

# Ottimizzazione CFD di un sistema di raffreddamento automobilistico

---

Relatore:

Prof. Marco Evangelos Biancolini

Candidato:

Andrea Contursi

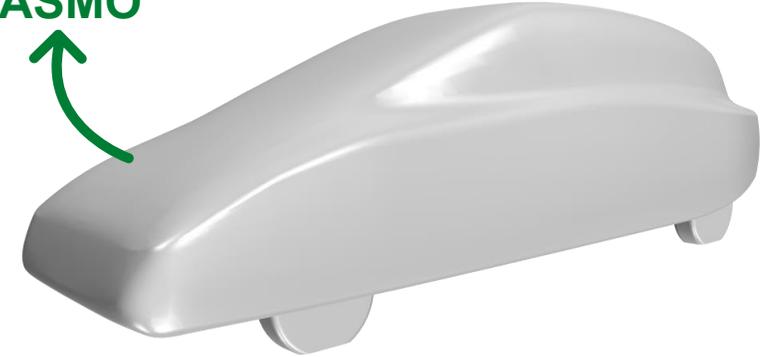
Correlatore:

Ing. Ubaldo Cella

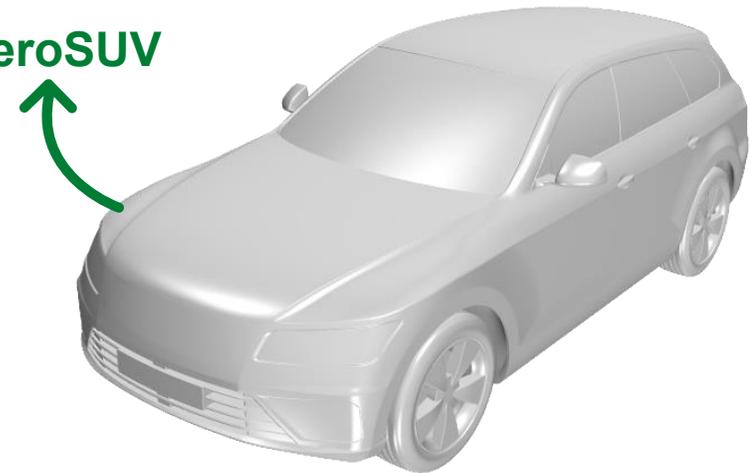
# Introduzione

1. Creazione di un workflow di ottimizzazione fluidodinamica accoppiando la tecnica di mesh morphing per la parametrizzazione della geometria con il solver CFD commerciale STAR-CCM+
2. Creazione di un modello CFD per le prove in galleria del vento del modello **ASMO** e studio parametrico della sua geometria
3. Creazione di un modello CFD di un sistema di raffreddamento automobilistico proposto da Volvo, applicato al modello **AeroSUV** e ottimizzazione di forma del canale di aspirazione

**ASMO**



**AeroSUV**

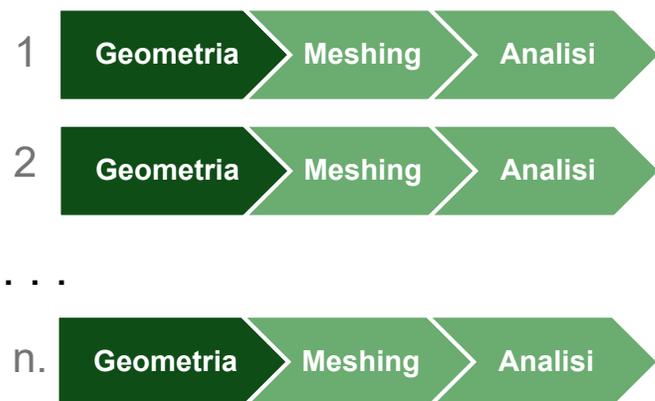


# Radial basis function e mesh morphing

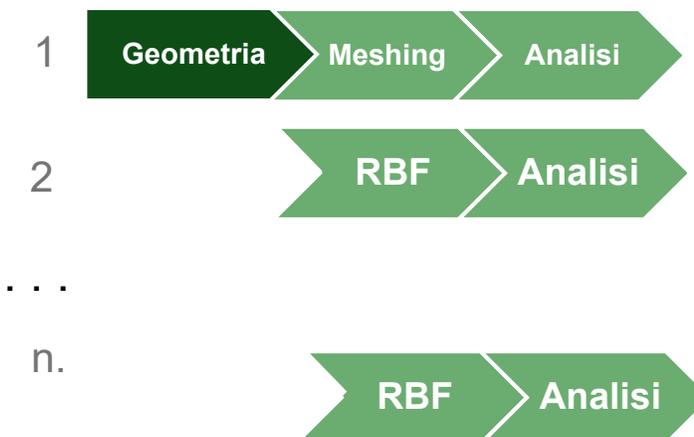
$$\begin{cases} s^x(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m \gamma_i^x \varphi(\|\mathbf{x}_{s_i} - \mathbf{x}_{s_j}\|) + \beta_i^x + \beta_2^x x + \beta_3^x y + \beta_4^x z \\ s^y(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m \gamma_i^y \varphi(\|\mathbf{x}_{s_i} - \mathbf{x}_{s_j}\|) + \beta_i^y + \beta_2^y x + \beta_3^y y + \beta_4^y z \\ s^z(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m \gamma_i^z \varphi(\|\mathbf{x}_{s_i} - \mathbf{x}_{s_j}\|) + \beta_i^z + \beta_2^z x + \beta_3^z y + \beta_4^z z \end{cases}$$

- ✓ Veloci ed affidabili
- ✓ Mesh-less
- ✓ Remeshing non necessario
- ✓ Fortemente parallelizzabili

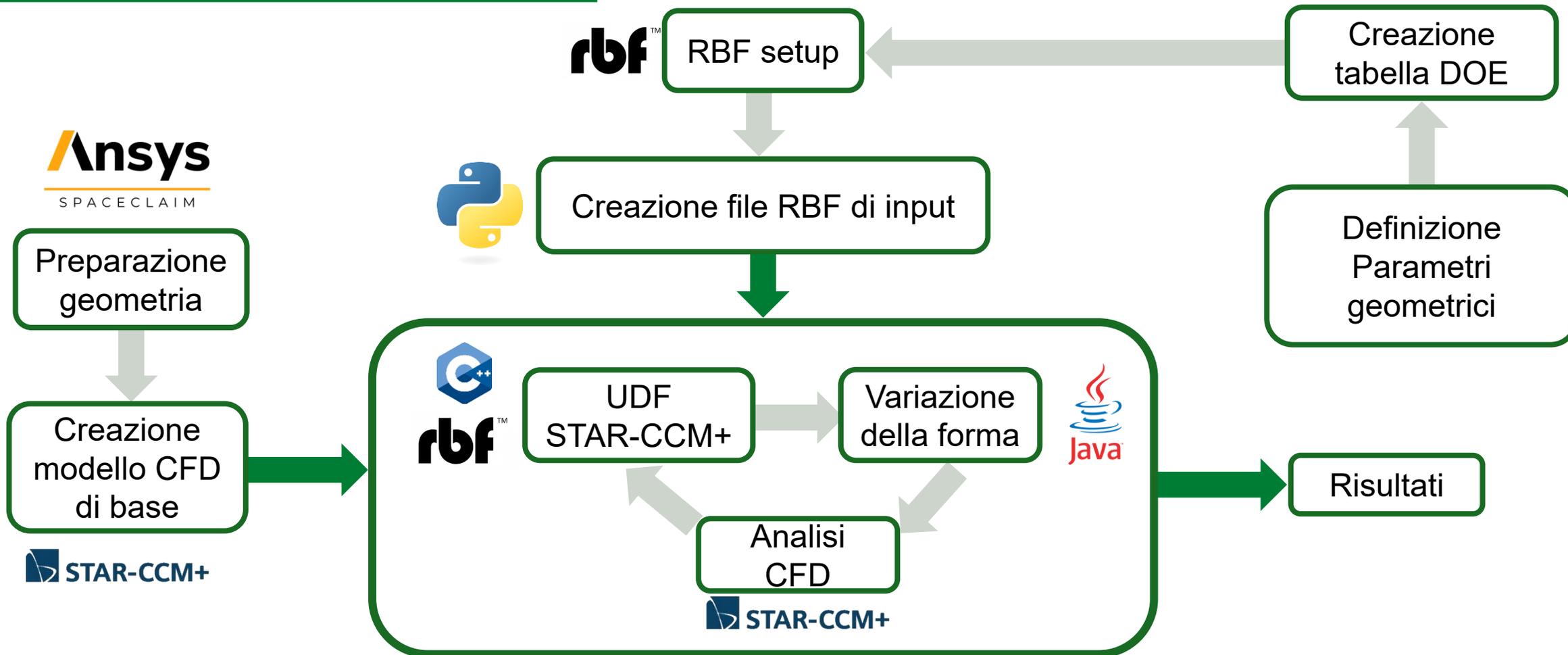
Processo di ottimizzazione tradizionale



Processo di ottimizzazione con RBF Morph



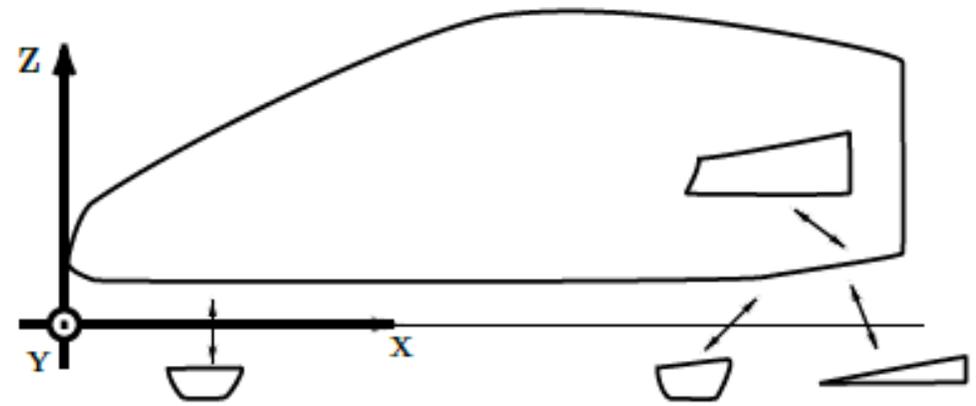
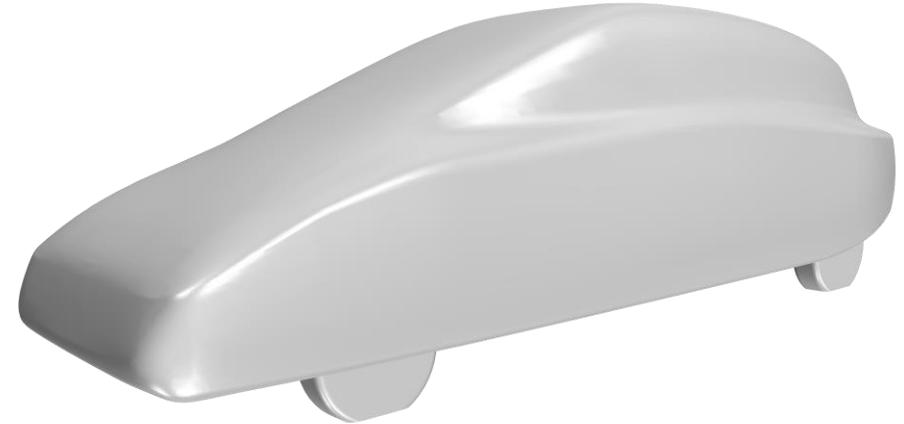
# Workflow



# ASMO

**ASMO** (Aerodynamisches Studien Modell), modello creato intorno agli anni 60 dal gruppo Daimler- Benz, caratteristiche geometriche:

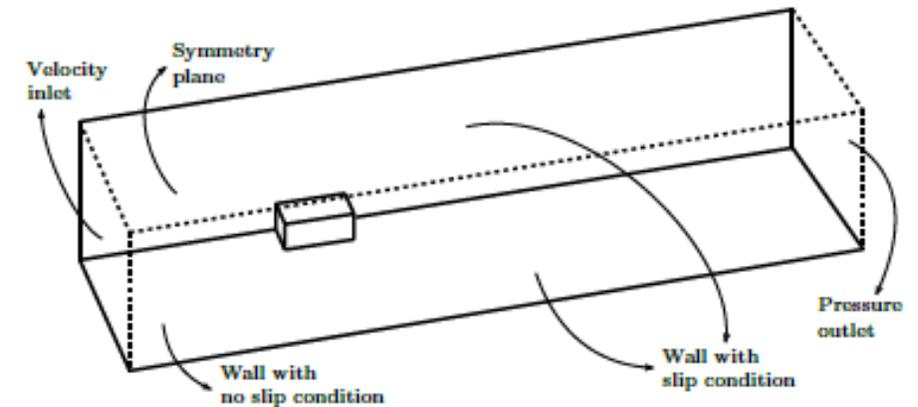
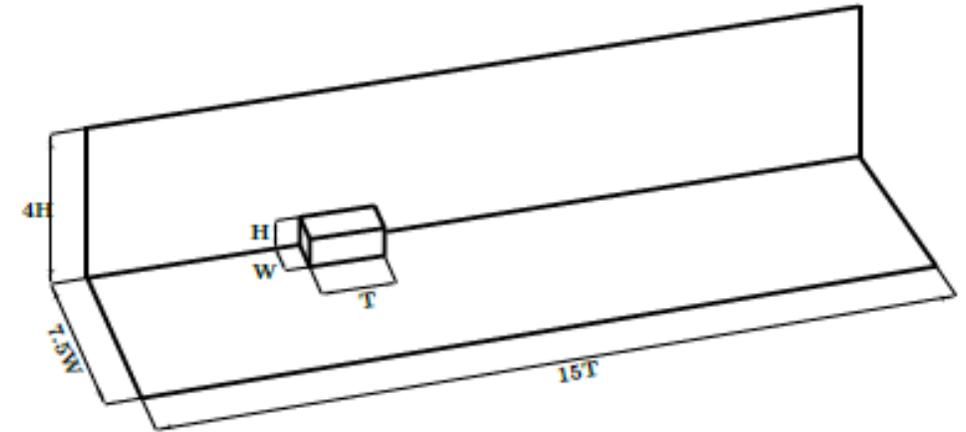
<b>Area frontale</b>	0.062 m <sup>2</sup>
<b>Interasse</b>	0.540 m
<b>carreggiata</b>	0.220 m
<b>Lunghezza</b>	0.810 m
<b>Altezza da terra</b>	0.0335 m



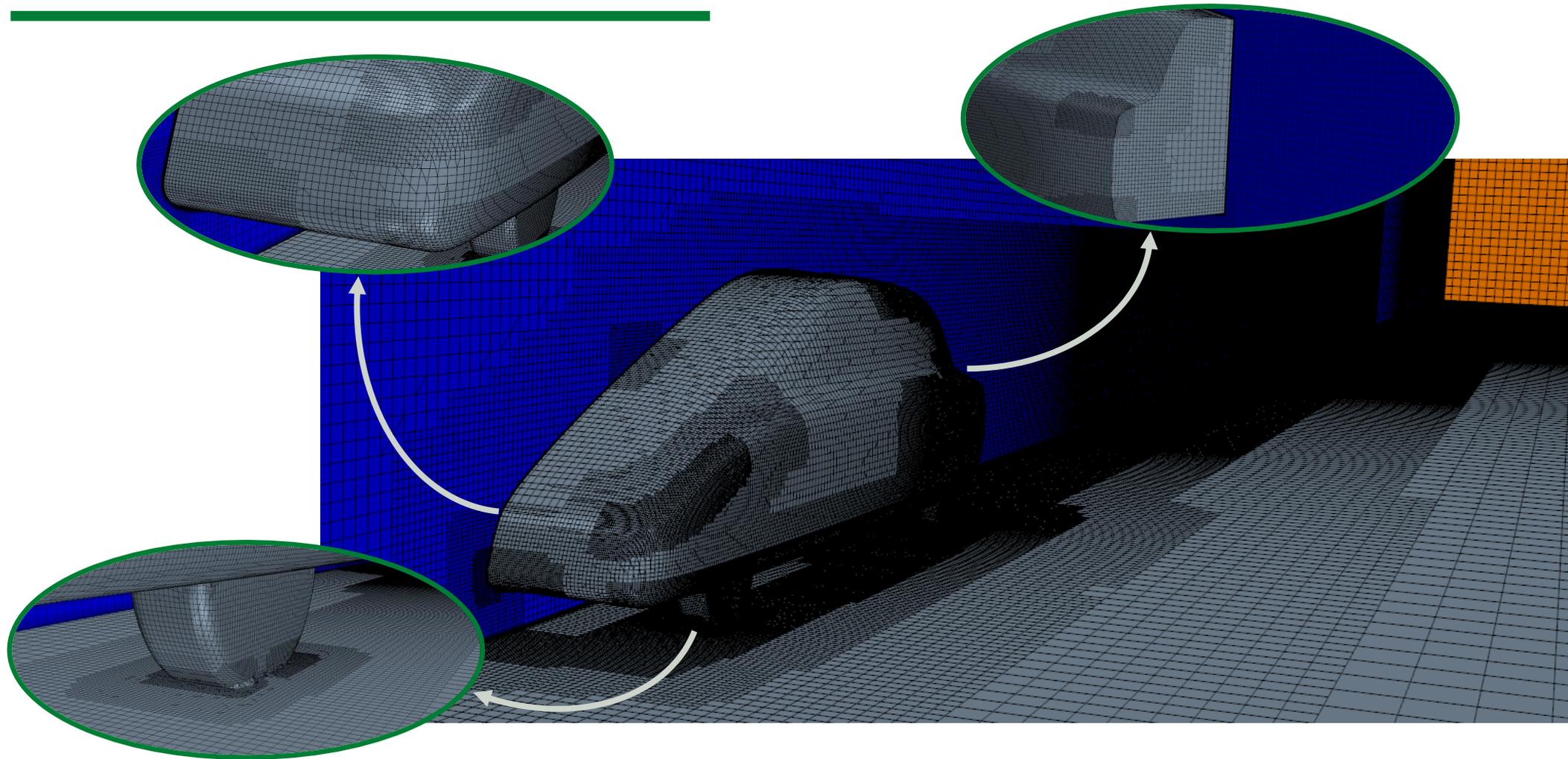
# Dominio e setup analisi

Celle di volume	2.514.639
Tipologia di analisi	Stazionario 3D RANS
Solver	Segregated flow implicit
Modello di turbolenza	k- $\epsilon$

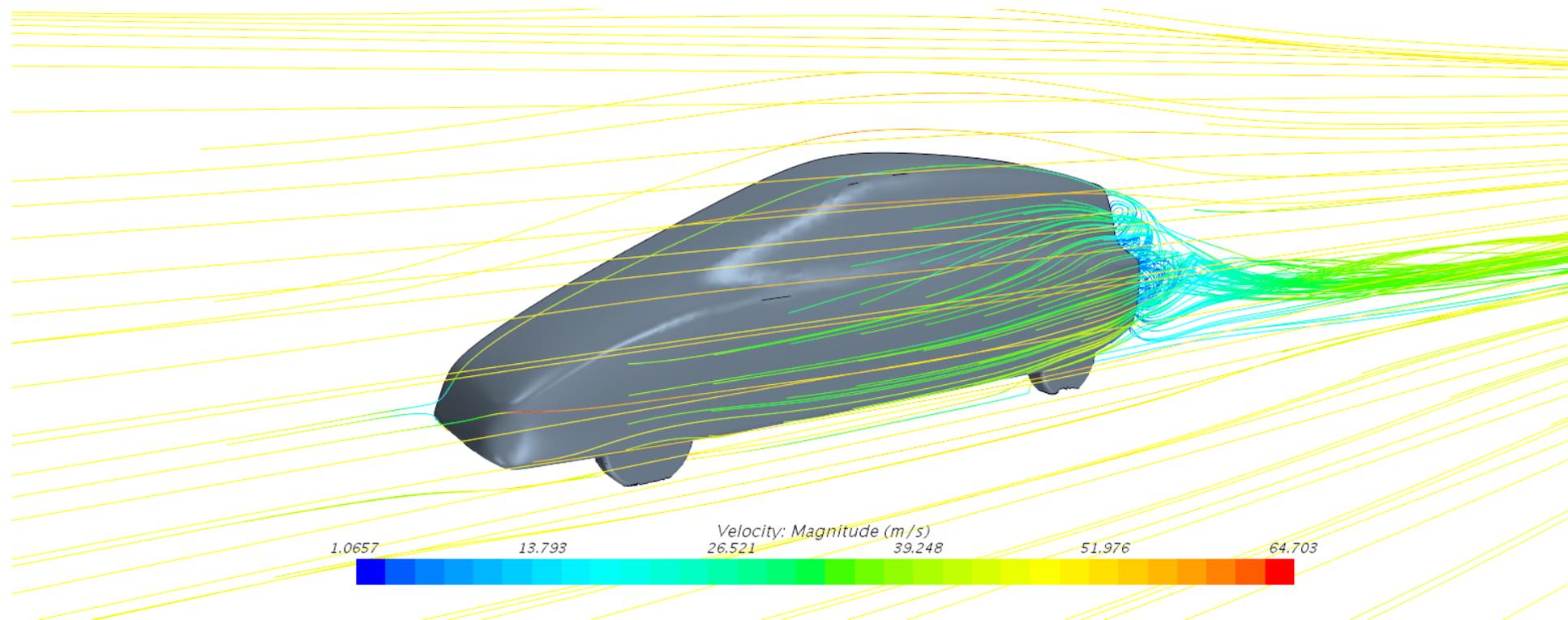
- Velocità 50 m/s
- Condizione al contorno di simmetria per ripristinare la geometria originale



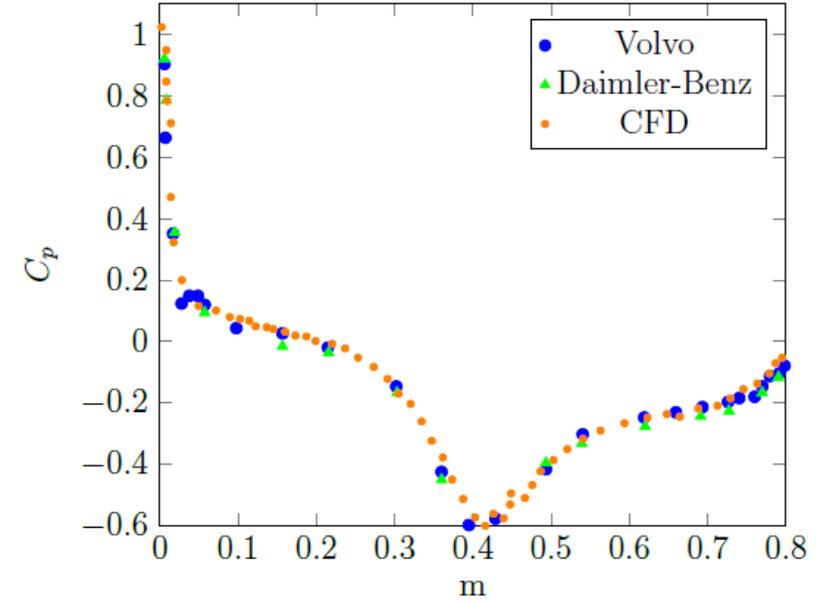
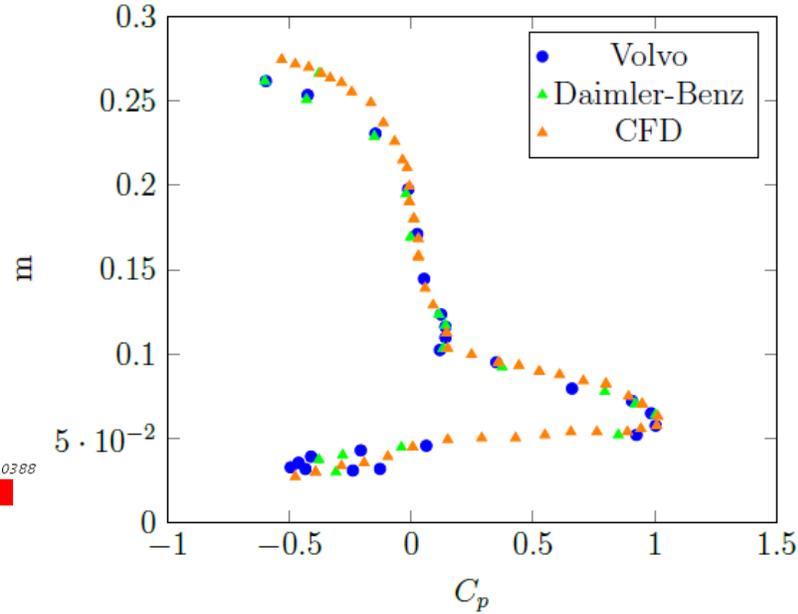
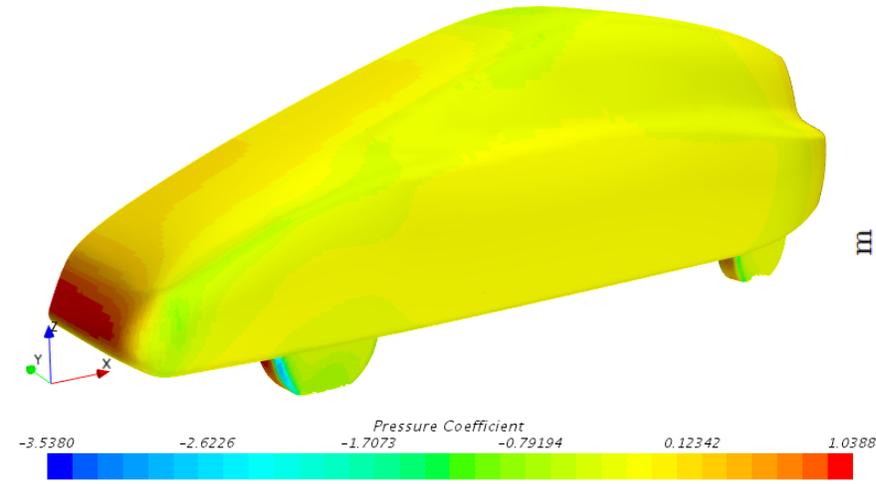
# Mesh



# Risultati analisi CFD (streamlines di velocità)

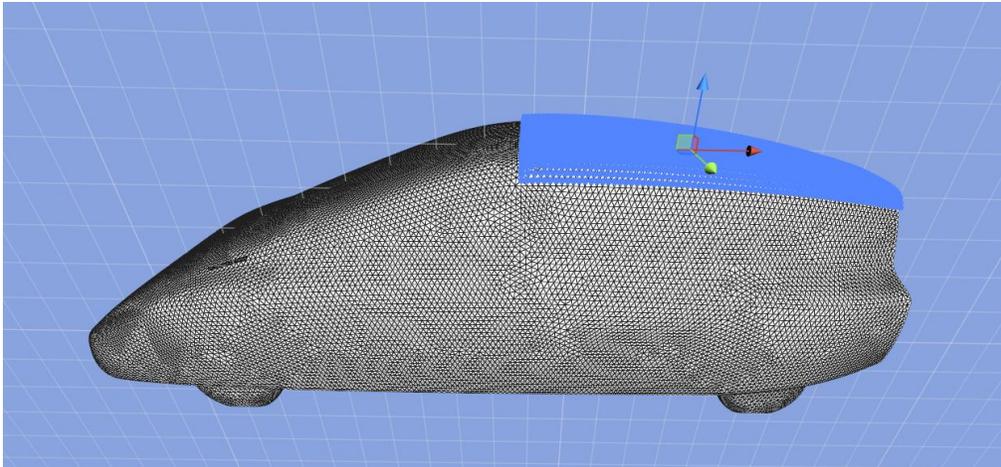


# Comparazione risultati sperimentali

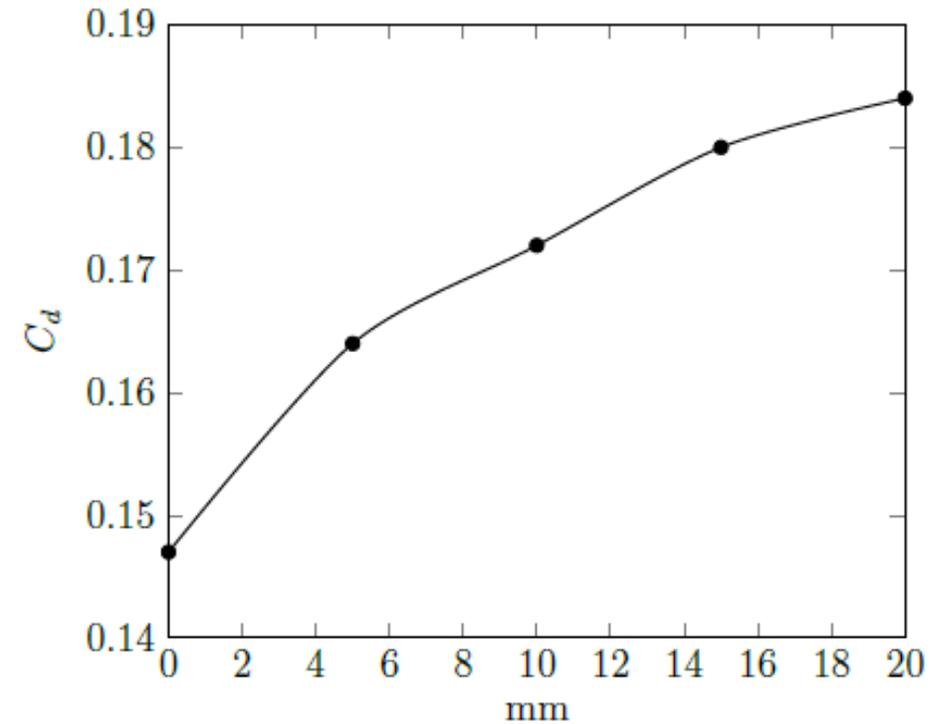


Volvo	Daimler-Benz	CFD
0.158	0.153	0.147

# Analisi parametrica – curvatura tetto



Spostamento tetto (mm)	Coefficiente di drag
0	0.147
5	0.164
10	0.172
15	0.180
20	0.184



Variando la curvatura del tetto si avrà un aumento del coefficiente di drag



# AeroSUV

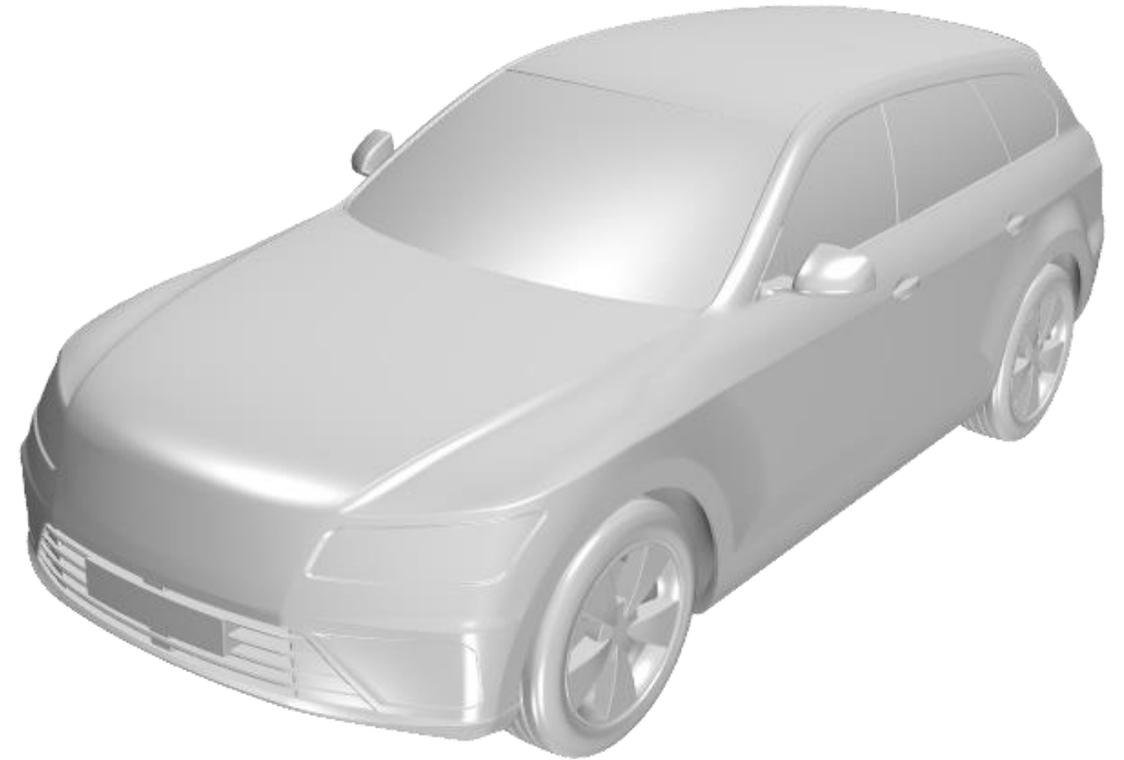
Modello nato dalla necessità di estendere il concetto di **DrivAer** anche al mondo dei SUV, caratteristiche geometriche:

<b>Lunghezza</b>	4.619 m
------------------	---------

<b>Larghezza</b>	1.828 m
------------------	---------

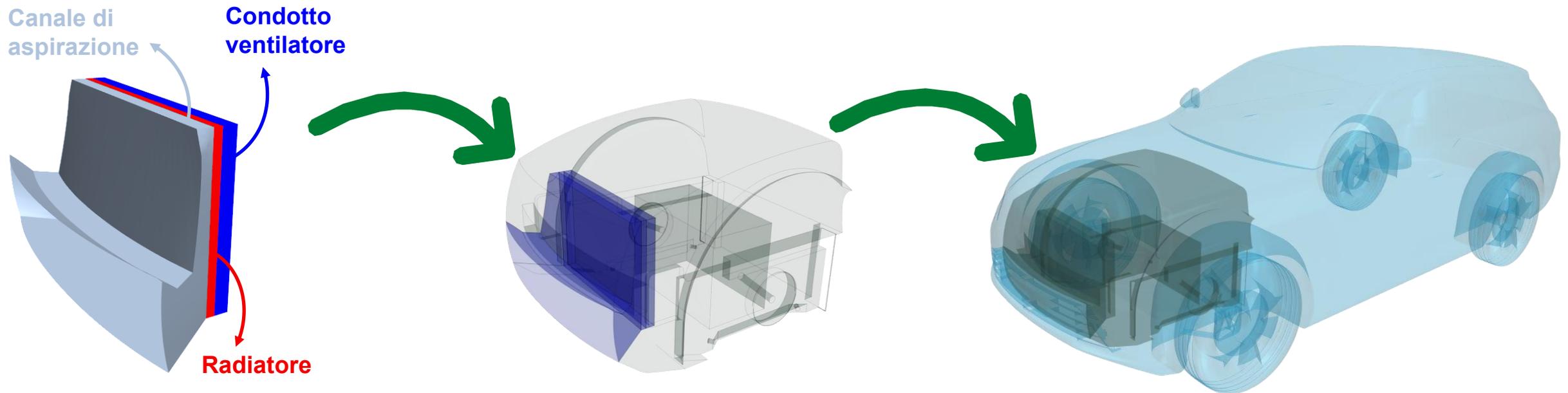
<b>Interasse</b>	2.786 m
------------------	---------

<b>Carreggiata</b>	1.552 m
--------------------	---------



# Sistema di raffreddamento

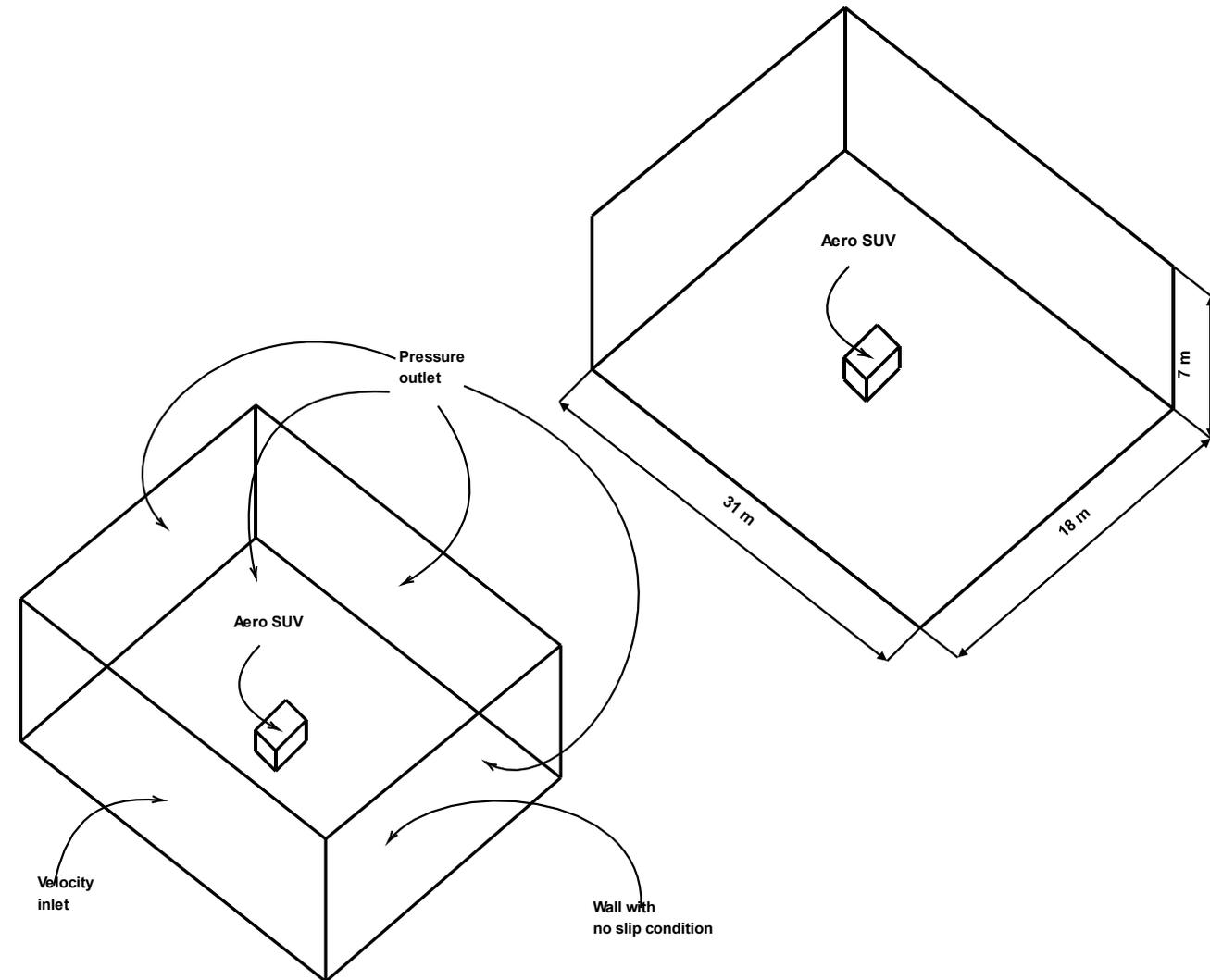
Il sistema di raffreddamento è composto fondamentalmente da tre componenti: canale di aspirazione, radiatore e condotto ventilatore



# Dominio e setup analisi

<b>Celle di volume</b>	2.443.291
<b>Tipologia di analisi</b>	Stazionario 3D RANS
<b>Solver</b>	Segregated flow implicit
<b>Modello di turbolenza</b>	k- $\epsilon$

- Aria esterna ad una temperatura di 30C°
- Utilizzo di pressure outlet e velocity inlet per simulare le condizioni dell'ambiente circostante



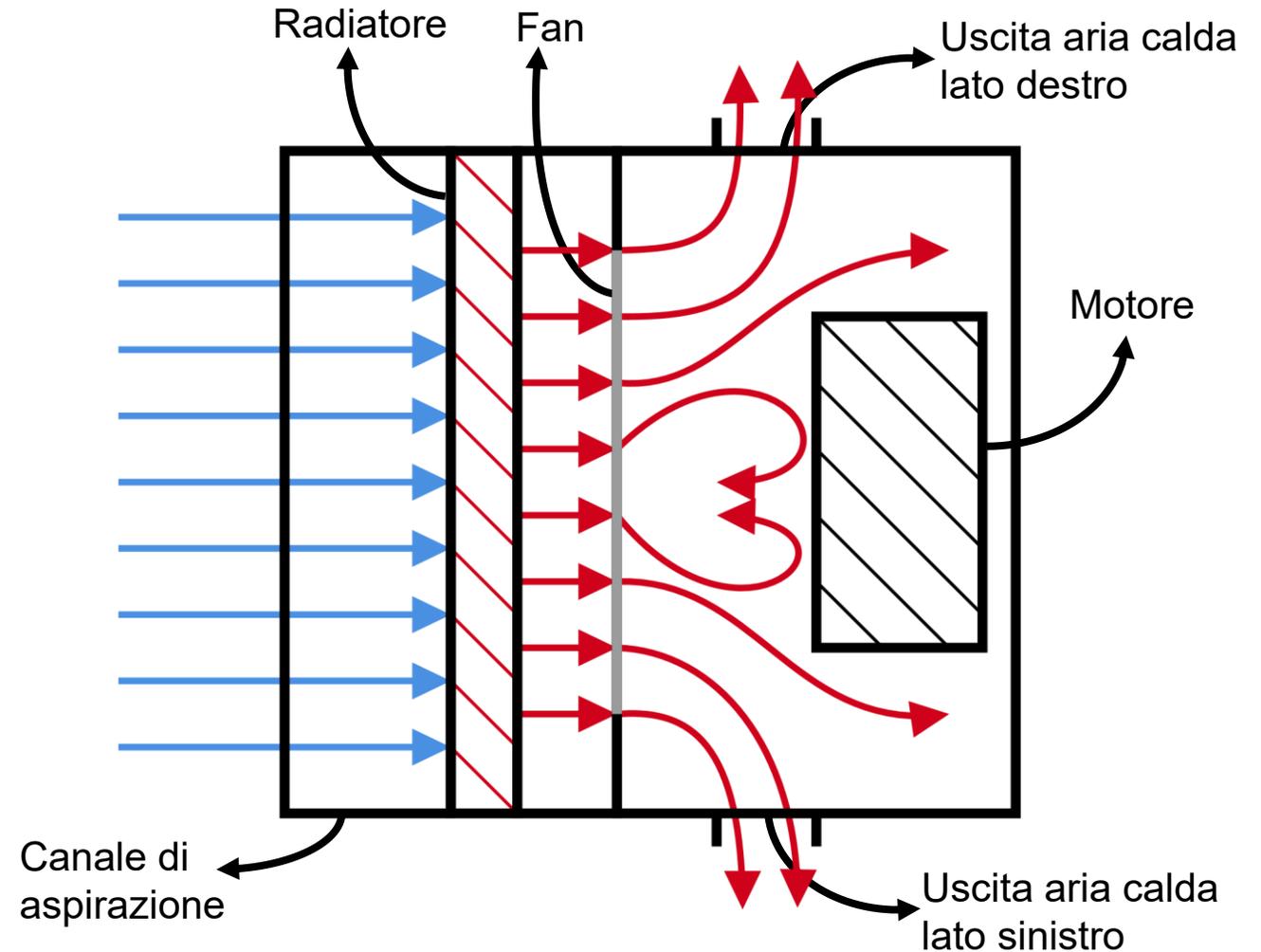
# Setup radiatore e fan

## Radiatore:

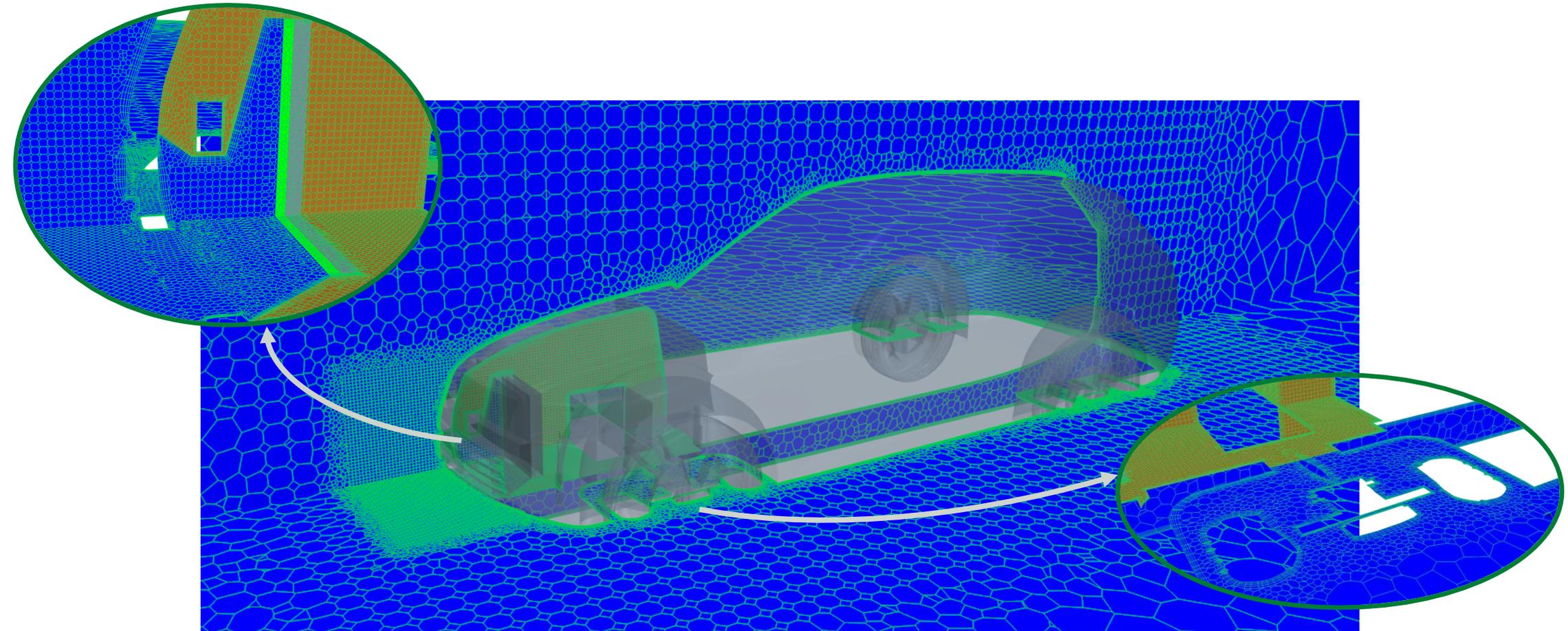
- Modello: dual stream heat exchanger
- Qmap fornita direttamente da Volvo
- Acqua entrante a 65 C°
- Portata: 0.35 Kg/s

## Fan:

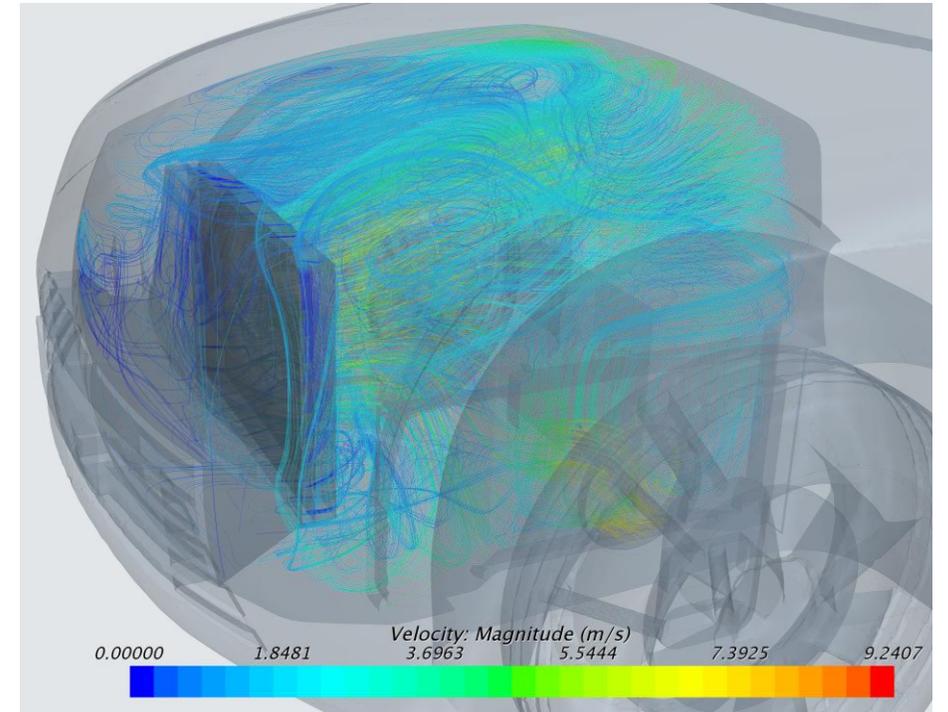
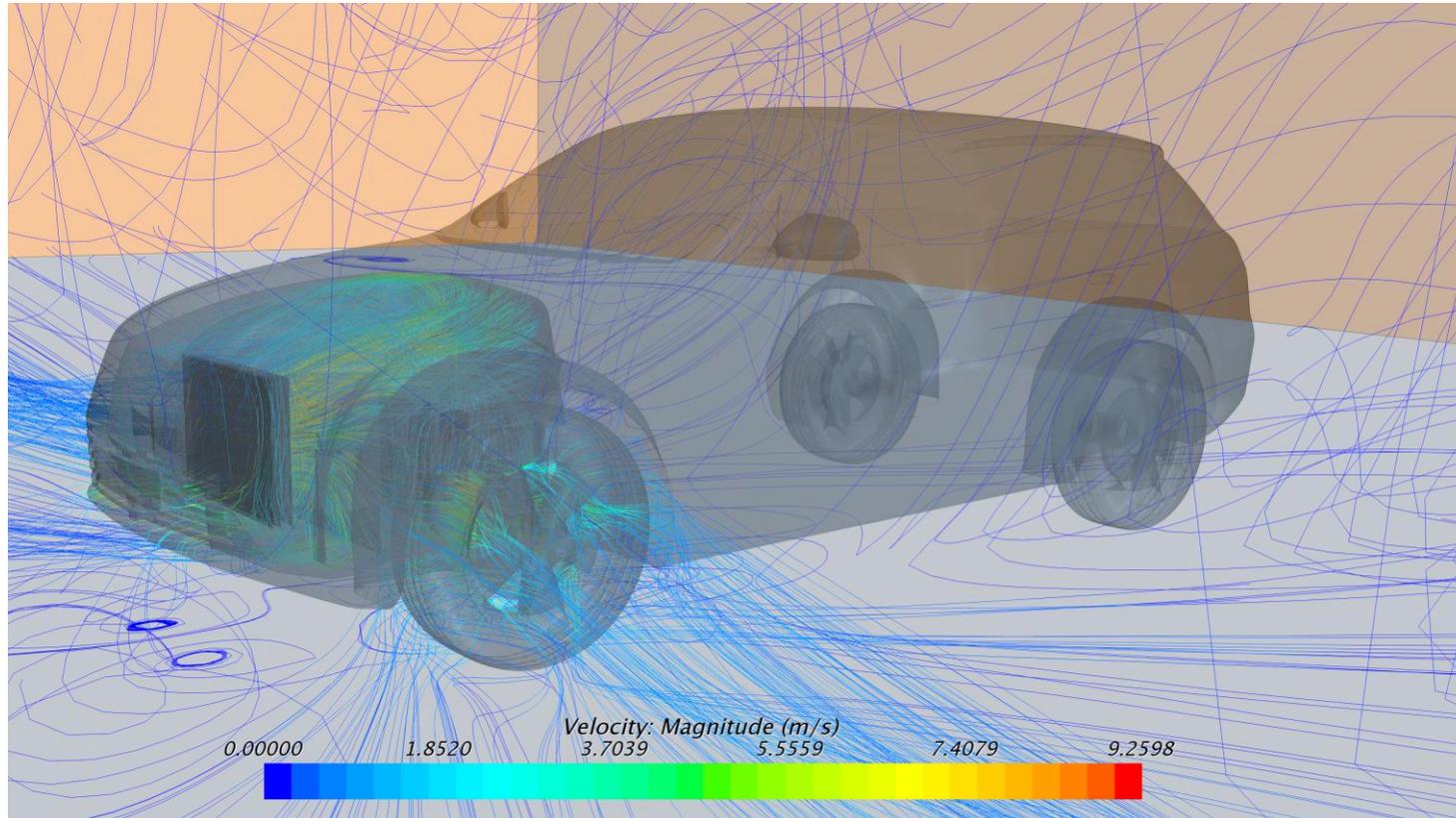
- Modello: fan interface
- Portata: 0.6 Kg/s
- Velocità di rotazione: 3500 rpm



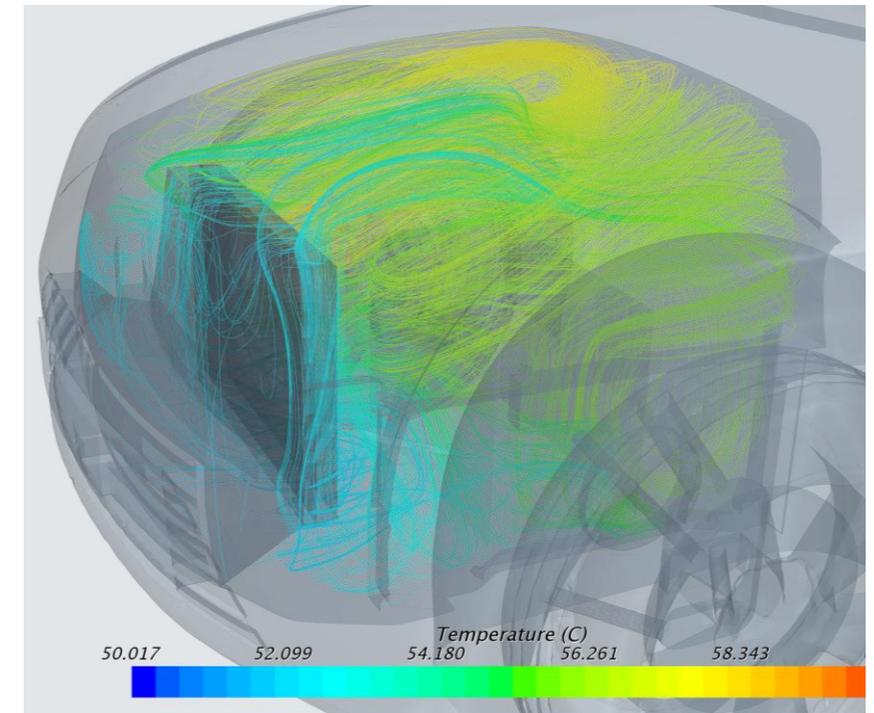
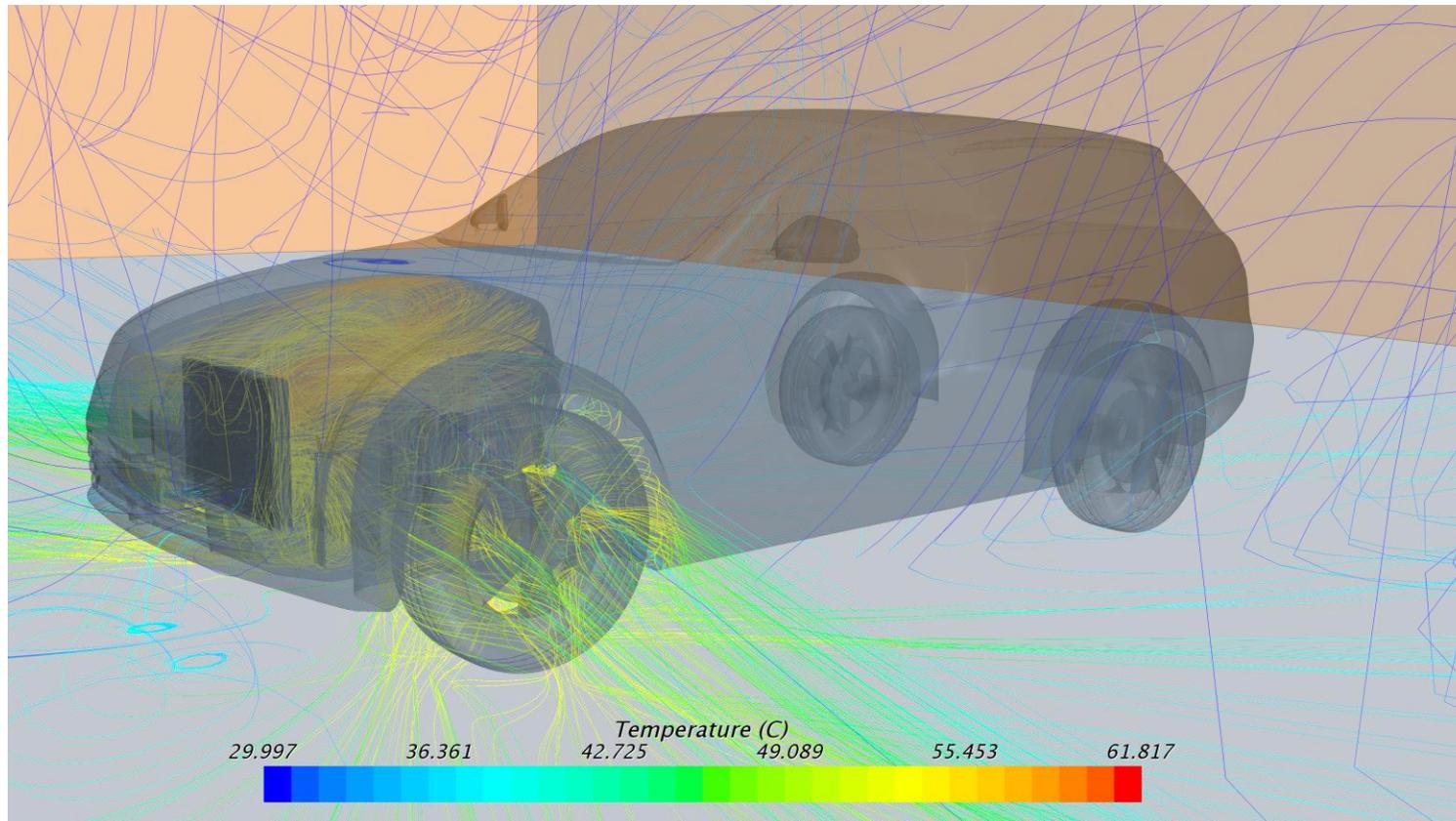
# Mesh



# Risultati analisi CFD (streamlines di velocità)



# Risultati analisi CFD (streamlines di temperatura)



# Analisi parametrica – canale di aspirazione

Sulla base di considerazioni aerodinamiche preliminari sono stati scelti 3 parametri geometrici su cui andare ad intervenire i cui scostamenti devono rispettare il vincolo geometrico dato dalla presenza della barra:

## Parametro 1

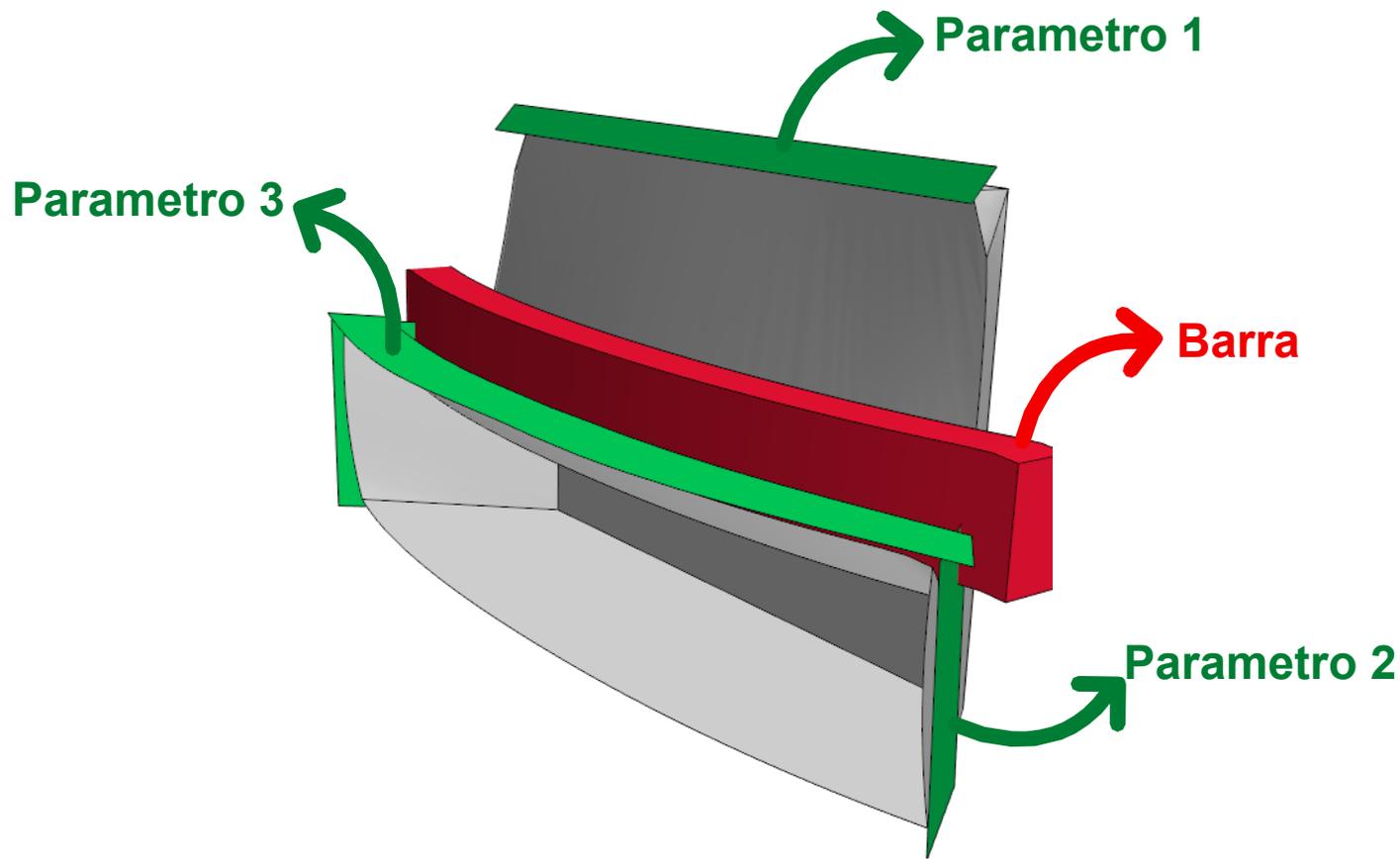
Smusso del bordo superiore

## Parametro 2

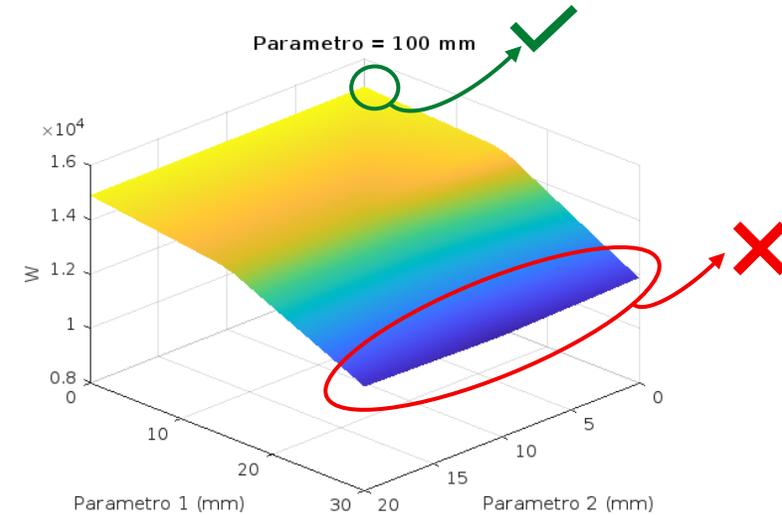
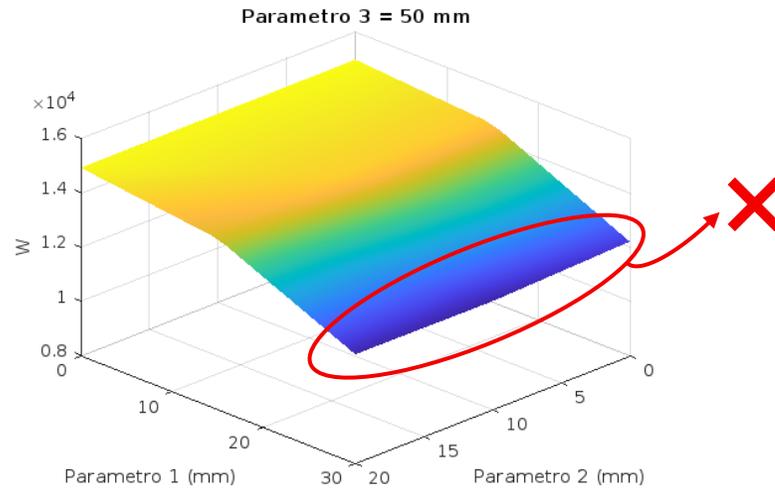
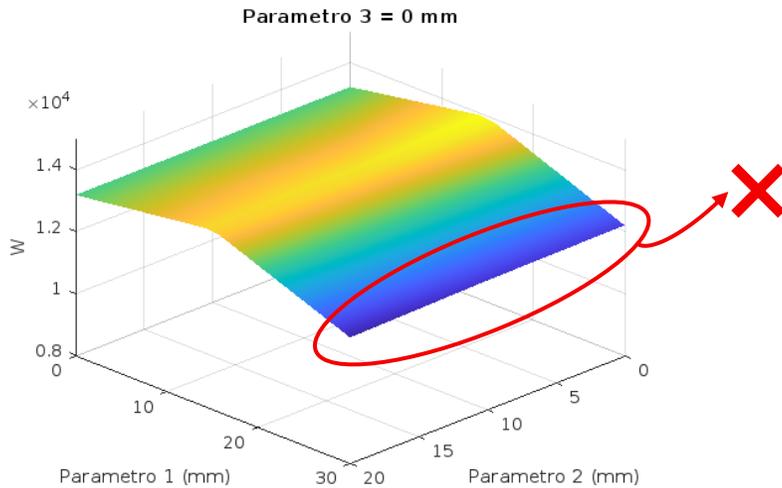
Curvatura della superficie laterale

## Parametro 3

Altezza della superficie superiore di aspirazione



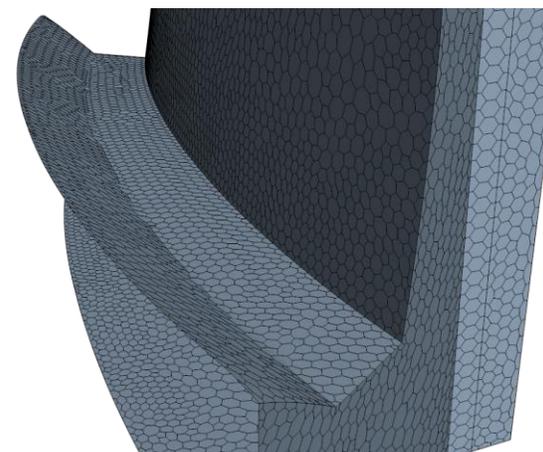
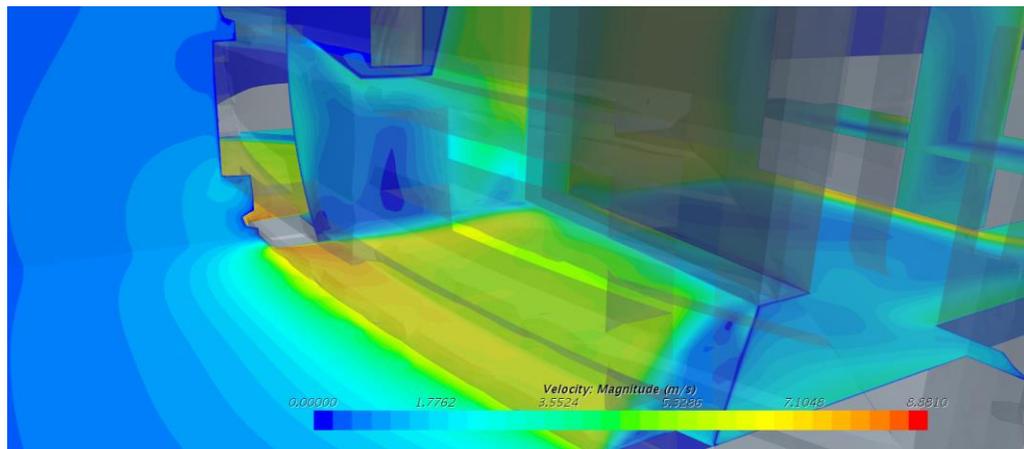
# Risultati analisi parametrica



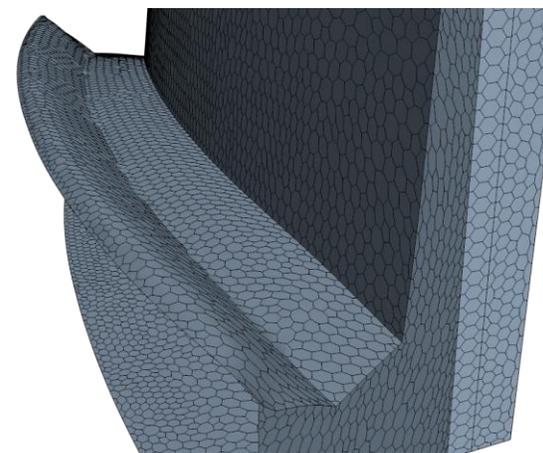
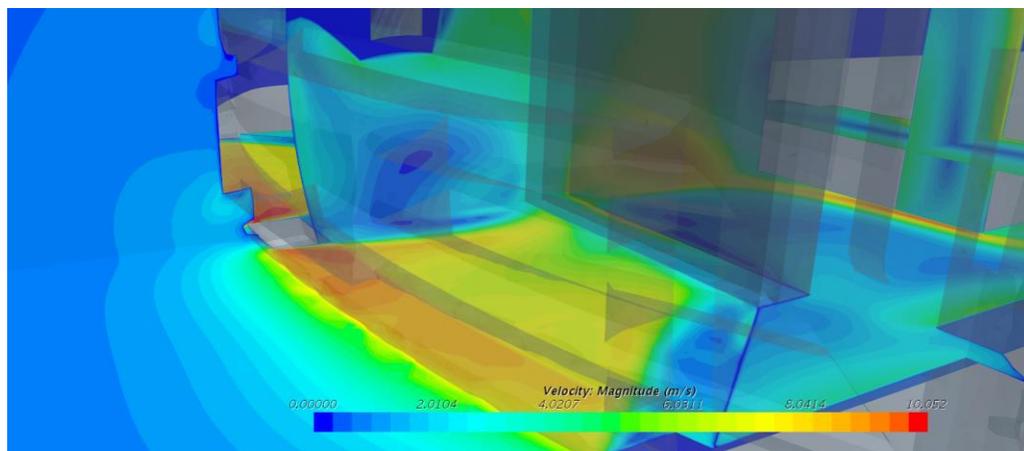
Parametro 1 (mm)	Parametro 2 (mm)	Parametro 3 (mm)
0	0	100

Miglioramento delle prestazioni pari al 13.2% ✓

# Risultati analisi parametrica



**Configurazione base**



**Configurazione ottimizzata**

# Conclusioni

---

1. Sono state integrate delle librerie proprietarie per il mesh morphing all'interno del solver CFD STAR-CCM+
2. È stato creato un workflow per la parametrizzazione geometrica di un modello CFD
3. Si è studiato il caso del modello ASMO ed è stato realizzato uno studio parametrico della forma in relazione al coefficiente di drag
4. È stato realizzato un modello CFD di un caso proposto da Volvo ed è stata trovata una geometria del canale di aspirazione in grado di migliorare le prestazioni del sistema di raffreddamento del 13.2%

# Sviluppi futuri

---

1. Utilizzo di approcci numerici più sofisticati al fine di ottenere soluzioni ancora più accurate, quali ad esempio le analisi CFD di tipo LES, rese ormai ad oggi possibili ma soltanto a patto di avere a disposizione rilevanti risorse di calcolo
2. Per il caso Volvo è opportuno esplorare nuovi parametri geometrici che potrebbero potenzialmente restituire soluzioni di forma ancora più efficienti
3. Accoppiare l'uso di un software di ottimizzazione (ad esempio il software proprietario di Siemens HEEDS)



TOR VERGATA  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA