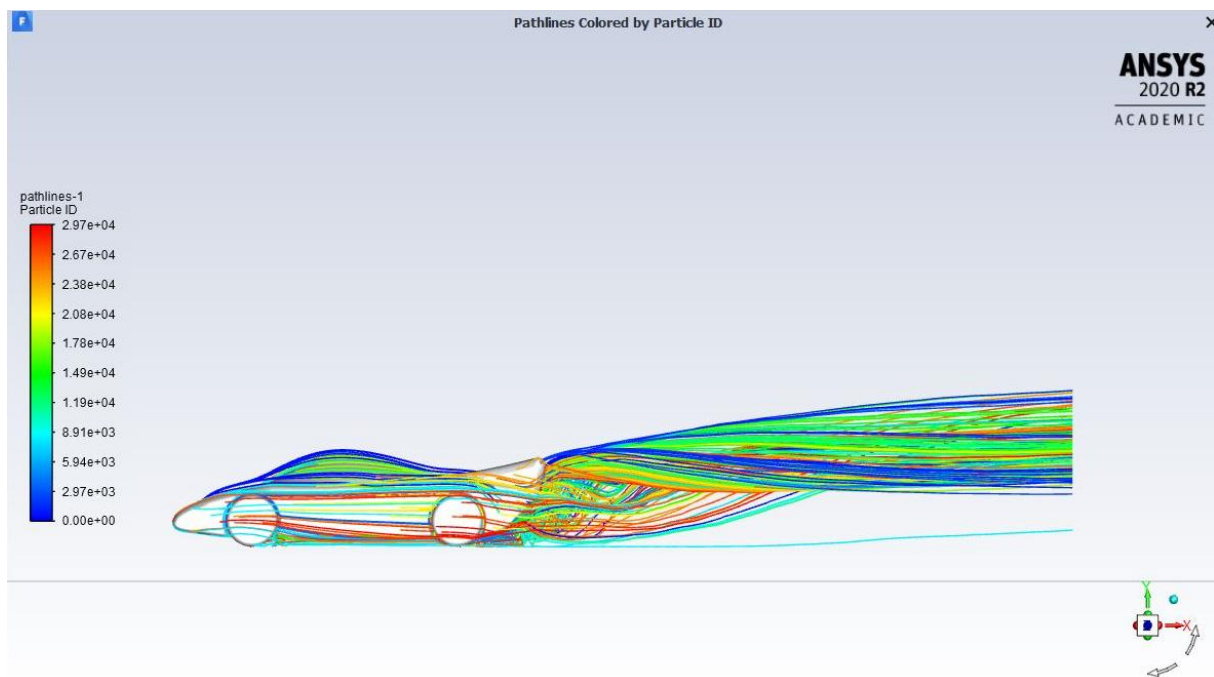
Rys. 3.5. Minimalne wartości ciśnienia w tylnych kanałach powietrznych



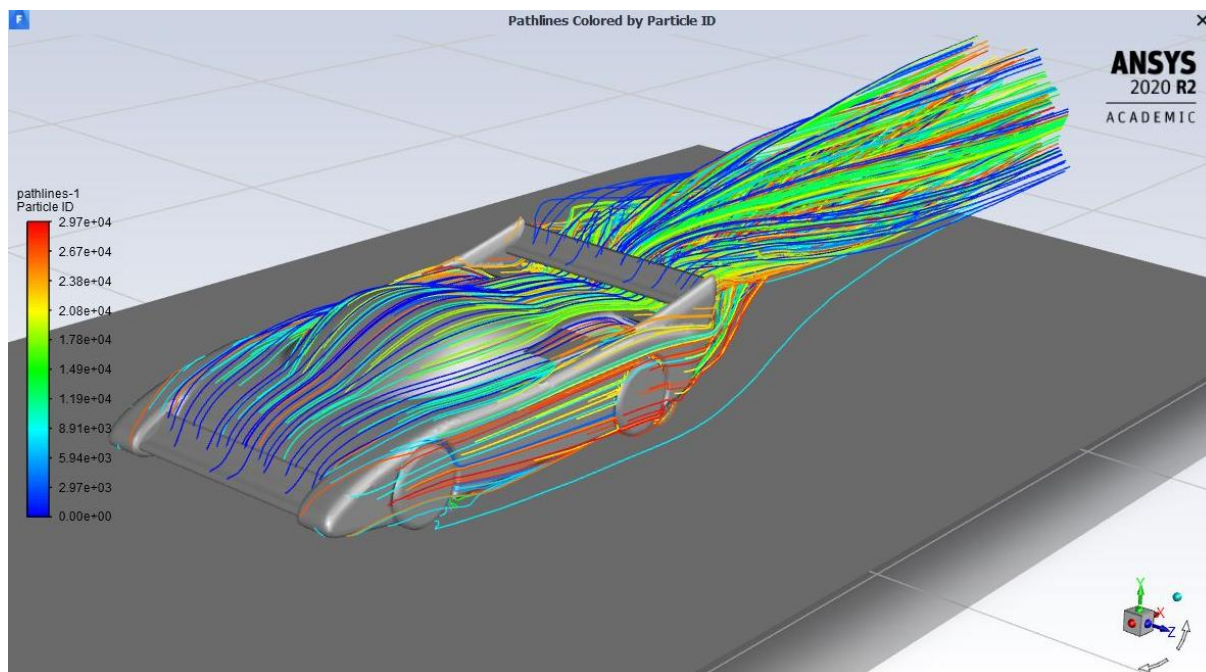
Rys. 3.6. Wykres ciśnień w zależności od położenia na osi X w płaszczyźnie $z=0$ (w połowie auta, płaszczyzna symetrii całego modelu)



Rys. 3.7. Wykres ciśnień w zależności od położenia na osi X w płaszczyźnie $z=0,7c$



Rys. 3.8. Strugi powietrza opływające auto w widoku bocznym

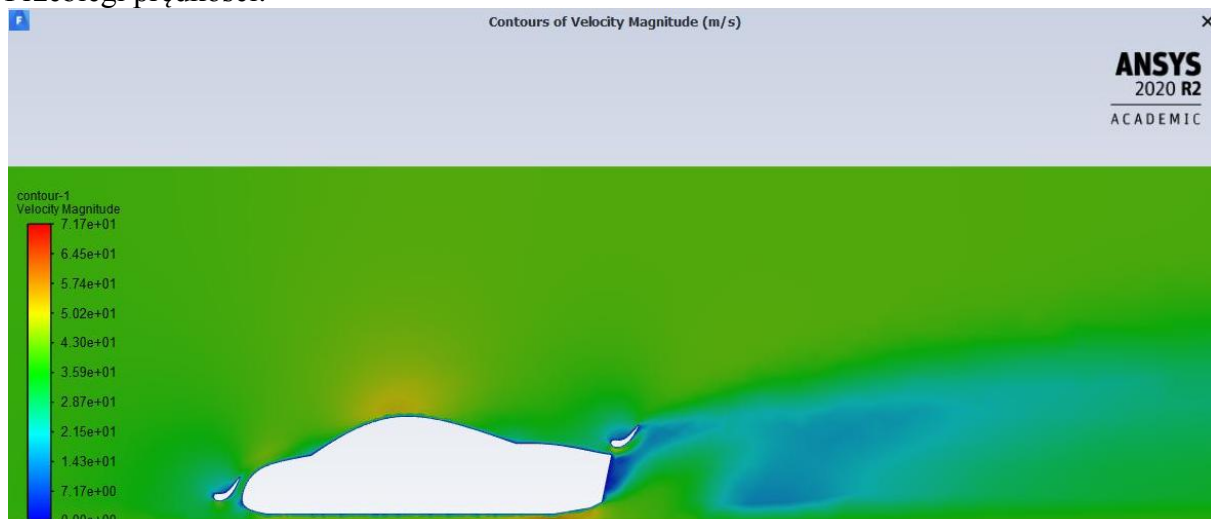


Rys. 3.9. Strugi powietrza wraz z podłożem po którym porusza się auto

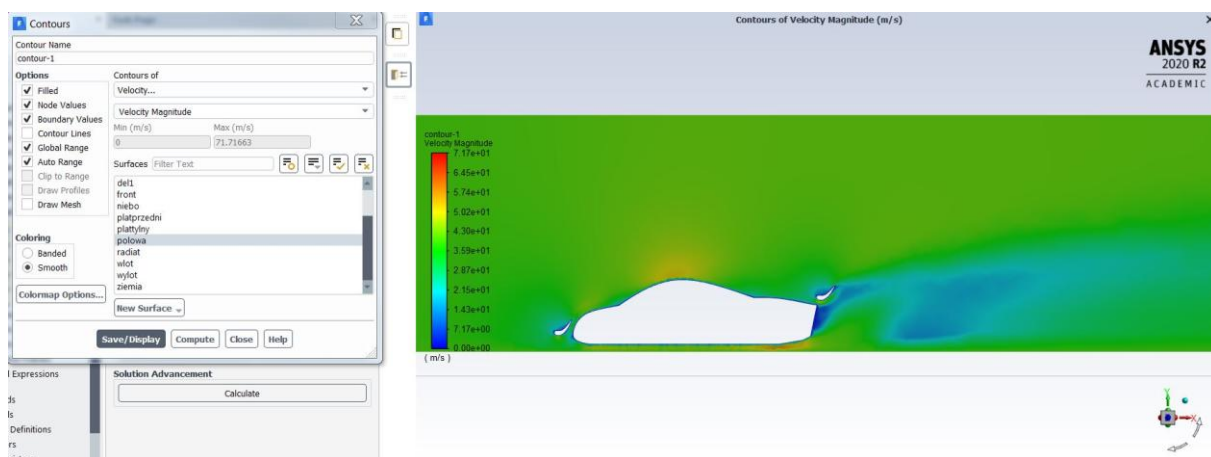
Max ciśnienia widoczne na przednim i tylnym spojlerze (rys 3.1., 3.2., 3.3.) pokazują że zapewniają one odpowiedni docisk w trakcie jazdy na wprost, w konsekwencji ułatwiając prowadzenie się auta i zwiększając bezpieczeństwo jazdy przy wysokich prędkościach. Z tylnej części auta, w widoku od dołu (rys 3.4., 3.5.) widać że niewielkie ciśnienia przy braku spojlera spowodowałyby brak docisku co byłoby bardzo niebezpieczne, co można również odczytać z wykresów na rys 3.6. i 3.7. - gdzie ciśnienia odpowiadają obrysowi auta w odpowiednich punktach. Max wartości - na spojlerach, piki w miejscach styku szyby z karoserią.

W miejscu gdzie szyba łączy się z karoserią (na przedzie auta) widać nieco podwyższone ciśnienie, co w rozpatrywanym przypadku jest niekorzystne. Kąt pochylenia przedniej szyby ma bardzo duże znaczenie dla współczynnika oporu aerodynamicznego C_x . Można to dostrzec również na wycinkach z przebiegami strugi powietrza. Zaraz za górnym punktem szyby widoczne jest delikatne oderwanie (choć strugi dość dobrze przylegają do obrzeży samochodu).

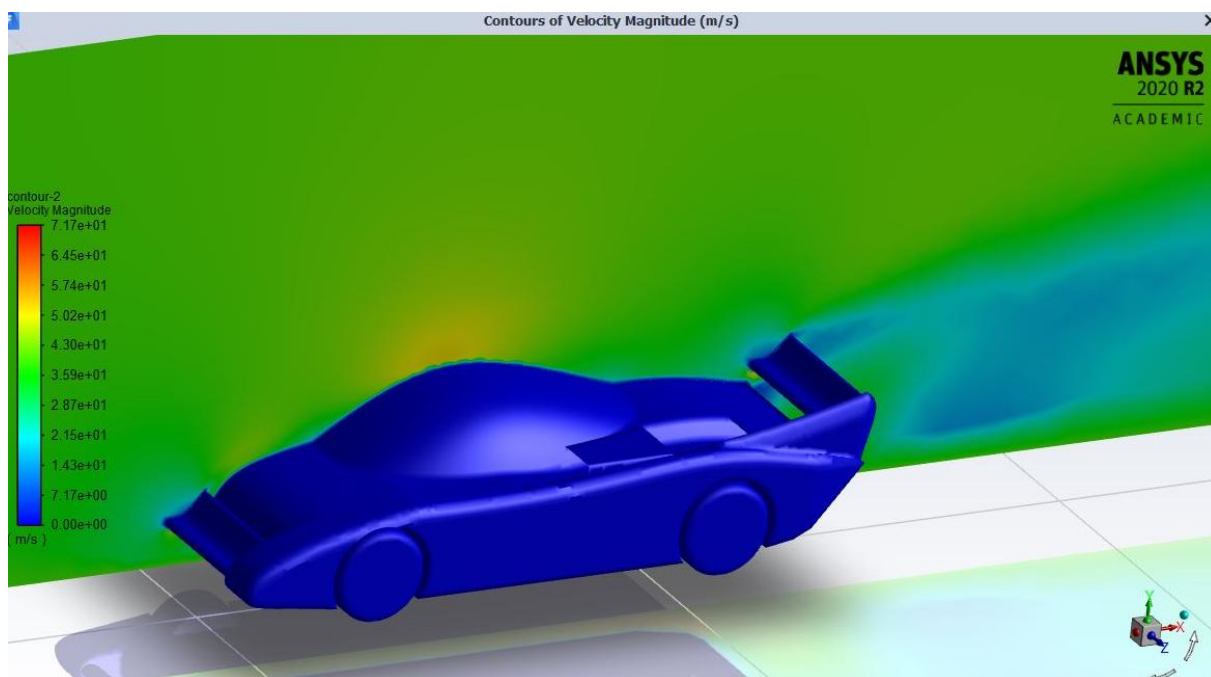
Przebiegi prędkości:



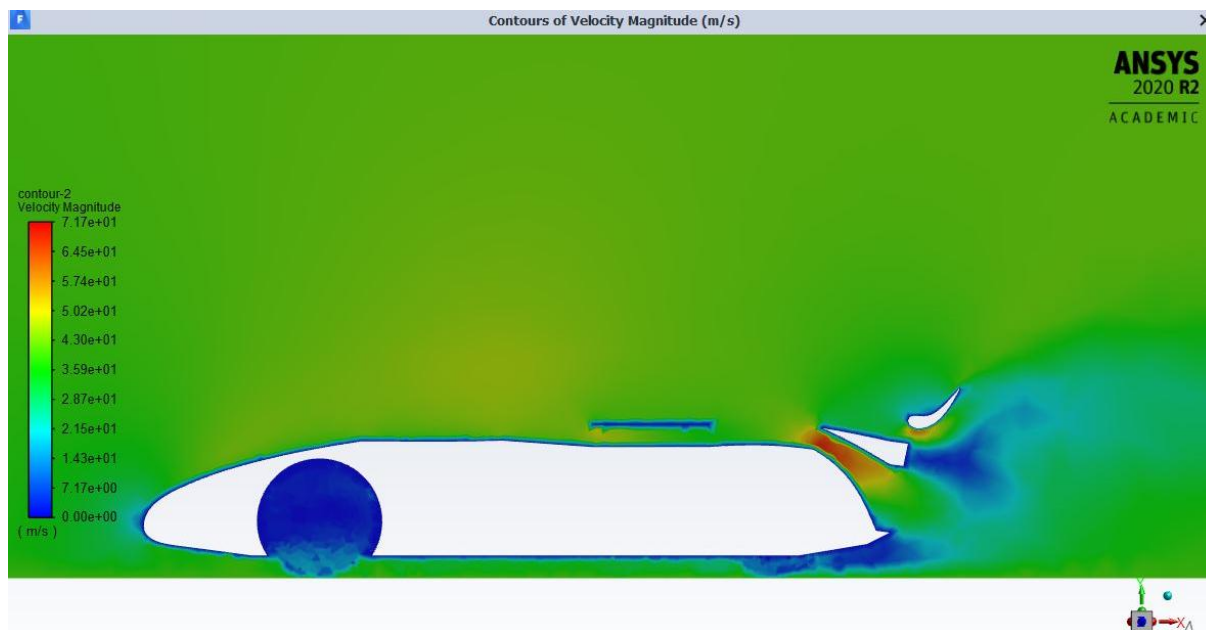
Rys. 3.10. przebiegi prędkości w płaszczyźnie $z=0$, płaszczyzna symetrii modelu



Rys. 3.11. Max wartości prędkości w płaszczyźnie $z=0$



Rys. 3.12. przebiegi prędkości w płaszczyźnie $z=0$, wraz z obrysem samochodu

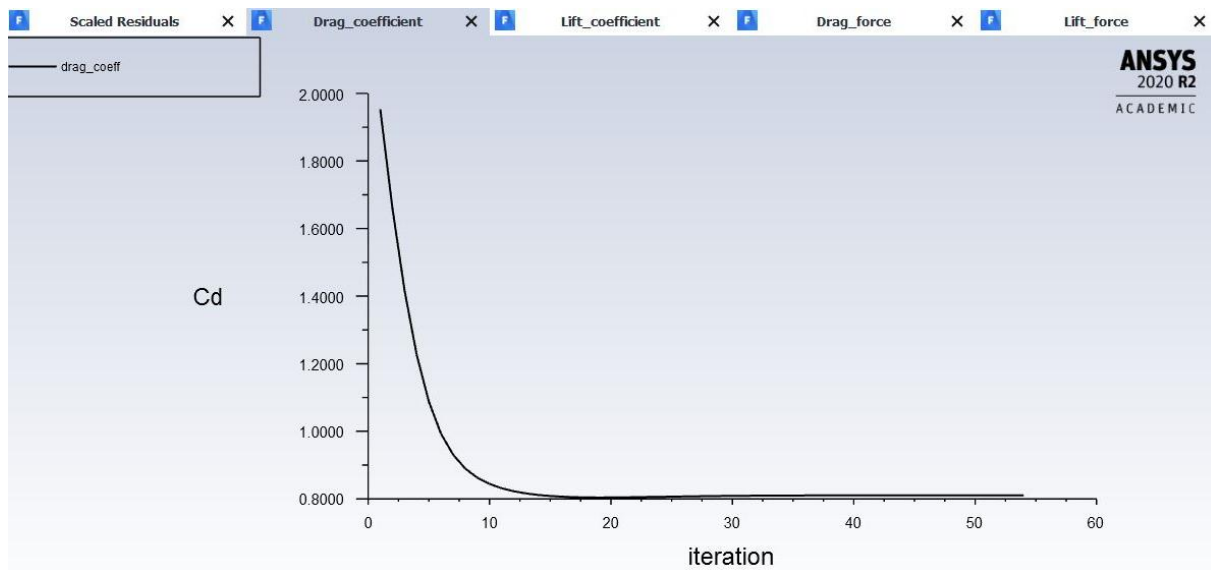


Rys. 3.13. przebiegi prędkości w płaszczyźnie $z=0,7c$

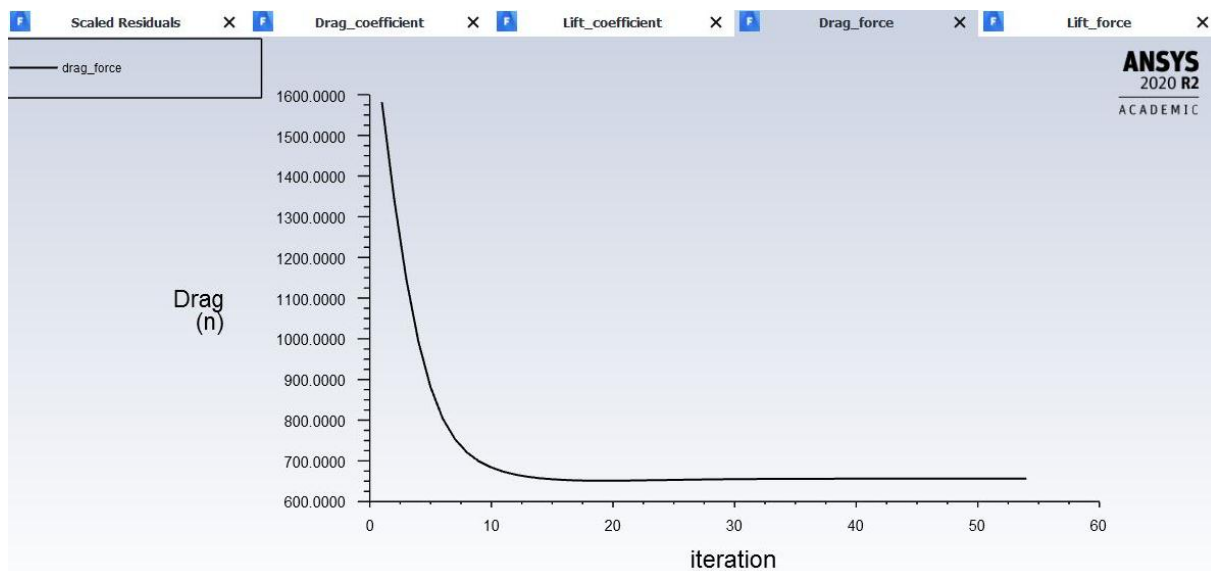
Na przebiegu prędkości widać że w analizie auto było statyczne, a samo powietrze przepływało przez samochód (odwrócenie sytuacji w rzeczywistości). Zatem prędkość jest zerowa na ściankach, a w przeważającej większości przestrzeni mamy wartość 40 m/s, czyli prędkość na wlocie. Za autem mamy również prędkości zerowe powietrza, co potwierdza istnienie tzw. tunelu aerodynamicznego za poruszającym się autem. Max wartość prędkości przepływu powietrza widoczne jest w płaszczyźnie $0,7c$, w miejscu kanałów powietrznych samochodu - poprawiają one zatem aerodynamikę auta.

Cd	()
drag_coeff	0.81047338
Drag	(n)
drag_force	656.38513
Cl	()
lift_coeff	-1.050657
Lift	(n)
lift_force	-850.90479

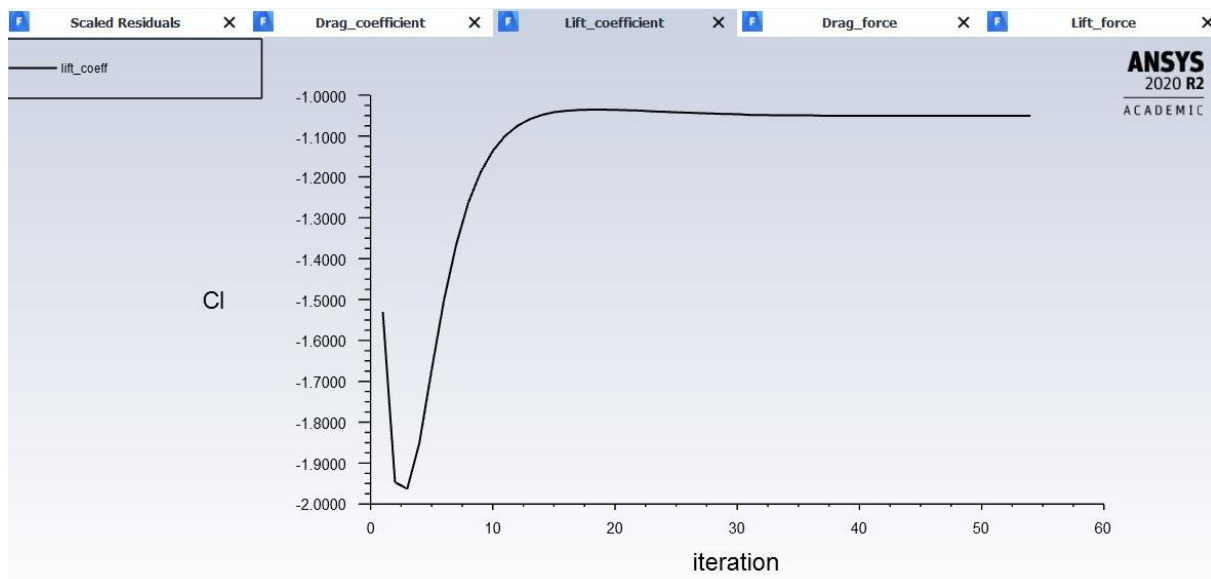
Rys. 3.14. policzone wartości współczynników w symulacji



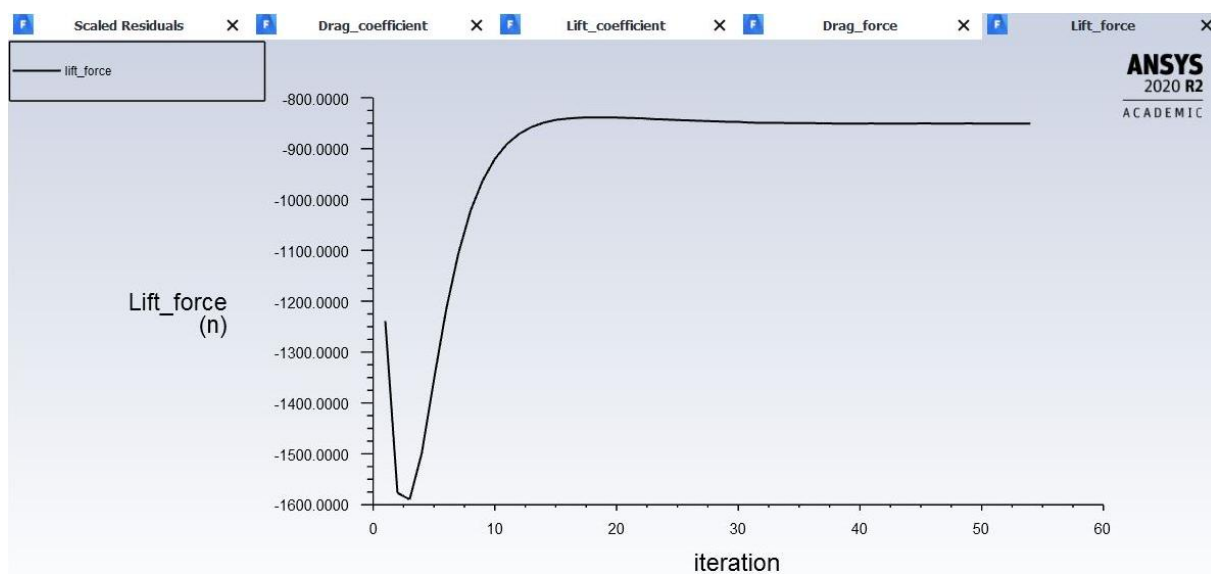
Rys. 3.15. przebieg obliczeń wartości współczynnika oporu powietrza od iteracji modelu



Rys. 3.16. przebieg obliczeń wartości siły oporu powietrza od iteracji modelu



Rys. 3.17. przebieg obliczeń wartości współczynnika unoszenia od iteracji modelu



Rys. 3.18. przebieg obliczeń wartości siły unoszenia od iteracji modelu

Porównując wartość współczynnika oporu powietrza z innymi samochodami komercyjnymi można stwierdzić że jest on stosunkowo wysoki:

- Audi 100 '82—0,30
- BMW serii 8—0,29
- Chevrolet Spark—0,34
- Chrysler PT Cruiser—0,37
- Citroen C4—0,28
- Ford Ka '96—0,36
- Honda Accord '03—0,26
- Opel Astra II—0,30
- Opel Calibra '89—0,26
- Renault Laguna I—0,30
- Renault Megane I—0,33
- Saab 9-5—0,29

- Seat Toledo II—0,31
- Skoda Felicia—0,34
- Skoda Octavia II Kombi—0,30
- Toyota Corolla Verso—0,30
- Toyota Avensis Wagon—0,29
- Toyota Land Cruiser 100—0,40
- Toyota Prius—0,26
- VW Passat B3 '88—0,29
- VW Passat B5 '96—0,27

Z wykresów ustalania się współczynników w zależności od iteracji widać że analiza była dość prosta, praktycznie po 15-20 iteracjach mamy już ustaloną wartość dla sił i współczynników, później wszelkie zmiany są niewidoczne przy obecnej skali.

Ewentualne niedokładności mogą wynikać z np.:

- jakości siatki w tylnej części pojazdu (dość duża na tylnej ścianie),
- a co za tym idzie niedokładnego dopasowania współczynnika Y^+ ;
- niewielkiej ilości elementów dla tego zagadnienia (tak aby nie przekroczyć dopuszczalnej wartości dla wersji studenckiej Fluenty)
- brak ruchu obrotowego kół w trakcie poruszania się