



Università di Messina
Dipartimento di Ingegneria



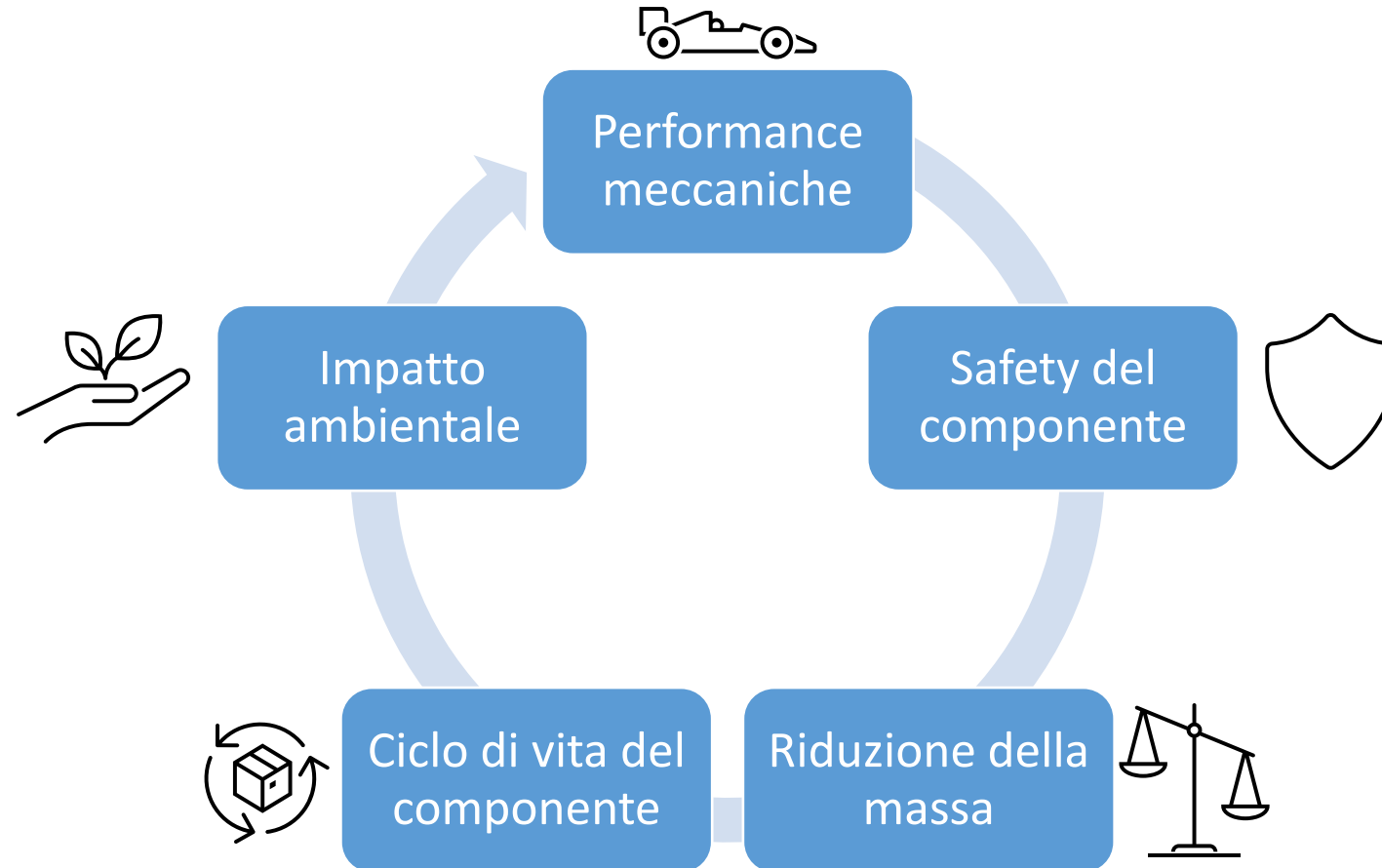
Smart design of a high-performance seat frame for a luxury car

Dario Francesco Santonocito

*Department of Engineering - University of Messina
Contrada di Dio, 98166 Messina (Italy)*

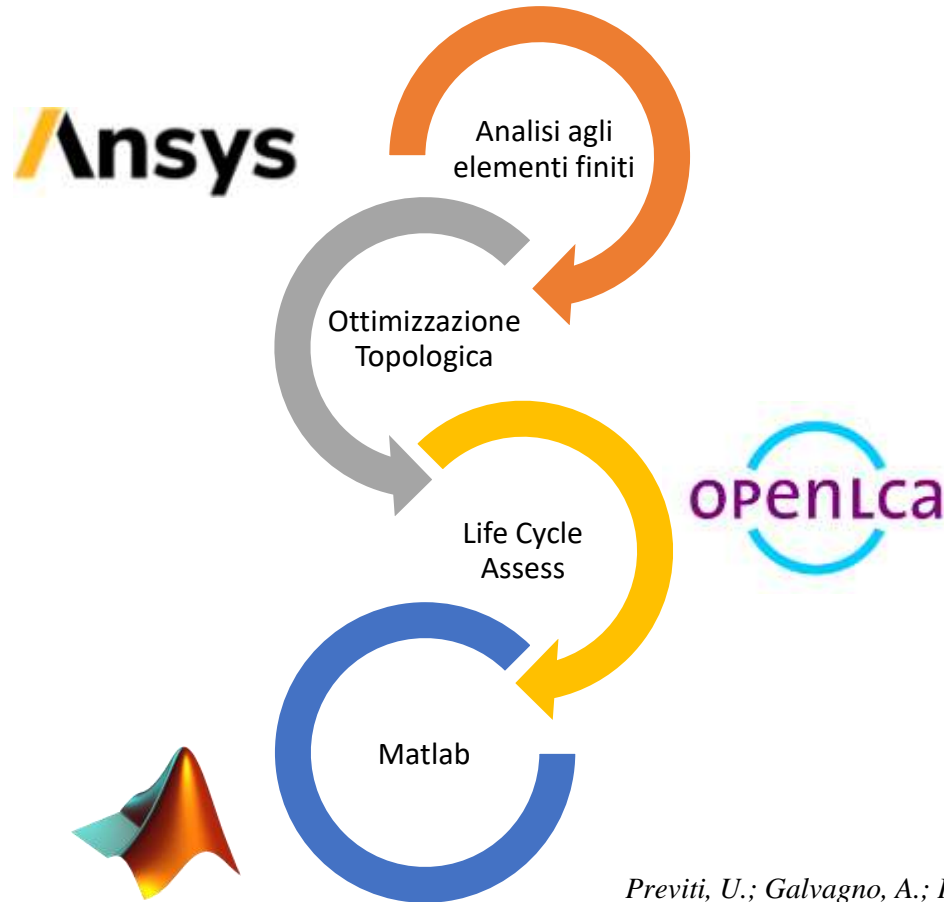
Scopo del lavoro

Riprogettare un componente automotive tenendo conto di:





SMART DESIGN



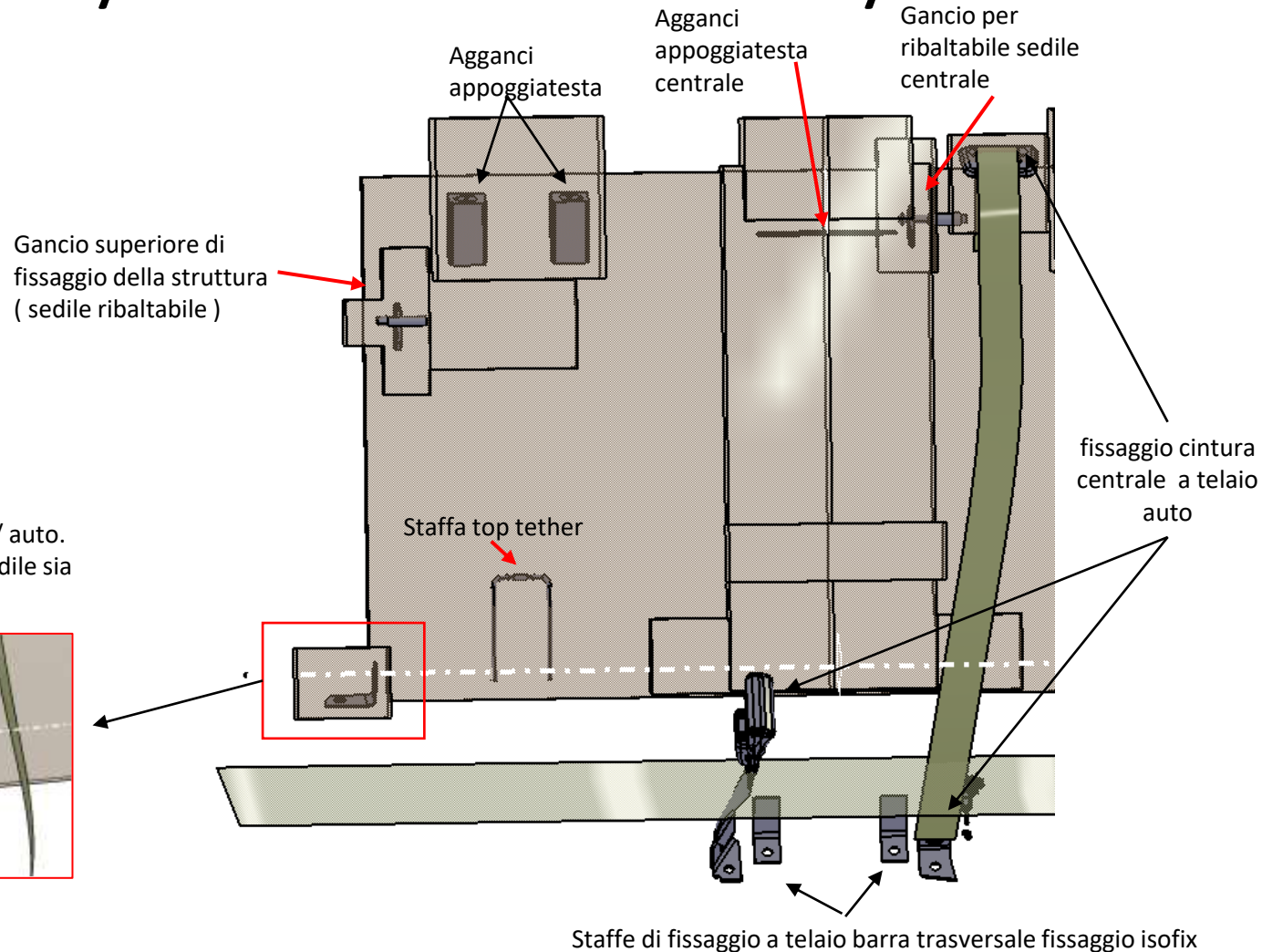
«... the authors propose a new agile and light methodology, based on **automatic evaluation** of the cumulative stress through the **interactions of different software** (multibody, FEM, etc.) and models (consumption, vehicle dynamics, structural, etc.) in the Matlab environment.

This new way of verifying and re-designing mechanical components has been called “SmartDesign” by the authors.

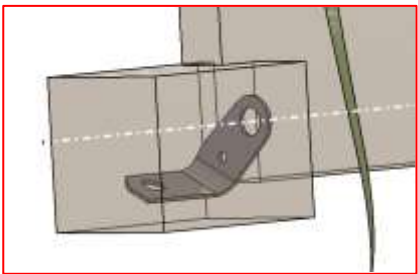
Indeed, in the modern era, it is impossible to think that structural design does not make use of virtual, digital, rapid and secure prototyping methods. So, the aim is for the CPU to do multifunctional simulations in order to find the optimal result.»

Previti, U.; Galvagno, A.; Risitano, G.; Alberti, F. Smart Design: Application of an Automatic New Methodology for the Energy Assessment and Redesign of Hybrid Electric Vehicle Mechanical Components. Vehicles 2022, 4, 586-607. <https://doi.org/10.3390/vehicles4020034>

Case Study: Rear seat of a luxury car



Staffa di interfaccia sedile/ auto.
avvitata sia al telaio del sedile sia
al telaio dell'auto



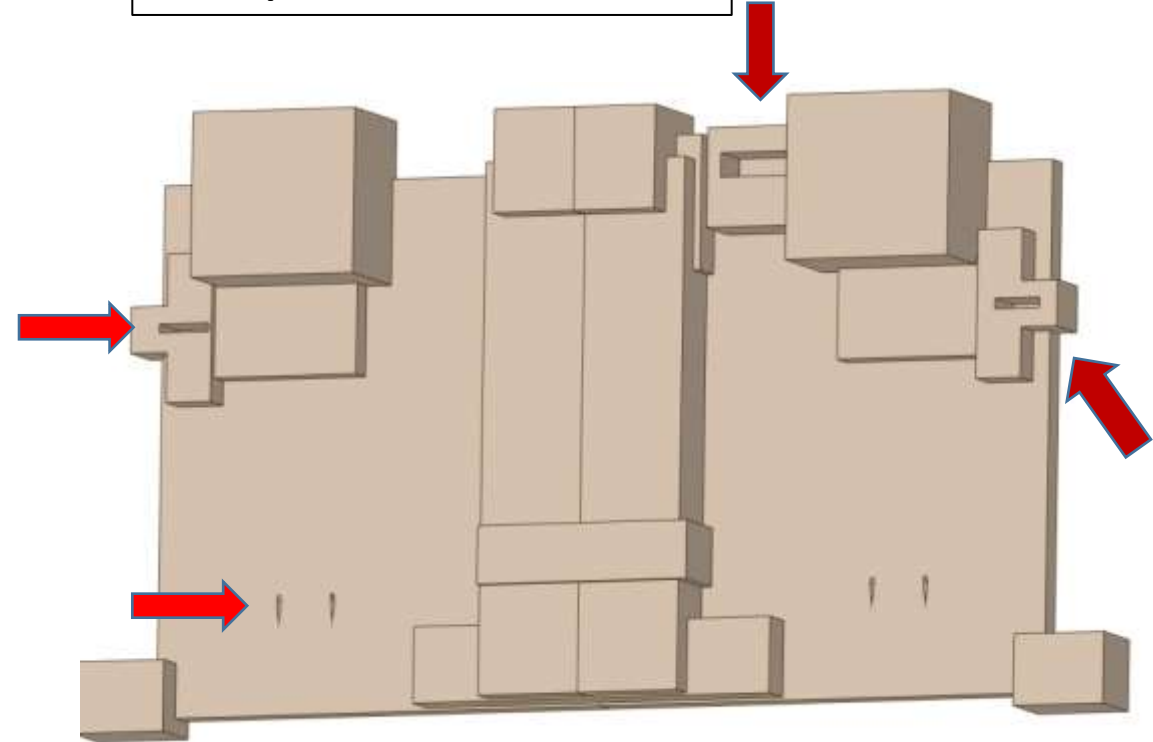
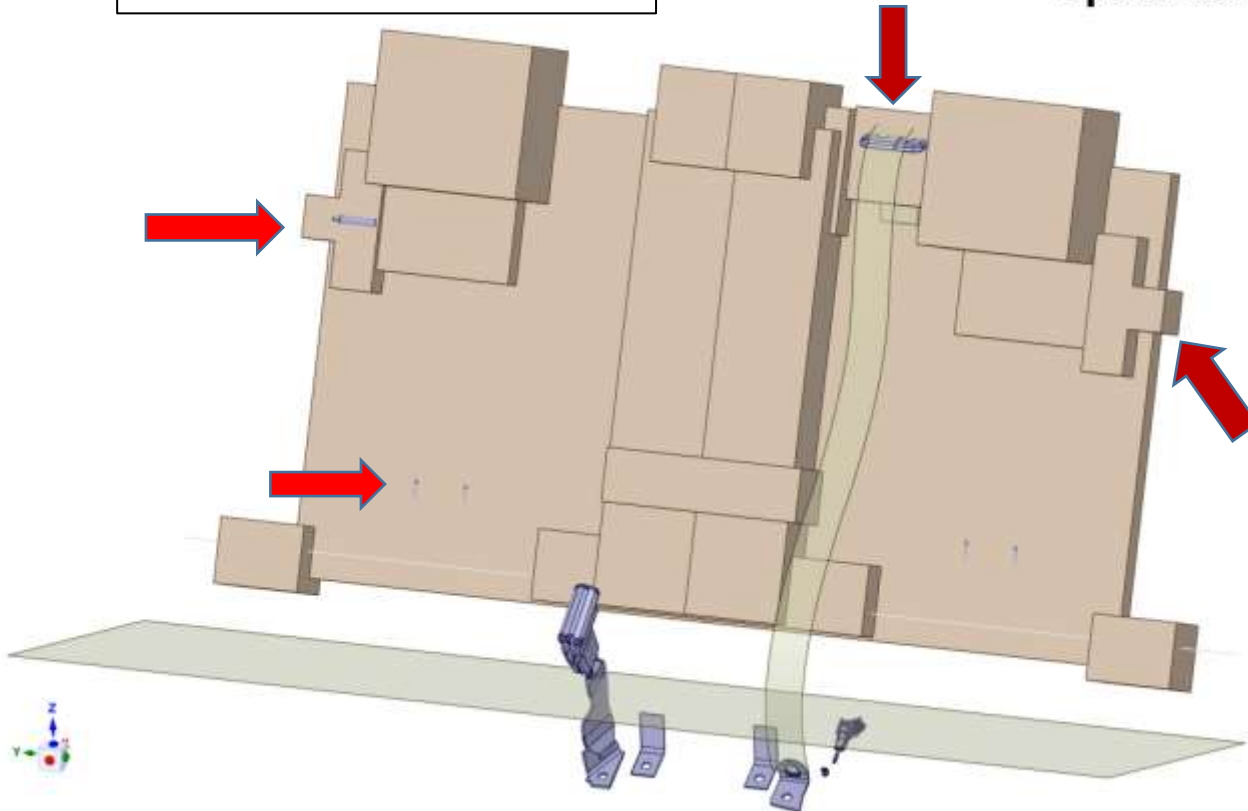
- **Design space** fornito da Ferrari, in cui è necessario garantire dei collegamenti con staffe metalliche in alcuni punti;
- Ferrari fornisce le coordinate dei punti di attacco a scocca;
- Ferrari fornisce le condizioni di carico (**loadcases**) da utilizzare durante l'ottimizzazione.

Preparazione del DesignSpace

Design Space
Pre-operazioni Booleane

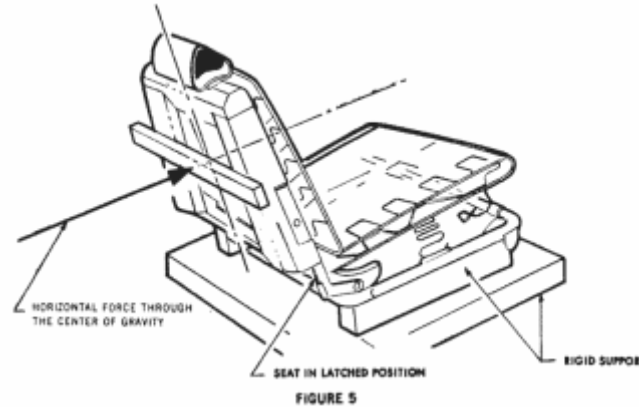
ANSYS
SpaceClaim

Design Space
Post-operazioni Booleane

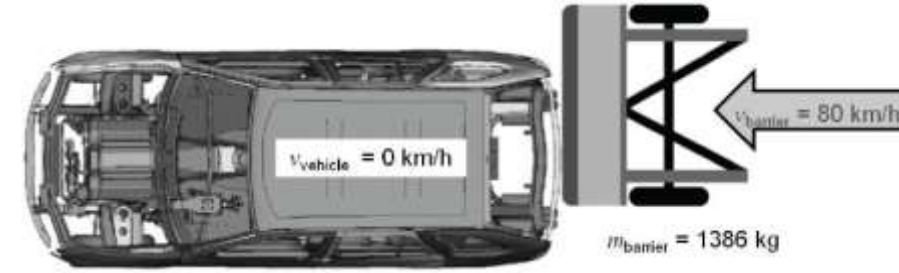


Loadcases

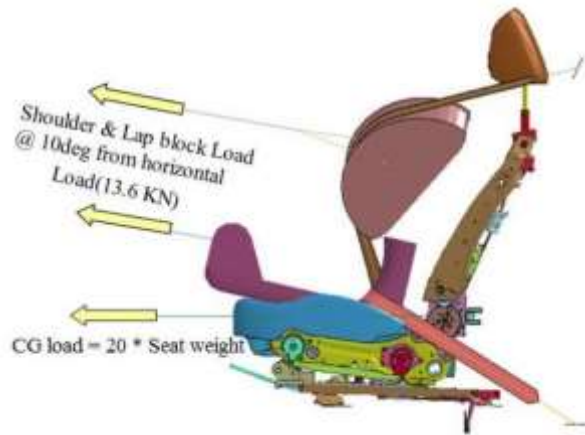
Loadcase N.	NORMATIVA	DESCRIZIONE
1	FMVSS207	Tiro su baricentro
2	FMVSS301	Rear Impact
3	FMVSS207/210	Tiro cintura
4	ADR34 & ADR03	Top Tether Pull Test
5	ECER-17	Luggage Retention



(1) FMVSS207 – Tiro su Baricentro



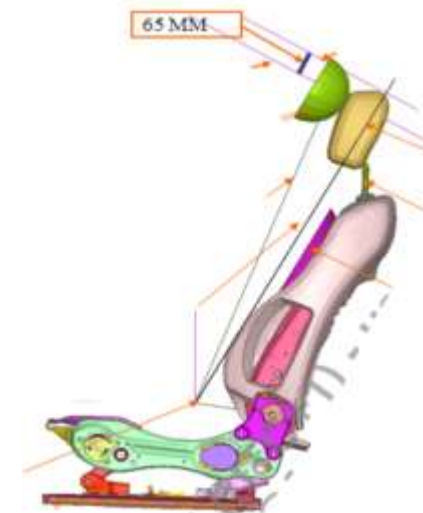
(2) FMVSS301 – Rear Impact



(3) FMVSS207/210 – Tiro Cintura

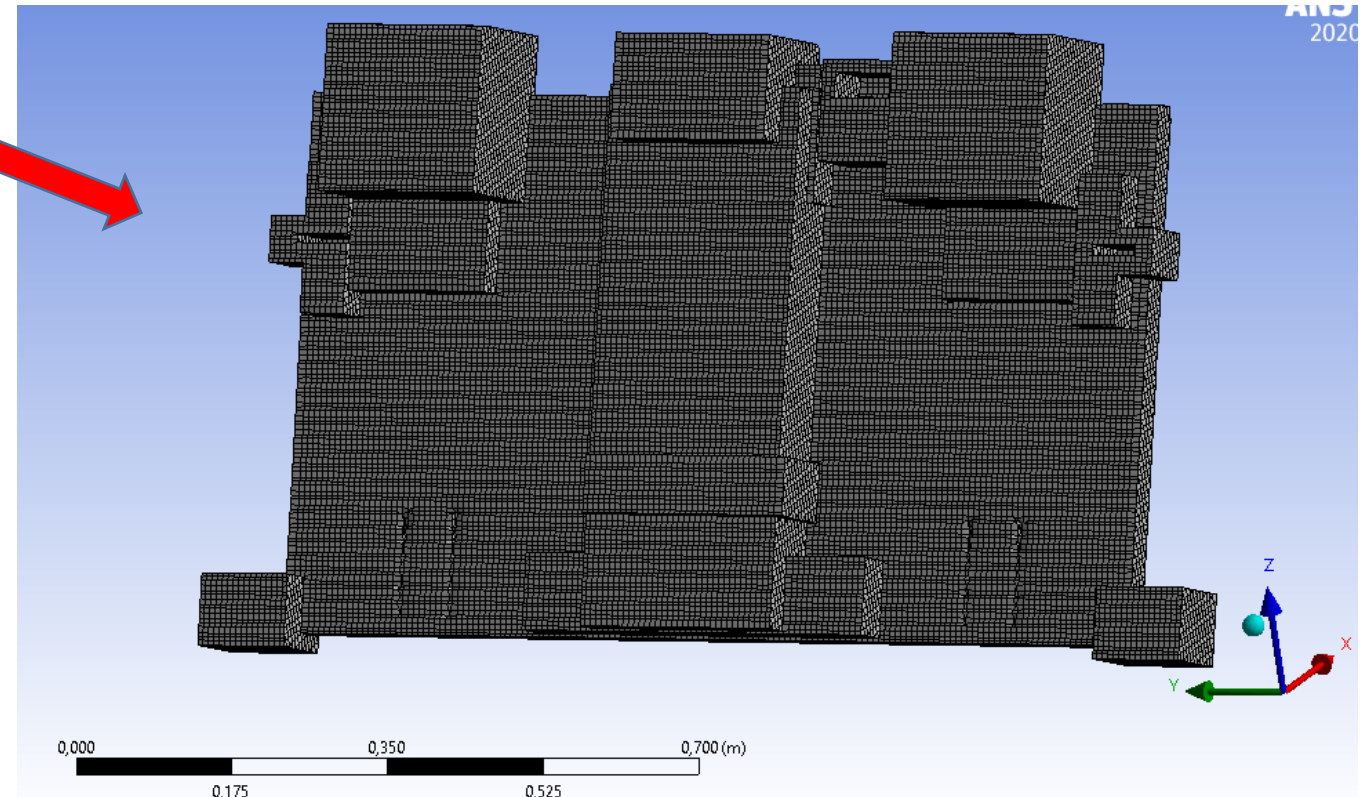
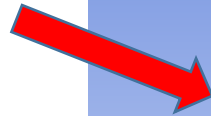
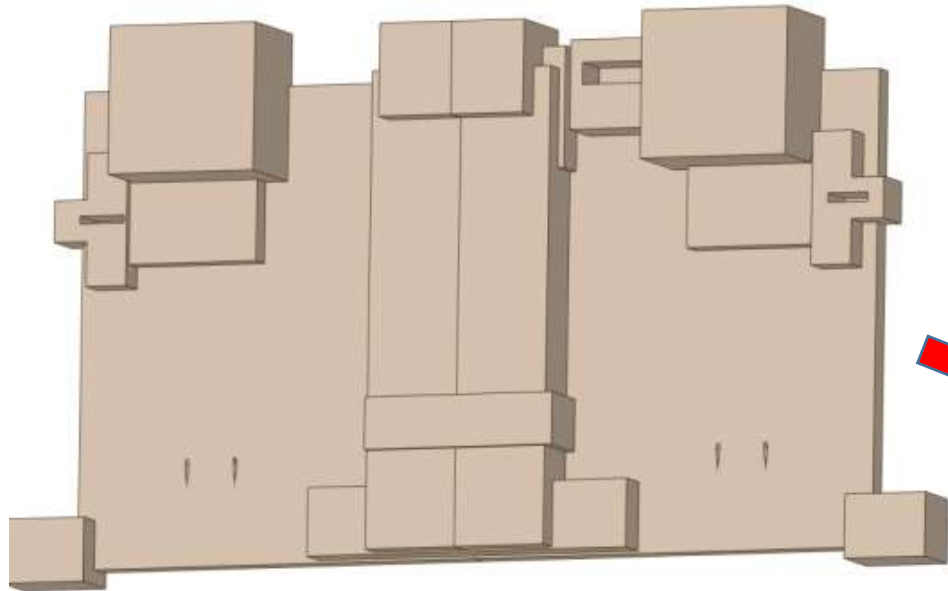


(4) ADR34&03 – Top Tether Pull Test



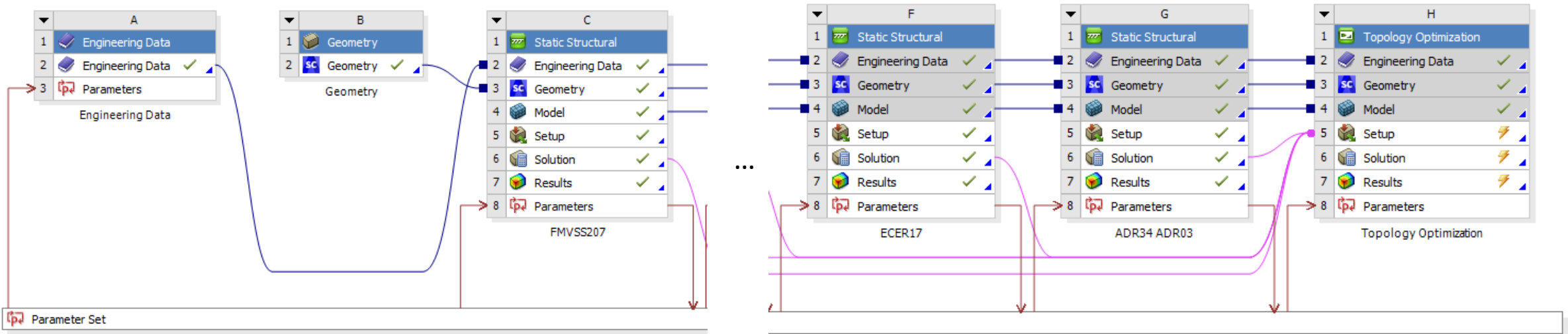
(5) ECER17 – Luggage retention

Analisi FEM: Mesh



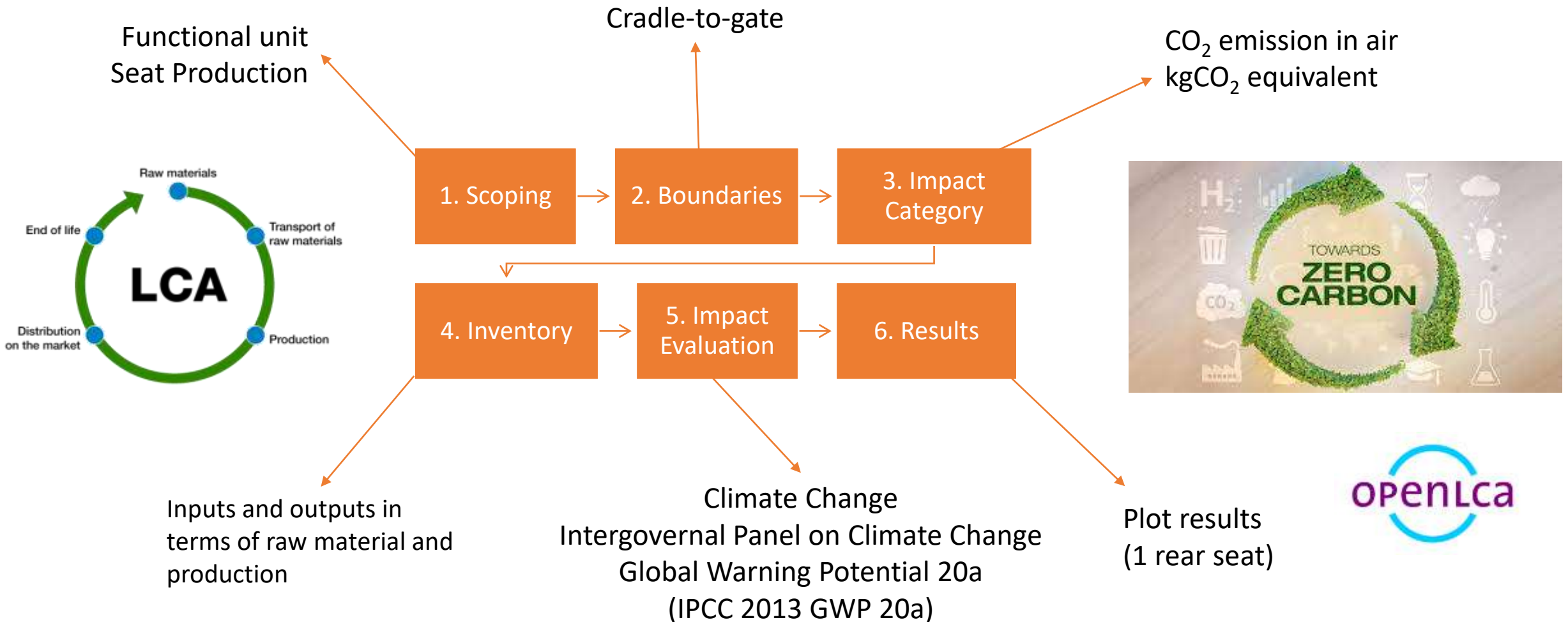
MESH SOLID 186 HEXA
Lunghezza spigolo elemento: 5 mm
Mesh defeaturing ON
Capture curvature ON
N° elementi 137816

Perché utilizzare i metodi energetici?



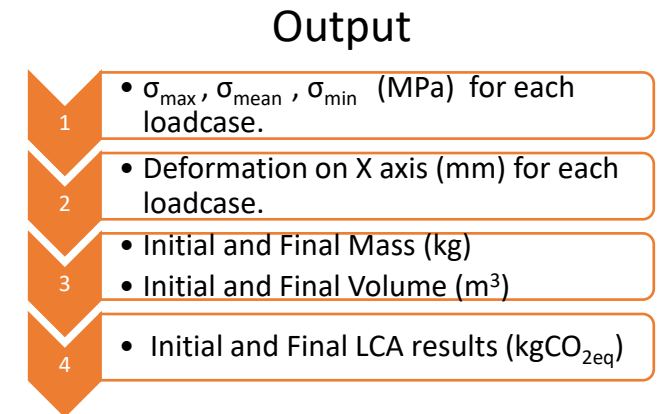
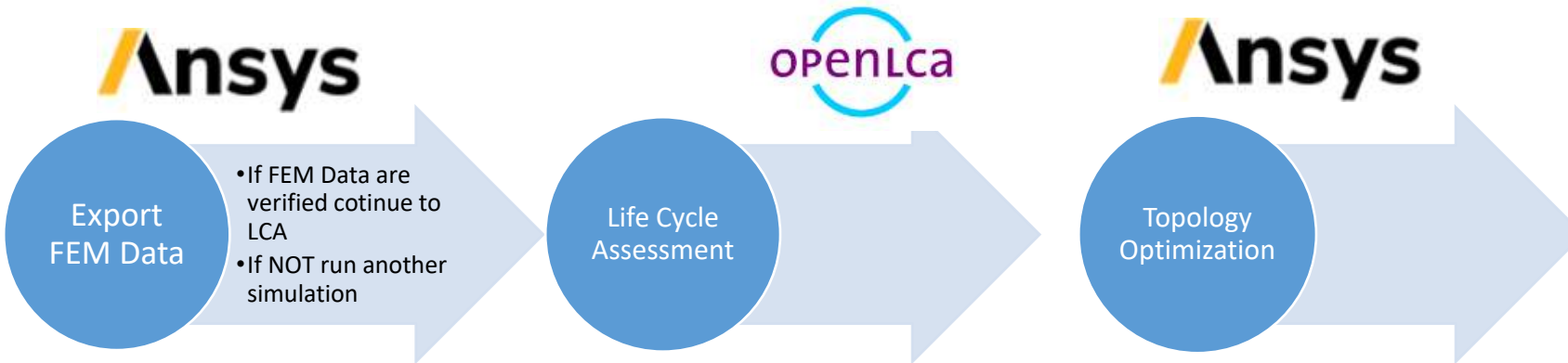
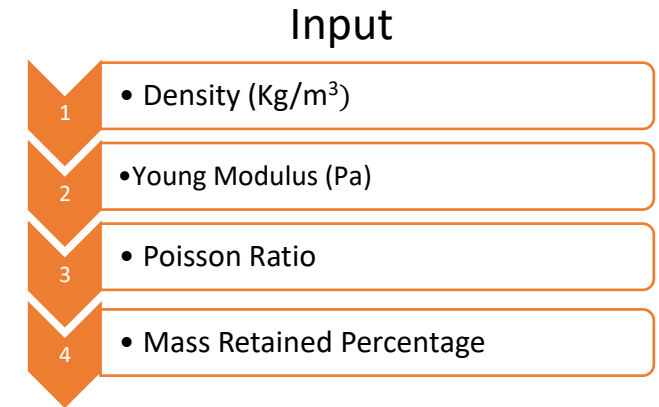
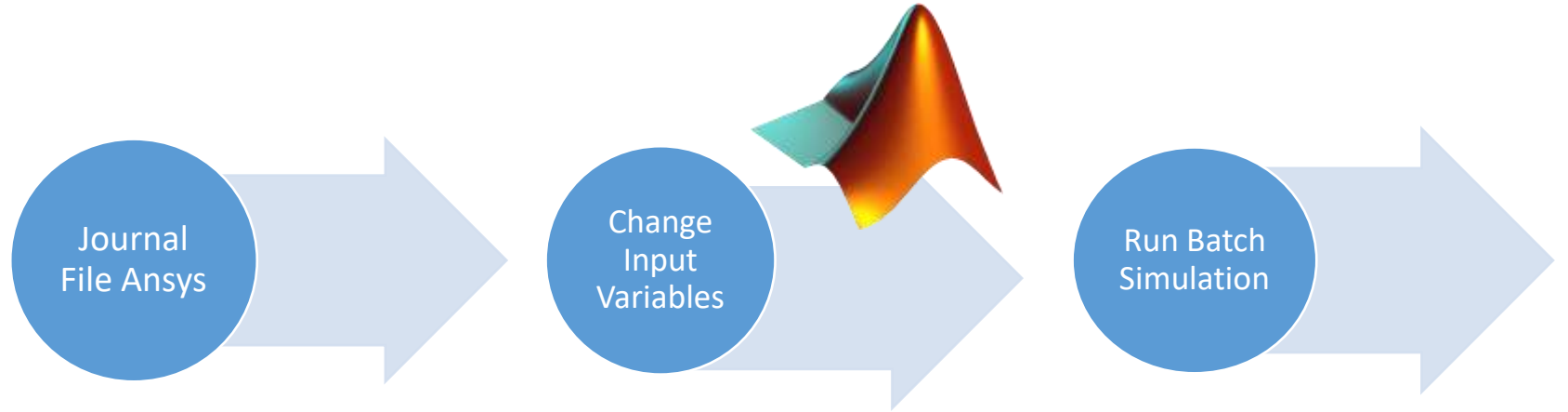
- **Simulazioni lineari elastiche statiche** per i 5 loadcase.
- Si sfrutta il **principio di sovrapposizione degli effetti** per tenere conto contemporaneamente della resistenza strutturale richiesta dai 5 loadcase.
- I risultati FEM vengono usati come **input per l'ottimizzazione topologica (Mass reduction)**.
- Si utilizzano dei parametri in Ansys che consentono di far variare le proprietà del materiale (E , ρ , ν).

Life Cycle Assessment: Cradle to Gate





Script di controllo Matlab



Funzione obiettivo

$$Obj(m, KgCO_{2eq}) = a \frac{m_f}{m_i} + b \frac{KgCO_{2eq f}}{KgCO_{2eq i}} + c \frac{m_f}{m_{max}}$$

Riduzione di massa

Riduzione di emissioni
nel ciclo produttivo

Riduzione di massa in termini
assoluti su tutti i materiali testati

- a, b, c -> Pesi ($a+b+c=1$)
- m_i -> massa iniziale (kg);
- m_f -> massa finale (kg);
- $KgCO_{2eq i}$ -> risultato iniziale LCA ($kgCO_{2eq}$);
- $KgCO_{2eq f}$ -> risultato finale LCA ($kgCO_{2eq}$);
- $m_{max} = 228.23$ -> risultato massimo di massa ottenuto (kg)

3 case Studies:

- **Ferrari statement**
 $a = 0.3 ; b = 0.3 ; c = 0.4.$
- **LCA dominant**
 $a = 0.1 ; b = 0.8 ; c = 0.1.$
- **Mass Dominant**
 $a = 0.1 ; b = 0.1 ; c = 0.8$

Risultati: riduzione di massa e kg_{CO_2}

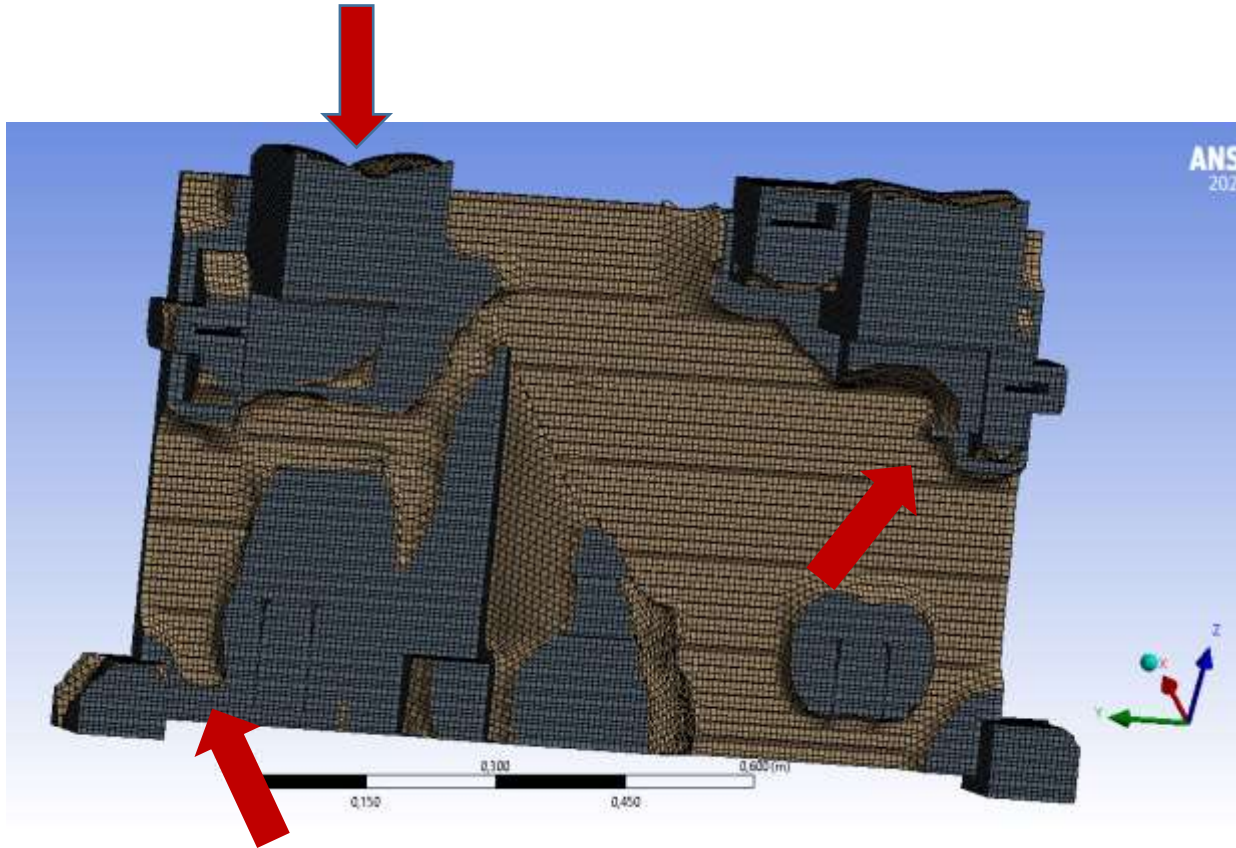
Plastic Materials				
Materials	Initial Mass (Kg)	Final Mass (Kg)	Initial LCA (KgCO_2eq)	Final LCA (KgCO_2eq)
Polyethylene	45.50	23.64	140.71	87.94
Polypropylene	44.6	23.2	141.95	88.8
PP_AM	45.65	42.001	141.8	87.53
PP CPO402V	46	42.01	141.95	90
PP CPO425BAV	46.752	45.21	145.23	85.16
PP CP0467V0CSV	45.55	42	141.8	87.53
ABS	51.63	26.69	219	136

Carbon Polymers				
Materials	Initial Mass (Kg)	Final Mass (Kg)	Initial LCA (KgCO_2eq)	Final LCA (KgCO_2eq)
Carbon	66.76	39.4	120	89.4
Balsa				
Carbon PP	66.5	39.34	121	88.17

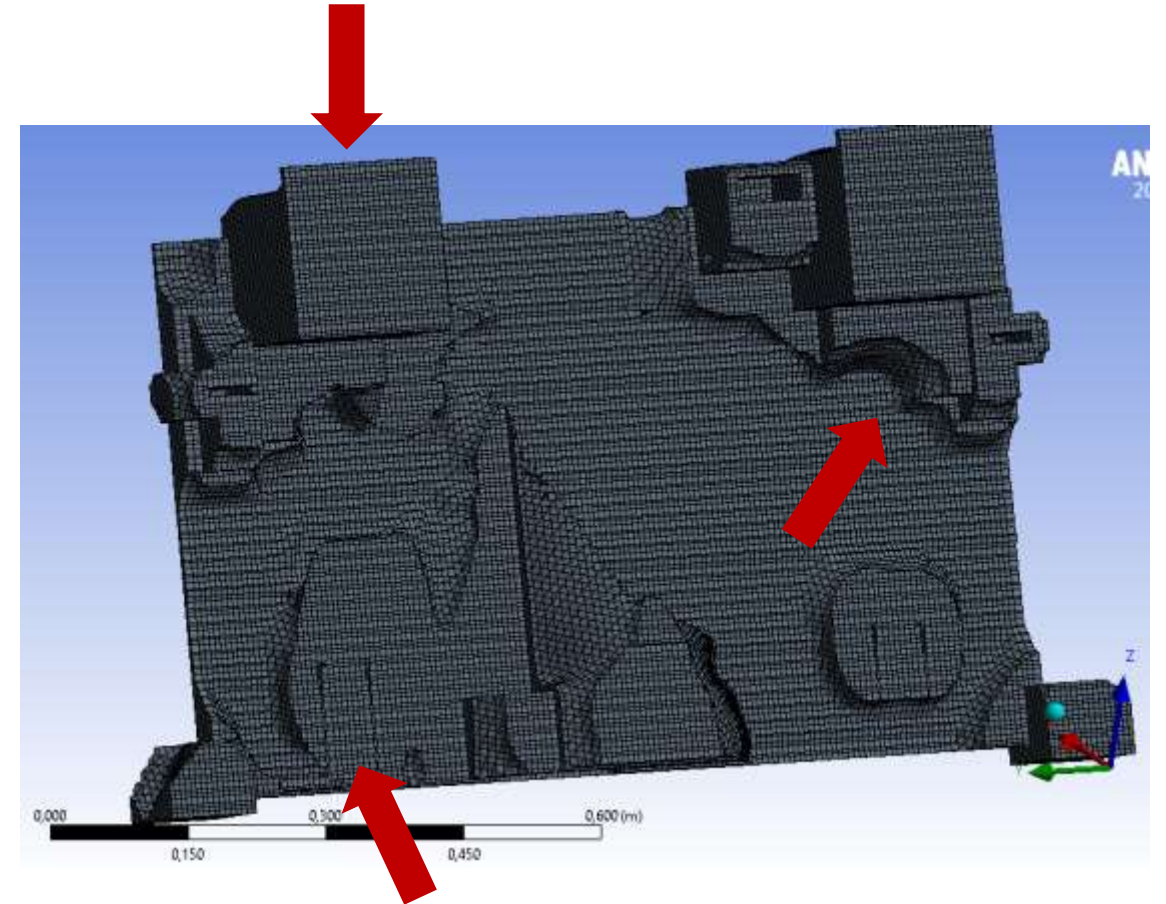
Metals				
Materials	Initial Mass (Kg)	Final Mass (Kg)	Initial LCA (KgCO_2eq)	Final LCA (KgCO_2eq)
DOCOL Steel	372	250	164.03	103
DOCOL Steel 1200	//	//	//	//
DOCOL Steel 1400	//	//	//	//
AISI 316L	381.50	225.3	164.03	103
AISI 409	386.27	228.23	209	132
AISI 420	381.50	225.33	208.27	132
AISI 430	371.96	219.70	208.28	132.13
AISI 439	376.73	222.59	208.27	132.14

Alluminium Alloys				
Materials	Initial Mass (Kg)	Final Mass (Kg)	Initial LCA (KgCO_2eq)	Final LCA (KgCO_2eq)
Al 5005	128.8	76.05	208.3	132
Al 5754	125.8	76.05	208.27	131.97
Al 6061	125.8	76.05	208.28	131.8
Al Alloys Series 6000	127,80 - 139,25	75,49-82,25	209-210	130-132

Risultati: Geometria ottimizzata

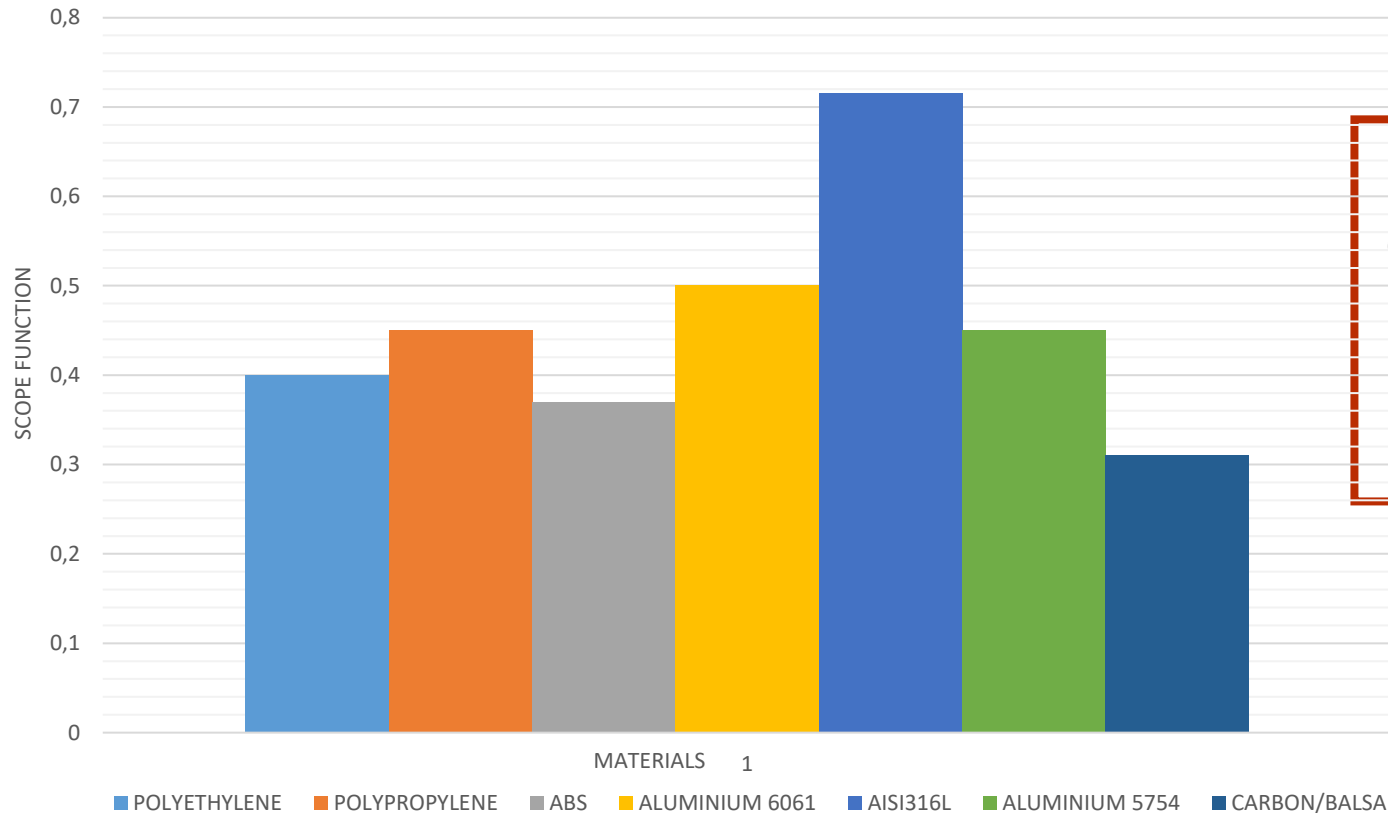


Risultati CAD per AISI316L da AM a sinistra e per CARBONBALSÀ a destra



Lievi differenze, stesso andamento delle tensioni.
Diverso comportamento in alcuni punti critici.

Risultati: Ferrari Statement



$$Obj(m, Kg_{CO2eq}) = a \frac{m_f}{m_i} + b \frac{Kg_{CO2eq f}}{Kg_{CO2eq i}} + c \frac{m_f}{m_{max}}$$

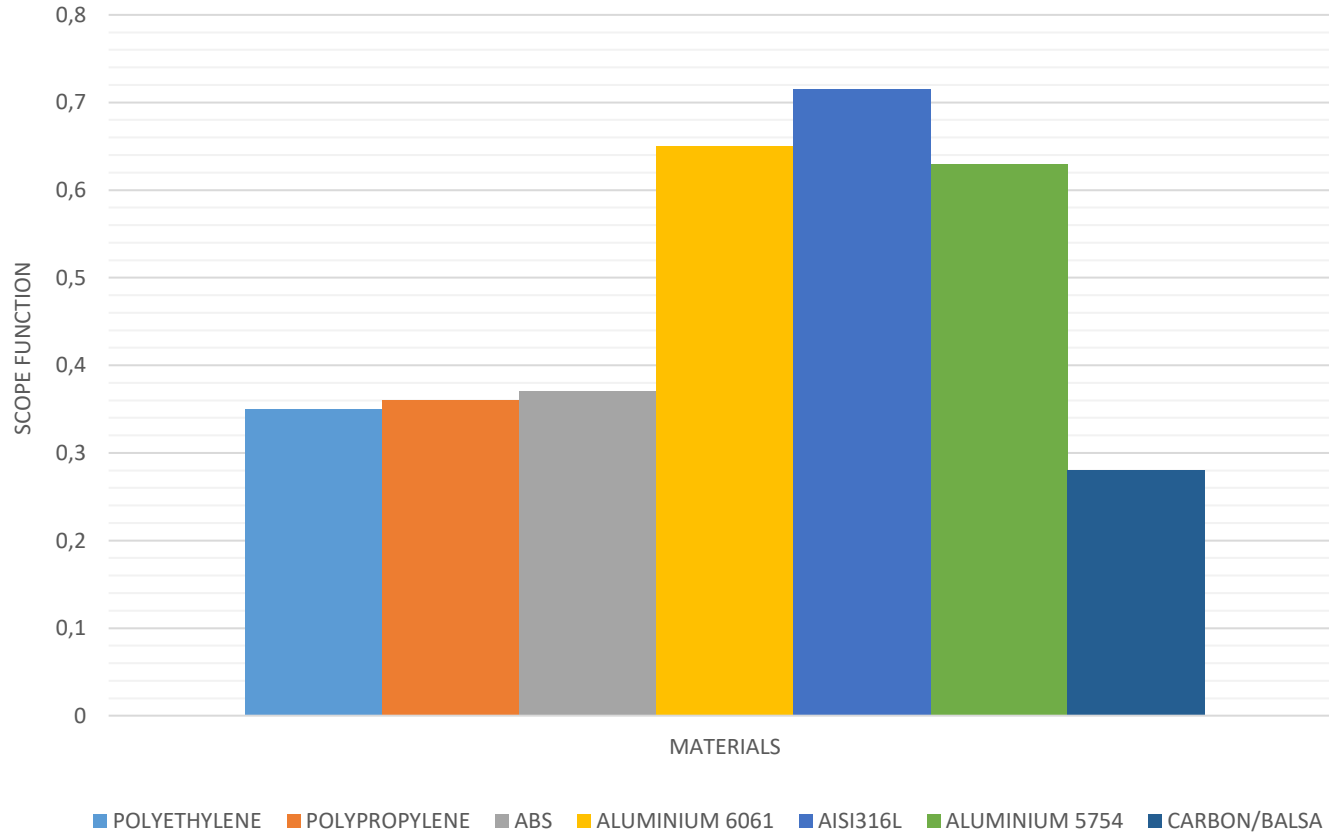
1. $a = 0.3$; $b = 0.3$; $c = 0.4$. **Ferrari statement**



Carbon
balsa

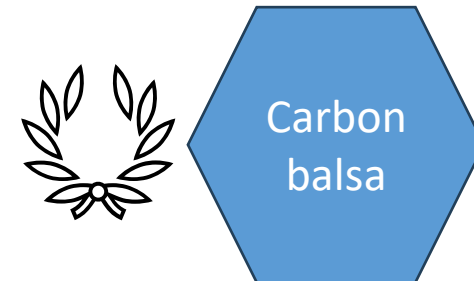
Leghe di
alluminio

Risultati: LCA Dominant

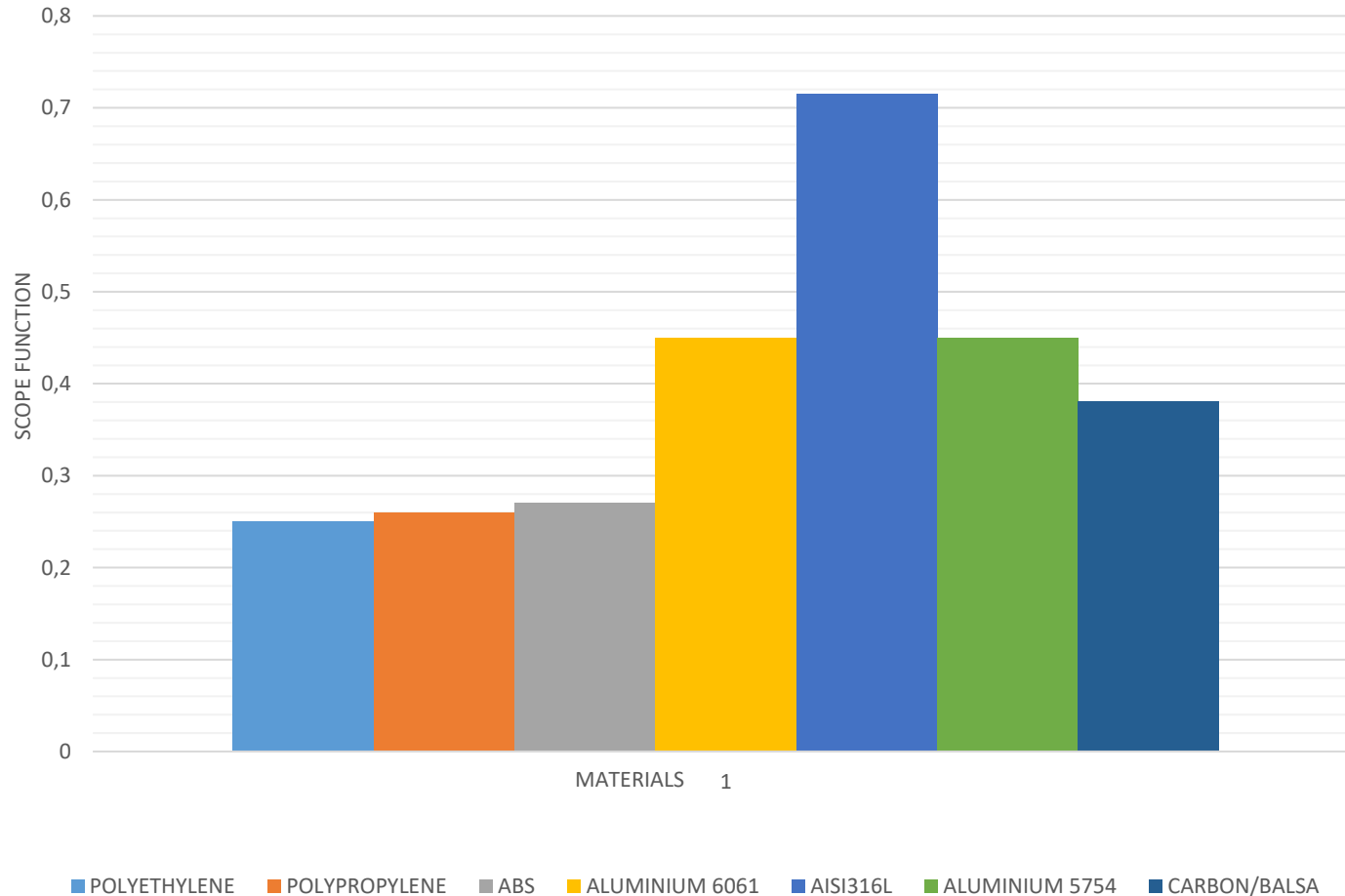


$$Obj(m, Kg_{CO2eq}) = a \frac{m_f}{m_i} + b \frac{Kg_{CO2eq f}}{Kg_{CO2eq i}} + c \frac{m_f}{m_{max}}$$

2. a = 0.1 ; b = 0.8 ; c = 0.1. **LCA dominant**

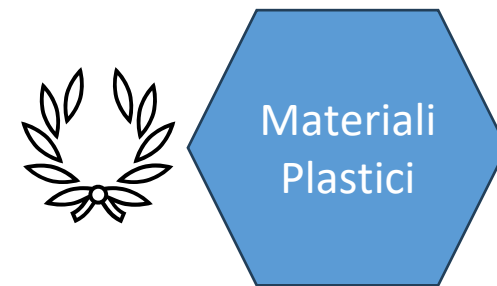


Risultati: Mass Dominant

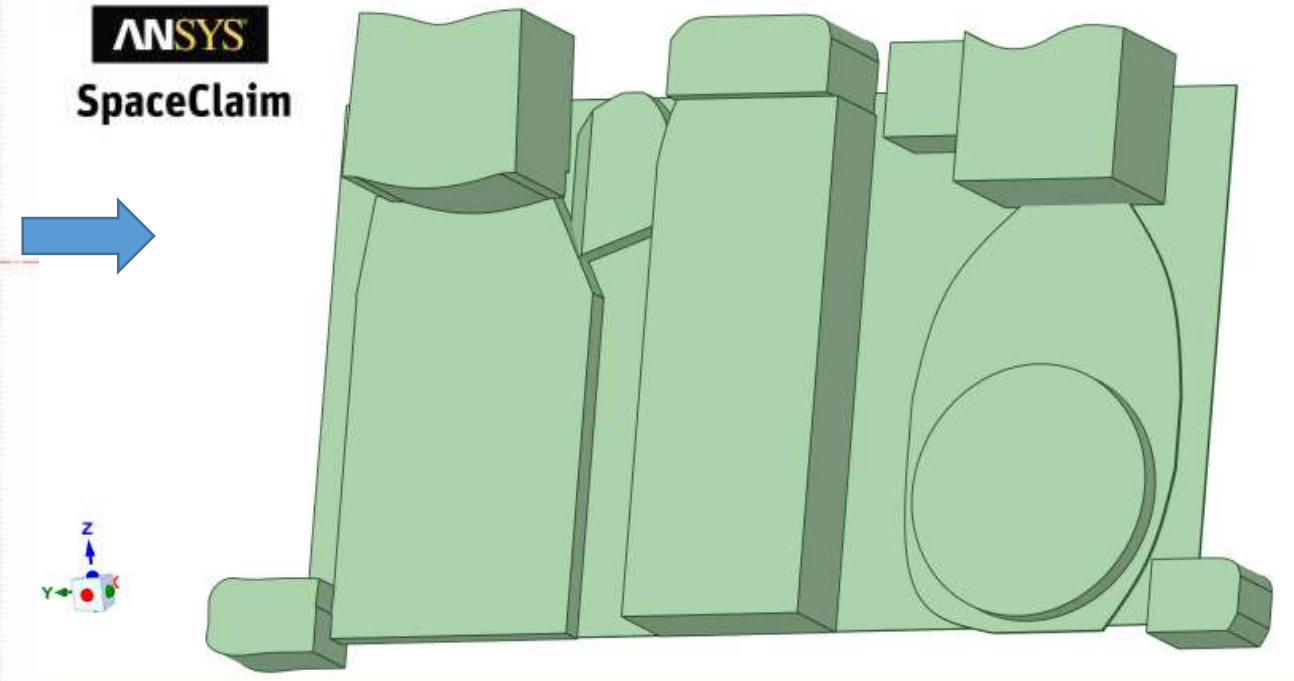
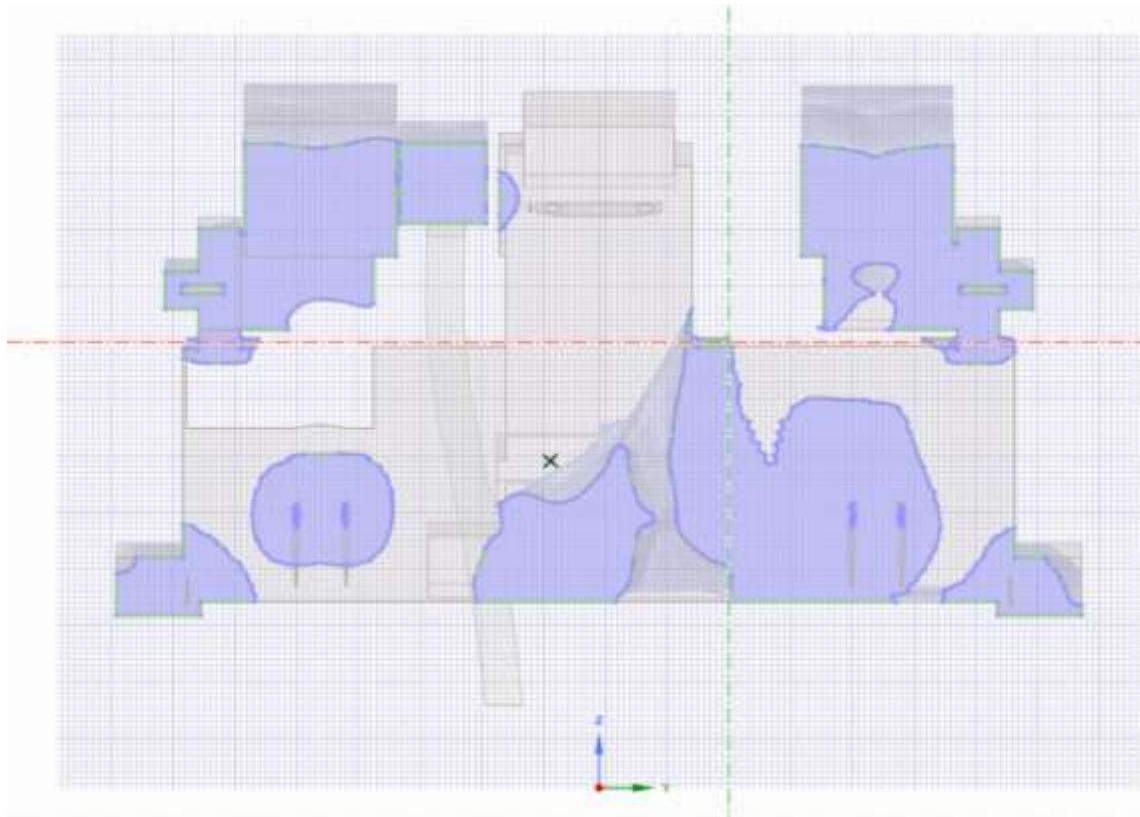


$$Obj(m, Kg_{CO2eq}) = a \frac{m_f}{m_i} + b \frac{Kg_{CO2eq f}}{Kg_{CO2eq i}} + c \frac{m_f}{m_{max}}$$

3. a = 0.1 ; b = 0.1 ; c = 0.8. **MASS dominant**



Reverse Engineering



Le geometrie grezze ottenute dall'ottimizzazione topologica sono state ridisegnate considerando il piano mediano interpolando i punti linearmente e con spline quadratiche (spessore minimo garantito 2mm).

Conclusioni

- È stato riprogettato un sedile sfruttando un approccio multidisciplinare denominato **Smart Design**.
- La progettazione ha tenuto conto degli aspetti di **performance meccanica, safety** e di **impatto ambientale**.
- L'approccio consente di effettuare una **progettazione custom made**, lasciando all'utente la scelta dei pesi dei singoli aspetti.
- Sono stati analizzati gli effetti di riduzione di massa e di kgCO₂eq per diverse tipologie di materiale, consentendo così un'opportuna scelta degli stessi.
- È stata ottenuta una geometria ottimizzata che costituisce la base di partenza per il design definitivo del componente.





Università di Messina
Dipartimento di Ingegneria



Smart design of a
high-performance seat frame
for a luxury car



Grazie
per
l'attenzione!

Dario Santonocito
dsantonocito@unime.it