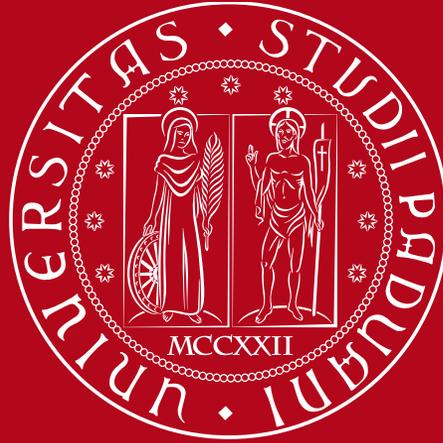


1222 \* 2022  
**800**  
ANNI



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# STUDIO NUMERICO DELL'EFFETTO SUOLO GENERATO DA PROFILI ALARI RIBALTATI

**Professore Andrea Bottacin Busolin**

**Laureando Andrea Giacobbo**

**Padova 14/07/2023**

# Introduzione storica: i primi approcci all'effetto suolo

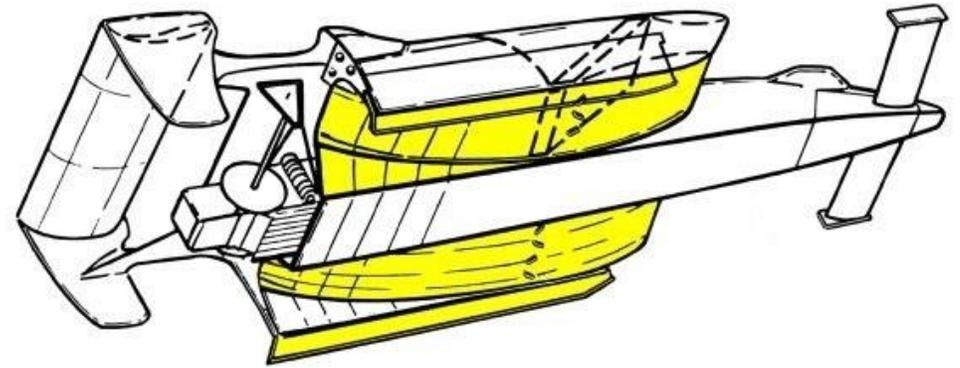
Nella storia delle competizioni automobilistiche gli ingegneri hanno sempre ricercato di aumentare la deportanza. Nella figura a sinistra si notano le prime appendici aerodinamiche.



La Chapparral 2J fu la prima autovettura ad effetto suolo. Esso però non era naturalmente creato dalla forma della vettura, ma indotto da due ventole posteriori. Il primo tentativo di generare effetto suolo da profili alari fu quello della March 701.

## La realizzazione del pieno effetto suolo

La realizzazione del pieno effetto suolo si ottenne attraverso l'utilizzo di profili alari ribaltati sotto le pance laterali della monoposto e di minigonne in resina. La prima vettura a riuscire nell'intento fu la Lotus 78



Ora le bandelle laterali sono bandite dalle competizioni e per ricreare una zona di bassa pressione isolata si cerca la generazione di vortici sotto la vettura.

## Contesto fisico

$$\rho \left[ \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \vec{V}(\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) \right] = \rho \vec{g} - \vec{\nabla} p + \mu \nabla^2 \vec{V}$$
$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = 0$$

Le equazioni di Navier-Stokes combinate con l'equazione di conservazione della massa forniscono una descrizione matematica completa del moto di fluidi newtoniani incomprimibili.

Introducendo l'ipotesi di fluido ideale (cioè incomprimibile e inviscido) le equazioni di Navier-Stokes possono essere semplificate nelle equazioni di Eulero.

$$\rho \left[ \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \vec{V}(\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) \right] = \rho \vec{g} - \vec{\nabla} p$$

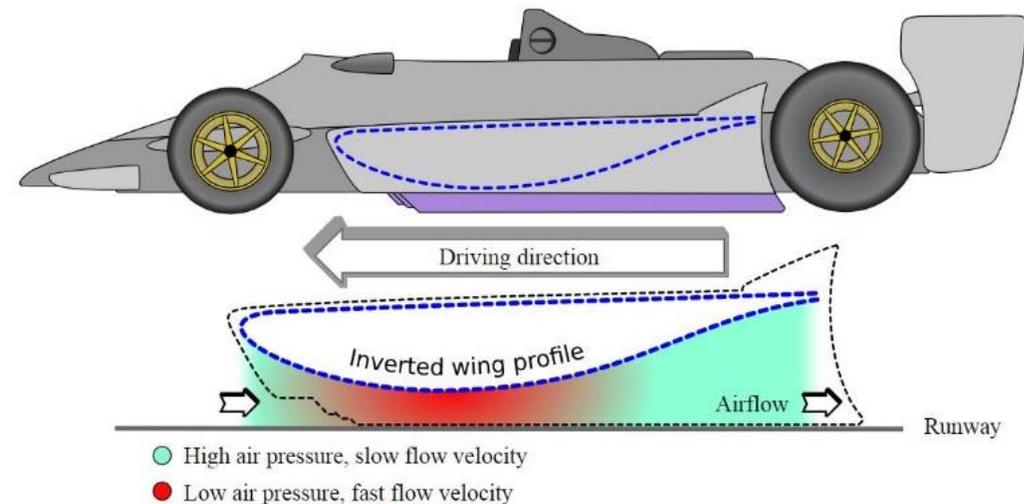
# Il trinomio di Bernuolli

$$p + \rho \frac{u^2}{2} + \rho gh = \text{costante}$$

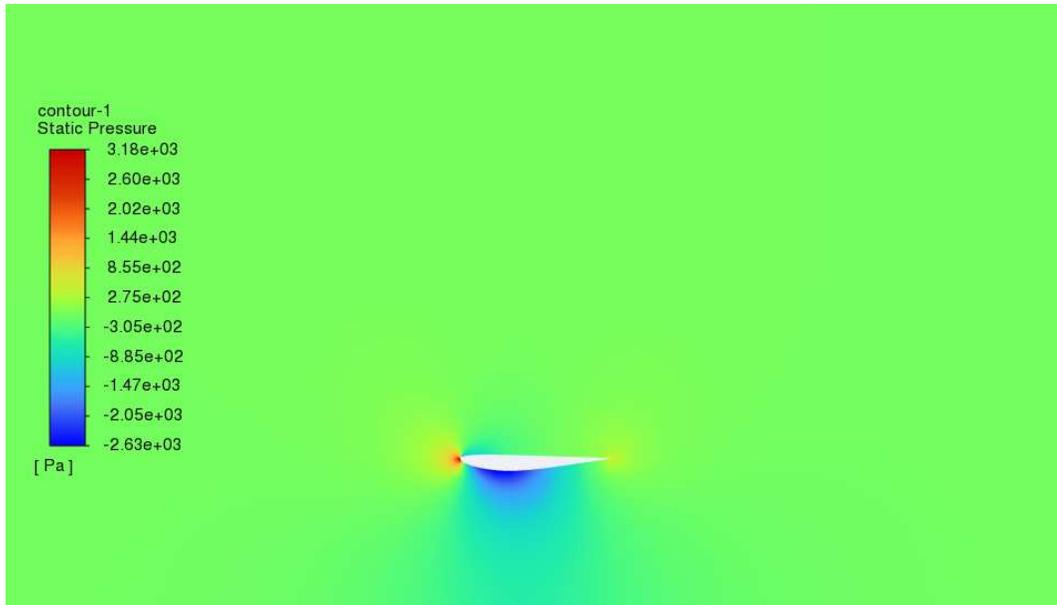
$$Q = v_1 A_1 = v_2 A_2$$

Applicando il trinomio di Bernuolli accompagnato dalla equazione di continuità della portata si può descrivere il comportamento del fluido sotto un profilo alare rovesciato.

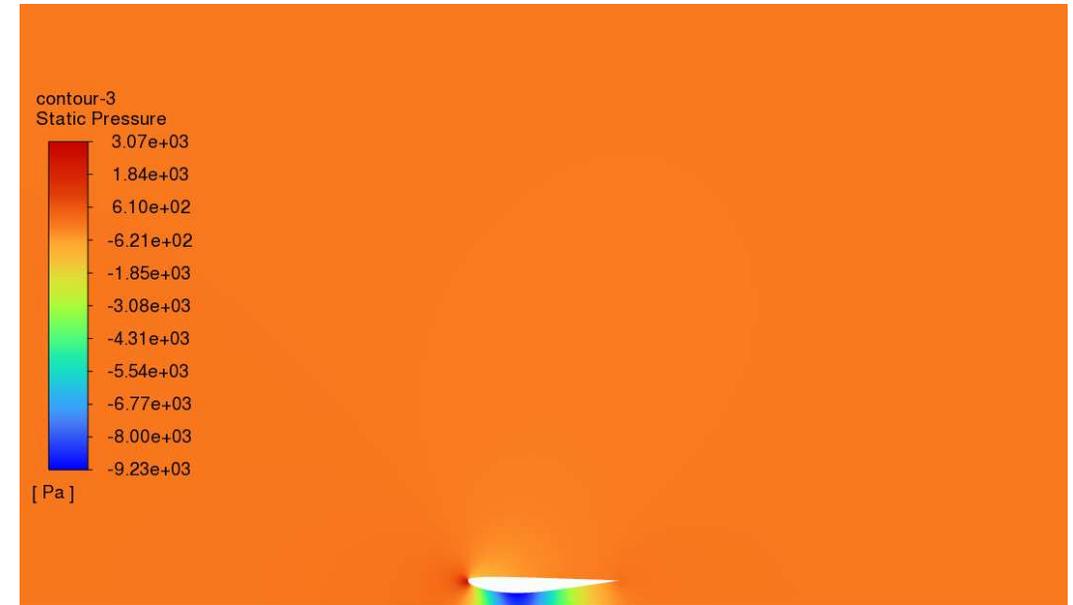
Introducendo l'ultima ipotesi di moto permanente o stazionario si ottiene, dalle equazioni di Eulero, un importante strumento per lo studio di profili alari: il trinomio di Bernuolli. Esso esprime una correlazione tra due termini energetici a parità di quota geodetica.



# Differenza tra profili alari



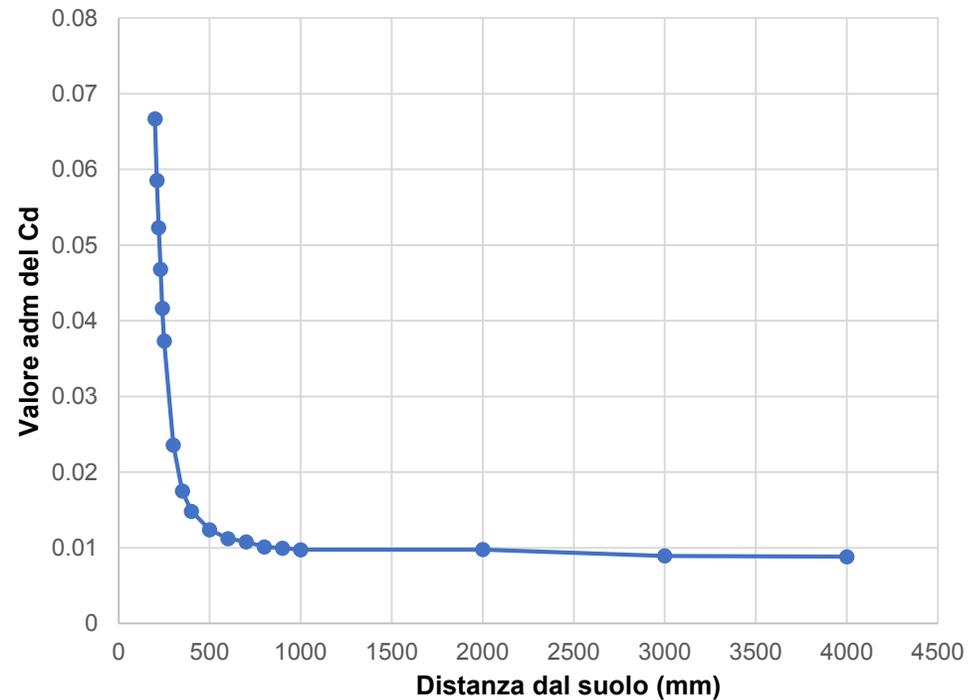
Profilo alare a 2 metri d'altezza, in totale assenza di effetto suolo. L'effetto suolo comincia a essere visibile intorno ai 1,5 metri.



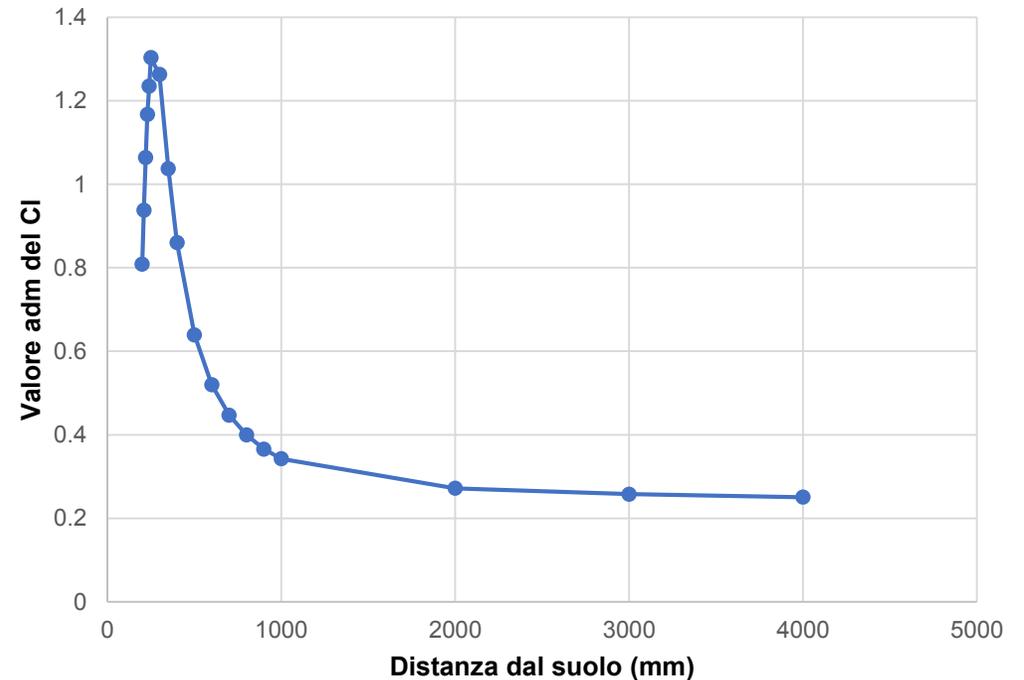
Profilo alare a 0,3 metri d'altezza, in totale presenza di effetto suolo. Questa altezza è risultata essere la maggiore generatrice di deportanza.

# Andamento del Cd e del Cl in funzione dell'altezza

andamento del Cd

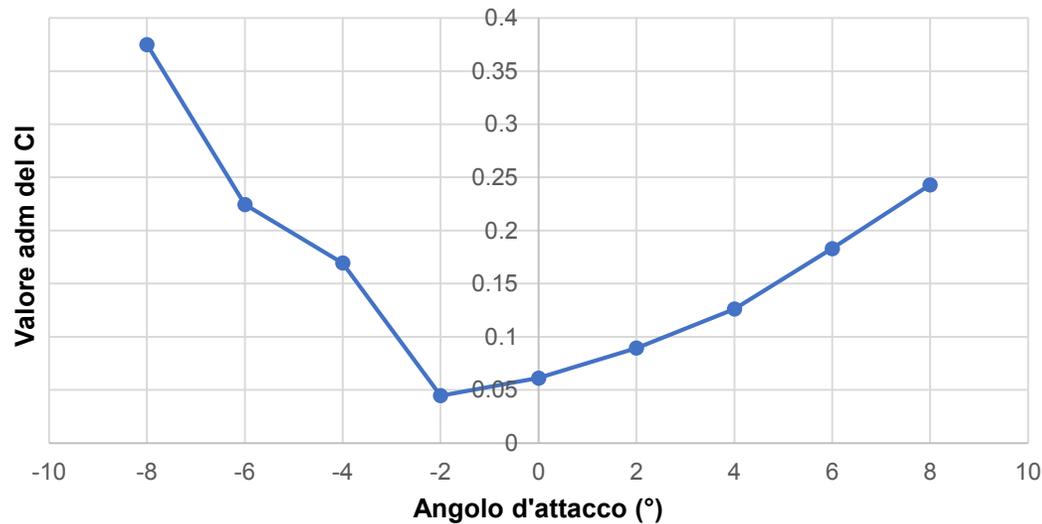


andamento del Cl

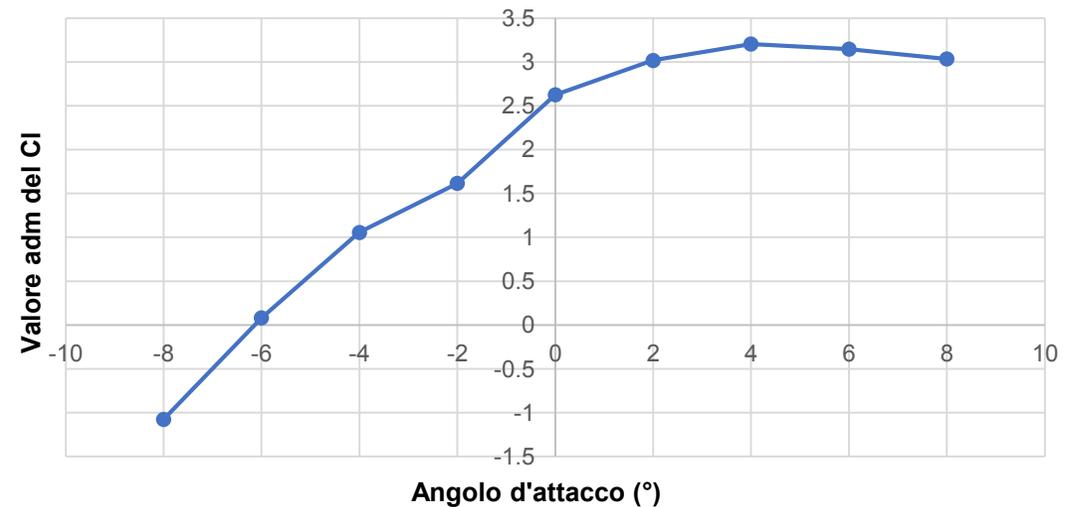


# Andamento del Cd e del CL in funzione dell'angolo d'attacco

andamento del Cd

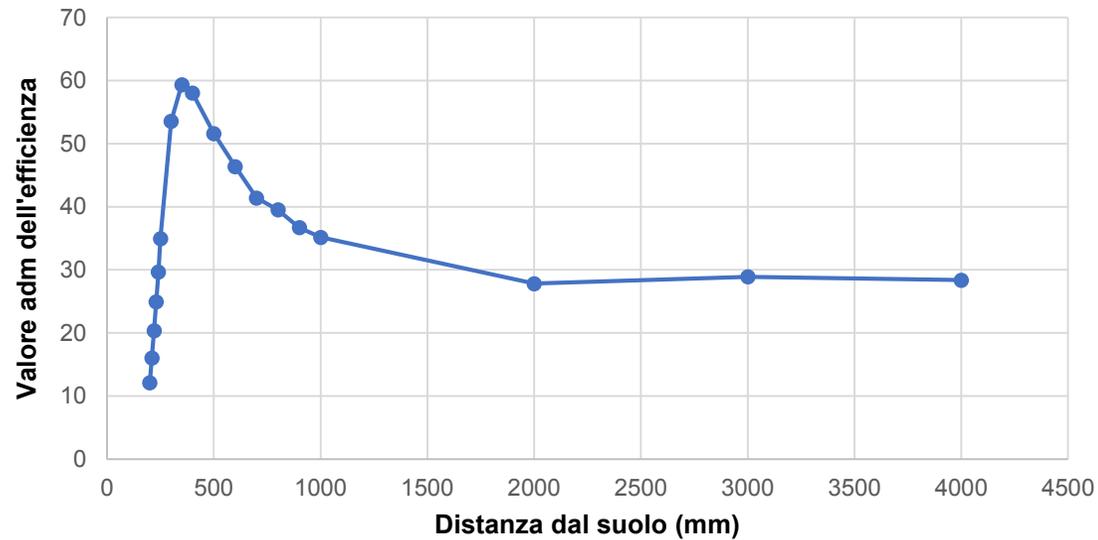


andamento del CL

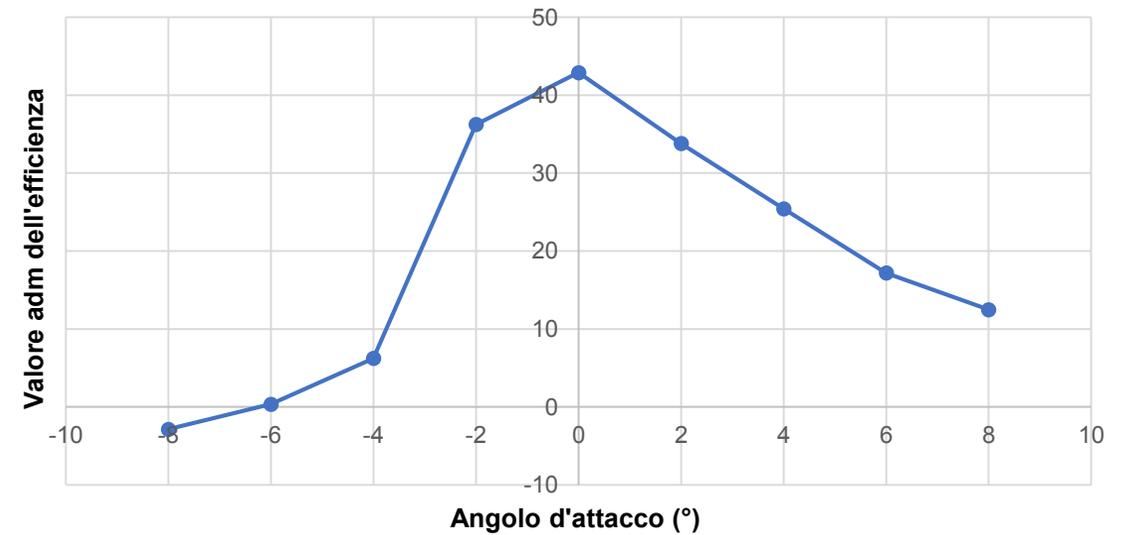


# Andamento dell'efficienza

### Efficienza in funzione dell'altezza

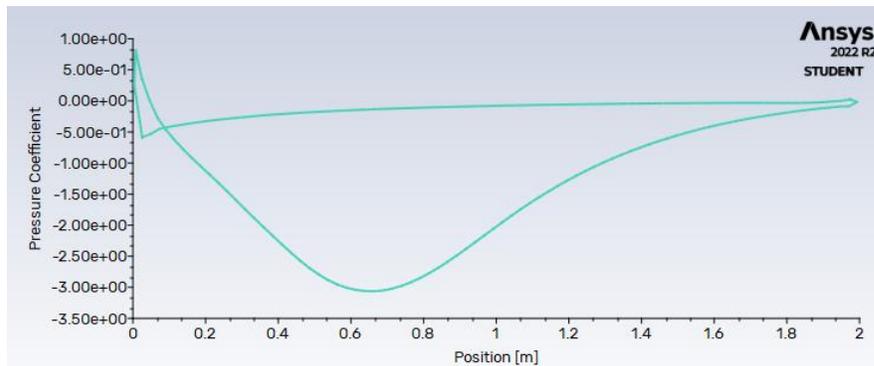


### Efficienza in funzione dell'angolo d'attacco

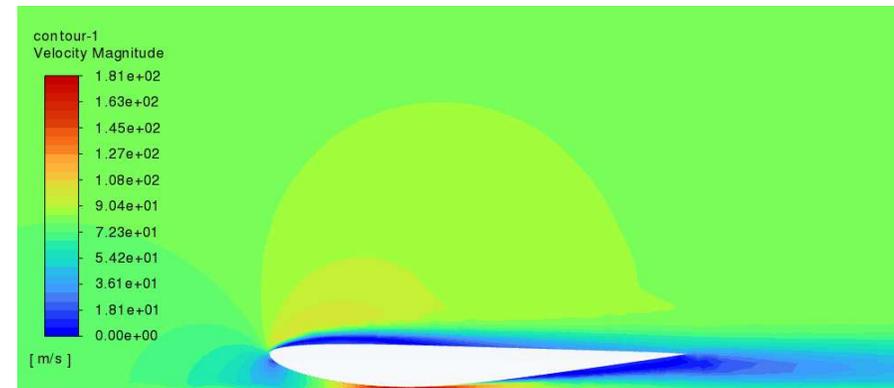
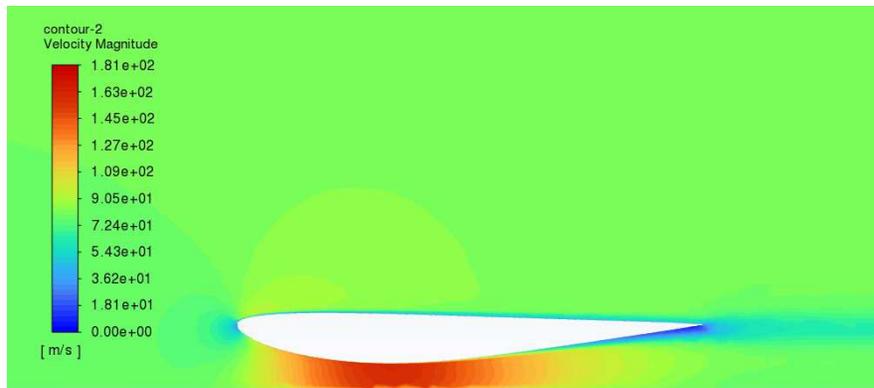
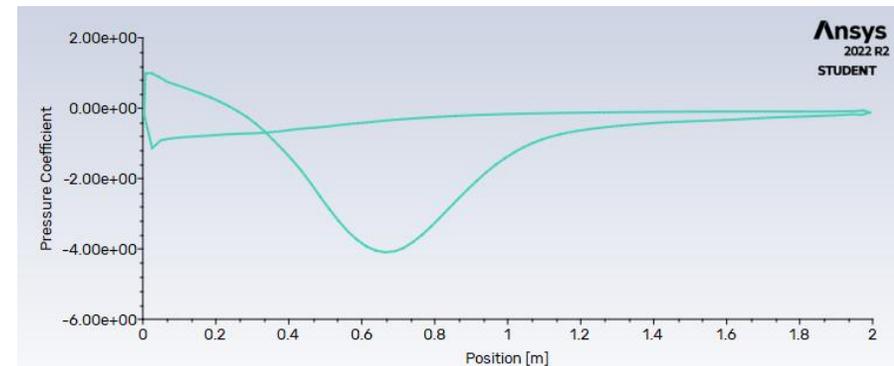


# Soluzione proposta per perdita di deportanza sotto i 300 mm

Profilo alare a 0,35 metri



Profilo alare a 0,2 metri



# Conclusioni

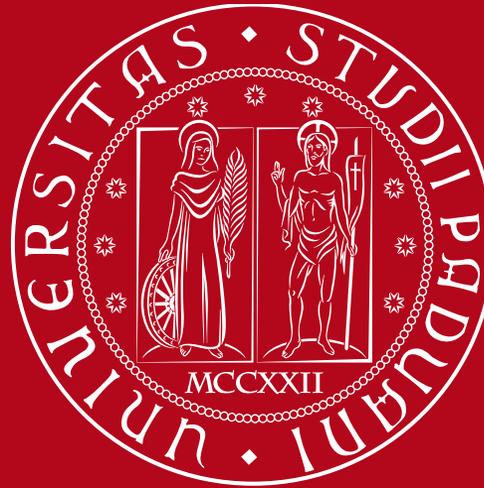
Si può concludere affermando che l'effetto suolo è confermato dallo studio anche se non ha tutte le altezze. Il profilo a 250 mm dal suolo ha un miglioramento della deportanza pari al 520% rispetto a un profilo in assenza di effetto suolo.

Variando l'angolo d'attacco si possono ottenere dei miglioramenti sia per il Lift che per il Drag. Con un angolo pari a  $-2^\circ$  si ottiene il minimo di resistenza all'avanzamento, con un angolo pari a  $+4$  gradi si ottiene la massima deportanza. Lo studio conclude che le grandi variazioni d'angolo sono da evitare.

# Bibliografia

1. Meccanica dei Fluidi: Bruce R. Munson, Theodore H. Okiishi, Wade W. Huebesch, Alric P. Rothmayer
2. Aerodinamica: Giorgio Graziani
3. Capire la Formula 1. Dal '60 alla rivoluzione 2022: Mauro Forghieri, Marco Giachi, Daniele Buzzonetti

1222 \* 2022  
800  
ANNI



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA