

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Progetto o tirocinio in Ingegneria Meccanica (specificare)

PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DEL SERBATOIO DI CARBURANTE PER UNA VETTURA DA COMPETIZIONE FORMULA SAE

Tutor Universitario: Prof. Giovanni Meneghetti

Laureando: Alessandro Perrone

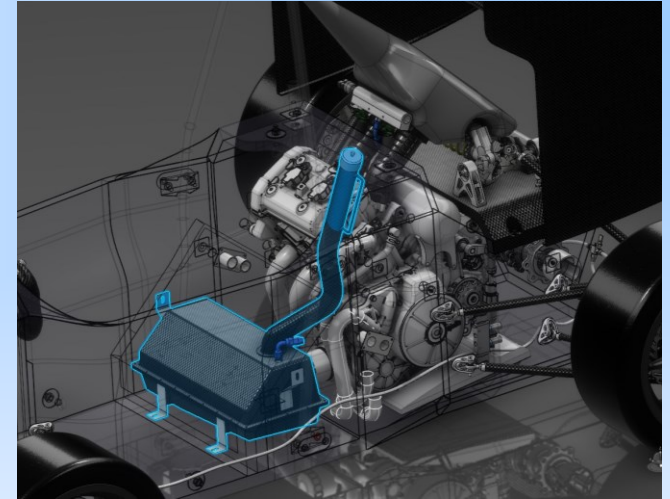
Padova, 20/09/2024



*Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da
competizione formula SAE*

Alessandro Perrone

INTRODUZIONE



Questa monoposto da competizione del RaceUp Team per la stagione 2024 ha introdotto importanti innovazioni, che hanno reso necessaria una riprogettazione completa, quali l'adozione di un motore Aprilia RS 660, un telaio in monoscocca in fibra di carbonio e l'introduzione di una componente elettrica nell'apparato propulsivo.

Nell'ottica di sviluppare una serie di soluzioni specifiche per la vettura, anche il serbatoio è stato riprogettato, a partire dalle criticità del suo predecessore, quali problemi di tenuta, complessità di smontaggio e pescaggio non ottimale.

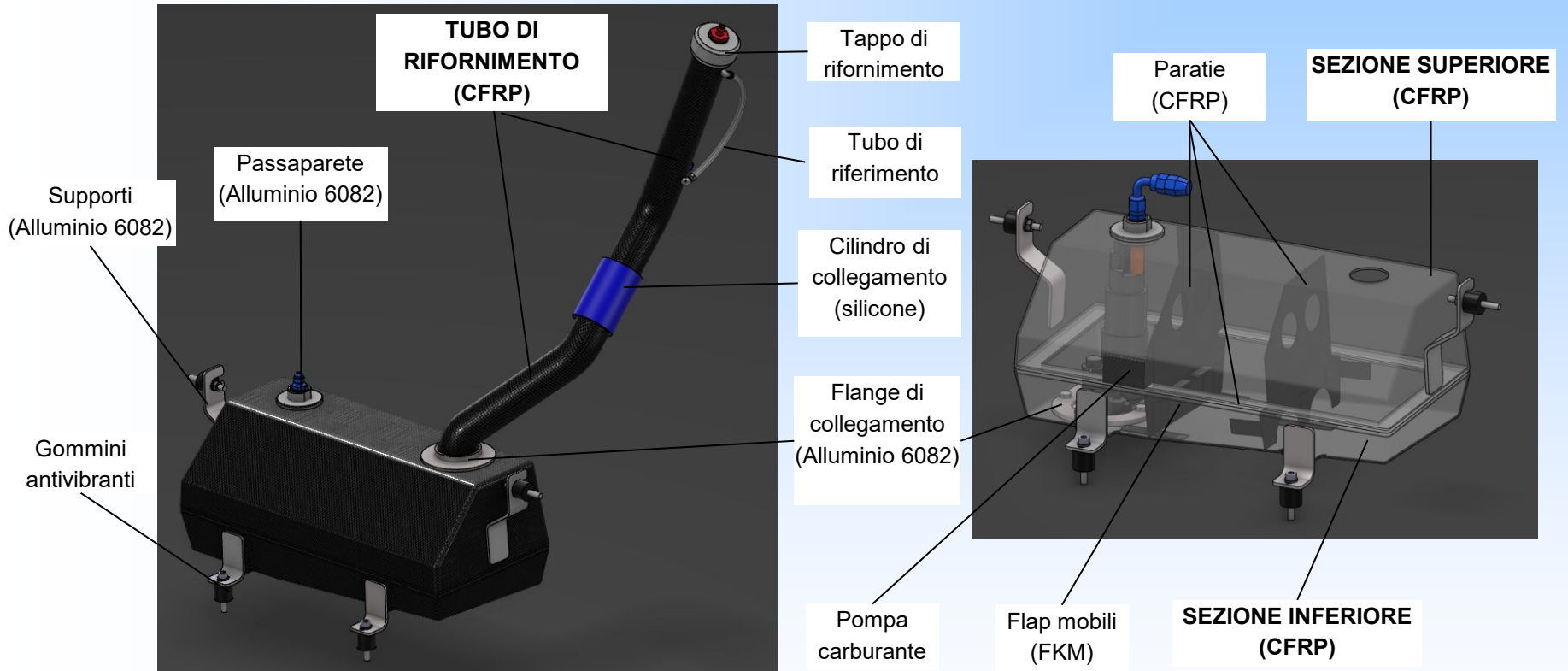


Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da competizione formula SAE

Alessandro Perrone

PANORAMICA

Di seguito si riportano le principali componenti del serbatoio e il relativo materiale in cui sono realizzate, in modo da integrare adeguatamente la successiva spiegazioni degli obiettivi e delle soluzioni apportate:



Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da competizione formula SAE

Alessandro Perrone



OBIETTIVI

Nella progettazione del serbatoio sono stati perseguiti obiettivi quali:

- **Contenimento del peso:** il componente è stato realizzato principalmente in polimero rinforzato in fibra di carbonio (CFRP) e lega di alluminio 6082, materiali leggeri dalle elevate caratteristiche meccaniche.
- **Tenuta:** il carburante utilizzato (E85) è fortemente corrosivo ed eventuali perdite rappresentano un elevato rischio per la sicurezza del pilota; perciò sono stati eseguiti trattamenti quali la resinatura, impiegati materiali chimicamente resistenti e compatibili quali Viton FKM e silicone, ed eseguiti svariati test di tenuta prima dell'installazione.
- **Elevata resistenza termica:** il serbatoio si trova vicino alle componenti più calde della vettura (motore e impianto di scarico) e il vano motore risulta scarsamente areato a causa della conformazione del telaio; perciò per il CFRP è stato scelto il tessuto GG 600T, specifico per applicazioni fino a 400°C, e sono stati previsti una serie di strati isolanti costituiti da due scudi termici in acciaio inox e un rivestimento in tecnofibra.
- **Pescaggio ottimale:** per un funzionamento adeguato è importante garantire la presenza costante di carburante in prossimità della pompa, limitando il fenomeno dello *sloshing* (agitazione di un fluido in un contenitore in movimento) attraverso paratie fisse, flap mobili che fungono da valvole di non ritorno e una specifica spugna anti-sloshing.
- **Facilità di smontaggio e accessibilità:** i punti di fissaggio al telaio sono stati posizionati in zone facilmente accessibili, prevedendo degli ampi spazi in cui operare in modo agevole.



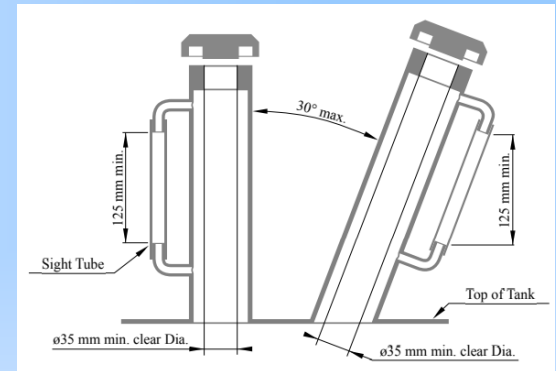
Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da competizione formula SAE

Alessandro Perrone

REGOLAMENTO

Il regolamento FSG impone una serie di limitazioni nella realizzazione del serbatoio, di cui si evidenziano:

- Distanza minima di 50 mm dall'impianto di scarico.
- Inclinazione massima del tratto superiore del tubo di rifornimento di 30°, diametro interno minimo di 35 mm e altezza minima del tubo di riferimento di 125 mm.
- Supporti in grado di sopportare eventuali lievi flessioni del telaio senza caricare il componente; condizione ottenuta interponendo dei gommini antivibranti sui fissaggi al telaio.
- Impedire la fuoriuscita del carburante durante un eventuale ribaltamento; condizione ottenuta installando una valvola di non ritorno sul tappo di rifornimento.



Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da competizione formula SAE

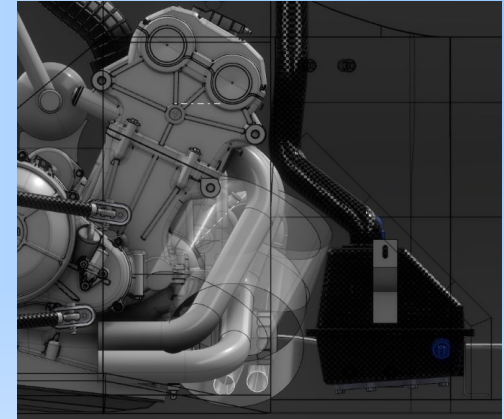
Alessandro Perrone



PROGETTAZIONE

Gli aspetti principali in cui è stata articolata la progettazione sono:

- Sviluppo di una struttura esterna che ottimizzasse lo spazio disponibile nella zona al di sotto del sedile, prevedendo inoltre degli angoli di sforno fino a 10° , per permettere il deflusso di carburante verso il fondo e l'estrazione dagli stampi.
- Riprogettazione della linea benzina per ridurre ingombri e altezza del componente, deviando il condotto in uscita dalla pompa di carburante verso il lato superiore del serbatoio e prevedendo un passaparete.
Data l'asimmetria e irregolarità della pompa, per poter posizionare correttamente le suddette componenti e avere dei riferimenti precisi per la progettazione della geometria interna, si è deciso di ricorrere ad una scansione 3D tramite il software *Revo Scan*.



Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da competizione formula SAE

Alessandro Perrone

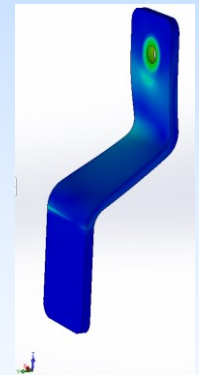
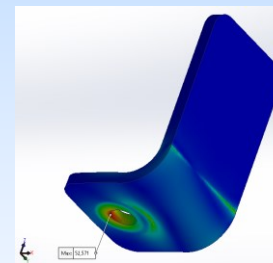
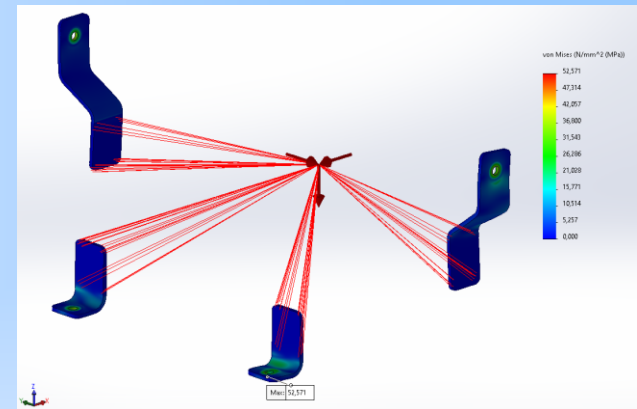
PROGETTAZIONE

- Simulazione statica FEM per visualizzare distribuzione e valori massimi di tensione sui supporti quando il serbatoio è sottoposto alla condizione combinata di massima accelerazione laterale e frontale, ricavate dalle telemetrie di test passati.

Le condizioni al contorno adottate sono state:

- Punto di applicazione dei carichi nel baricentro del componente;
- Movimento rigido delle superfici dei supporti incollate sul corpo del serbatoio, data la elevata resistenza degli incollaggi ($\tau_{\text{incoll}} = 7 \text{ N/mm}^2$);
- Vincoli esterni con bulloni M6 e gommini antivibranti fissi;

Le simulazioni sono state ripetute per curve verso destra e sinistra e iterate 3 volte per ciascun caso, con progressivo aumento della qualità delle mesh (da 0,61 fino a 0,55 mm), per verificare la convergenza delle sollecitazioni massime; queste si sono attestate su un valore massimo di circa 50 Mpa, che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza statico di circa 4,8, ritenuto soddisfacente.



Acc. Laterale	Acc Frontale	Massa a piena capacità	Materiale supporti	Spessore supporti	σ_{sn}	σ_r	$\sigma_{vm \text{ max}}$	u_s
2G	-1,8G	10 Kg	Lega di alluminio 6082 T651	3 mm	240 MPa	295 MPa	50 MPa	4,8

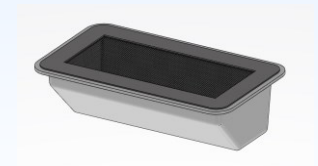
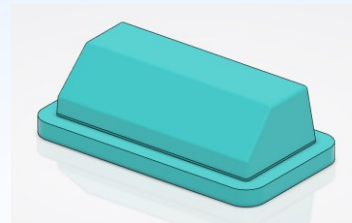
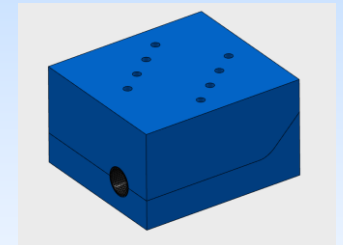
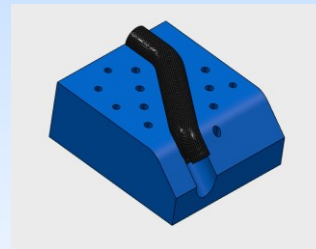
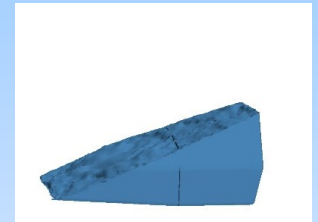
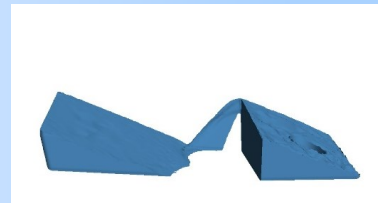
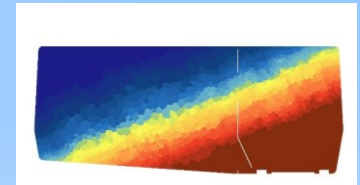
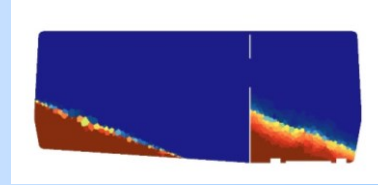


Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da competizione formula SAE

Alessandro Perrone

PROGETTAZIONE

- Sviluppo di una geometria interna costituita da paratie e valvole di non ritorno, ottimizzate per ridurre lo sloshing e garantire il pescaggio in prossimità della pompa; ciò è stato possibile con validazioni successive tramite simulazioni fluidodinamiche bifase (nelle condizioni di serbatoio riempito a metà e sottoposto alle accelerazioni massime combinate).
- Progettazione di stampi per la successiva produzione delle componenti in CFRP, realizzati in:
 - resina epossidica EB590 per il tubo di rifornimento;
 - vetroresina con relativi controstampi in poliuretano espanso per le due sezioni del serbatoio;



Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da competizione formula SAE

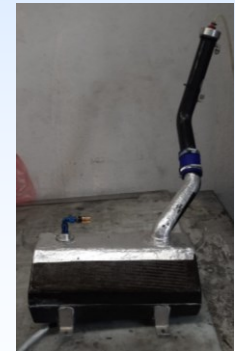
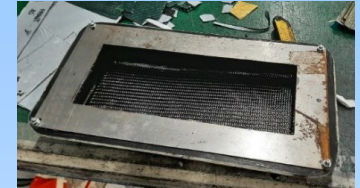
Alessandro Perrone



PRODUZIONE E ASSEMBLAGGIO

Le fasi principali della produzione e dell'assemblaggio sono state:

- Produzione dei componenti in alluminio, principalmente realizzati tramite tornitura, fresatura, taglio laser e piegatura.
- Produzione degli stampi per i componenti in CFRP, realizzati in resina EB590 e vetroresina (laminazione *wet layup*).
- Produzione dei componenti in CFRP tramite laminazione *prepreg*, costituita da taglio e stesura del tessuto prepreg, cura e post-cura in autoclave e resinatura.
- Assemblaggio del componente finale, principalmente tramite incollaggi, e rivestimento con tecnofibra.
- Test di tenuta ed installazione nella vettura.



Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da competizione formula SAE

Alessandro Perrone



CONCLUSIONI

Il componente finale, attualmente testato al banco prova, presenta le seguenti caratteristiche:

- Tenuta ermetica;
- Resistenza ottimale fino alla massima temperatura raggiunta nel vano motore (circa 100°) senza presentare delaminazione;
- Tempi di montaggio e smontaggio ridotti (qualche minuto);
- Peso finale maggiore della versione precedente di circa 0,5 Kg;

Quest'ultima caratteristica è attribuibile principalmente alla tipologia di tessuto scelto per il CFRP, dovuto ad una possibile sovrastima delle temperature raggiunte nel vano motore.

Alla luce dei dati di temperatura rilevati in test futuri, sarebbe eventualmente possibile adottare un tessuto meno prestante e più leggero.

Inoltre l'efficacia delle soluzioni adottate in merito a resistenza meccanica dei supporti e riduzione dello sloshing sono ancora in fase di verifica tramite test su strada, nonostante siano già stati individuati dei potenziali interventi da apportare nel caso in cui i risultati non fossero soddisfacenti, prevedendo, ad esempio, delle ulteriori paratie orizzontali per limitare i movimenti del fluido.



Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da competizione formula SAE

Alessandro Perrone

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



*Progettazione e realizzazione del serbatoio di carburante per una vettura da
competizione formula SAE*

Alessandro Perrone