

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

***Relazione per la prova finale***  
***«Studio dell'aerodinamica delle vetture di F1»***

Tutor universitario: Prof. Francesco Picano

Laureanda: *Roberta Fantin 1189891*

Padova, 9/09/2022

La seguente presentazione vede come protagonista l'aerodinamica della monoposto di F1, studiata descrivendo le singole scelte progettuali utilizzate sin dal secolo scorso ad oggi.

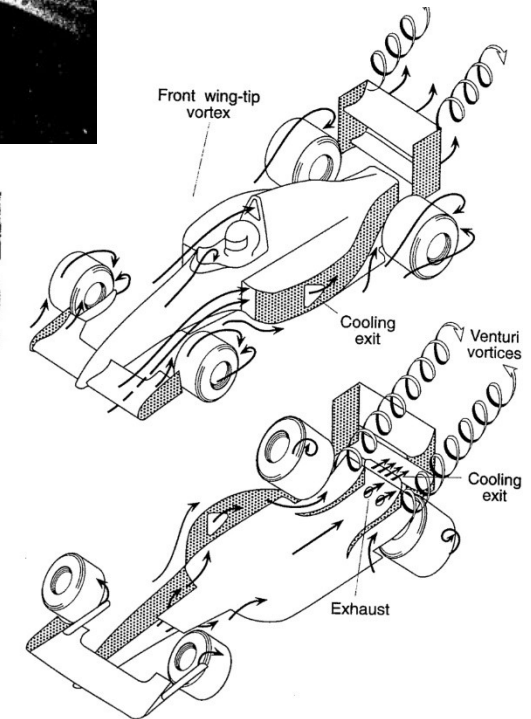
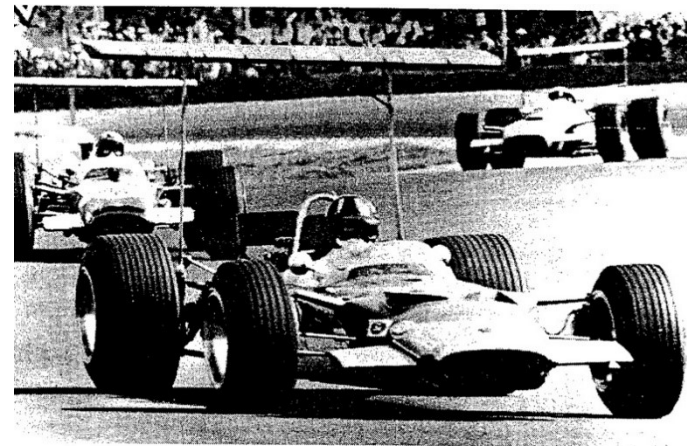
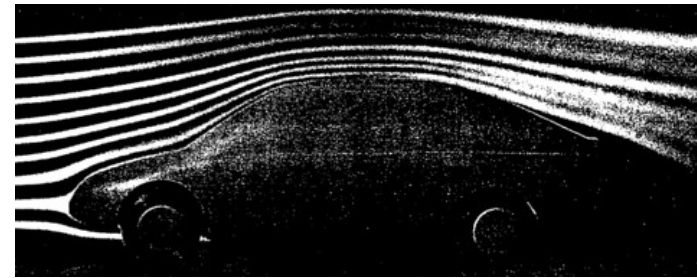
Concetti base dell'aerodinamica: flusso, strato limite, profili alari



Dispositivi responsabili del carico: ala anteriore, ala posteriore, fondo e pneumatici



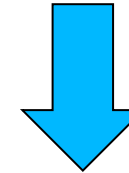
*Excursus* storico dell'evoluzione dell'aerodinamica in F1



Lo scopo dell'elaborato è presentare e descrivere i principali dispositivi aerodinamici coinvolti nelle auto di F1 partendo dai principi che stanno alla base del loro funzionamento.

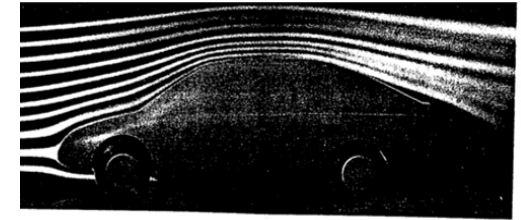
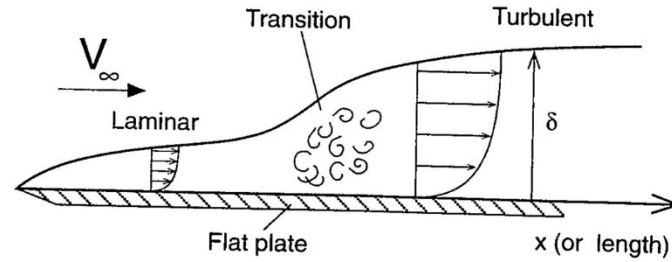


PORTANZA E RESISTENZA

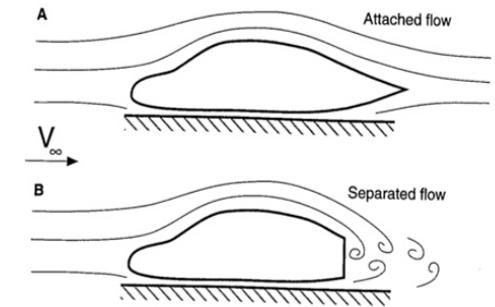


*PERFORMANCE*

- FLUSSO → Attaccato/Separato

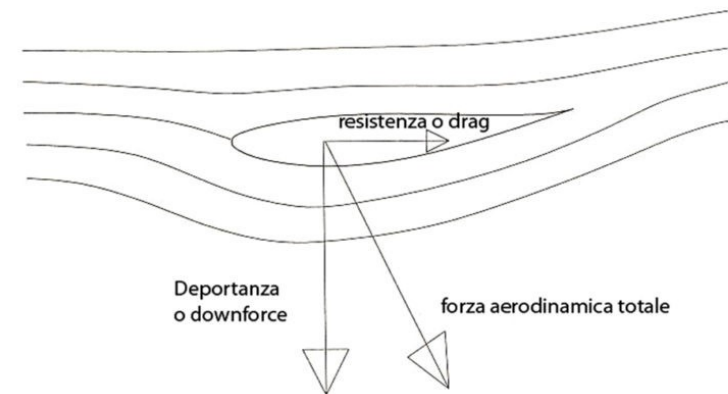


- STRATO LIMITE
    - LAMINARE
    - TURBOLENTO → Ritardo della separazione del flusso
- ↑ Spessore  
↑ Resistenza di forma






- PROFILI ALARI
  - Angolo di incidenza
  - Spessore
  - Forma

- ALI FINITE → Resistenza indotta ↑ quando AR ↓



Quando un fluido impatta su un veicolo, a causa della sua forma cambierà direzione e velocità. La distribuzione della velocità ha un impatto significativo su:

- Forza di taglio, e quindi, sull'attrito derivante dallo strato limite viscoso  **Resistenza d'attrito**
- Distribuzione delle pressioni  **Portanza**
-  **Resistenza di forma** (dovuta ad eventuali sbilanciamenti del campo)

Nel caso delle vetture di F1 è doveroso considerare una terza componente di resistenza, chiamata **resistenza indotta**, originata dal rilascio di vortici di estremità dell'ala.

La relazione che lega le caratteristiche geometriche alla velocità è definita dall'equazione di Bernoulli:  $\frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} = cost$

Perciò ove  $p \downarrow V \uparrow$   canali di Venturi nel sottoscocca  deportanza

Strumenti per lo studio dell'aerodinamica:

	<b>VANTAGGI</b>	<b>SVANTAGGI</b>
PROVE SU STRADA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veicolo in scala reale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fattori non ripetibili (vibrazioni, condizioni climatiche, prestazioni del conducente,...)</li> <li>• Ambiente incontrollabile</li> <li>• Difficoltà nella valutazione della resistenza</li> </ul>
GALLERIA DEL VENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si muove l'aria e non il veicolo</li> <li>• Condizioni di prova controllate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costi elevati</li> <li>• Difficoltà nel simulare il movimento del terreno</li> <li>• Interferenza modello-pareti</li> </ul>
METODI COMPUTAZIONALI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapidità dei risultati</li> <li>• Miglioramento dei prototipi prima della loro realizzazione o di quelli già esistenti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complessità delle equazioni fluidodinamiche</li> <li>• Dipendenza dallo sviluppo informatico</li> </ul>

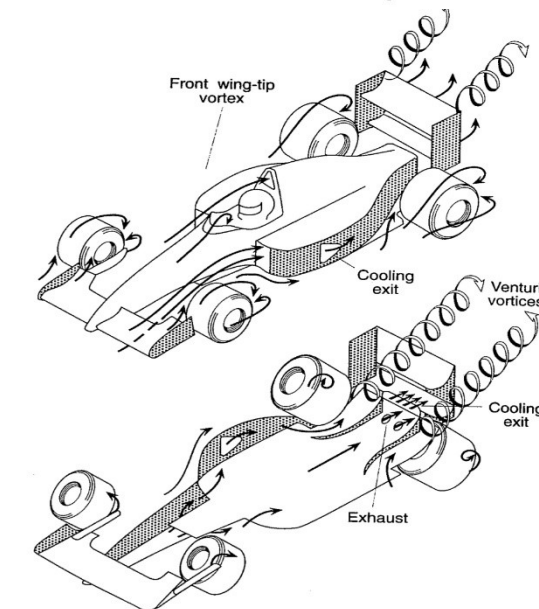
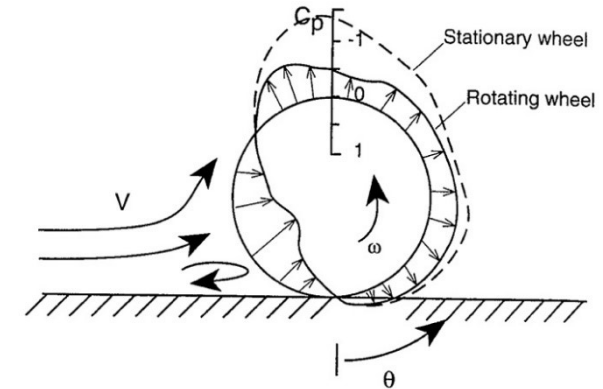
Parametri di influenza delle prestazioni aerodinamiche:

- Angolo di incidenza laterale
- Angolo di incidenza rispetto all'asse x longitudinale al corpo
- Altezza da terra



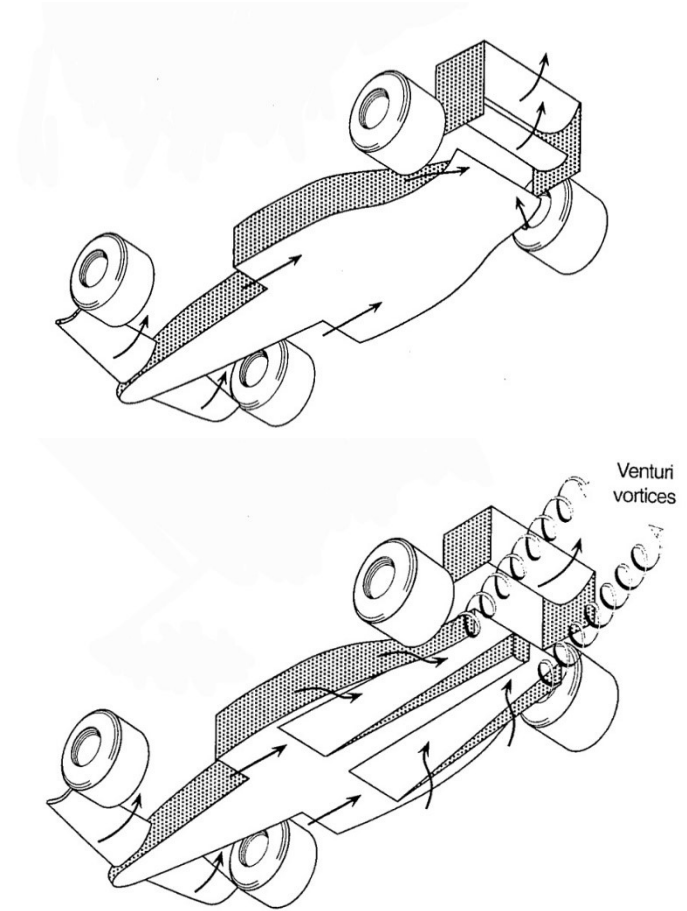
**Obiettivo** → Trovare il miglior bilanciamento possibile tra carico aerodinamico necessario a mantenere la vettura al suolo e resistenza all'avanzamento

- PNEUMATICI →
  - Determinano circa il 40% della resistenza totale della vettura
  - Presentano una zona di ricircolo ad alta pressione in prossimità del punto di ristagno anteriore utilizzata per creare carico aerodinamico
  - Importante gestire le scie turbolente da essi derivanti in quanto influenzano altri componenti della vettura
  
- ALA ANTERIORE →
  - Agisce ad effetto suolo
  - Ha il compito di direzionare le scie e i vortici sul resto del veicolo
  - Uso di *endplates* per generare deportanza
  - Ala multielemento per produrre maggiore *downforce*
  
- ALA POSTERIORE →
  - Proporzioni alari ridotte per garantire lo stallo ritardato
  - Riduce gli effetti sovrasterzanti che renderebbero la vettura instabile
  - *Endplates*, lembo di Gurney, *beam wing*
  - Necessario identificare la corretta posizione ala-vettura



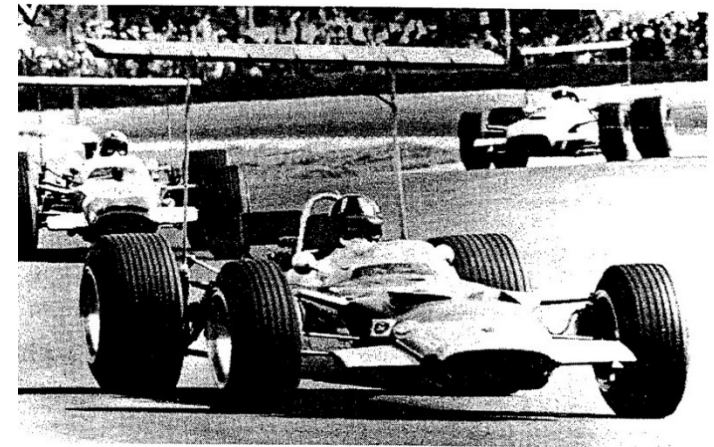
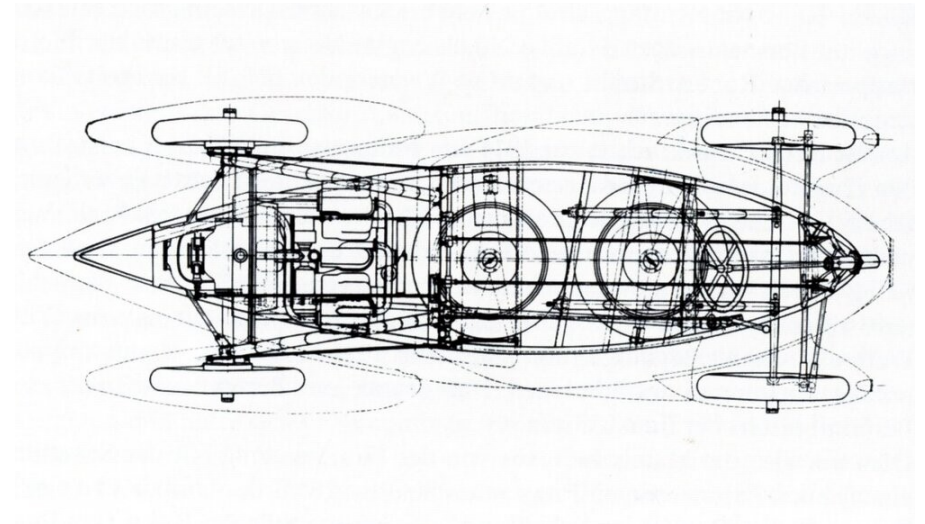
- FONDO →
- **Piatto:** lo scopo è estrarre *downforce* sigillando l'aria a bassa pressione sotto la vettura separandola da quella che scorre esternamente. Nella parte posteriore si ricorre ad una superficie ricurva, chiamato piccolo Venturi, per generare maggiore deportanza
  - **Canali Venturi:** si ricorre a due canali nel sottoscocca che operano ad effetto suolo, in grado di generare valori di deportanza molto elevati per mezzo della differenza di pressione tra la parte superiore ed inferiore della vettura → *porpoising effect*

- FLUSSO INTERNO →
- Importante definire posizione e dimensionamento delle prese di raffreddamento della vettura per controllare i valori del *drag*
  - Il comportamento delle prese d'aria dipende dalla velocità del fluido
  - Le uscite del sistema di alimentazione e raffreddamento possono influire sulle prestazioni del veicolo. Se indirizzate verso zone in cui la separazione è accentuata è possibile intimidire il fenomeno

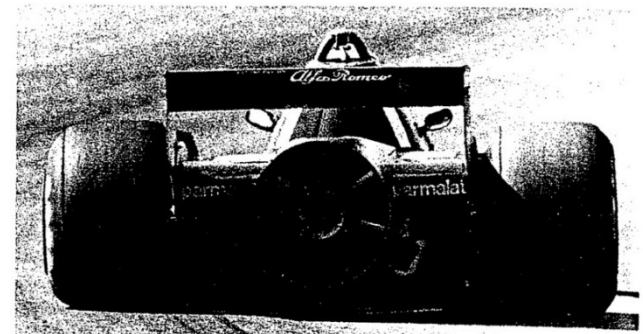
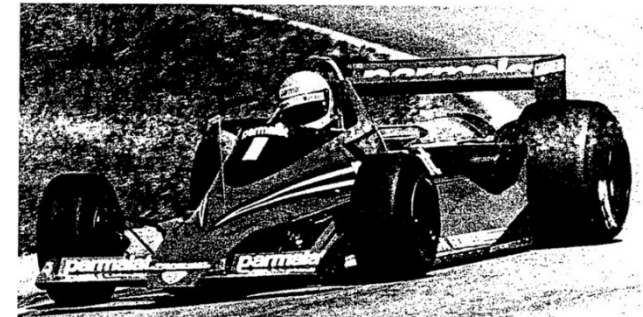
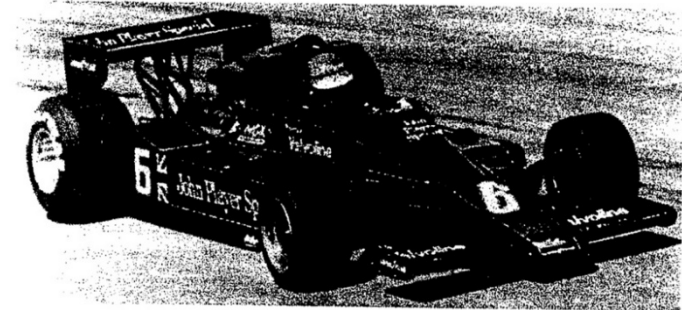




- ✓ 1924 → • Tropfenwagen: sfrutta la forma a goccia affusolata ed allungata per ridurre il *drag* quanto più possibile. A causa dei pesanti costi di realizzazione fu un fallimento per l'epoca.
  
- ✓ Anni '60 → • Aumenta la velocità massima raggiungibile 300 km/h: si innescano instabilità laterali dovute alla portanza positiva
  - Introduzione di regolamenti con limitazioni stringenti in termini di potenza del motore e dimensione delle gomme
  
- ✓ 1965 → • Si cerca di sviluppare deportanza utilizzando ali rovesciate sulla Chaparral 2C
  - Questa tecnica ebbe un tale successo che l'anno a seguire si videro ali rovesciate montate nella parte posteriore della vettura, in posizioni sempre più alte



- ✓ 1977 →
  - Iniziano gli studi dei flussi sul fondo della vettura e perciò negli anni a seguire furono protagonisti: minigonne, fondo e diffusore
  - Appare in F1 la prima auto ad effetto suolo: la Lotus Type 78
  
- ✓ 1978 →
  - Apparvero in F1 le fan car con la Brabham BT46B: era dotata di gonne flessibili per sigillare l'area sotto il motore ed il cambio e di una ventola che aspirava l'aria di raffreddamento e la soffiava nella parte posteriore del veicolo riducendo la bolla di separazione. Ebbero un tale successo che Niki Lauda quell'anno trionfò con uno scarto di 30 secondi e poi fu subito bandita
  
- ✓ 1983 →
  - Fu imposto il fondo piatto
  
- ✓ 2011 →
  - Introduzione del DRS *Drag Reduction System* per facilitare i sorpassi





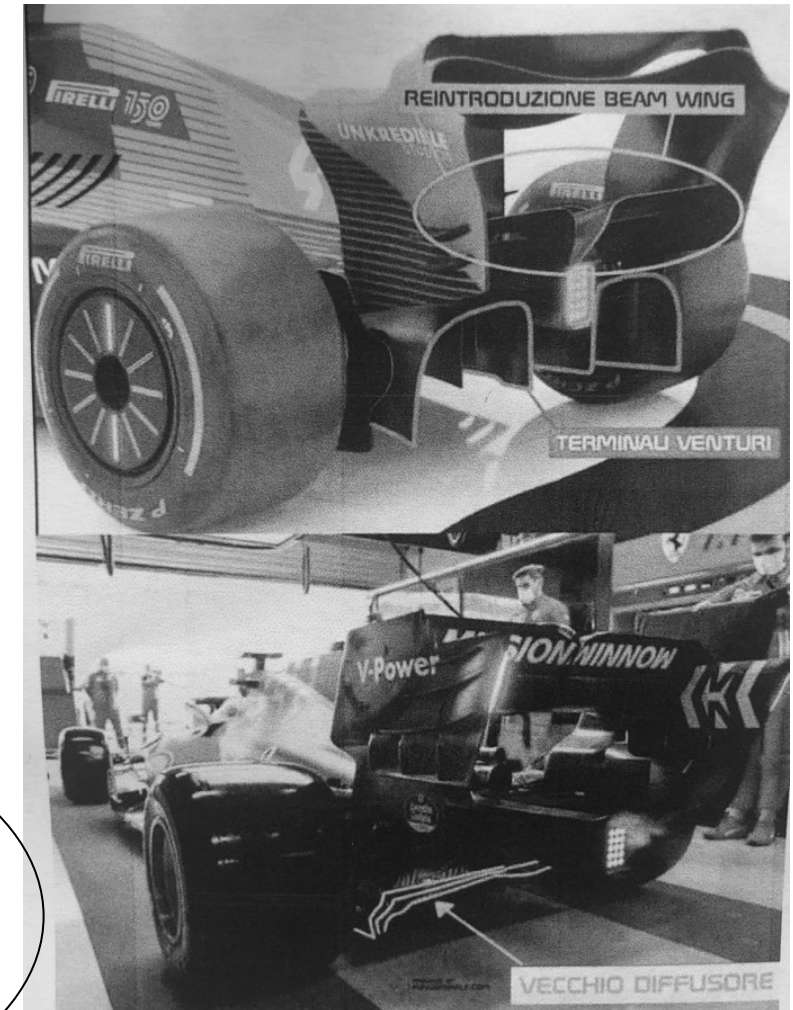
Vediamo di seguito le caratteristiche principali della nuova Ferrari, confrontandola dove possibile con la vettura della scorsa stagione.

## CANALI DI VENTURI

- Sono responsabili di più del 50% del carico totale
- Lavorano ad effetto suolo
- Ottime prestazioni in curva
- *Porpoising effect*

## POSTERIORE

- Uscite del flusso dai canali
- *Beam wing*
- Linee più morbide
- *Main plane* a cucchiaio
- Nuovi piloni





### PNEUMATICI

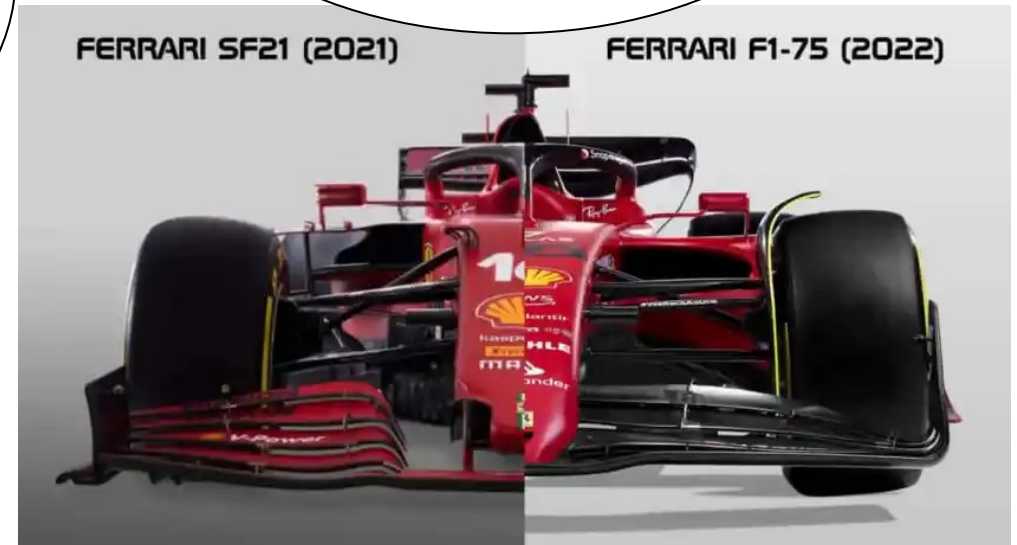
- Gomme da 18'
- Aumento delle dimensioni di pinze, freni, dischi ( ciò fa aumentare la massa della vettura da 795kg a 798kg)
- Nuove *brake ducts* che indirizzano il flusso verso zone soggette a riscaldamento
- Uso dei lenticolari

### ANTERIORE

- I flap convergono direttamente sul muso (no Y250)
- *Endplates* che favoriscono l'*inwash* e l'*upwash*
- Il muso può sporgere dai flap o fermarsi all'ultimo o penultimo flap. Ferrari ha deciso di fermare il musetto a metà del primo flap

FERRARI SF21 (2021)

FERRARI F1-75 (2022)





## FORMA DEL CORPO

- Abbassamento del baricentro spostando i radiatori nelle pance
- *Sidepods* più ampie con superfici verticali lateralmente, mentre superiormente hanno una forma scavata ideale per creare una zona di bassa pressione e quindi potenziare il flusso alla *beam wing*
- Branchie per lo smaltimento del calore e l'energizzazione del flusso



Da quanto detto finora, si è giunti alla conclusione che sono principalmente quattro gli elementi che controllano l'aerodinamica del veicolo: gli pneumatici, il motore, il telaio (quindi scocca, ali) e ovviamente il pilota. Il miglioramento anche di uno solo di questi porta vantaggi ad una qualunque vettura sul campo.

Se inizialmente la chiave per lo sviluppo delle prestazioni veniva vista nella meccanica, ben presto ci si accorse di come fosse l'aerodinamica la scienza che maggiormente influenzava le *performance* della monoposto, definite in termini di tempi sul giro. Ciò è stato permesso grazie all'evoluzione in parallelo di strumenti di ricerca posti nelle mani di tecnici ed ingegneri, che, se continueranno ad essere sfruttati al meglio, permetteranno di inseguire la strada della perfezione meccanica ed aerodinamica.