

Aerodynamika Samochodów Wyścigowych

Krzysztof Mokrzycki

→ Główne cele prac przy aerodynamice samochodu wyścigowego

1. Zapewnienie jak największego docisku pojazdu do powierzchni
2. Osiągnięcie jak najniższego możliwego oporu powietrza

Pakiet aerodynamiczny pojazdu w dużej mierze zależy od toru, po którym będzie się ścigać



Audi S1 Quattro podczas festiwalu prędkości w Goodwood



To samo Audi podczas rajdu Grupy B w górach Pikes Peak

W górach Pikes Peak Audi czeka wiele stromych zjazdów, wąskich zakrętów oraz ostrych dohamowań więc potrzebuje dużej przyczepności żeby poradzić sobie z wszystkimi trudnościami.

Dodatkowym utrudnieniem dla Audi była wysokość na której auto musiało się ścigać. Jak wiemy ze wzoru na siłę nośną [$F_z = \frac{1}{2} v^2 \rho C_z S$], docisk do powierzchni zależy również ode gęstości powietrza, a im wyżej tym powietrze staje się rzadsze.



Ustawienia tylnego skrzydła podczas GP USA



Ustawienie tylnego skrzydła podczas GP Meksyku

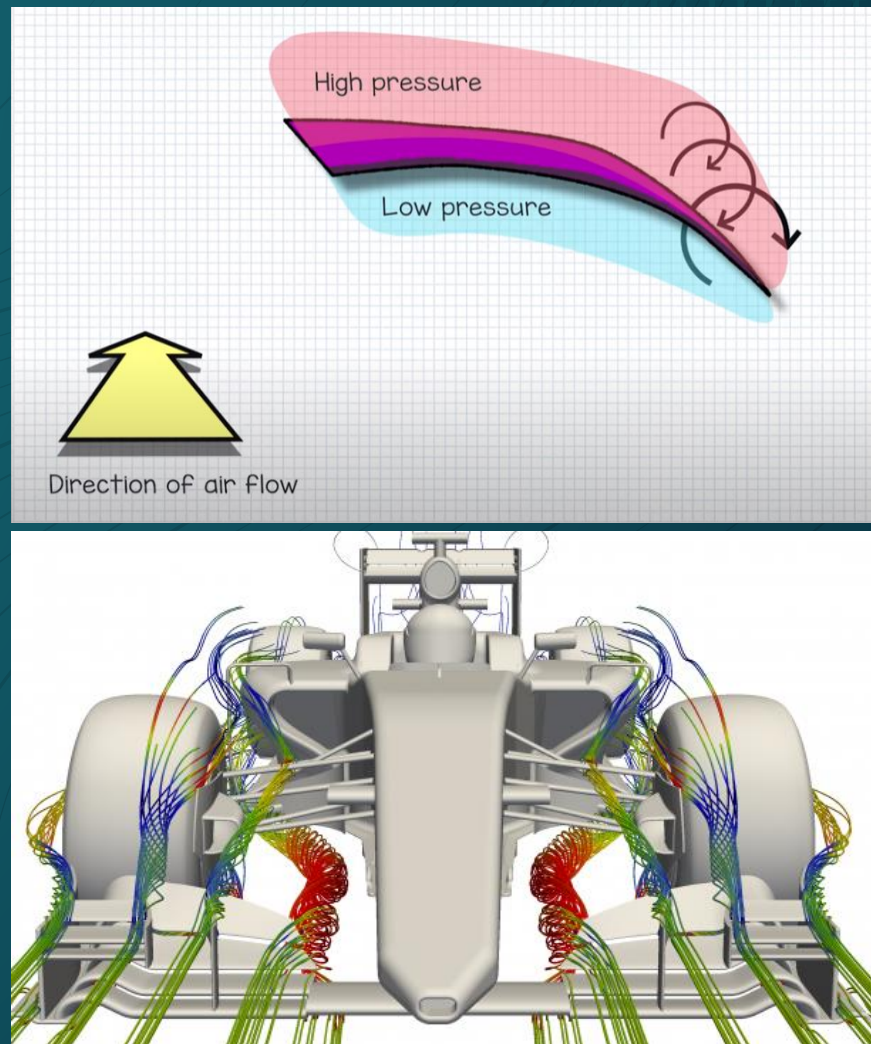
Oba torry posiadają podobny kształt toru, jednak tor w Meksyku znajduje się 10 razy wyżej nad poziomem morza przez co gęstość powietrza jest dużo mniejsza i tym samym wartość docisku się zmniejsza, dlatego mechanicy rekompensują to większym kątem natarcia.



Co sprawia że struga powietrza jest w stanie podążać za tylnym skrzydłem?

Nieznana efekt działania skrzydła

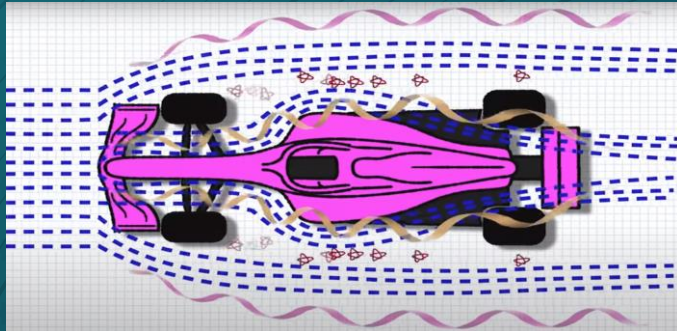
Przednie oraz tylne skrzydło bolidu Formuły 1 wytwarza turbulencje, które pomagają strudze powietrza przylegać do nadwozia pojazdu. Powstają one, kiedy rozdzielone przez skrzydło powietrze, próbuje połączyć się ponownie ze sobą, jednak przez różnice ciśnień między strugami, tworząc wir.



Użyteczność ruchu turbulentnego

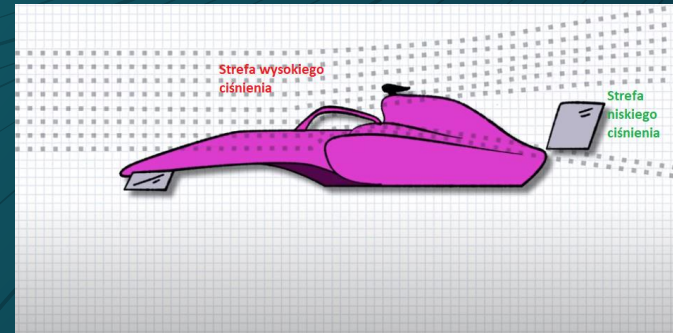
Oddzielanie „brudnego” powietrza spowodowanego obrotem kół

Przepływ turbulentny wraz ze strugami powietrza o przepływie laminarnym (czyli poruszający się linią prostą bez zakłóceń) tworzą zgrany duet. Jednak w pojazdach o nadwoziu otwartym, powstaje jeszcze jeden przepływ powietrza, jest nim ten wydobywający się z kół pojazdu. Jest on kompletnie nieuporządkowany i zaburzałyby kompletnie cały pozostały przepływ powietrza. Jednak strugi powietrza o ruchu turbulentnym tworzą barierę której nie mogą przekroczyć.



Zmniejszenie oporu powietrza powstałego za tylnym skrzydłem

Przepływ turbulentny pomaga strudze powietrza przylegać do tylnego skrzydła. Jeśli by się tak nie działo, za skrzydłem powstawałaby strefa niskiego ciśnienia która zaburzałaby przepływ, tworząc strefę wysokiego ciśnienia przed pojazdem, której skutkiem byłoby powstawanie dużego oporu powietrza spowalniającego pojazd.



→ Skrzydło czy spojler?



→ Pozory mylą...

Jak wspomniałem w pracy spoiler nie zawsze generuje docisk, często jest zakładany w celach estetycznych, ten jednak, zaskakująco ma swój cel. Po prześledzeniu jego kształtu odkryłem że ten element ma znajomy kształt.

Okazało się że to kształt odwróconego profilu lotniczego dzięki czemu staje się pełnoprawnym skrzydłem.



Kłapy Gurneya

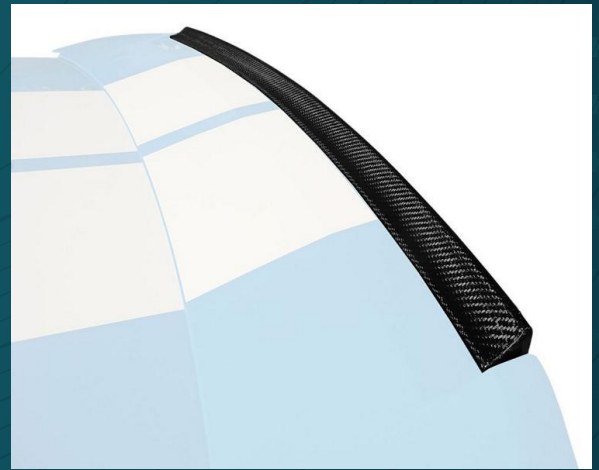
Czyli jak odwróciła się scena
inżynierii aerodynamicznej



Aerodynamika wyścigowa może szczycić się dużą ilością niesamowitych innowacji i projektów. Jednak jedna zasługuje na specjalne wyróżnienie ponieważ po raz pierwszy to lotnictwo i inżynierowie aeronautyki zgłaszali się po projekty do zespołów wyścigowych, nie na odwrót jak to dotąd bywało.

Były zawodnik Formuły 1 Dan Gurney w 1971 wpadł na pomysł, by małe kłapy na końcu profilu aerodynamicznego. Przeważnie kłapy te znajdują się pod kątem 90 do profilu, dzięki czemu można wytworzyć możliwie największy docisk przy minimalnym wzroście oporu powietrza.

Z tego rozwiązania nadal korzysta się nie tylko w wyścigach ale również przy projektowaniu samolotów oraz helikopterów.

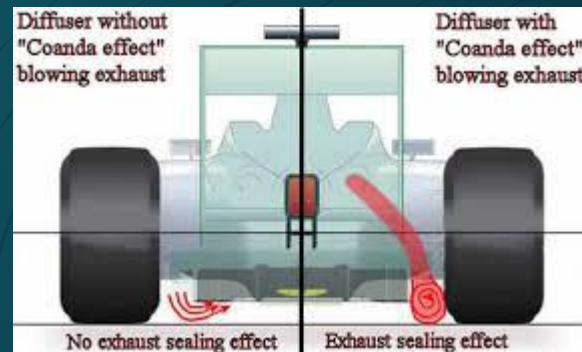


Inne innowacje aerodynamiczne



Wykorzystanie spalin

Inżynierowie F1 wpadli na pomysł by do generowania docisku wykorzystać inny gaz jakim są spaliny wydostające się z silnika. Poprowadzone odpowiednio przez rurę wydechową również tworzą przepływ mogący generować ujemną wartość sił nośnej wykorzystując efekt Coandy.





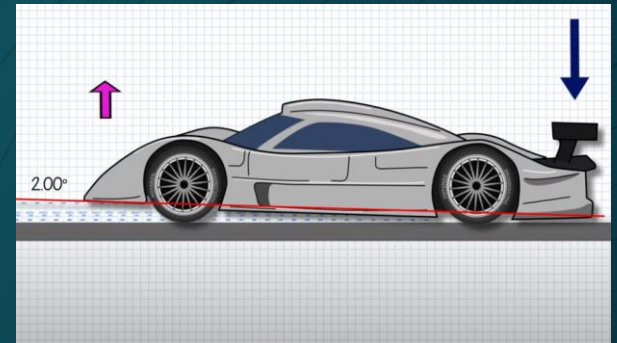
Przy źle zaprojektowanej aerodynamice pojazd może nie tylko źle się prowadzić ale również być niebezpieczny i nieprzewidywalny.

W 1999 obecnie już były kierowca Formuły 1 Mark Webber ścigał się w legendarnym 24-godzinnym wyścigu Le Mans. Nagle jego Mercedes CLR podczas długiej prostej przy prędkości ok. 240kmh uniósł się w powietrze, obrócił 3 razy i wylądował w drzewach.

Inżynierowie Mercedesa długo szukali przyczyny, a była ona na wyciągnięcie ręki:

Za krótki rozstaw osi przy stosunkowo długim nadwoziu oraz „miękkie” zawieszenie tylne sprawiło że właściwości aerodynamiczne podwozia pojazdu zanikły.

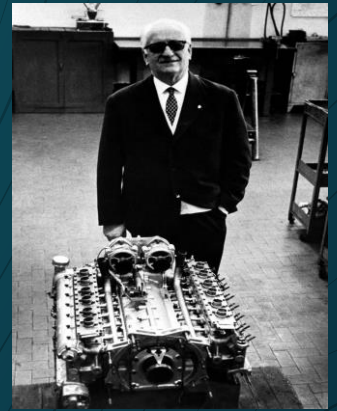
Przez miękkie zawieszenie tył pojazdu podniósł się co zamknęło przepływ powietrza pod pojazdem tym samym zwiększając nacisk na przednią oś która pod przyłożoną siłą oderwała się od ziemi.





„Aerodynamika jest dla ludzi, którzy nie potrafią budować silników”

~Enzo Ferrari



Aerodynamika jest i będzie kluczowym elementem decydującym o zwycięstwie w wyścigach samochodowych. Sama scena innowacji aerodynamicznych jest jedną z najprężniej rozwijających się scen w motorsporcie. Duża ilość elementów aerodynamicznych już znalazła zastosowanie w autach użytkowych poprawiając ich bezpieczeństwo i wydajność.

Dziękuję za uwagę.

Źródła:

- ▣ 1. Grupa „Ścigałka Motorsport”
- ▣ 2. Autosport.com
- ▣ 3. Kanał youtube „Chain Gear”
- ▣ 4. „Rywalizacja Totalna. Wojny za kulisami F1” – Adam Parr, Ross Brawn
- ▣ 5. „Szybcy jak Diabli – Ford vs Ferrari” – A. J. Baimie