

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale
«Analisi cinematica di un diffusore mobile per autovetture»

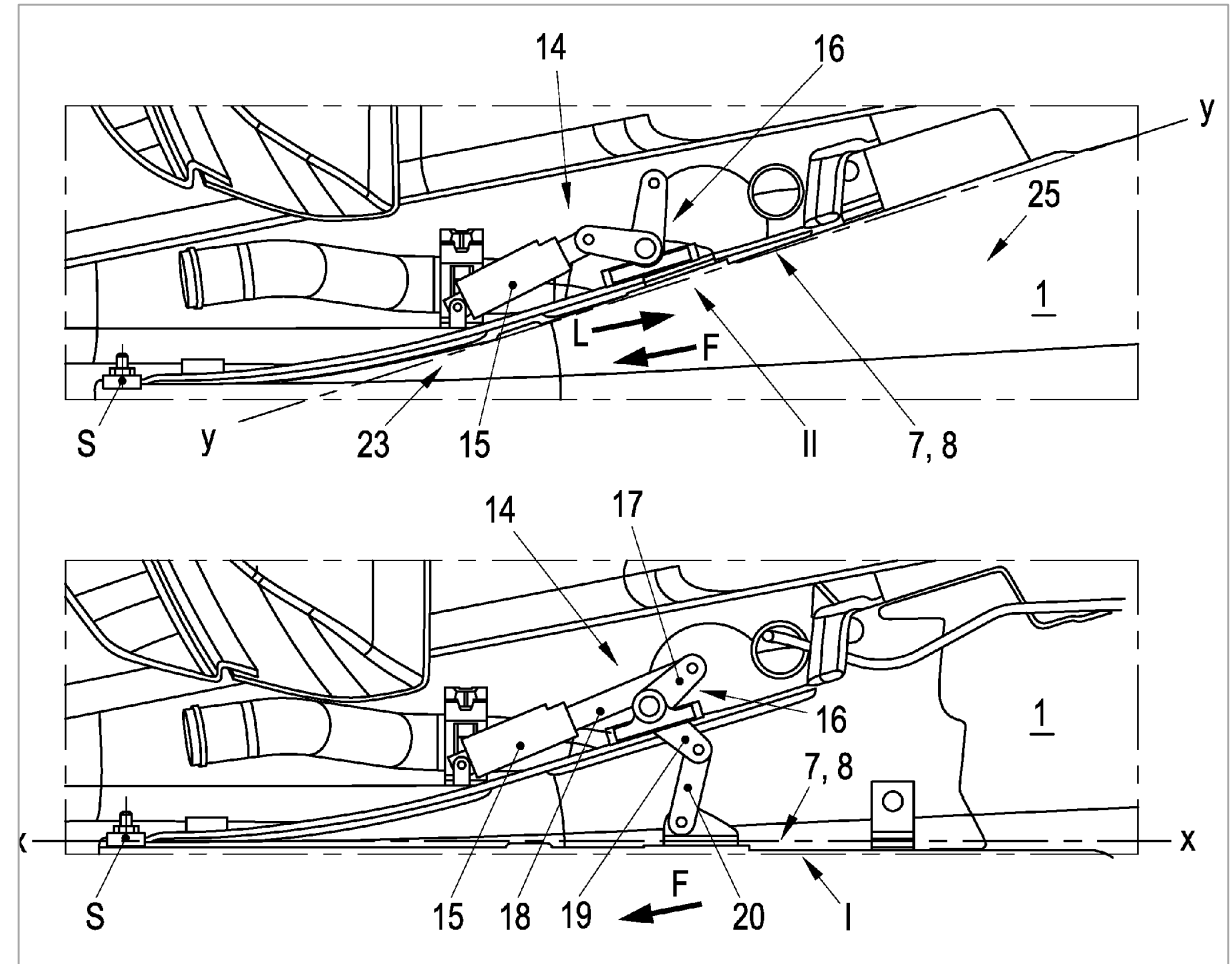
Tutor universitario: Prof. Matteo Massaro

Laureando: *Perissinotto Filippo 2072405*

Padova, 18/09/2025

Il seguente elaborato tratta lo studio del meccanismo brevettato riportato a fianco. Si tratta di un diffusore anteriore installato nel sottoscocca di autovetture sportive.

Tale meccanismo, tramite la spinta fornita da un attuatore lineare posizionato sul movente (15+18), movimentata una superficie aerodinamica (7) che può assumere la posizione «chiusa» ed «aperta» a seconda della velocità di marcia e delle condizioni ottimali di guida.



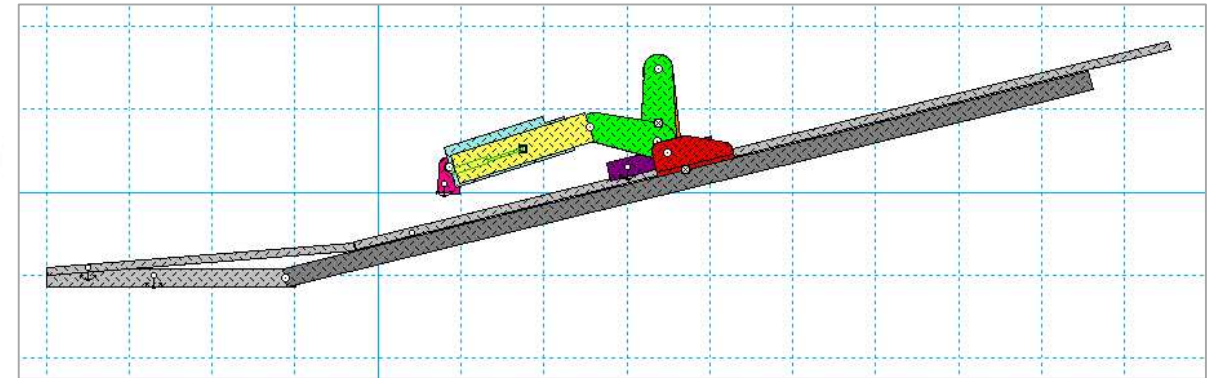
brevetto US-2013257093_A1

Il sistema è composto da 2 diffusori identici posizionati nella parte anteriore del sottoscocca.

Inoltre si può notare la presenza di diverse appendici aerodinamiche che contribuiscono ad avere un flusso d'aria ottimale.

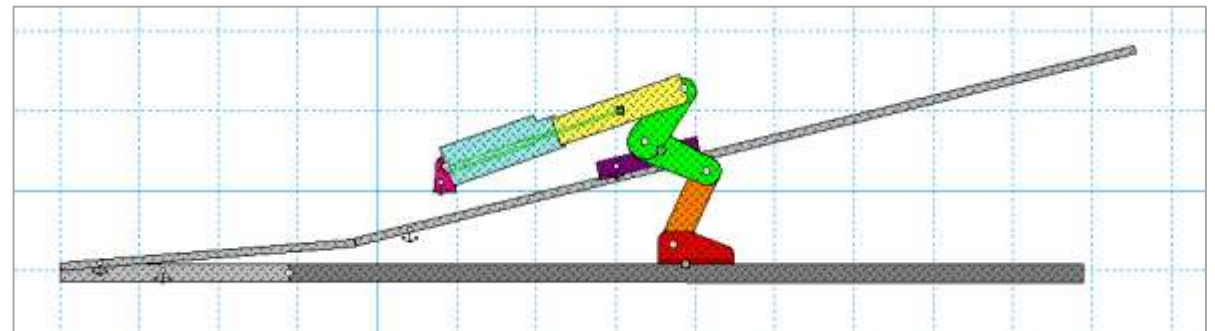


Configurazione «chiusa»:
favorisce un **minor consumo di carburante**
grazie ad un **minor coefficiente di resistenza**
(Drag), unito ad una **modesta deportanza**
(Downforce).



Working Model 2D

Configurazione «aperta»:
Permette di ottenere il **massimo valore di**
deportanza e stabilità allo scopo di
raggiungere le prestazioni ottimali nell'uso
sportivo.



Working Model 2D

Dal selettore posizionato sul volante è possibile scegliere tra le diverse modalità di guida, tra cui la configurazione «**Hot Lap**» nella quale si hanno le massime performance della vettura inclusa la **PAA** (Porsche Active Aereodynamics). Cliccando il pulsante rosso si movimentata il **meccanismo di flap**, oggetto di studio in questa presentazione.



Catalogo Porsche 918 Spyder



Catalogo Porsche 918 Spyder

L'obiettivo di questo studio è stata l'analisi cinematica del meccanismo tramite formule analitiche (con l'uso del software Matlab) e la successiva comparazione dei risultati forniti dal software Working model 2D.

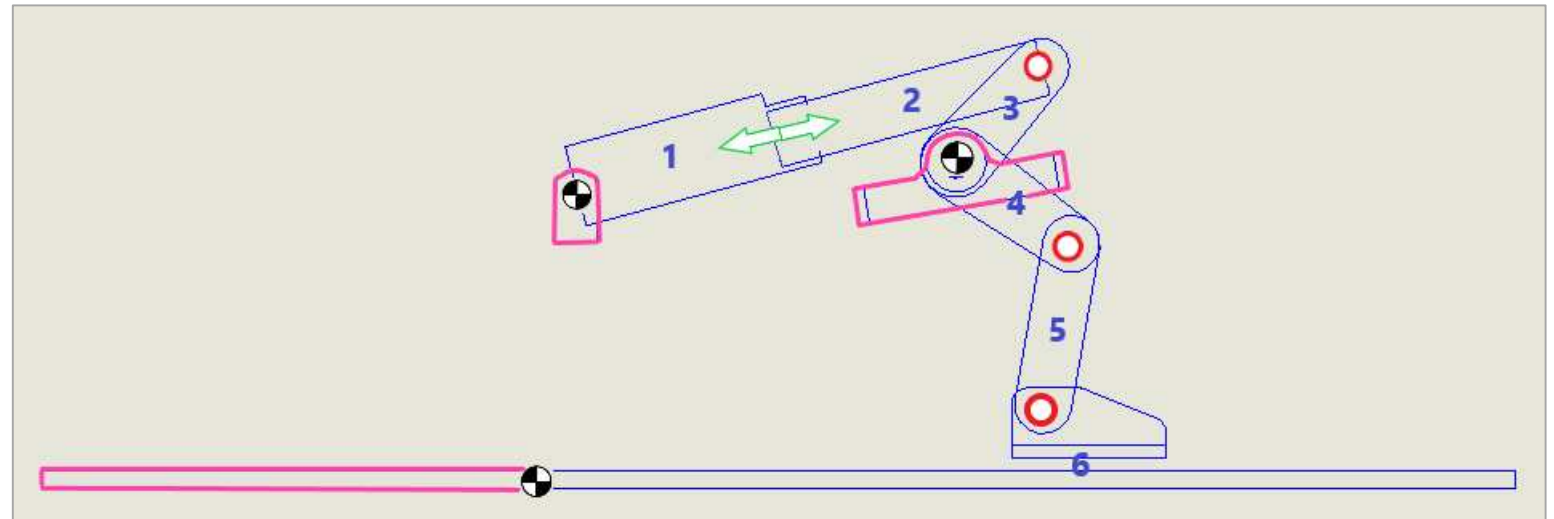
Innanzitutto si è verificato che il meccanismo fosse ad un grado di libertà utilizzando l'equazione di Grübler:

$$n = 3 \times (6 - 1) - 2 \times 6 - 2 \times 1 = 1 \text{ gdl}$$

Nello studio cinematico è stato usato il metodo del poligono di chiusura per trovare le equazioni di posizione e velocità dei vari punti e/o membri.

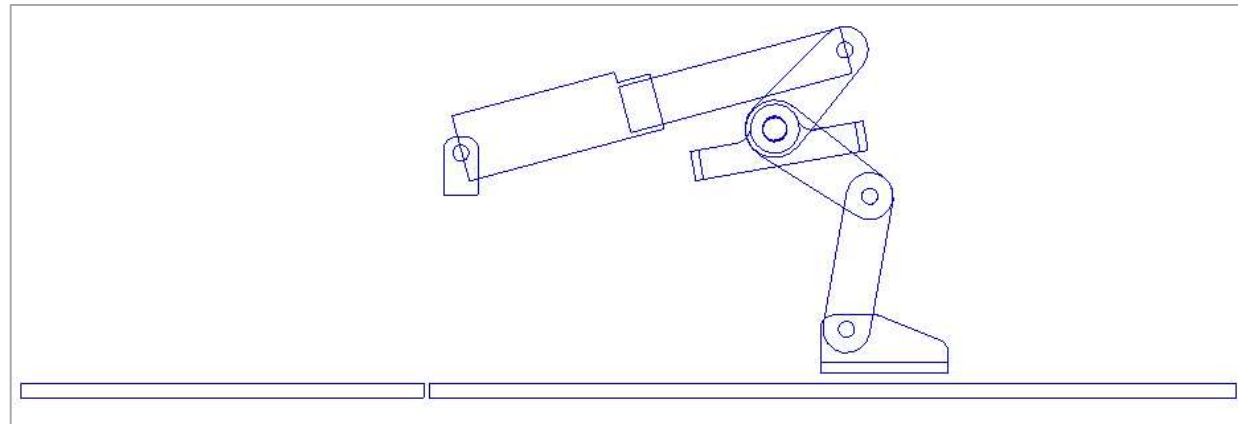
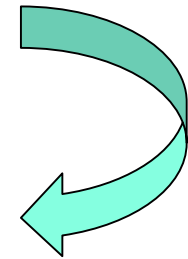
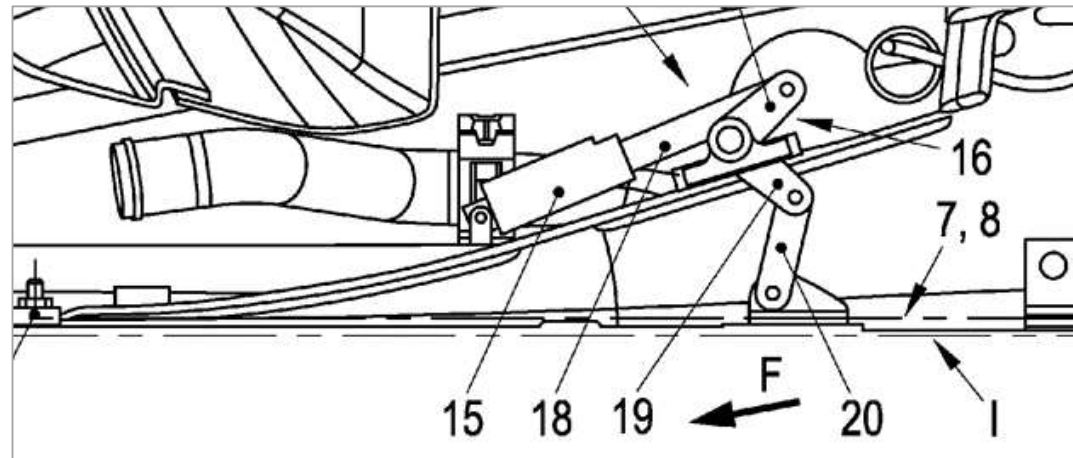
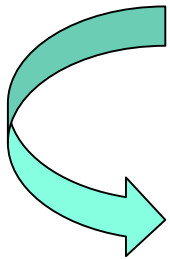
Fattori regola di Grübler:

- ❖ 3 coppie rotoidali fisse a telaio
- ❖ 1 coppia prismatica
- ❖ 3 coppie rotoidali
- ❖ 6 membri



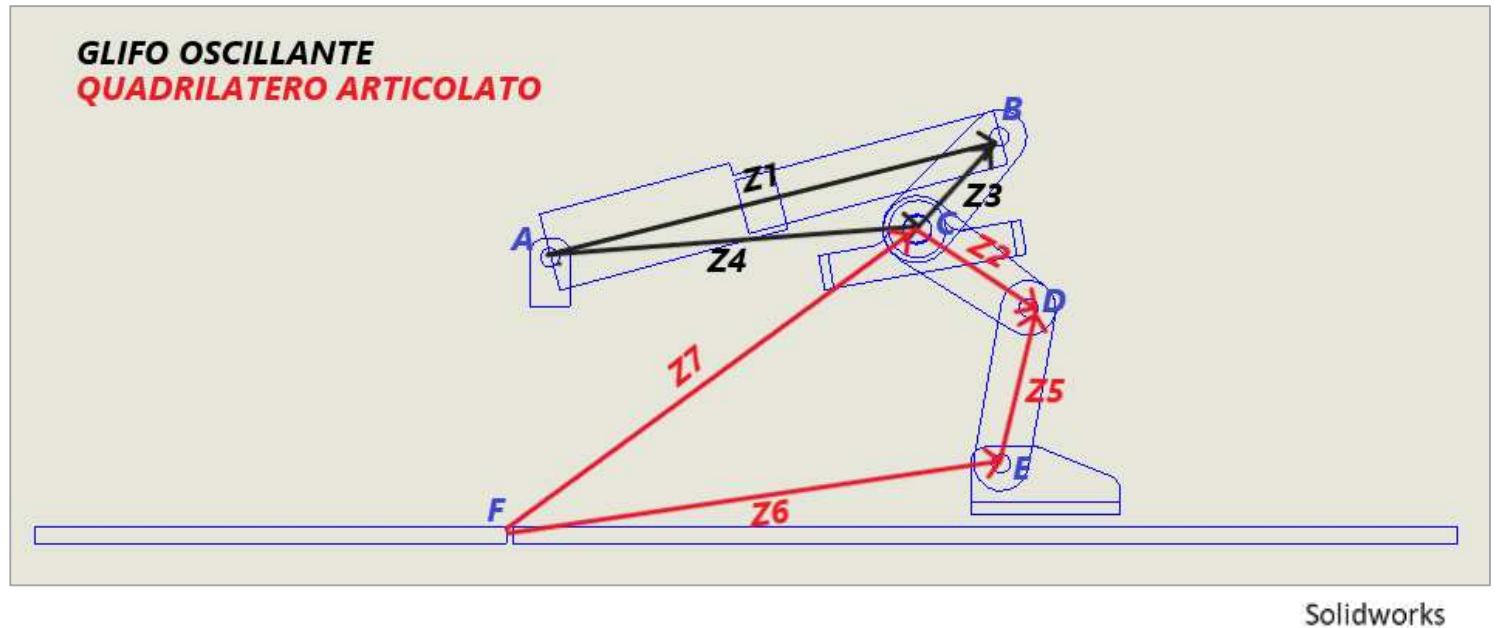
Solidworks

Partendo dallo schema del brevetto si è ricavato in Solidworks un disegno dell'intero meccanismo da cui si sono misurati tutti i valori riguardanti la geometria. (es. lunghezza membri, angoli noti, ecc.)



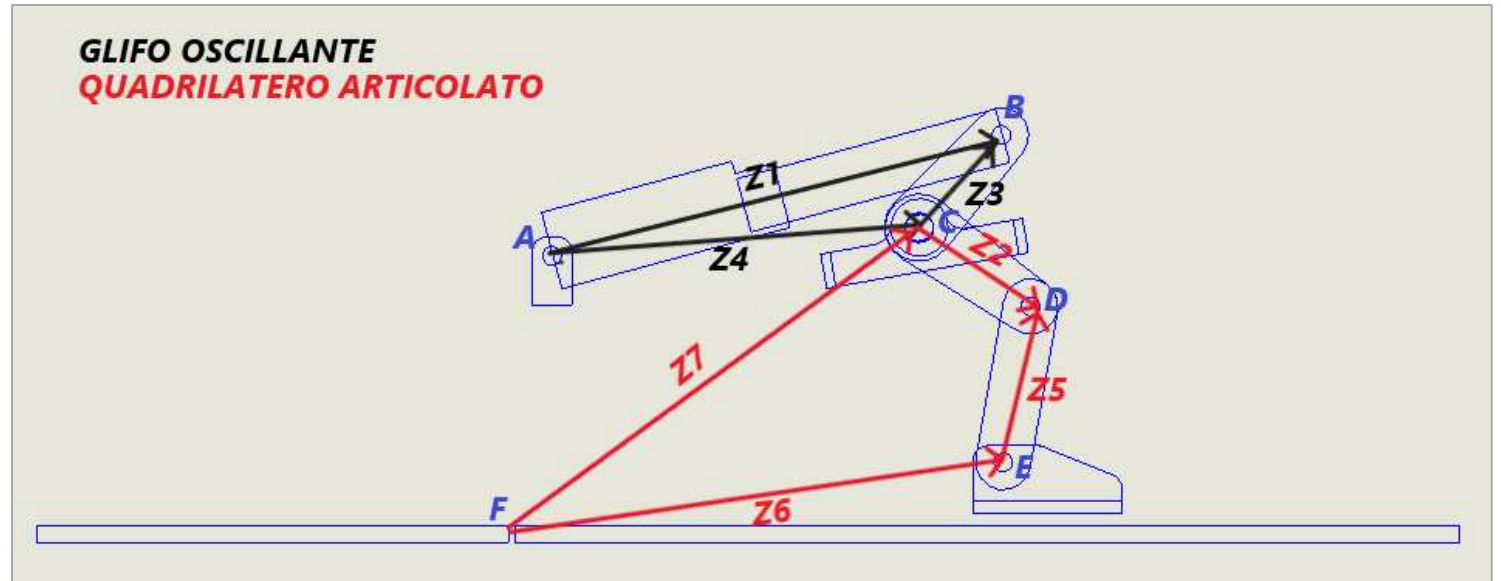
I vettori Z_1, Z_3 e Z_4 formano un glifo oscillante.

La risoluzione permette di ricavare il moto del membro (17+19) che funge da collegamento al quadrilatero articolato formato dai vettori Z_2, Z_5, Z_6 e Z_7 .



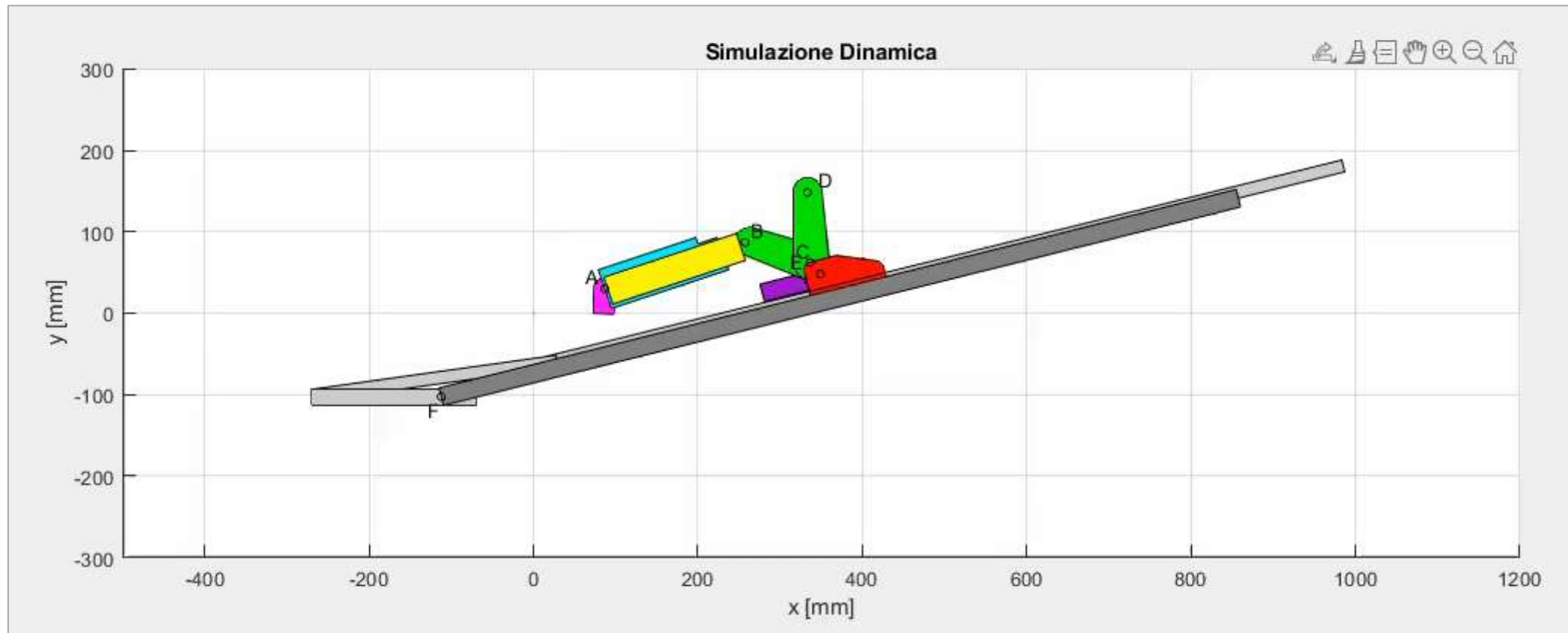
Attraverso l'analisi del quadrilatero è possibile ricavare il moto del flap mobile in relazione all'unico movente dell'intero meccanismo, ovvero l'attuatore lineare (15+18).

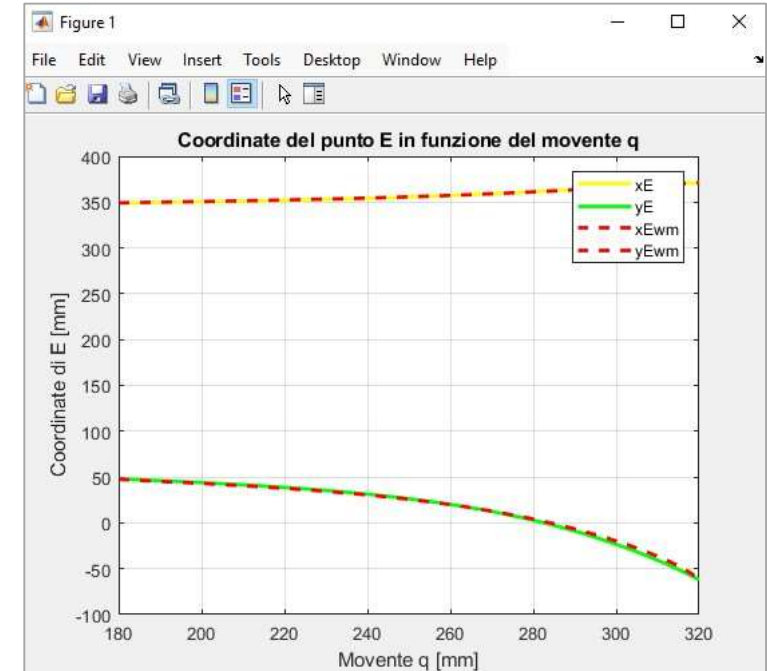
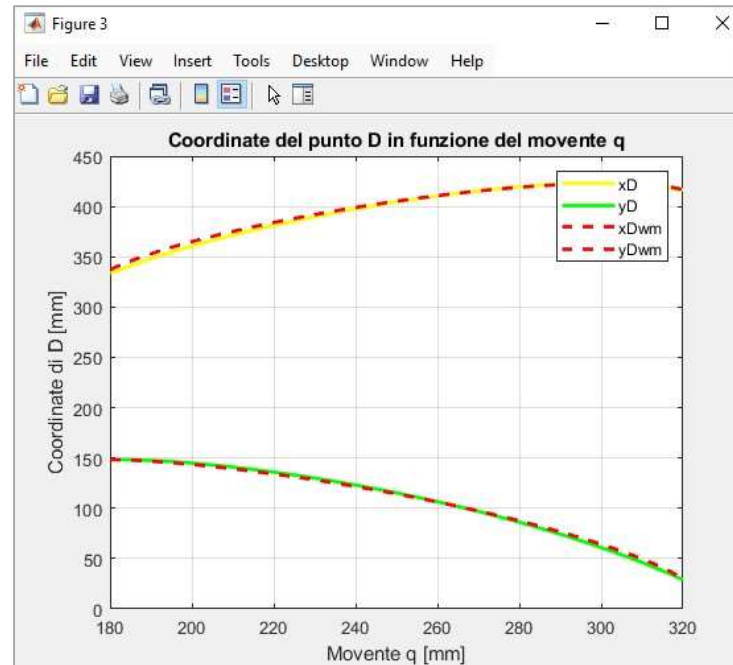
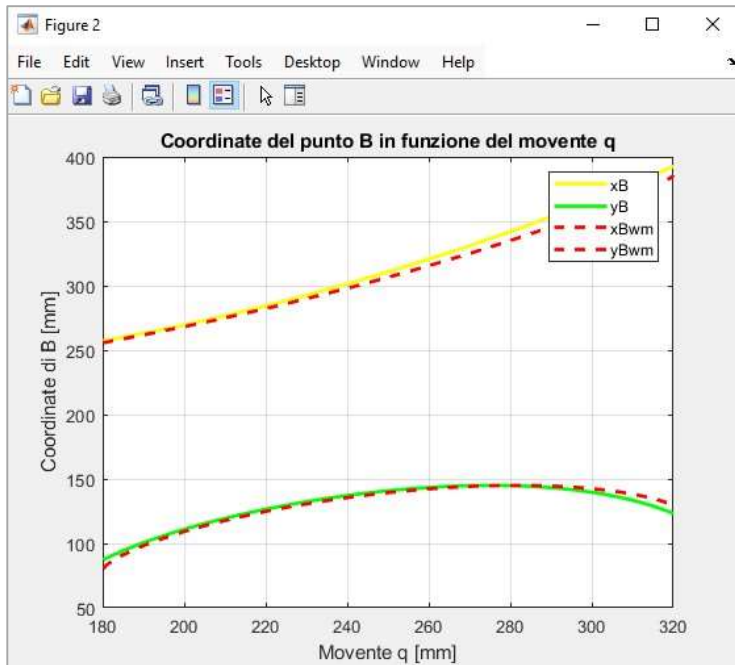
Si noti che i membri 17 e 19 sono solidali tra loro, corrispondenti ai vettori Z_2 e Z_3 .



Solidworks

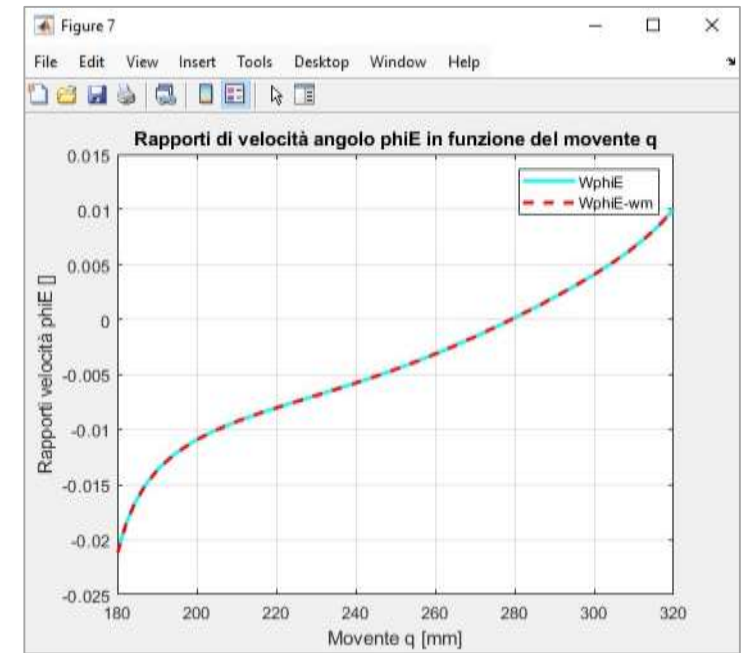
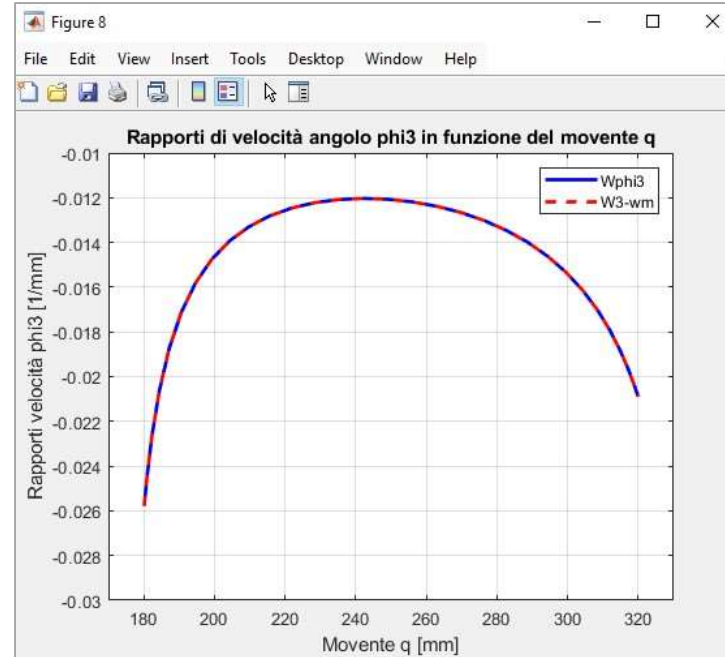
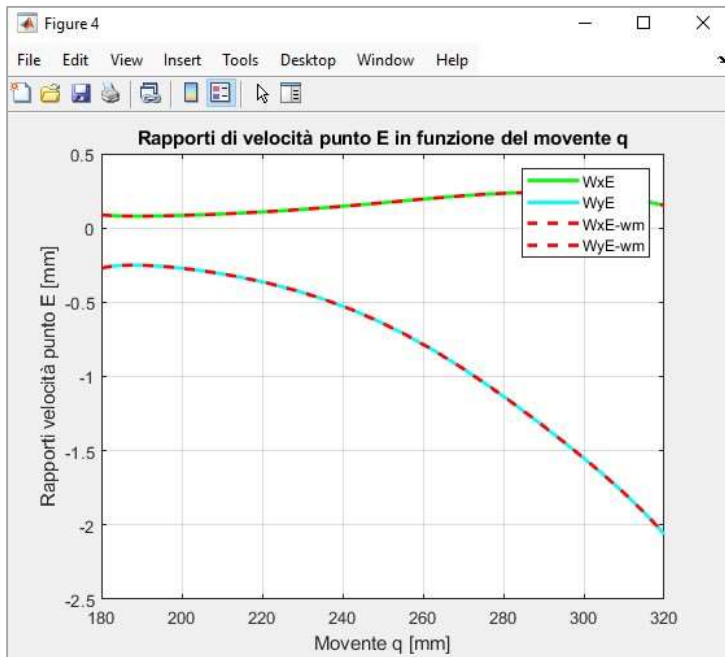
È stata creata una simulazione dinamica in Matlab per comprendere meglio il funzionamento del meccanismo, analizzando il movimento di ciascun membro.





I grafici sopra riportati mostrano l'andamento della posizione dei punti cruciali del meccanismo.

Come si può notare i grafici ricavati in Matlab coincidono con quelli esportati da Working model 2D.



I grafici sopra riportati mostrano l'andamento dei rapporti di velocità dei punti e/o angoli cruciali del meccanismo.

Inoltre è possibile osservare che il meccanismo non raggiunge mai punti morti e/o configurazioni singolari durante il movimento.

Non avendo a disposizione dati ufficiali sul carico aerodinamico sviluppato dal meccanismo, si considera circa $1/5$ del carico aerodinamico complessivo.

Porsche dichiara un carico aerodinamico totale di 860 kg a 285 km/h per quanto riguarda la 911 gt3rs, vettura molto simile alla 918 spyder con la quale condivide l'aerodinamica attiva.

Si è quindi considerato un valore di deportanza di circa 1700 N.



Porsche 918 spyder



Porsche 911 gt3 rs

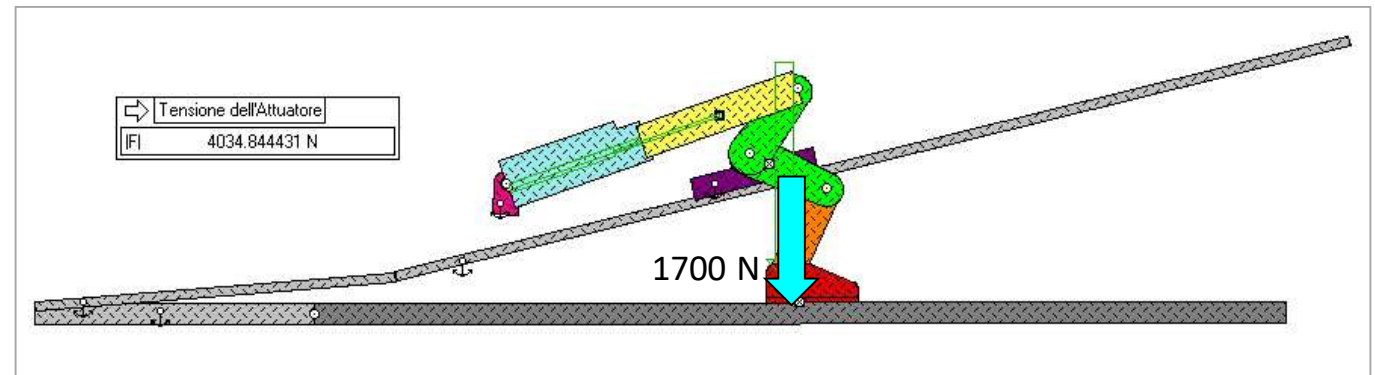
Infine si è applicato il principio dei lavori virtuali per trovare la forza sul movente che consente di mantenere il sistema in equilibrio, ipotizzando una forza verticale di 1700 N.

$$S^T W = 0^T$$

La forza sopra citata rappresenta l'azione del flusso d'aria e comporta, come si può vedere a lato, una forza al movente considerevole.

→	Tensione dell'Attuatore
FI	4034.844431 N

Valore ottenuto in WM2D



```
Command Window
>> PLV
la tensione sul movente dovuta alle forze e momenti ipotizzati è 4034.84 N
fx >>
```

Valore ottenuto in Matlab

Il meccanismo viene introdotto principalmente nei veicoli sportivi per incrementare il valore di deportanza alle alte velocità, presenta poi una serie di vantaggi quali:

- Ingombri minimi nella configurazione «chiusa»
- Un'ampia superficie aerodinamica
- Singolo attuatore per movimentare l'intero meccanismo
- Totalmente integrato nel sottoscocca della vettura
- Contribuisce a migliorare il flusso d'aria e la ventilazione dell'impianto frenante

Si potrebbero sfruttare punti morti e configurazioni singolari del meccanismo per ridurre gli sforzi dell'attuatore e allungare la vita del componente

Inoltre si potrebbe aggiungere la possibilità di regolare il flap ad inclinazioni intermedie così da ottenere differenti valori di deportanza e stabilità.



- Per la realizzazione del meccanismo si è fatto riferimento agli schemi e descrizioni del brevetto US-2013257093_A1
- Per l'implementazione del meccanismo in Matlab e per la simulazione si è preso spunto dai file «Meccquadrilatero-20230704» forniti dal Tutor
- Per ricavare le formule analitiche e altre equazioni utili è stato usato il libro: Meccanica applicata alle macchine di Matteo Massaro e Giulio Rosati
- Per l'ipotesi di carico aereodinamico si è fatto riferimento al documento PAG-911-GT3-RS-EN (pagina 11)

GRAZIE PER L'ATTENZIONE