

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
INDUSTRIALE

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

*Relazione per la prova finale*

**« STUDIO DELL'AERODINAMICA DI UN ALETTONE AUTOMOBILISTICO  
MEDIANTE ANALISI COMPUTAZIONALE »**

Tutor universitario

Prof. Bottacin Busolin Andrea

Laureando

Carniello Matteo

*Anno accademico 2024-2025*

Sin dalle prime competizioni automobilistiche lo studio dell'aerodinamica ricopre un ruolo fondamentale.

Inizialmente, si puntava a ridurre il più possibile la resistenza aerodinamica attraverso la realizzazione di carrozzerie caratterizzate da forme affusolate e penetranti.

Con il passare del tempo, gli ingegneri hanno studiato e modellato le forme delle automobili da gara per ottenere deportanza, in modo da migliorare il comportamento dinamico del veicolo.



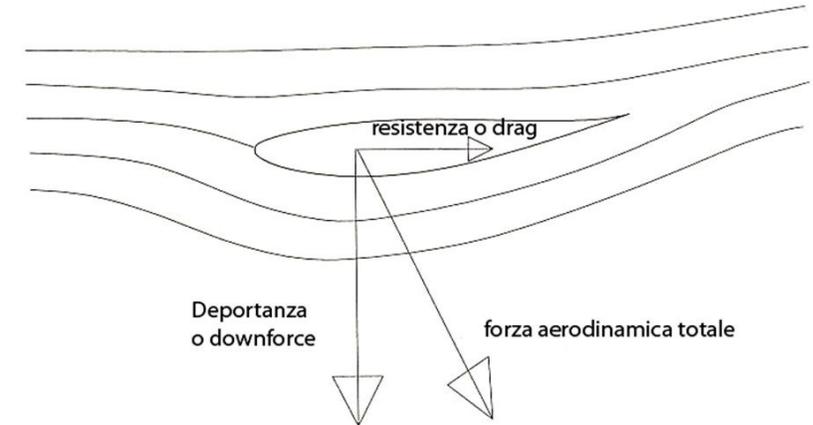
Attraverso l'interazione tra l'aria ed un profilo alare invertito si genera una forza risultante scomponibile lungo la direzione parallela e perpendicolare a quella del flusso indisturbato:

- RESISTENZA AERODINAMICA (DRAG)

$$D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_d \cdot S \cdot V^2$$

- PORTANZA (LIFT)

$$L = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_L \cdot S \cdot V^2$$



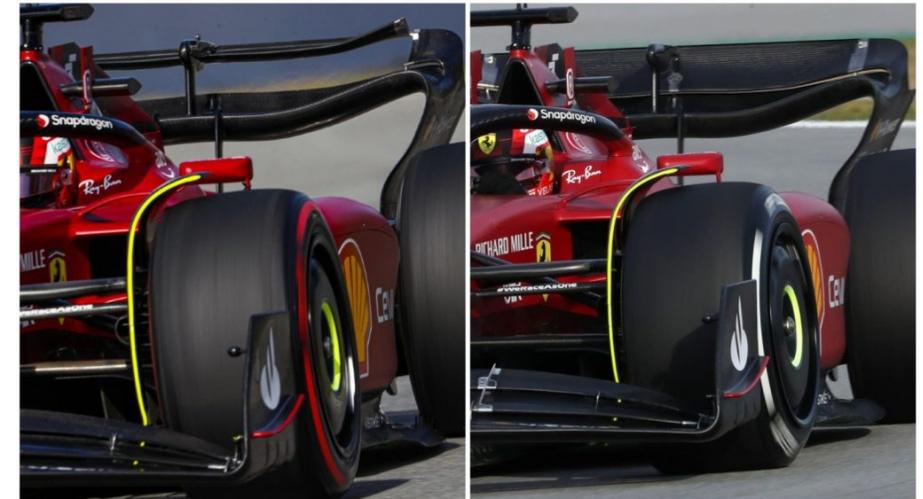
L'obiettivo dello spoiler è massimizzare la downforce cercando di limitare la produzione di drag, in quanto all'aumento di forza verticale che grava sullo pneumatico corrisponde un aumento di aderenza e quindi la possibilità di avere una migliore trazione e capacità di frenata.



Attraverso l'aerodinamica attiva, un veicolo può variare le sue caratteristiche aerodinamiche attraverso superfici che, modificando il proprio assetto, governano il flusso d'aria in modo da ottimizzare le prestazioni in ogni condizione.

### LA VARIAZIONE DI CONFIGURAZIONE DELL'ALETTONE

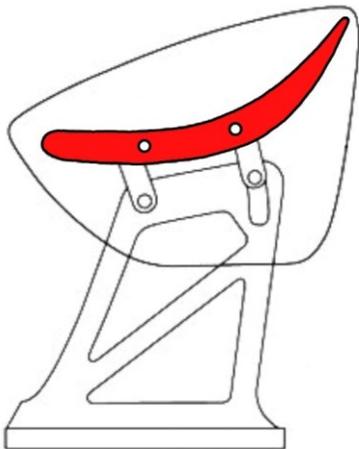
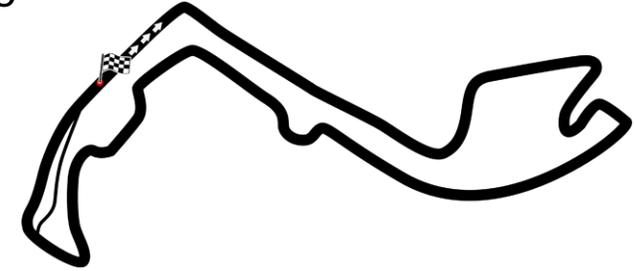
Nelle auto sportive o da competizione che utilizzano questa tecnologia, sono installati dei sistemi che permettono di variare sia l'altezza che l'inclinazione dello spoiler in base alle condizioni in cui si trova la vettura, così da massimizzare il carico aerodinamico quando l'automobile richiede una maggiore aderenza o di minimizzare la resistenza aerodinamica quando si vuole raggiungere la velocità massima.



Attraverso la semplificazione bidimensionale di un alettone automobilistico in un profilo NACA 3412 rovesciato con una corda di lunghezza pari a 0.4 metri, si vuole analizzare il comportamento aerodinamico del componente al variare dell'angolo di attacco.

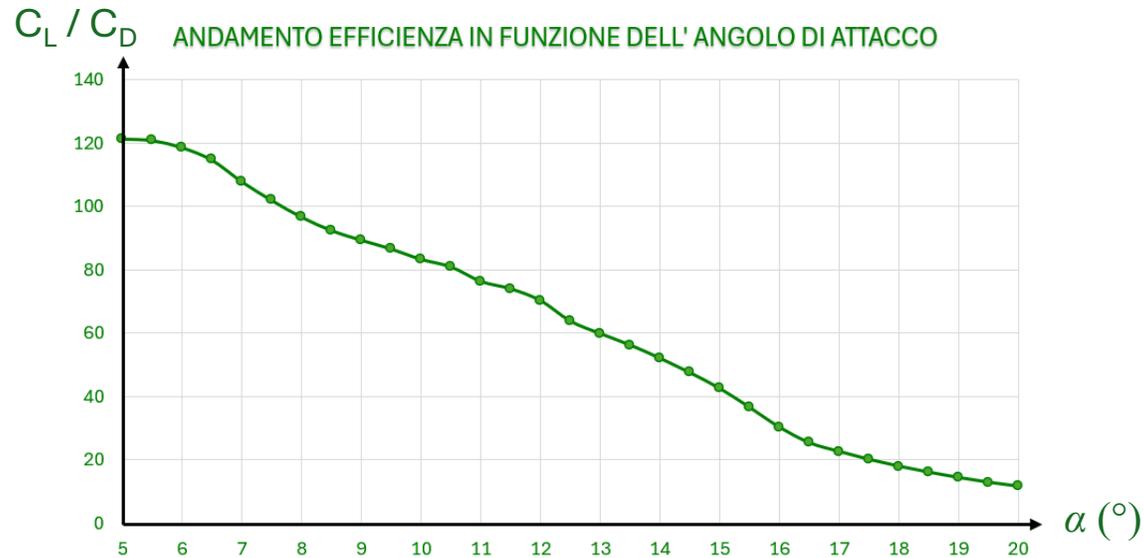
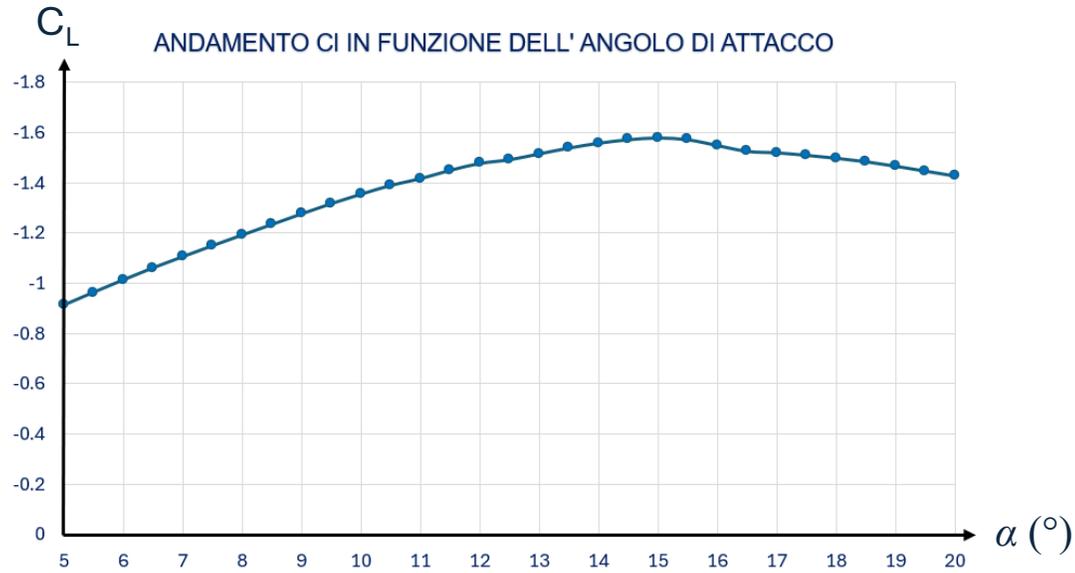
Ipotizzando di possedere uno spoiler in grado di variare la sua inclinazione in base alla velocità del veicolo, si vogliono determinare:

- CONFIGURAZIONE STANDARD = inclinazione del profilo durante tutte le fasi di guida eccetto il rettilineo
- CONFIGURAZIONE A MINIMA RESISTENZA = inclinazione del profilo durante rettilineo

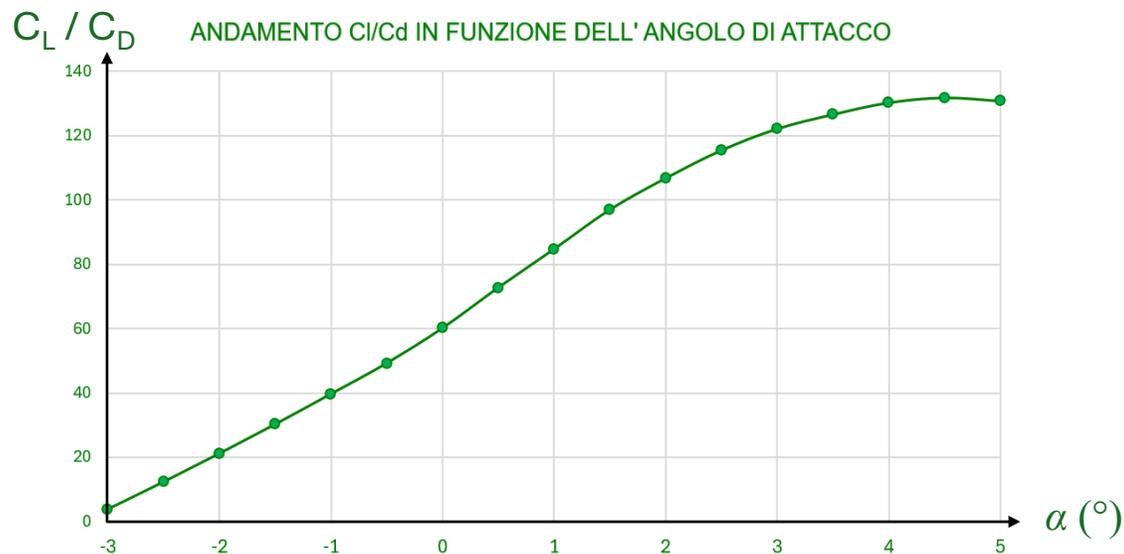
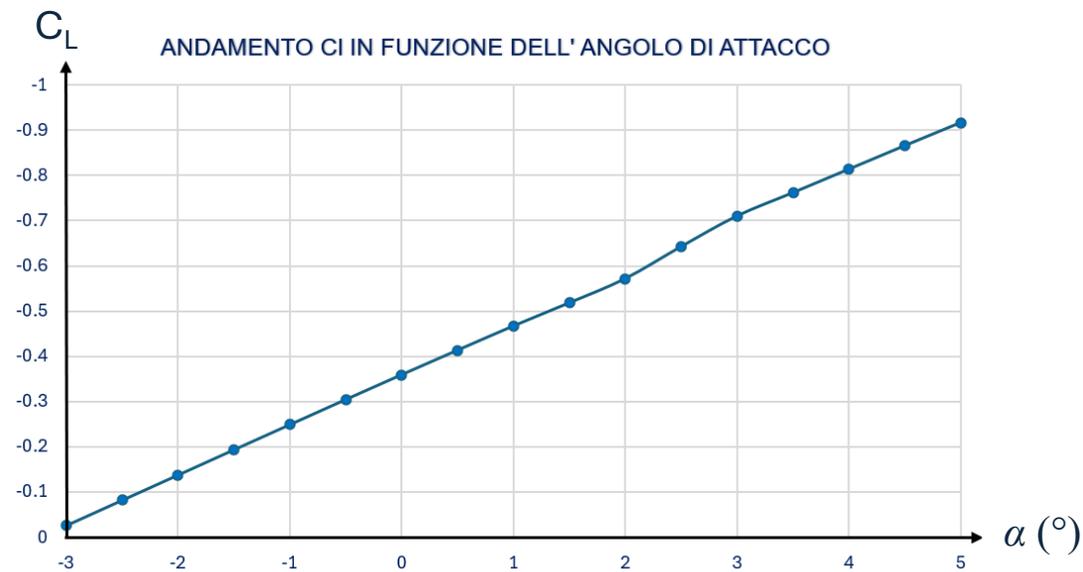


La scelte verranno prese ipotizzando di ricercare la configurazione adatta ad un circuito che richiede un alto carico aerodinamico, ipotizzando una velocità media di 140 km/h e massima di 240 km/h.

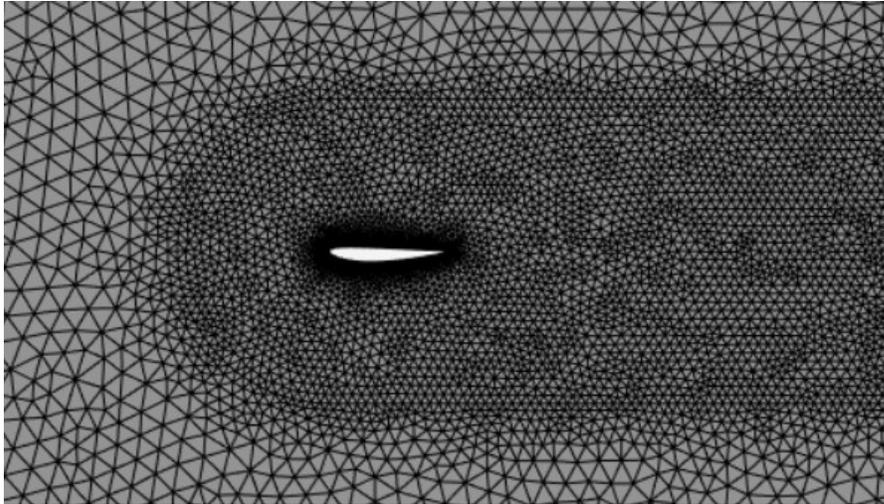
La variazione di configurazione avviene quando si superano i 180 km/h.



Come configurazione standard è stata scelta un'inclinazione del profilo pari a 14°, che permette di massimizzare la deportanza mantenendo una buona efficienza aerodinamica.



Come configurazione a minima resistenza è stata scelta un'inclinazione del profilo pari a 2°, che permette di minimizzare la resistenza aerodinamica generata dal profilo.



Lo studio del profilo alare è stato effettuato con Ansys Fluent attraverso la creazione di una griglia non strutturata a C.

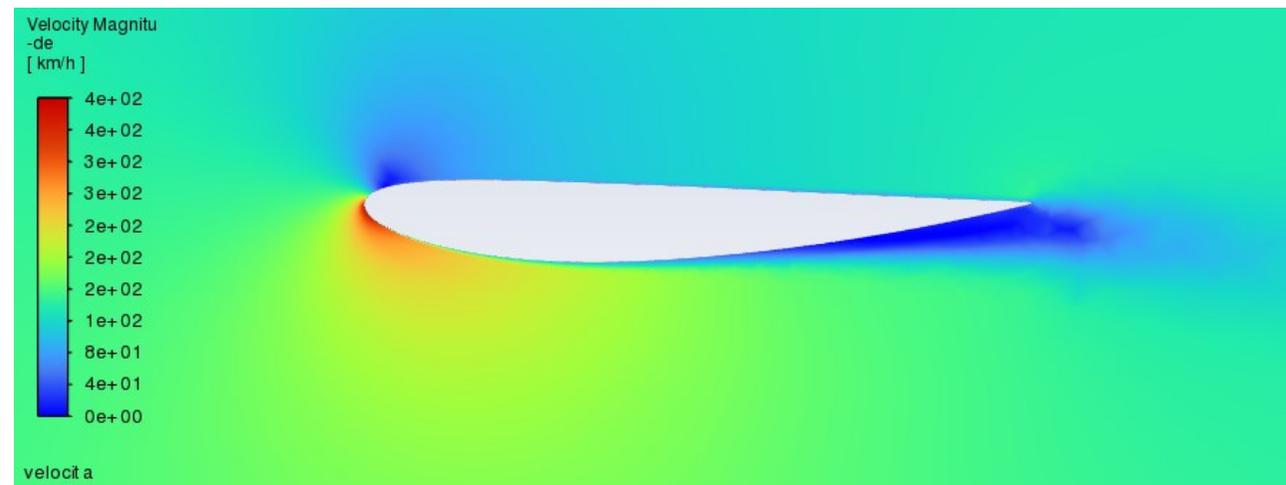
Al contorno del dominio di analisi è stata imposta la condizione di far-field. Nella configurazione standard si è studiato il comportamento del profilo alla velocità media del circuito, mentre per la configurazione a minima resistenza l'analisi è stata svolta impostando una velocità di 210 km/h , ovvero la media tra la velocità a cui si ha la variazione di configurazione e la velocità massima che la vettura raggiunge in rettilineo.

I risultati sono stati ottenuti attraverso il modello di turbolenza  $k-\omega$  SST.

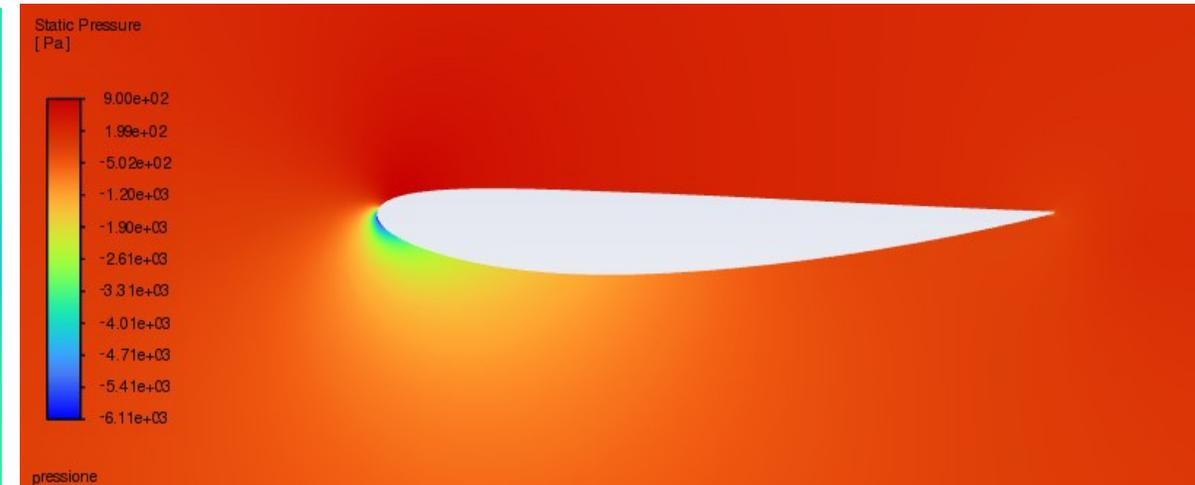
Configurazione standard	Condizioni di inlet
Numero di Mach	0.113379
Componente X della direzione della corrente indisturbata	0.97029573
Componente Y della direzione della corrente indisturbata	-0.2419219

Configurazione a minima resistenza	Condizioni di inlet
Numero di Mach	0.170068
Componente X della direzione della corrente indisturbata	0.99939083
Componente Y della direzione della corrente indisturbata	-0.0348995

## Modulo della velocità



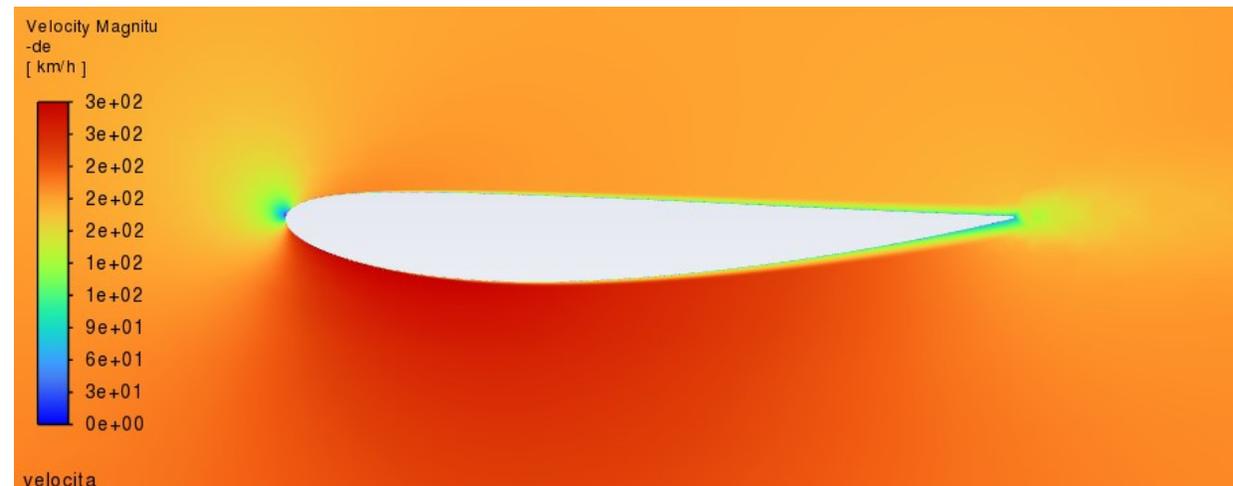
## Pressione statica



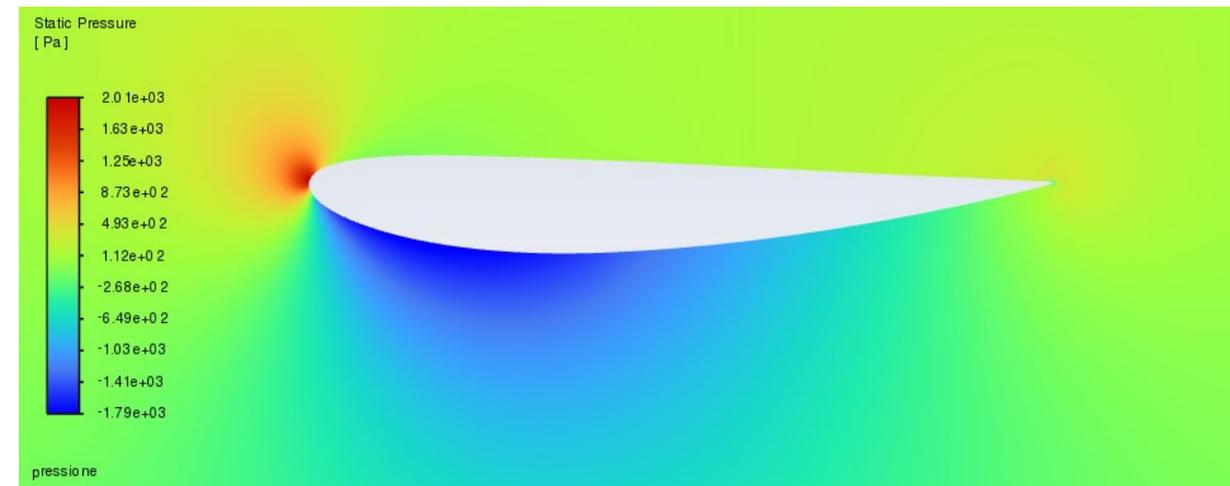
RESISTENZA AERODINAMICA	CONTRIBUTO DOVUTO ALLA PRESSIONE	CONTRIBUTO VISCOSO	TOTALE
$C_D$	0.04	0.007	0.047
DRAG FORCE	14.41 [N]	2.37 [N]	16.78 [N]

PORTANZA	CONTRIBUTO DOVUTO ALLA PRESSIONE	CONTRIBUTO VISCOSO	TOTALE
$C_L$	-1.5416	-0.0007	-1.5423
LIFT FORCE	-552.06 [N]	-0.24 [N]	-552.3 [N]

Modulo della velocità



Pressione statica



RESISTENZA AERODINAMICA	CONTRIBUTO DOVUTO ALLA PRESSIONE	CONTRIBUTO VISCOSO	TOTALE
$C_D$	0.005	0.008	0.013
DRAG FORCE	4.07[N]	6.69 [N]	10.76 [N]

PORTANZA	CONTRIBUTO DOVUTO ALLA PRESSIONE	CONTRIBUTO VISCOSO	TOTALE
$C_L$	-0.5974	-0.0001	-0.5975
LIFT FORCE	-481.36 [N]	-0.12 [N]	-481.48 [N]

A seguito dell'analisi fluidodinamica svolta, ipotizzando uno spoiler di larghezza pari a 1 metro, si è concluso che:

- Nella configurazione standard si è massimizzata la deportanza che è pari a 552.3 N alla velocità di 140 km/h
- Nella configurazione a minima resistenza si è minimizzato il drag che è pari a 10.7 N alla velocità di 210 km/h

Con questo studio si vuole inoltre dimostrare che non esiste una configurazione migliore di altre in tutte le situazioni in cui si trova un'automobile da competizione durante un giro di pista, in quanto si dovrà valutare attentamente il compromesso deportanza generata – resistenza aerodinamica prodotta.



- 1. Meccanica dei Fluidi: Bruce R. Munson, Theodore H. Okiishi, Wade W. Huebesch, Alric P. Rothmayer
- 2. Aerodinamica: Giorgio Graziani
- 3. Competition Car Aerodynamics: Simon McBeath
- 4. Race Car Vehicle Dynamics: W.F. Milliken, D.L. Milliken