

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Facoltà di Ingegneria di Modena

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Meccanica

**PROGETTAZIONE E
SVILUPPO DI UN COMPLESSIVO
DI CARROZZERIA
PER VETTURA STRADALE**

Relatore:

Prof. Fabrizio Ferrari

Candidato:

Enrico Battelli

Anno Accademico 2007/2008

INDICE

<u>Introduzione</u>	3
1- <u>Prototipi e processo produttivo</u>	5
1.1 – Tipologie di prototipi	5
1.2 – Prototipi nel processo produttivo	6
2- <u>Modello originale</u>	11
2.1 – Maserati MC12	11
2.2 – Caratteristiche tecniche	17
3- <u>Aspetti della normativa</u>	20
3.1 – Regolamentazione	20
3.2 – Caratteristiche principali legate alla volumetria esteriore del veicolo	21
3.3 – Dispositivi di illuminazione	22
3.4 – Disposizione del manichino regolamentare (OSCAR)	28
3.5 – Campo di visibilità	32
4- <u>Miglioramenti previsti</u>	35
4.1 – Aspetti regolamentari	35
4.2 – Aspetti ergonomico- funzionali	36
5- <u>Software CAD</u>	40
5.1 – Sistemi CAD/CAM	40
5.2 – Tebis CAD	42

6- <u>Metodi di rappresentazione</u>	46
6.1 – Piano di forma	46
6.2 – Innovazioni tecnologiche	51
7- <u>Modello matematico</u>	53
7.1 – Analisi preliminare dello stile	53
7.2 – Layout meccanico	61
7.3 – CAD: costruzione del modello matematico	64
7.4 – Sviluppo di complessivi	82
7.5 – Modello definitivo	100
8- <u>Analisi conclusiva</u>	105
8.1 – Verifica del rispetto della normativa	105
8.2 – Determinazione dei componenti	110
9- <u>Creazione prototipo</u>	116
9.1 – Fase CAM	116
9.2 – Realizzazione del corpo vettura	119
9.3 – Realizzazione dei particolari	123
10- <u>Maserati Evo 12 “Levante”</u>	126
11- <u>Bibliografia</u>	132
12- <u>Ringraziamenti</u>	133

INTRODUZIONE

Il progetto intrapreso riguarda lo studio di un complessivo di carrozzeria di autovettura, che è stato effettuato basandosi sul layout meccanico e sul telaio di una vettura già esistente, vale a dire la MC12 prodotta da Maserati. L'obiettivo ricercato è stata la concezione di un veicolo che oltre a rappresentare un'evoluzione, dal punto di vista puramente estetico, del modello originale, ne consentisse inoltre un miglioramento dei requisiti regolamentari. L'adeguamento ai principali aspetti della normativa vigente e l'ottimizzazione dal punto di vista funzionale ed ergonomico sono stati gli elementi chiave che hanno influenzato in maniera determinante il design della vettura. Proprio l'obiettivo di rendere "stradale", ovvero omologabile in riferimento alla normativa internazionale vigente, una vettura dall'impronta estremamente sportiva e concepita in stretta collaborazione con il mondo delle competizioni come quella presa in esame, è stato uno degli aspetti più articolati di tutto lo studio. A causa della sua complessità il progetto ha riguardato prevalentemente il punto di vista volumetrico ed estetico del complessivo di carrozzeria. Per questa ragione sono stati tralasciati volutamente fattori come lo studio aerodinamico e la progettazione dei componenti interni: in un settore dove la specializzazione rappresenta una caratteristica predominante, sarebbe stato eccessivamente pretenzioso curare in maniera esaustiva questi aspetti, che pertanto sono stati considerati solo indirettamente. La progettazione e lo sviluppo del complessivo di carrozzeria sono stati eseguiti con l'utilizzo di un software CAD tridimensionale ed hanno condotto, a conclusione del progetto, alla realizzazione di un prototipo reale in scala 1:5.

In questa sede saranno presentate tutte le fasi che hanno condotto alla creazione del prototipo finale: dopo una breve osservazione sull'importanza del prototipo nella creazione di un prodotto, saranno presentate le caratteristiche principali della vettura originale, MC12 Maserati. Successivamente saranno illustrati i principali vincoli normativi dei quali si è tenuto conto durante la progettazione e saranno anticipate le modifiche previste per rendere omologabile la vettura progettata e per migliorare determinati aspetti funzionali ed ergonomici. A questo punto si procederà con una descrizione di tutti quei passaggi necessari per la definizione di un modello matematico e per la conseguente realizzazione di un modello fisico. Si inizierà con la presentazione dei primi bozzetti stilistici, che mostreranno in maniera generale lo stile che assumerà la nuova vettura, e si proseguirà con la descrizione della fase CAD (*Computer Aided Design*, ovvero *progettazione assistita dal calcolatore*). La creazione del complessivo con l'ausilio di un software per modellazione di superfici costituisce certamente la parte più consistente ed impegnativa di tutto il progetto. Saranno

esposti i dettagli relativi alla progettazione del modello matematico: trattandosi di un procedimento iterativo, costituito da continue modifiche e miglioramenti, si porrà l'attenzione sui successivi passaggi che hanno condotto al modello finale. Una volta ottenuto questo si illustreranno le fasi del processo industriale che consentono di creare un prodotto finito a partire da un file contenente la descrizione matematica tridimensionale del modello stesso, con ovvio riferimento al nostro progetto. Pertanto saranno descritti i procedimenti relativi alla fase CAM (*Computer-Aided Manufacturing*, ovvero *fabbricazione assistita da computer*), che permette di generare le istruzioni per una macchina utensile a controllo numerico computerizzato (CNC) necessarie per la costruzione fisica del prototipo. Infine saranno seguiti tutti i procedimenti subiti dal materiale grezzo prima di ottenere il prodotto finito: si tratta principalmente di una fase di fresatura, eseguita sulle indicazioni del percorso utensile originato in fase CAM, di una fase di finitura superficiale, generalmente realizzata a mano, e della verniciatura conclusiva, con la creazione di dettagli e particolari.

CAPITOLO 1

PROTOTIPI E PROCESSO PRODUTTIVO

1.1 – Tipologie di prototipi

Questo capitolo introduce il concetto di prototipo e le sue principali caratteristiche ed illustra come il nostro progetto si possa inserire all'interno di un ipotetico processo produttivo riguardante una particolare categoria di autovetture.

Esistono differenti tipologie di prototipi, in funzione dello scopo con il quale sono stati realizzati, e principalmente queste si suddividono in tre categorie principali:

- Prototipi concettuali: impiegati nelle prime fasi di vita di un prodotto, servono principalmente per effettuare verifiche sulla forma e lo stile dell'oggetto
- Prototipi funzionali: creati per dimostrare la funzionalità del prodotto prima di avviare un progetto di sviluppo successivo
- Prototipi tecnici: utilizzati per effettuare valutazioni riguardanti le prestazioni del prodotto e la fase relativa al processo produttivo

Per quanto ci riguarda analizzeremo più in dettaglio la prima tipologia proposta, cui si riferisce in maniera diretta il nostro progetto. L'obiettivo che ci siamo preposti è quello di creare un complessivo che si sviluppi sulla base di un layout meccanico già esistente e che introduca alcuni aspetti principali:

- modifica del modello originale dal punto di vista del design attraverso la proposizione di soluzioni stilistiche innovative
- rispetto della normativa vigente necessaria per l'omologazione
- miglioramento dal punto di vista funzionale ed ergonomico

La definizione di questi tre elementi ci porta a vedere la nostra vettura come una *concept car*; con questo termine si intende generalmente un prototipo di autovettura che viene realizzato sulla base di un tema specifico. Normalmente i “concetti” che sono sviluppati attraverso la creazione di concept cars sono di tipo funzionale, come ad esempio la sicurezza, i consumi, l’aerodinamica, l’ergonomia o il tipo di impiego. Nel nostro caso il *concetto-chiave* che ha guidato la progettazione è stato l’adattamento del layout meccanico originale alla normativa in vigore, al fine di rendere “stradale” una vettura di impronta esclusivamente sportiva. In questi termini il nostro studio si discosta da ciò che viene definito un *esercizio di stile*, anche se ne conserva una caratteristica principale. Gli esercizi stilistici in campo automobilistico definiscono le fasi primitive della creazione di un’autovettura e generalmente sono impiegati per dare al committente o ad un pubblico (che può essere il target alla quale la casa produttrice si riferisce) un’idea del prodotto che si sta sviluppando; spesso questo viene curato principalmente dal punto di vista estetico e pone in secondo piano aspetti meccanici o strutturali. Gli esercizi di stile possono essere proposti sotto varie forme, in funzione del contesto. Fra le varie modalità ci sono i render cartacei, render grafici in formato digitale o modelli statici di vetture, di solito realizzati in materiale sintetico modellato a mano o per mezzo di frese. Ed è proprio quest’ultima tipologia quella che è stata ottenuta alla fine del nostro percorso.

1.1 – Prototipi nel processo produttivo

Nelle varie fasi della vita di un prodotto, con particolare riferimento al mondo delle automobili, si possono quindi incontrare numerosi prototipi che differiscono per caratteristiche e funzionalità. Inizialmente sono realizzati modellini in scala ridotta, solitamente in scala 1:10; la praticità di realizzazione ed i costi contenuti li rendono infatti adatti per effettuare studi preliminari e valutazioni dal punto di vista prevalentemente estetico. Con l’avanzare dello sviluppo del prodotto si passa alla creazione di modelli reali in scala 1:5 o 1:4; queste scale sono quelle maggiormente impiegate in quanto consentono un ottimo compromesso tra livello dei dettagli e contenimento dei costi ed inoltre uniscono il vantaggio di non essere eccessivamente voluminose ed impegnative, pur rimanendo sufficientemente precise. Trattenendosi su queste dimensioni, è possibile distinguere differenti tipi

di prototipi sulla base del livello di dettaglio raggiunto: i modelli più semplici sono realizzati a mano tramite modellazione di argilla (fig.1.2.1) mentre un po' più complessi sono quelli ottenuti per fresatura di materiali sintetici o polimerici.



Figura 1.2.1 – Realizzazione a mano del modello in argilla e sua presentazione, per effettuare le prime valutazioni dal punto di vista del design

Quest'ultima tipologia è quella utilizzata nel nostro progetto e necessita di un modello matematico che sarà impiegato come riferimento per la generazione dei percorsi utensile che dovrà eseguire la macchina a controllo numerico (fig. 1.2.2). Una volta completata la lavorazione il materiale subisce successive operazioni di finitura e verniciatura che consentono di ottenere il risultato ricercato (fig. 1.2.3). In entrambi i casi si tratta di *modelli statici* che permettono di presentare la forma esterna del veicolo ma sono privi di motore o altri organi funzionali; sono generalmente impiegati per effettuare analisi e valutazioni di base sul design e sulla corrispondenza tra aspetti estetici e funzionali, pertanto rientrano nella categoria dei prototipi concettuali.



Figura 1.2.2 – Il modello in materiale sintetico viene ottenuto attraverso lavorazioni eseguite da macchine a controllo numerico

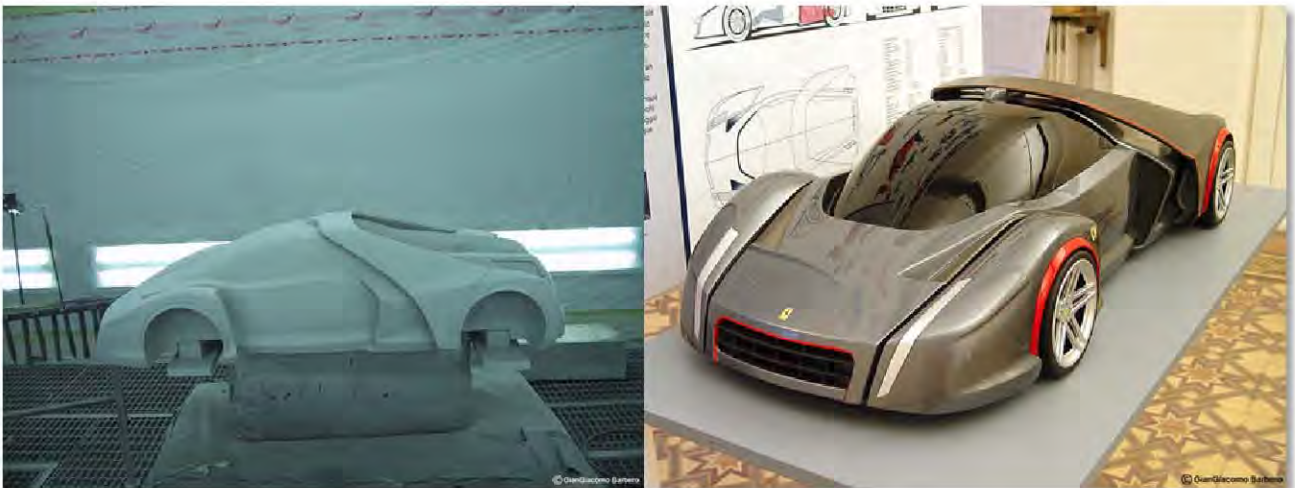


Figura 1.2.3 – Il modello lavorato viene sottoposto a successive fasi di finitura e verniciatura che consentono di ottenere il prototipo finale, pronto per la presentazione

In queste scale vengono infine prodotti modelli decisamente più complessi, definiti *modelli dinamici*, che presentano parti mobili, generalmente le ruote, o altri organi funzionali, come prese d'aria e condotti. Questi sono impiegati per compiere simulazioni in galleria del vento al fine di ottenere valutazioni su aspetti come l'aerodinamica ed il sistema di raffreddamento del veicolo (fig. 1.2.4), pertanto sono identificabili come prototipi di tipo funzionale.



Figura 1.2.4 – Modello dinamico realizzato con parti mobili, impiegato per simulazioni in galleria del vento

I modelli in scala reale sono invece solitamente creati nelle fasi conclusive dello sviluppo del prodotto, quando la precisione richiesta giustifica un aumento della complessità e dei costi di realizzazione e generalmente precedono la creazione di un modello unico o di prototipi pre-serie.

Le immagini successive mostrano alcuni passaggi relativi alla creazione del prototipo in scala 1:1 della Maserati GranTurismo: definita la volumetria generale ci si concentra sui particolari, vagliando differenti soluzioni e mantenendo quelle che meglio si adattano all'intero complessivo. Questi vengono quindi realizzati sul modello al fine di valutare nel miglior modo possibile il reale impatto estetico.



Figura 1.2.5 – Maserati GranTurismo, prototipo in scala 1:1; definizione dei particolari, soluzioni proposte, modello definitivo

Alla luce di quanto illustrato fin'ora, la creazione del nostro modello in scala 1:5 può essere considerata come un passaggio-chiave del processo di sviluppo di un'autovettura. La tipologia di veicolo trattato ed il target al quale fa riferimento ci consentono inoltre di ipotizzare una possibile applicazione del prototipo all'interno di una politica aziendale alternativa a quelle in uso generalmente. La vettura originale, MC12 Maserati, sulla base del quale è stato sviluppato il nostro complessivo, è un prodotto esclusivo sia in termini di prestazioni che di costi e si rivolge pertanto ad un mercato molto ristretto. Lo sviluppo di prodotti di nicchia, che prevedono la creazione di singole unità o di un numero comunque limitato di esemplari, non segue il normale percorso produttivo; in questi casi, infatti, è spesso il design a ricoprire il ruolo centrale e l'aspetto sul quale si concentra prevalentemente l'opera della casa produttrice. In quest'ottica il nostro modello potrebbe essere impiegato per valutazioni estetiche da parte dei committenti e potrebbe costituire il punto di partenza per successive prove sperimentali. Considerando di primaria importanza il fattore estetico, tutte le successive simulazioni sarebbero volte ad un miglioramento delle prestazioni che consentano di lasciare inalterata la volumetria generale del complessivo progettato.

CAPITOLO 2

MODELLO ORIGINALE



2.1 – Maserati MC12

Prima di procedere con la descrizione del nostro studio, ci sembra doveroso presentare ciò che ne ha costituito il punto di partenza, al fine di poter inserire la progettazione del complessivo, le difficoltà ad esso legate e le sue principali caratteristiche all'interno del contesto più opportuno possibile.

La vettura che ha costituito la base del progetto si chiama MC12 ed è stata realizzata da Maserati. Si tratta di un modello esclusivo sotto tutti i punti di vista: la sua creazione infatti è strettamente legata allo sviluppo di una versione da competizione per il campionato GT (la sigla che ne da il nome è infatti l'acronimo di *Maserati Corse 12 Cilindri*).

Il progetto è stato realizzato sfruttando il patrimonio di knowhow del Gruppo Ferrari Maserati, ed è proprio per questa ragione che la MC12 può vantare numerosi elementi in comune con la più nota Ferrari Enzo. La parte stilistica è frutto di un'idea di Giugiaro, sviluppata in collaborazione con i tecnici Maserati in galleria del vento.

Nella versione clienti per uso stradale la MC12 è stata proposta esclusivamente in livrea bianco blu: si tratta di un richiamo alla tradizione della Casa, dove bianco e blu sono proprio i colori della scuderia *Camoradi* che per prima fece correre le famose Maserati Tipo 60-61 «Birdcage» agli inizi degli anni '60. A partire dal 2004 della MC12 ne sono stati prodotti inizialmente solo una trentina di esemplari, 25 dei quali destinati all'uso stradale. L'anno successivo è stata realizzata una seconda serie di altri 25 modelli destinati alla clientela.

Di seguito sono presentate le principali specifiche, estetiche e meccaniche, dichiarate dalla Casa; oltre a queste, le elevate prestazioni, la limitata produzione e, caratteristica non meno importante, il costo particolarmente oneroso, testimoniano ancora una volta l'esclusività di questo prodotto e di conseguenza del progetto da noi intrapreso.



Struttura rigida e leggera

La Maserati MC12 è una biposto coupé-spider a coda lunga e passo lungo di impostazione tipicamente sportivo-corsaiola e presenta un tettuccio asportabile. Il motore è situato in posizione centrale/posteriore, mentre lo schema di distribuzione dei pesi prevede una ripartizione di carico del 41%

all'anteriore e del 59% al posteriore. Per ottenere elevate prestazioni in termini di rigidità e leggerezza strutturale è largamente diffuso l'impiego di materiali compositi di pregio e di leghe. La carrozzeria è in fibre di carbonio, il telaio è del tipo monoscocca realizzato con «sandwich» di fibre di carbonio e honeycomb di nomex. Infine, due telaietti in alluminio fanno da supporto alle componenti di servizio e contribuiscono all'assorbimento di eventuali urti ed al raggiungimento di un elevato livello di sicurezza.



Stile ed aerodinamica

Con le sue dimensioni imponenti (*5143 mm di lunghezza e 2100 di larghezza per una altezza di appena 1205 mm*) la MC12 ha uno stile che è rigorosamente collegato alla sua funzione. Gli approfonditi studi in galleria del vento, integrati con quelli matematici, ed il lavoro in pista e strada hanno portato a una forma di straordinaria efficacia e forte personalità. Prese e uscite d'aria ed elementi aerodinamici sono volti a garantire la migliore fluidodinamica interna e il passaggio dei flussi per assicurare la massima deportanza possibile (*carichi verticali*) e un valore di efficienza aerodinamica ottimale. In particolare, il cofano anteriore, caratterizzato da due grandi aperture rastremate dall'elegante disegno, chiude le sue forme sinuose attorno alla tipica «bocca» Maserati che al centro reca il Tridente dai fregi rossi ed è sormontata dall'ovale blu del marchio. Cofano e parafrangente (*in cui è ricavato l'alloggiamento per i proiettori Bi-Xeno, in unico elemento*) si aprono in un blocco

solo e sono asportabili. La fiancata presenta un ampio incavo che reca alle estremità l'uscita aria dal vano ruota anteriore e la presa di quello posteriore. Il flusso si incanala in un condotto di base. Tale soluzione ha effetto deportante e migliora l'efficienza aerodinamica. Sopra il tettuccio è situato un captatore dell'aria (*snorkel*) per il vano motore. Nella parte posteriore spiccano il cofano motore e la sottile (*circa 30 mm*) e imponente ala in carbonio di oltre 2 metri sorretta da due pinne che reca alla base un piccolo spoiler in cui è inserita la terza luce di stop. Nella coda in evidenza il disegno di una mezzaluna rovesciata per gli scarichi aria. Il sotto vettura è interamente carenato e sigillato e si ricorda a due generosi estrattori per conseguire il miglior «effetto suolo».



Motore 6 litri e 630 CV

La MC12 utilizza le tecnologie e le esperienze sportive del Gruppo Ferrari Maserati. In particolare, dispone di un 12 cilindri a V65°, aspirato, con cilindrata totale di 5998 cm³ e potenza di 630 CV a 7500 giri/minuto. Tale propulsore, sviluppato in modo da assolvere alle specifiche esigenze e caratteristiche di una vettura Maserati per uso stradale, assicura una eccellente guidabilità. La coppia massima è 652 Nm a 5500 giri/min: ampio l'arco di utilizzazione sin dai bassi regimi per una fluidità di marcia eccezionale. Basamento in alluminio, bielle in titanio, teste a 4 valvole a elevata efficienza fluidodinamica. La distribuzione, a 4 assi a camme in testa, è del tipo a cascata di ingranaggi, soluzione che offre una perfetta regolazione della fasatura. La lubrificazione a carter secco si avvale di un sistema di pompe di recupero ad alta efficienza.



Trasmissione Cambiocorsa

Seguendo gli obiettivi prestazionali del progetto, la MC12 adotta esclusivamente il Cambiocorsa Maserati a 6 rapporti con selezione computerizzata delle marce. L'innesto, a comando elettroidraulico, non richiede l'uso della frizione e la selezione dei rapporti avviene col solo impulso esercitato dalle levette poste dietro al volante. Due le modalità, selezionabili tramite pulsante: «Sport» per l'uso prevalente della vettura con un adeguato dosaggio del traction control e «Race» per una ulteriore estremizzazione del comportamento sportivo, tipicamente nell'uso in pista. In tale configurazione il sistema aumenta la velocità di cambiata e interviene sull'impianto ASR anti-slittamento.

Sospensioni e ruote

La MC12 adotta sospensioni anteriori e posteriori indipendenti a quadrilateri articolati, con geometria antidive-antisquat e schema del tipo push-rod con ammortizzatori contrapposti. Tale schema consente un elevato livello di progressività delle sospensioni con un comportamento eccellente sia in uso stradale che prestazionale. La sospensione anteriore è provvista di sollevatore a comando elettrico per consentire una maggiore luce da terra nelle manovre di parcheggio con rampe.

Impianto frenante

L'impianto frenante, sviluppato con Brembo, è improntato alla massima efficacia ed efficienza in frenata e resistenza al fading a cominciare dall'importante dimensionamento dei dischi freno autoventilanti e forati (*anteriori con diametro di 380 mm e posteriori 335*). Le pinze sono realizzate in lega di alluminio e presentano 6 e 4 pistoni rispettivamente per il sistema anteriore e posteriore.

Interni e dotazioni

L'abitacolo, il cui tettuccio può essere facilmente asportato, trasformando l'auto da coupé a spider, è una sintesi di eleganza e sportività. Il design è essenziale, tipico di un'auto dalle prestazioni estreme ma abbinato a una cura di materiali e finizioni necessari per una vettura di questa categoria: si riconosce un'unione fra parti in carbonio e rivestimenti in pelle traforata e un particolare tessuto «tecnico» di forte impatto visivo e ad alta aderenza. Il volante è a tre razze in pelle e carbonio, lievemente appiattito nella parte superiore per consentire un'ottimale lettura della strumentazione di bordo. Al centro si trova la mostrina con due bocchette d'aerazione (altre due sono poste lateralmente), i comandi dell'impianto di climatizzazione e nella parte inferiore il pulsante di avviamento. Sul mobiletto, in color titanio, sono posti gli altri comandi, al fondo un cassetto portaoggetti e una presa di corrente. I sedili, con struttura in fibre di carbonio, sono ad alto contenimento per garantire al conducente il miglior confort possibile. Le portiere sono costituite da pannelli in carbonio, nei quali sono ricavate opportune tasche sono alloggiati i comandi degli alzacristalli elettrici.



2.2 – Caratteristiche tecniche

Carrozzeria

Tipo Roadster con tettuccio rigido asportabile, due posti, motore posteriore centrale, trazione posteriore.

Telaio

Scocca portante in carbonio e honeycomb di nomex con strutture anteriori e posteriori in alluminio.

Sospensioni

Anteriori: a quadrilateri articolati con schema push-rod; ammortizzatori monotaratura e molle elicoidali coassiali.

Posteriori: a quadrilateri articolati con schema push-rod; ammortizzatori monotaratura e molle elicoidali coassiali.

Cerchi 19" in lega leggera; anteriori 9J x 19, posteriori 13J x 19.

Pneumatici anteriori 245/35 ZR19, posteriori 345/35 ZR 19.

Freni

Impianto Brembo a quattro dischi autoventilanti e forati. Anteriori 380 mm x 34 mm, posteriori 335 mm x 32 mm; pinze in lega leggera a sei pistoni anteriori e quattro posteriori a diametro differenziato. Materiale d'attrito pastiglie: Pagid RS 4.2.1. Sistema antibloccaggio ABS Bosch 5.3. Ripartitore frenata a controllo elettronico (*EBD*).

Trasmissione

Cambio longitudinale posteriore rigidamente collegato al motore. Trasmissione meccanica a 6 marce elettroattuata Cambiocorsa con comando di asservimento idraulico gestito elettronicamente realizzato mediante leve a bilancere poste dietro al volante. Frizione bidisco a secco da 215 mm di diametro, con parastrappi torsionali, comandata idraulicamente. Controllo di trazione ASR Bosch.

Motori

12 cilindri a V di 65°. Distribuzione a due alberi a camme in testa per bancata azionati da cascata ingranaggi; quattro valvole per cilindro comandate da bicchierini idraulici. Lubrificazione motore a carter secco con pompe in unico gruppo. Sistemi di accensione e di iniezione integrati Bosch, acceleratore a comando elettronico «drive by wire».

Peso:	232 kg
Cilindrata:	5998 cm ³
Alesaggio:	92 mm
Corsa:	75,2 mm
Rapporto di compressione:	11,2:1
Potenza massima:	465 kW (630 CV)
Regime di potenza massima:	7500 giri/min
Coppia massima:	652 Nm (66,5 kgm)
Regime di coppia massima:	5500 giri/min
Regime massimo ammesso:	7700 giri/min

Dimensioni e pesi

Lunghezza:	5143 mm
Larghezza:	2096 mm
Altezza:	1205 mm
Passo:	2800 mm

Carreggiata anteriore:	1660 mm
Carreggiata posteriore:	1650 mm
Sbalzo anteriore:	1248 mm
Sbalzo posteriore:	1095 mm
Diametro di sterzata:	12 m
Capacità serbatoio:	115 l
Peso a secco:	1335 kg
Ripartizione:	41% ant. - 59% post.
Rapporto Peso / Potenza:	2,1 kg/CV

Prestazioni

Velocità massima:	>330 km/h
Accelerazione da 0 a 100 km/h:	3,8 s
Accelerazione da 0 a 200 km/h:	9,9 s
Accelerazione 0-400 metri:	11,3 s
Accelerazione 0-1000 metri:	20,1 s

CAPITOLO 3

ASPETTI DELLA NORMATIVA

3.1 - Regolamentazione

Uno degli obiettivi perseguiti dal nostro progetto è stata la realizzazione di un complessivo che consentisse di migliorare i requisiti regolamentari della vettura originale. Sebbene infatti questa abbia potuto godere di una particolare omologazione, *limitata per piccole serie* ed estesa al solo mercato europeo, essa presenta numerose caratteristiche incongruenti con i parametri normalmente considerati dalla normativa internazionale in vigore. In questo contesto si inserisce quindi il proposito di rendere “stradale” il modello originale, modificando questi aspetti e rendendoli coerenti con quanto richiesto dalla legislazione.

Attualmente praticamente tutti gli aspetti ed i componenti di un veicolo sono sottoposti a rigide norme che devono essere rispettate per consentirne l’omologazione. Il nostro progetto, che considera la vettura da un punto di vista quasi esclusivamente esteriore (in relazione ad un telaio e layout meccanico prefissato), ci ha tuttavia consentito di trascurare numerose caratteristiche costruttive e funzionali quali, ad esempio, quelle riguardanti le *prestazioni*, la *protezione ambientale*, le *disposizioni fiscali* e numerosi aspetti relativi alla *sicurezza attiva e passiva*.

In questa sede si presentano pertanto non tutti gli elementi legislativi esistenti, ma esclusivamente quelli che hanno rappresentato i vincoli principali per la realizzazione del nostro studio. Si tratta ovviamente di una semplificazione, che tuttavia si è resa necessaria considerata la vastità dell’argomento che non avrebbe potuto essere considerato in maniera esaustiva.

I requisiti valutati possono essere suddivisi in quattro categorie:

- » Caratteristiche principali legati alla volumetria esteriore del veicolo
- » Dispositivi di illuminazione
- » Disposizione del *manichino regolamentare* (OSCAR)
- » Visibilità

3.2 - Caratteristiche principali legate alla volumetria esteriore del veicolo

In questa categoria inseriamo alcuni dei vincoli principali, che sono essenzialmente connessi con le dimensioni esteriori del veicolo. La prima misura che viene presa in considerazione è l'*angolo di attacco*: si tratta dell'angolo formato dalla linea del terreno con la linea di massima pendenza superabile. Ciò viene prestabilito per consentire al veicolo di oltrepassare ostacoli quali dossi o cunette ed è fissato ad un'ampiezza di 7° per la zona anteriore, dove generalmente si incontrano le difficoltà maggiori a causa della dimensione elevata dello sbalzo. Analogo discorso può essere fatto per l'*angolo di uscita*, anch'esso fissato a 7° e riferito alla zona posteriore, per la quale tuttavia non ci sono eccessive complicazioni poiché lo sbalzo posteriore è normalmente più limitato.

La seconda misura presa in considerazione è l'*altezza minima da terra*, stabilita dalla normativa a 120 mm (fig. 3.1). Questa quota viene solitamente intesa con la vettura a *carico statico*, vale a dire in stato di quiete, a temperatura standard, completa di tutte le sue parti e comprensiva di liquidi. A questo proposito va considerata anche la presenza di OSCAR, il manichino regolamentare del quale si parlerà in seguito.



Figura 3.1

Un'ulteriore quota molto importante, soprattutto a livello regolamentare, è costituita dall'*altezza minima da terra della zona deformabile* (o paraurto anteriore). In questo caso vengono definiti i requisiti richiesti alla zona anteriore, che nell'eventualità di urto frontale deve essere in grado di assorbire il colpo e deformarsi progressivamente lasciando integri gli organi fondamentali. Questa quota è fissata dalla normativa europea a 445 mm, mentre negli U.S.A. ci si riferisce a $20''$, vale a dire 508 mm. Poiché ciò deve essere rispettato sia in caso di vettura scarica, che in condizioni di

pieno carico, è consigliabile osservare un margine di sicurezza. La verifica viene effettuata per mezzo di un *pendolo*, dotato di una “mazza” incorporata, il quale ruotando e penetrando nella carrozzeria per una profondità pari a 200 mm, non deve colpire elementi sostanziali quali parti mobili (ad esempio l’apertura del cofano) o gruppi ottici principali.

Altri vincoli che riguardano i volumi esteriori sono ricavabili dalla regolamentazione del posizionamento dei dispositivi di illuminazione e dall’applicazione delle norme relative alla visibilità, tuttavia questi aspetti saranno considerati in maniera indipendente nei prossimi paragrafi.

3.3 – Dispositivi di illuminazione

La regolamentazione relativa a dispositivi quali fari, luci e gruppi ottici in generale costituisce un aspetto di primario interesse nello studio di un complessivo di carrozzeria. La loro forma e posizione influiscono in maniera decisiva sul design di una vettura e ne caratterizzano fortemente lo stile e la personalità. Per queste ragioni, prima di procedere con lo sviluppo di questi componenti, è necessario conoscere la normativa in vigore, che ne indica i requisiti da rispettare:

- *Proiettore abbagliante:*

Presenza: su veicoli a motore obbligatoria, in numero di 2 o 4

Posizionamento:

in larghezza: i bordi esterni della superficie illuminante devono essere in nessun caso più vicini all’estremità della *larghezza fuori tutto* del veicolo rispetto ai bordi esterni della superficie illuminante dei proiettori anabbaglianti. Per larghezza fuori tutto si intende la larghezza fra due piani verticali paralleli al piano longitudinale mediano del veicolo tangente all’estremità laterale di quest’ultimo senza tener conto delle parti sporgenti.

in altezza: nessuna disposizione particolare

in lunghezza: nella parte anteriore del veicolo e montato in modo che la luce emessa non disturbi il conducente, direttamente o indirettamente mediante, specchi retrovisori e/o altre superfici riflettenti del veicolo.

orientamento: verso l'avanti; oltre ai dispositivi necessari per mantenere una regolazione corretta e quando vi sono due coppie di proiettori abbaglianti, una di esse, costituita da proiettori che svolgono soltanto la funzione «abbagliante» può muoversi in funzione dell'angolo di sterzata, con rotazione attorno ad un asse approssimativamente verticale; può essere raggruppato con il proiettore anabbagliante e con le altre luci anteriori.

- *Proiettore anabbagliante:*

Presenza: obbligatoria, in numero di 2

Posizionamento:

in larghezza: bordo della superficie illuminante più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità fuori tutto del veicolo. I bordi interni delle superfici illuminanti devono essere distanti almeno 600 mm. Tale distanza può essere ridotta di 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm.

in altezza: dal suolo minimo 500 mm massimo 1200 mm

in lunghezza: nella parte anteriore del veicolo; tale condizione è considerata soddisfatta se la luce emessa non disturba il conducente, né direttamente né indirettamente, attraverso gli specchi retrovisori e/o altre superfici riflettenti del veicolo.

visibilità geometrica: 15° verso l'alto e 10° verso il basso; 45° verso l'esterno e 10° verso l'interno

orientamento: verso l'avanti; può essere raggruppato con il proiettore abbagliante e le altre luci anteriori; può essere incorporato mutuamente con il proiettore abbagliante, eccetto se quest'ultimo si muove in funzione dell'angolo di sterzata; con le altre luci anteriori;

collegamento elettrico: l'accensione del proiettore anabbagliante deve provocare lo spegnimento simultaneo di tutti i proiettori abbaglianti

- *Proiettore fendinebbia anteriore:*

Presenza: facoltativa sui veicoli a motore, in numero di 2

Posizionamento:

in larghezza: il bordo della superficie illuminante più esterno non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità fuori tutto del veicolo; i bordi delle superfici illuminanti devono essere distanti almeno 600 mm

in altezza: almeno 250 mm dal suolo, nessun punto della superficie illuminante deve trovarsi sopra il punto più alto della superficie illuminante del proiettore anabbagliante;

in lunghezza: nella parte anteriore del veicolo; tale condizione è considerata soddisfatta se la luce emessa non disturba il conducente né direttamente né indirettamente attraverso specchietti retrovisori o altre superfici riflettenti del veicolo;

orientamento: non devono variare di orientamento in funzione dell'angolo di sterzata; devono essere orientati verso l'avanti senza abbagliare né disturbare indebitamente i conducenti provenienti in senso opposto o gli altri utenti della strada; può essere raggruppato con le altre luci anteriori

visibilità geometrica: 5° verso l'alto ed il basso; 45° verso l'esterno, 10° verso l'interno

collegamento elettrico funzionale: i proiettori fendinebbia devono essere accesi e spenti separatamente dai proiettori abbaglianti o da quelli anabbaglianti e viceversa.

- *Proiettore fendinebbia posteriore:*

Presenza: obbligatoria in numero di 1; facoltativa l'installazione di un secondo proiettore

Posizionamento:

in larghezza: quando è unico il proiettore fendinebbia posteriore deve essere situato sul lato del piano longitudinale di simmetria del veicolo opposto al senso di circolazione prescritto nel paese di immatricolazione; il centro di riferimento può essere situato anche sul piano longitudinale di simmetria del veicolo

in altezza: fra 250 e 1000 mm dal suolo

in lunghezza: nella parte posteriore del veicolo

orientamento: verso il retro; può essere raggruppato con qualsiasi altra luce posteriore

altre prescrizioni: in ogni caso la distanza tra il proiettore fendinebbia posteriore e le luci di arresto deve essere superiore a 100 mm

- *Luce di posizione anteriore:*

Presenza: obbligatoria su tutti i veicoli a motore; in numero di 2

Posizionamento:

in larghezza: il punto della superficie illuminante più lontano dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo. La distanza minima fra i bordi interni delle due superfici illuminanti deve essere di 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm.

in altezza: dal suolo, minimo 350 mm, massimo 1500 mm o 2100 mm se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 1500 mm.

in lunghezza: nessuna disposizione particolare

orientamento: verso l'avanti; può essere raggruppata con tutte le altre luci anteriori

- *Luce di posizione posteriore:*

Presenza: obbligatoria, in numero di 2

Posizionamento :

in larghezza: il punto della superficie illuminante più lontano dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo stesso. La distanza minima fra i bordi interni delle due superfici illuminanti deve essere di 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm.

in altezza: dal suolo; minimo 350 mm, massimo 1500 mm o 2100 mm, se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 1500 mm.

in lunghezza: nella parte posteriore del veicolo

orientamento: verso il retro; può essere raggruppata con qualsiasi altra luce posteriore

- *Indicatore di direzione:*

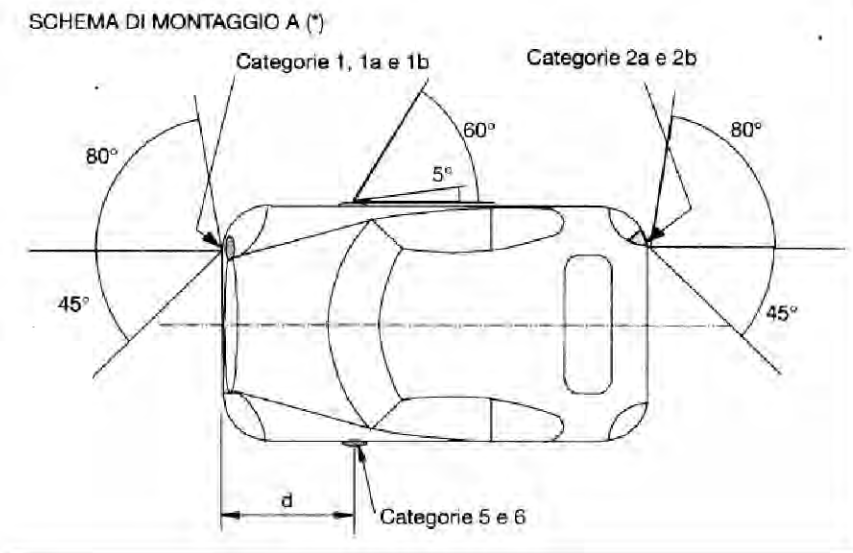


Figura 3.2

Presenza: obbligatori.

Esistono diversi tipi di indicatori di direzione divisi in rispettive categorie, 1, 1a, 1b, 2a, 2b, 5, 6 il cui montaggio su uno stesso veicolo forma uno schema di montaggio (fig. 3.2)

Lo schema A si applica per i veicoli a motore, come nel nostro caso.

Numero: deve essere tale che possano dare le indicazioni corrispondenti ad uno dei diversi schemi di montaggio previsti dalla normativa.

Schema di montaggio A:

- numero 2 indicatori di direzione anteriori (categoria 1, 1a, 1b)
- numero 2 indicatori di direzione posteriori (categoria 2a, 2b)
- numero 2 indicatori di direzione ripetitori laterali (categoria 5, 6)

quando siano montate luci che combinano le funzioni di indicatori di direzione anteriori e di indicatori di direzione ripetitori laterali, si possono montare due indicatori di direzione ripetitori laterali supplementari per conformarsi alle prescrizioni in materia di visibilità

Posizionamento:

in larghezza: il bordo delta superficie illuminante pin lontano dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a pin di 400 mm dall'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo. La distanza minima tra i bordi interni delle due superfici illuminanti deve essere di 600 mm. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1300 mm. Quando la distanza verticale fra l'indicatore di direzione posteriore e la luce di posizione posteriore corrispondente è inferiore o uguale a 300 mm, la distanza fra l'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo e il bordo esterno della superficie illuminante dell'indicatore di direzione posteriore non deve superare di oltre 50 mm la distanza tra l'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo ed il bordo esterno della superficie illuminante della luce di posizione posteriore corrispondente.

in altezza: minimo 500 mm per gli indicatori della categoria 5, 6;
 minimo 350 mm per gli indicatori delle categorie 1, 1a, 1b, 2a, 2b;
 massimo 1500 mm per tutte le categorie; se la struttura del veicolo non consente di rispettare tale limite massimo, il punto più alto della superficie illuminante potrà trovarsi a 2300 mm per gli indicatori della categoria 5 ed a 2100 mm per le altre categorie.

in lunghezza: la distanza tra il centro di riferimento della superficie illuminante dell'indicatore laterale ed il piano trasversale che limita anteriormente la lunghezza fuori tutto del veicolo non deve essere superiore a 1800 mm. Se la struttura del veicolo non consente di rispettare gli angoli minimi di visibilità, tale distanza può essere portata a 2500 mm quando l'equipaggiamento del veicolo è realizzato in conformità dello schema A.

orientamento: devono essere rispettate le eventuali specificazioni particolari di montaggio previste dal costruttore, può essere raggruppato con una o più luci

- *Proiettore per la retromarcia:*
Presenza: obbligatoria su veicoli a motore, in numero di 1 o 2
Posizionamento:
in larghezza: nessuna disposizione in particolare
in altezza: dal suolo minimo 250mm , massimo 1200mm
in lunghezza: nella parte posteriore del veicolo
orientamento: verso il retro; può essere raggruppato con qualsiasi altra luce posteriore

- *Luce di arresto:*
Presenza: obbligatoria, in numero di 2
Posizionamento:
in larghezza: almeno 600 mm fra le due luci. Tale distanza può essere ridotta a 400 mm quando la larghezza fuori tutto del veicolo è inferiore a 1 300 mm.
in altezza: dal suolo, minimo 350 mm, massimo 1500 mm o 2100 mm se la forma della carrozzeria non permette di rispettare i 1500 mm.
in lunghezza: nella parte posteriore del veicolo
orientamento: verso il retro del veicolo, può essere raggruppata con una o più luci posteriori

- *Dispositivo di illuminazione della targa di immatricolazione:*
Presenza: obbligatoria
Posizionamento:
tale che il dispositivo possa illuminare la sede della targa; può essere raggruppata con una o più luci posteriori

3.4 - Disposizione del manichino regolamentare (OSCAR)

Per quanto riguarda la normativa in vigore, un elemento di assoluta importanza è costituito dalla disposizione di OSCAR, in funzione della quale è possibile ricavare numerosi vincoli che influenzeranno in modo determinante le scelte effettuate durante la nostra progettazione. Si tratta di un manichino regolamentare, impiegato per simulare la posizione del conducente, e tale da rappresentare il peso ed il profilo di un adulto maschile ricadente generalmente nel 50 percentile della popolazione. Questo manichino, presentato nelle figure 3.3 e 3.4, consente di determinare i punti chiave in base ai quali si ottengono i requisiti richiesti per l'omologazione.

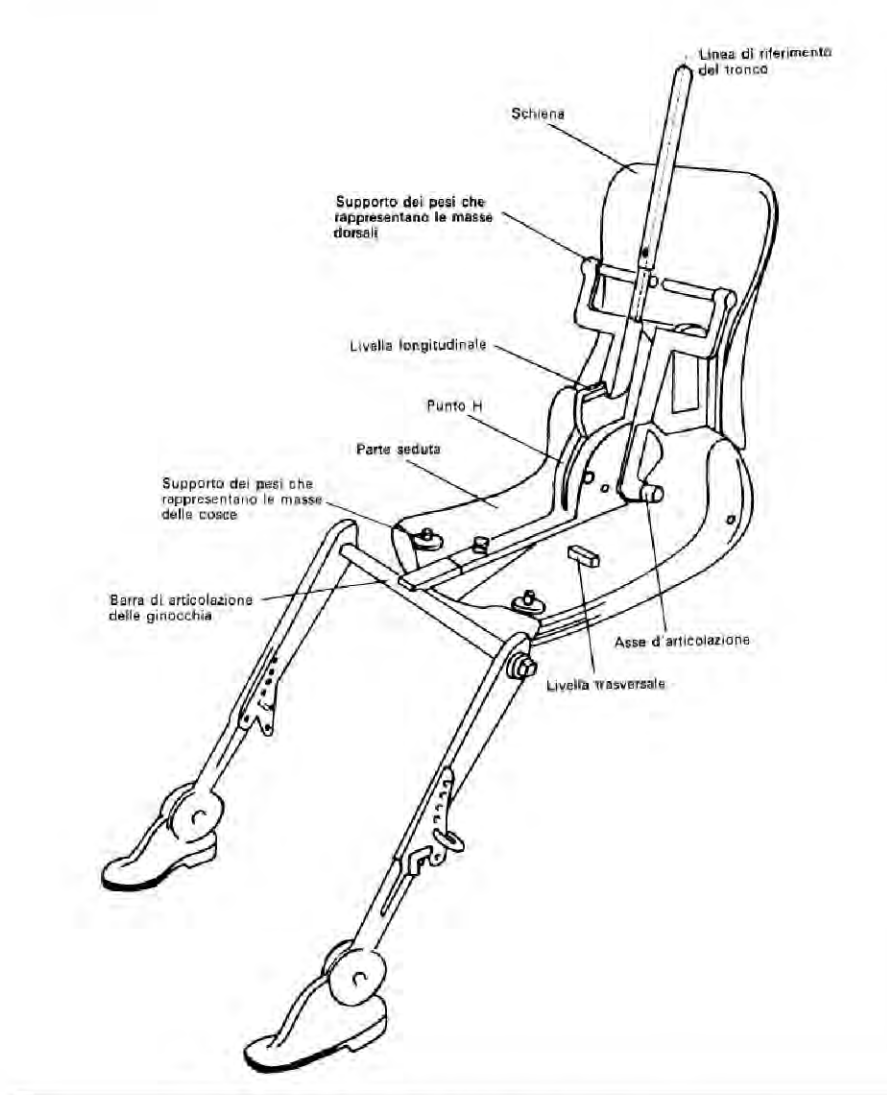


Figura 3.3 – Manichino regolamentare

<i>Massa del manichino</i>	<i>kg</i>
Elementi che simulano la schiena e le parte seduta del corpo	16
Masse dorsali	31
Masse della parte seduta	8
Masse delle cosce	7
Masse delle gambe	13
Totale	75

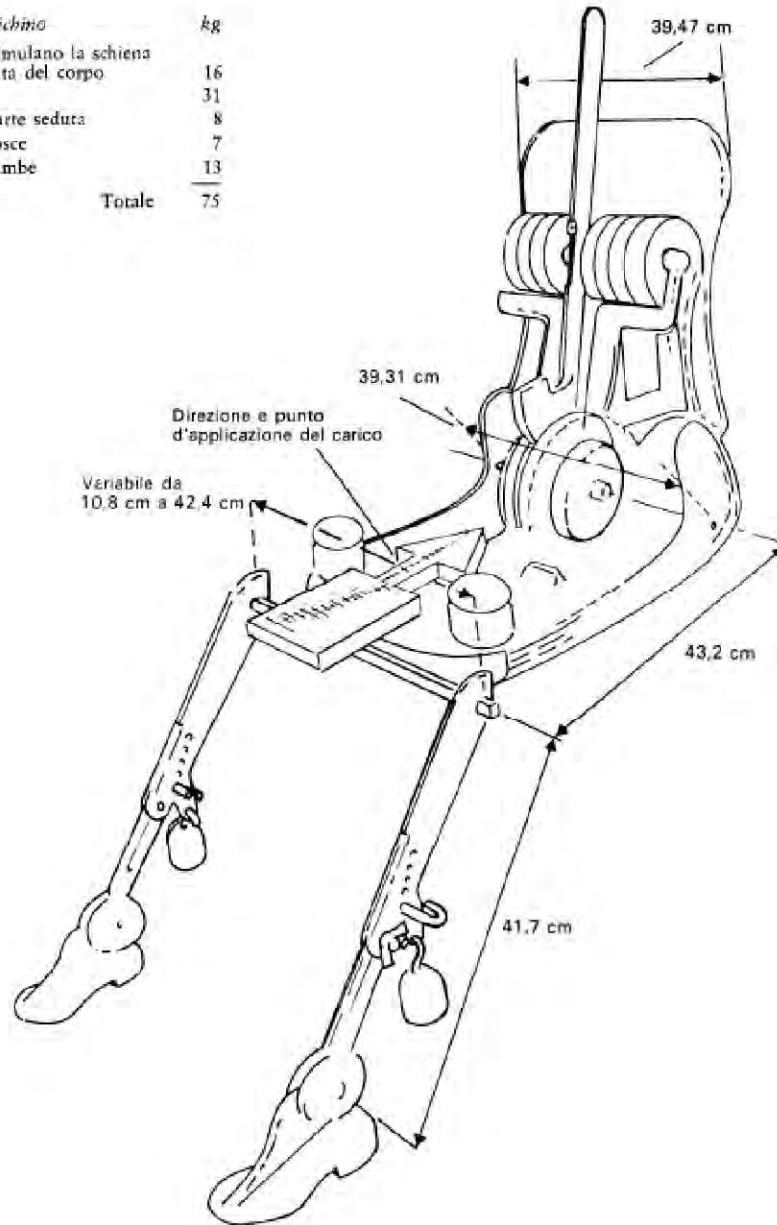


Figura 3.4 – Manichino regolamentare: dimensioni principali e distribuzione dei pesi

OSCAR è costituito da un elemento che simula la parte seduta, all'estremità del quale si articolano altri due elementi che riproducono le gambe del manichino e terminano con i piedi, collegati ad essi da giunzioni costituenti le caviglie. La parte eretta dell'individuo è simulato attraverso un elemento rappresentante la linea di riferimento che collega il punto di articolazione del collo con quello del bacino. A questo sono inoltre collegati un supporto per l'applicazione dei pesi necessari ed un corpo simulante la schiena del conducente (fig. 3.5).



Figura 3.5 – Manichino regolamentare

Principali elementi di riferimento:

- *punto H:*

nel manichino regolamentare, si individua come l'intersezione, su un piano verticale longitudinale, dell'asse teorico di rotazione che esiste fra le cosce e il tronco (fig. 3.6).

Come vedremo in seguito, la determinazione del punto H influisce in modo rilevante in numerosi aspetti riguardanti la progettazione di un veicolo quali l'altezza del tetto, l'aerodinamica, la visibilità, il comfort, la facilità di ingresso e di uscita del conducente, la sicurezza e le prestazioni in caso di collisione.

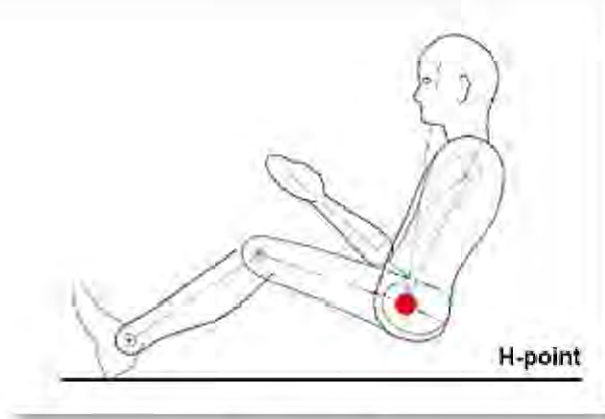


Figura 3.6 – Punto H

- *punto R:*
 noto anche come *punto di riferimento del sedile*, con esso si intende un punto teorico definito dal costruttore del veicolo per ciascun posto a sedere; ha coordinate definite rispetto alla struttura del veicolo e corrisponde alla posizione teorica del punto di rotazione tronco/cosce (punto H) per la posizione di guida o la posizione di utilizzazione normale più bassa e più arretrata.
- *angolo teorico di inclinazione del tronco:*
 si intende l'angolo indicato dal costruttore del veicolo, che determina l'angolo di inclinazione dello schienale per la posizione di guida o la posizione di utilizzazione normale più bassa e più arretrata indicata dal costruttore del veicolo per ciascuno dei posti a sedere da lui previsti; è formato, nel punto R, dall'incontro della verticale con la linea di riferimento del tronco.
- *angolo effettivo di inclinazione del tronco:*
 si intende l'angolo formato dall'incontro della verticale passante per il punto H con la linea di riferimento del tronco del corpo umano rappresentato dal manichino descritto in precedenza. L'angolo effettivo di inclinazione del tronco corrisponde teoricamente all'angolo teorico di inclinazione del tronco.

La posizione di guida del conducente, e di conseguenza tutti i parametri appena incontrati e ad esso collegati, dipendono in maniera determinante dalla tipologia di vettura progettata. Tralasciando gli aspetti connessi con la visibilità, che saranno affrontati nel paragrafo successivo, è possibile effettuare alcune considerazioni di carattere generale. L'angolo di inclinazione dello schienale non è fissato dalla normativa ma è necessaria una corrispondenza tra il valore teorico dichiarato dal costruttore

e quello effettivo. Per questa ragione, al fine di consentire un adeguato confort all'interno dell'abitacolo e per assicurare una posizione ottimale di guida, questo viene generalmente stimato su valori prossimi a 25° . Sul posizionamento di OSCAR e del punto H va inoltre ad influire quello che sarebbe il comportamento nel caso di urto frontale. Evitando di analizzare in dettaglio la normativa in materia, che rappresenta certamente un argomento eccessivamente complesso per essere trattato in questa sede in maniera esaustiva, ci si limita ad effettuare una stima di carattere generale. A questo proposito si assume quindi che in seguito ad un urto il manichino si muova in avanti con una rotazione intorno al punto H: per garantire un certo margine di sicurezza, durante tale rotazione la testa di OSCAR non dovrà impattare contro nessun elemento interno della vettura, con particolare riferimento al montante del parabrezza anteriore.

3.5 - Campo di visibilità

Le direttive connesse con la definizione di requisiti e parametri relativi agli angoli di visibilità ed al campo visivo del conducente costituiscono senza dubbio uno dei fattori che influenzano in maniera decisiva il lavoro del designer. Le fasi di progettazione maggiormente coinvolte non sono solo quelle legate ad elementi interni, tra i quali figura anche la disposizione del manichino regolamentare OSCAR, ma anche quelle che implicano la determinazione di forma e posizione di elementi esterni come montanti e parabrezza. In ogni caso occorre quindi verificare che le caratteristiche del progetto ricadano entro i limiti individuati dalla normativa .

Anche in questo caso la norma in materia si dimostra particolarmente completa pertanto si è deciso di presentare esclusivamente i requisiti che hanno rappresentato le limitazioni maggiori in fase di sviluppo del progetto. Osservando i vincoli più restrittivi rimangono infatti ampi "margini di sicurezza" per il rispetto delle altre condizioni, pertanto si ritiene che questa semplificazione sia giustificata e non tolga generalità al problema.

Il primo requisito trattato è l'angolo di visibilità, che costituisce uno dei fattori chiave per lo studio di una carrozzeria (fig. 3.7). Il suo valore limite è fissato a 7° e deve essere rispettato sulla maggior parte dell'ampiezza dell'angolo frontale: per ovvi motivi ne è infatti consentito il superamento nelle zone estreme, in corrispondenza dei passaruota. Quest'angolo è fortemente influenzato dalla posizione di OSCAR, ed in particolare della sua testa: l'arretramento e l'innalzamento a valori opportuni del punto di vista (che rappresenta il centro degli occhi del conducente), ottenuti anche tramite la modifica dell'angolo effettivo di inclinazione del tronco, permettono infatti di garantire il pieno rispetto di questo vincolo. Come vedremo in seguito, quest'angolo condiziona inoltre tutta la volumetria della zona anteriore: numerosi fattori come l'estensione e inclinazione del parabrezza, l'altezza da terra del curvano (ovvero la base del parabrezza stesso), nonché la forma e la bombatura del cofano sono infatti ad esso strettamente collegati.

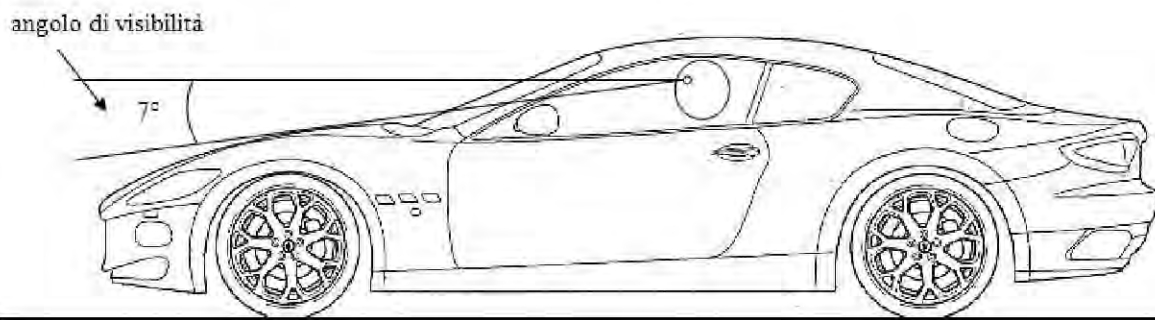


Figura 3.7 – Angolo di visibilità

La seconda tipologia di requisiti considerata è quella relativa all'angolo di visibilità frontale, dovuto alla limitazione del campo visivo del conducente imposta dalla presenza dei montanti A. Con montanti A si intendono tutti i supporti del tetto situati davanti al piano verticale trasversale posto davanti al punto di vista, comprese le parti non trasparenti fissate o contigue a questi supporti, quali la cornice del parabrezza e l'intelaiatura delle portiere. Tale angolo si divide in esterno, compreso tra la direzione longitudinale ed il montante destro, ed interno, delimitato dal montante sinistro. I valori limite sono rispettivamente di 15° e 45° (fig. 3.8) e devono essere rispettati per tutto il campo definito dall'angolo di visibilità, che va dall'orizzontale fino ai 7° già descritti. I fattori che influenzano tali angoli sono gli stessi descritti in precedenza

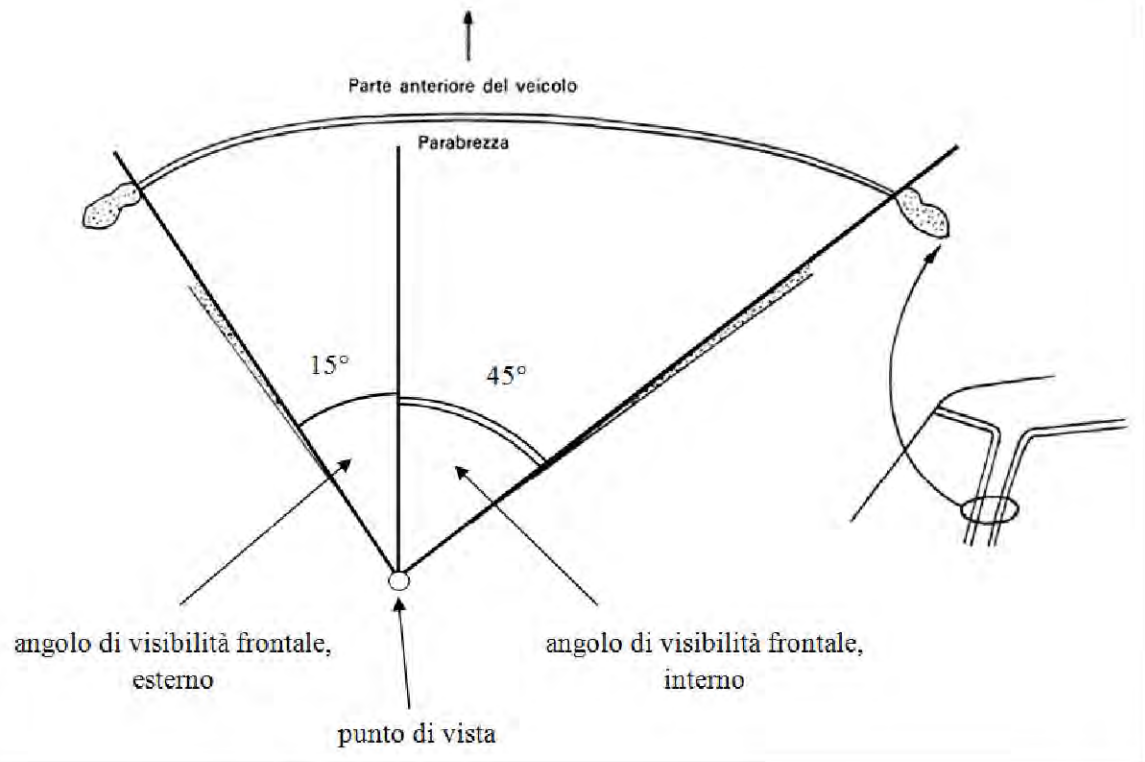


Figura 3.8 – Angoli di visibilità frontale

CAPITOLO 4

MIGLIORAMENTI PREVISTI

Alla luce di quanto presentato sulle norme relative alla regolamentazione, in questo capitolo ci occuperemo di presentare tutte le modifiche che si è pensato di introdurre al modello originale. Queste saranno suddivise in due categorie: le prime saranno strettamente connesse con la normativa ed avranno come obiettivo l'adeguamento ad essa del layout originale, in modo tale da consentire l'eventuale omologazione del complessivo realizzato; le altre saranno volte ad un miglioramento degli aspetti ergonomico - funzionali che permettano di rendere maggiormente "stradale" una vettura dall'impronta così strettamente sportiva.

4.1 - Aspetti regolamentari

Per prima cosa nel complessivo sviluppato dovranno essere effettuate le modifiche riguardanti gli aspetti legati alla volumetria generale. Il fondo della vettura dovrà pertanto essere portato ad un'altezza tale da rispettare la distanza minima da terra, fissata dalla normativa a 120 mm. La progettazione dovrà inoltre tenere in considerazione la presenza dell'angolo di attacco e di uscita il cui valore minimo è di 7°. Per quanto riguarda la zona anteriore, lo sbalzo previsto è prossimo a quello originale; tuttavia tenendo conto dell'innalzamento del fondo vettura non dovrebbero sorgere eccessivi problemi nel rispetto di tale requisito. La creazione della zona posteriore è ulteriormente facilitata dalla riduzione dello sbalzo posteriore rispetto al modello di serie, pertanto anche in quest'area ci sono notevoli margini di sicurezza grazie ai quali poter agire. Dovranno inoltre essere considerate anche le normative relative all'altezza da terra della zona deformabile, che riguarderà principalmente le fasi relative alla suddivisione della carrozzeria nei vari componenti.

Il rispetto dei requisiti inerenti ai dispositivi di illuminazione sarà analizzato già nella fase primitiva di elaborazione stilistica, che porterà alla definizione dei bozzetti preliminari. Sarebbe inutile infatti

ideare un design che non rispetti, almeno in maniera generale, queste normative e che dovrebbe pertanto essere rivoluzionato in fase di creazione del modello matematico. Nonostante questo, sarà in ogni caso necessario verificare continuamente l'aderenza del complessivo a quanto indicato dalla regolamentazione. Occorre sottolineare come le innovazioni tecnologiche introdotte negli ultimi anni consentano di usufruire di soluzioni estremamente valide, non solo in termini di prestazioni ma anche dal punto di vista dell'appeal estetico. Nel nostro caso il ricorso ad illuminazione a Led ci permette di ridurre notevolmente lo spazio richiesto per l'alloggiamento del gruppo ottico e di poter confidare su una rilevante libertà di azione. Le forme e le dimensioni possibili sono estremamente varie ed autorizzano il designer a fare uso di tutta la propria immaginazione, specialmente per quanto riguarda concept cars dalla linea estremamente futuristica. Tuttavia l'ideazione completa dei gruppi ottici esula dagli obiettivi previsti dal nostro progetto poiché risulterebbe eccessivamente articolata e complessa per essere trattata in modo esauriente. Ci limiteremo pertanto a definire il profilo sul complessivo sviluppato, considerando in ogni caso i vincoli legati a fattori meccanici e regolamentari.

Una volta ottenuta la volumetria generale della vettura sarà effettuata una disposizione del manichino regolamentare all'interno dell'abitacolo, sulla base del layout meccanico presente e dei vincoli ad esso connessi. Questo genere di operazioni comporterà inoltre lo studio del campo di visibilità e della determinazione degli angoli limite ad esso connessi. Il posizionamento di OSCAR può essere considerato nell'ottica di un miglioramento degli aspetti funzionali della vettura e sarà pertanto trattato nel prossimo paragrafo.

4.2 - Aspetti ergonomico-funzionali

In questa sede anticiperemo quelli che saranno gli accorgimenti impiegati per ottenere un miglioramento dei fattori ergonomico – funzionali della vettura originale. In figura 4.2.1 è riportato il layout meccanico della vettura di serie, che dovrà costituire il punto di partenza del nostro progetto, al quale fornirà i vincoli principali. In questa immagine gli elementi colorati costituiscono i principali organi meccanici, che non verranno in alcun modo modificati ed ai quali il nostro complessivo dovrà fare riferimento.

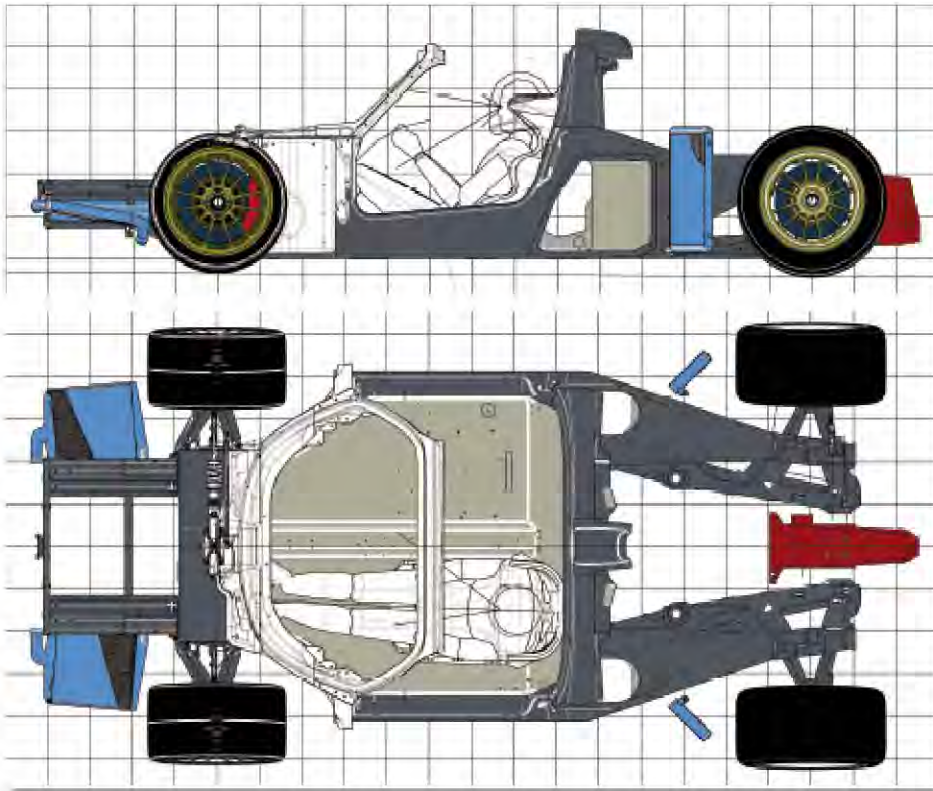


Figura 4.2.1 – layout meccanico, fianco e pianta

Il nostro progetto prevede invece la possibilità di intervenire su forma e disposizione del montante A (e di tutte le entità ad esso collegate) al fine di migliorare l'accessibilità del conducente a bordo. Trattandosi di una vettura caratterizzata da una sportività estrema (il suo sviluppo è avvenuto in stretta collaborazione con il mondo delle competizioni), alcuni aspetti come la possibilità di accedere all'abitacolo ed il confort del conducente sono stati messi in secondo piano e risultano fortemente penalizzati.

Nell'ottica di una versione più "stradale" di questo modello occorre quindi agire per ottimizzare questi fattori. A tal proposito è programmato un avanzamento del montante A ed una modifica di forma e posizione del parabrezza. Ciò comporterà una variazione di tutta la zona centrale della vettura e trasformerà in maniera determinante anche la volumetria del padiglione. La figura 4.2.2 riporta il confronto tra il bozzetto preliminare, che include le modifiche previste, ed il modello originale.

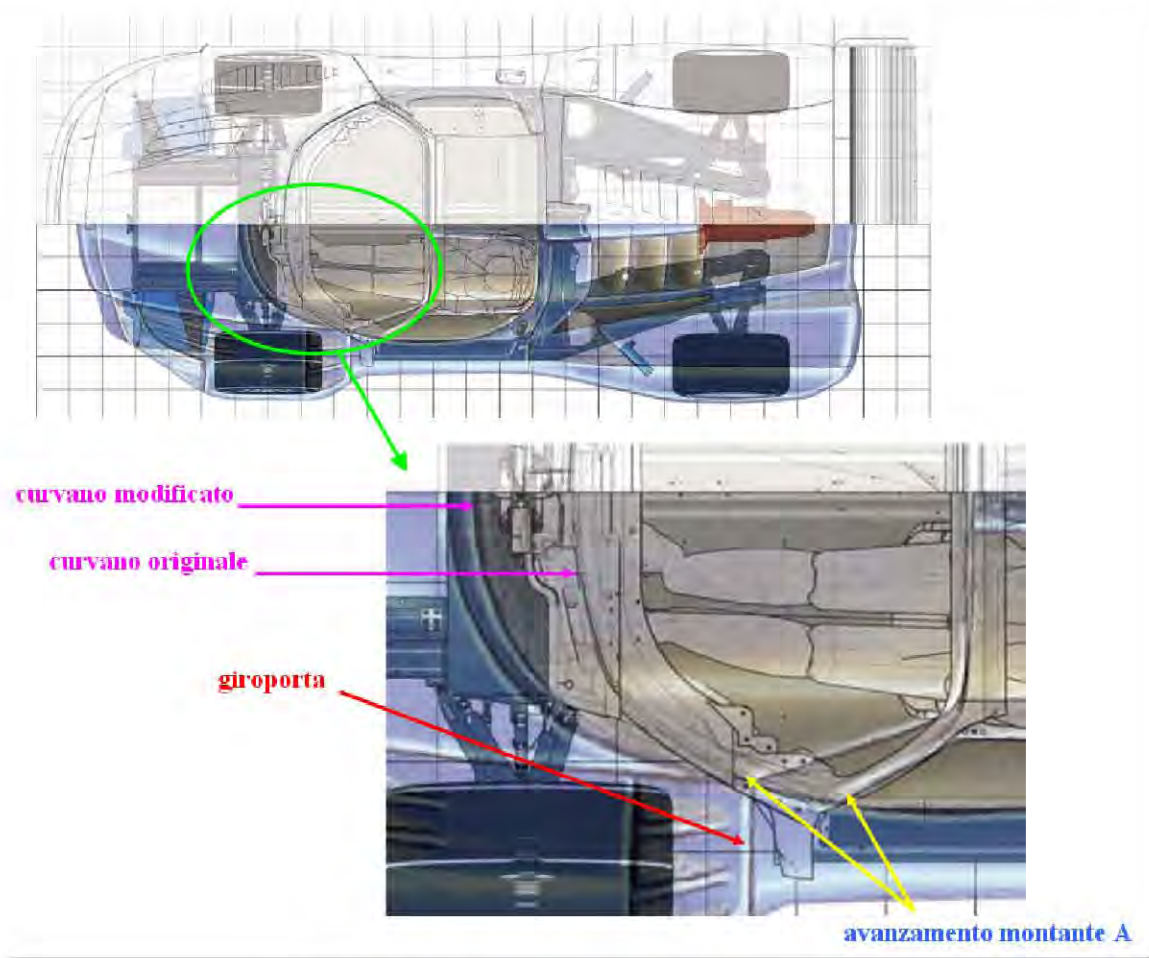


Figura 4.2.2 – modelli a confronto e particolare; pianta

Si riassumono schematicamente gli interventi pianificati durante lo studio iniziale del progetto, che verranno in ogni caso riproposti in fase di costruzione della matematica:

- ▶ modifica del montante A; in particolar modo è previsto un avanzamento ed un accentramento verso la mezzera della base del montante.
- ▶ avanzamento ed innalzamento del curvano rispetto alla disposizione originale.
- ▶ parabrezza maggiormente inclinato; questo che permette un collegamento più “morbido” con il tetto e contribuisce a conferire alla vettura un aspetto più slanciato e dinamico.
- ▶ modifica del giroporta: l’avanzamento del montante permette anche uno spostamento delle cerniere per il collegamento tra portiera e telaio. Verrà modificata la forma della portiera anche nella zona posteriore, dove la soluzione finale sarà valutata sulla base della geometria della presa d’aria laterale e della volumetria generale. In ogni caso ne sarà ampliata l’area complessiva per ottimizzare la possibilità di entrata ed uscita del conducente. Il modello originale ci offre inoltre numerose opportunità: il tettuccio è infatti asportabile e non costituisce

pertanto un elemento portante. L'idea iniziale, che dovrà essere confermata in fase di elaborazione del modello matematico, consiste nell'integrare parte del tettuccio con la portiera stessa. Questa, una volta aperta, consentirà una rimozione parziale della copertura ed agevolerà l'accesso del conducente all'abitacolo. Un intervento di questo genere rivela la sua efficacia in particolar modo se si valuta l'altezza complessiva della vettura, che si dimostra estremamente ridotta.

Gli interventi descritti fino ad ora andranno ad influire in maniera determinante sul campo di visibilità del conducente, pertanto sarà necessario operare considerando costantemente il rispetto dei vincoli previsti dalla normativa. Ad esso si collega inoltre la disposizione del manichino regolamentare: si intuisce quindi come lo sviluppo del complessivo non sia lineare ma debba necessariamente essere un procedimento iterativo costituito da continue verifiche e successive modifiche. In linea di massima è comunque possibile individuare le linee guida sulla base delle quali operare: lo spostamento di OSCAR dovrà essere tale da aumentare l'angolo di visibilità frontale fino al superamento del valore limite di 7° (l'angolo originale è prossimo ai 4°). Questo si otterrà con un arretramento ed innalzamento del punto H rispetto alla posizione iniziale e con una riduzione dell'angolo di inclinazione del tronco. Sarà così possibile migliorare non solo l'accessibilità all'abitacolo (sulla quale si è intervenuti anche modificando il giroporta) ma anche il confort del conducente. Una posizione più eretta del busto, prossima ai 25° consigliati, si dimostra ottimale ai fini della comodità del pilota ed arretrando il bacino si permette allo stesso di raddrizzare ulteriormente le gambe. Occorrerà tuttavia evitare di eccedere con lo spostamento per riuscire a rispettare i requisiti inerenti al campo di visibilità e per conservare un sufficiente margine di sicurezza nel caso di urto (come indicato nel capitolo relativo alla normativa).

In questa sede si è deciso di limitarsi ad elencare gli interventi previsti, che verranno descritti in modo più approfondito in seguito: l'impiego di software CAD consente infatti di effettuare modifiche e successive verifiche in tempi estremamente ridotti, permettendo inoltre di visualizzare con immediatezza la disposizione del manichino regolamentare. Per la trattazione di questi aspetti si rimanda pertanto al paragrafo relativo alla verifica della normativa.

CAPITOLO 5

SOFTWARE CAD

5.1- Sistemi CAD/CAM

Lo strumento messo a disposizione da Modelleria Modenese, l'azienda che ha sostenuto e permesso la realizzazione del nostro progetto, per la creazione della matematica dell'autovettura, è un sistema Tebis CAD/CAM.

Il termine CAD (acronimo per *Computer Aided Design*) serve per indicare l'insieme di tecnologie software che hanno come obiettivo la creazione e l'elaborazione di modelli di parti o insiemi.

Si tratta di uno strumento diventato ormai indispensabile per la progettazione ed i settori in cui è utilizzato sono molteplici e molto differenti tra loro. Nell'ambito di nostro interesse il CAD affianca tutte le fasi del processo di produzione, a partire dal conceptual design fino alla costruzione fisica del modello. Esistono varie tipologie di sistemi CAD ed ognuna di queste consente di approfondire aspetti differenti della costruzione e dell'analisi del modello. In particolare tra i più conosciuti e diffusi vi sono quelli definiti *3D parametrici di modellazione solida* che considerano gli oggetti come solidi e permettono di effettuare simulazioni ed analisi cinematiche. Il CAD che utilizzeremo sarà invece incentrato sulla *modellazione di superfici*: come vedremo in seguito si tratta di un tipo di software che si adatta in maniera più completa alle nostre esigenze e ad i nostri obiettivi.

La sigla CAM, acronimo utilizzato per l'espressione "*Computer-Aided Manufacturing*", che significa *fabbricazione assistita da computer*, indica in ambito informatico ed ingegneristico una categoria di prodotti software che analizzano un modello geometrico, bidimensionale o tridimensionale, e generano le istruzioni per una macchina utensile a controllo numerico computerizzato necessarie per produrre un manufatto avente la forma specificata nel modello. L'utilizzo di un sistema CAM prevede il caricamento di un modello geometrico in un formato standard, che normalmente viene generato da un programma CAD; successivamente l'operatore imposta il sistema di coordinate impiegato dalla macchina utensile ed i parametri di lavorazione per ogni parte del pezzo. Dopo aver generato le istruzioni ed aver visualizzato, tramite una simulazione grafica, il percorso utensile ori-

originato si procede con l'invio dei dati al controllo numerico della macchina utensile che provvederà alla lavorazione.

Un sistema denominato CAD/CAM integra i due software descritti permettendo all'operatore sia di disegnare modelli geometrici, che di generare le istruzioni per una macchina utensile corrispondenti a tali modelli. La possibilità di utilizzare lo stesso programma (e poter quindi lavorare con la stessa interfaccia grafica e gli stessi comandi principali) e di non dover impiegare un file di scambio per passare il modello geometrico dalla funzione di CAD a quella di CAM ne rappresentano i principali vantaggi.

Modelleria Modenese si occupa di numerosi aspetti legati al settore produttivo, dalle lavorazioni per fonderia e carrozzeria alla realizzazione di prototipi, produzioni speciali e particolari di stile. Il volume produttivo maggiore riguarda la produzione su commissione nella quale è il cliente stesso che provvede a fornire i modelli matematici di base e solo occasionalmente questi saranno poi corretti o modificati dall'azienda, che utilizzerà invece i software CAM per ottenere il prodotto richiesto. In quest'ottica l'impiego di un sistema combinato CAD/CAM si dimostra vincente specialmente dove non siano richiesti al programma funzioni complesse da eseguire al CAD.

Come già accennato in precedenza, lo scopo di questa tesi consiste nella progettazione di una carrozzeria per vettura stradale. Il progetto viene sviluppato in ambiente CAD, ottenendo così un modello matematico che sarà poi impiegato dagli operatori di Modelleria Modenese per permettere la costruzione di un modello reale in scala 1:5. La parte che ci riguarda direttamente consiste quindi nell'utilizzo di un programma che ci consenta, a partire da alcuni dati già in nostro possesso, di definire la volumetria dell'autovettura. Il software in questione, messo a disposizione dall'azienda, è Tebis CAD con modellazione di superfici. Per poter comprendere in maniera più completa tutti i fattori che hanno portato alla conclusione del progetto è necessario soffermarsi su alcune considerazioni che riguardano questo programma. Innanzitutto occorre sottolineare che il nostro soggetto rientra in una categoria di elementi in cui il punto di vista estetico costituisce uno dei parametri principali per la determinazione della qualità. Risulta evidente come si renda quindi necessario l'impiego di un sistema che consenta di ottenere modelli con determinate caratteristiche stilistiche. Per questa ragione le tipologie di CAD che meglio si adattano a questo scopo sono quelle basate sulla modellazione di superfici. Tra questi esistono numerosi programmi dalle potenzialità estremamente elevate che consentono di ottenere superfici definite di classe A, che contraddistingue le migliori ottenibili dal punto di vista qualitativo. Sebbene anche Modelleria Modenese possa usufrui-

re di questi software, ci è stato messo a disposizione il sistema Tebis CAD/CAM, la cui parte relativa al disegno mostra capacità più limitate consentendo di ottenere superfici di classe B.

Le ragioni che hanno portato a questa scelta sono molteplici e tutte ugualmente valide: innanzitutto è il sistema prevalentemente impiegato all'interno dell'azienda per le ragioni espresse in precedenza e quello meglio conosciuto dagli operatori; inoltre non si rende necessaria la conversione dei files per ottenere le lavorazioni richieste dalla macchina a controllo numerico. Le altre motivazioni mi riguardano in maniera più diretta: le potenzialità di certi programmi sono strettamente collegate alla complessità di utilizzo degli stessi, pertanto la maggior parte di questi necessita di notevole pratica ed esperienza. Per ottenere superfici di una determinata qualità è imprescindibile una conoscenza approfondita di tutte le principali funzioni, della quale ero sprovvisto all'inizio del progetto. In quest'ottica il sistema Tebis CAD si presenta come valido compromesso tra difficoltà di utilizzo e qualità dei modelli ottenuti. Grazie all'interfaccia particolarmente semplice ed intuitiva è stato relativamente agevole apprendere in tempi adeguati i comandi principali e le loro funzioni permettendoci di approfondirne la conoscenza con l'avanzare del progetto.

5.2- Tebis CAD

Il software impiegato si dimostra particolarmente chiaro e comprensibile e presenta numerose funzioni che sono riconoscibili in altri programmi analoghi. Tuttavia riteniamo possa essere utile presentare l'ambiente di lavoro CAD, con i menù e le finestre disponibili. Si procede quindi con una descrizione dei comandi principali e delle relative funzioni, le cui applicazioni saranno presentate nel capitolo relativo alla creazione del modello 3D.

L'interfaccia grafica è suddivisa in 2 zone principali: la finestra grafica che costituisce la vera e propria area di lavoro e la finestra del menù dalla quale è possibile selezionare funzioni e comandi.



- Finestra grafica: permette di visualizzare un componente con un massimo di quattro viste diverse; in quest'area sono presenti

_ struttura ad albero: visualizza tutte le strutture logiche all'interno del file.

Attraverso questa è possibile selezionare quali layers rendere visibili o mantenere nascosti e quale di questi tenere attivo. Il layer attivo è quello in cui saranno salvati tutti gli elementi creati e le modifiche effettuate. Come si vedrà nel corso della presentazione del progetto, la presenza di numerosi elementi complica la comprensibilità dell'immagine e contribuisce a rendere difficoltoso qualsiasi tipo di operazione. Questa struttura consente di organizzare in maniera opportuna i vari elementi al fine di agevolare il compito del disegnatore. Infine in ogni layer vi è la possibilità di disattivare gli elementi inutilizzati che vengono così momentaneamente nascosti, rimanendo tuttavia pronti per essere richiamati nella schermata di layout.

_ toolbar: si tratta di una finestra ausiliaria contenente la barra degli strumenti. I comandi più importanti tra quelli presenti sono l'attivazione/disattivazione del wire-

frame* e dello shading** per tutti gli elementi superficiali ed il controllo della profondità per la visualizzazione di bordi nascosti

* il termine wireframe è impiegato in informatica per indicare un tipo di rappresentazione grafica da computer di oggetti tridimensionali: con questo metodo vengono rappresentati solo i bordi dell'oggetto, il cui interno rimane trasparente

** shading, termine inglese che significa ombreggiatura, indica la visualizzazione della profondità nei modelli tridimensionali attraverso la variazione della luminosità del colore

- Finestra del menù: contiene il menù principale ed è suddivisa in varie sezioni che si distinguono per le differenti funzioni svolte:

a) **Gruppo Funzioni Editor**: le funzioni editor permettono di modificare gli elementi già presenti in un pezzo. Essi possono per esempio venire rimossi, allungati, intersecati o modificati nella loro posizione e direzione

b) **Menù Select** : le maschere di selezione controllano la selezione di elementi sullo schermo. Con i pulsanti a selezione multipla, nella fila superiore si determina la selezione di tipi di elementi o elementi che condividono una caratteristica comune.

c) **Modulo CAD** : i gruppi di funzioni ENTITY consentono di generare e modificare secondo modalità differenti determinati tipi di elementi geometrici (definiti anche Entities). Questi si distinguono in punti, linee, circonferenze, curve, superfici, facce e topologie (ovvero insiemi di superfici e/o facce).

d) **Comandi grafici**: le funzioni grafiche rappresentano un utile strumento per l'impostazione corretta della vista del componente e per determinare quali elementi, disposti anche su layers diversi, si desidera visualizzare. In particolare con il comando PARA consente di specificare i parametri grafici di un'entità isolata, quali il colore (selezionabile tramite una opportuna tabella), la trasparenza e la presenza di wireframe o shading. E' possibile inoltre attivare e disattivare la visualizzazione di elementi del pezzo. L'utilizzo di colori differenti si dimostrerà molto utile nel corso del progetto, non solo per l'identificazione degli elementi, ma anche perché il colore rappresenta una caratteristica attraverso la quale effettu-

are una selezione degli elementi. Inoltre esistono diversi colori che meglio di altri consentono di individuare la presenza di imperfezioni superficiali quali discontinuità o spigoli.

e) **Comandi database**: attraverso questo menù è possibile occuparsi della gestione e della strutturazione dei dati del modello. Inoltre le funzioni consentono il caricamento e la creazione di dati esterni, che possono essere in differenti formati: tra questi si ricordano i dati STL, necessari per il passaggio alla prototipazione rapida e dati compatibili con i più diffusi sistemi CAD in commercio, anche appartenenti alla tipologia di modellazione solida.

f) **Tastiera software**: tramite questa è possibile inserire i comandi della tastiera direttamente a video nel menù principale, con l'ausilio del mouse.

CAPITOLO 6

METODI DI RAPPRESENTAZIONE

In questo capitolo presenteremo alcune nozioni di carattere tecnico che saranno importanti per poter seguire e comprendere al meglio lo sviluppo di un complessivo di carrozzeria di un'autovettura. Sebbene tutte le fasi relative alla progettazione di un veicolo siano ormai svolte per mezzo di avanzati software, facendo in taluni casi ricorso anche alla "realtà virtuale", ci sembra doveroso descrivere i caratteri principali del disegno tecnico *manuale*, utilizzato fino all'avvento delle innovazioni tecnologiche che hanno notevolmente semplificato la vita di progettisti e designer.

6.1 – Piano di forma

Il piano di forma definisce in maniera univoca il progetto di un oggetto (nel nostro caso il complessivo di carrozzeria) e consiste in una sua fedele rappresentazione in due dimensioni, provvista di tutte le misure necessarie. Generalmente segue i primi bozzetti o figurini, impiegati per definire lo stile della futura auto, e contiene tutte le informazioni indispensabili per la creazione tridimensionale dell'oggetto reale. La realizzazione di un piano di forma segue alcune regole principali che vengono presentate di seguito:

a) scelta della scala di rappresentazione:

innanzitutto occorre effettuare una scelta della scala di rappresentazione dell'oggetto, fatta in funzione del contesto nel quale verrà impiegato il piano di forma. Si tratta di un meccanismo di selezione simile a quello già descritto in precedenza e relativo alla costruzione di prototipi (Cap.1). Generalmente si ricorre alla scala 1:10 per effettuare studi preliminari, nelle fasi iniziali di sviluppo del prodotto; le scale 1:5 e 1:4 sono quelle più impiegate perché costituiscono un valido compromesso tra precisione e difficoltà di rappresentazione; la scala reale 1:1 viene solitamente impiegata quando la precisione richiesta giustifica un aumento della complessità, anche a causa delle elevate dimensioni.

b) tracciatura del reticolo di riferimento quotato:

per agevolare la rappresentazione, potendo contare sul maggior numero di punti di riferimento possibile, è necessario dotare il foglio di lavoro di un reticolo di riferimento, ottenuto tracciando una serie di linee longitudinali e trasversali equidistanti tra loro e dotate di quote. Queste si dimostrano di grande aiuto nella realizzazione delle *proiezioni ortogonali* della vettura, che oltre ad essere il più possibile precise, dovranno ovviamente combaciare tra di loro.

Per proiezioni ortogonali si intende una serie di disegni rappresentanti altrettante *viste* dell'oggetto, caratterizzate dall'essere sempre perfettamente ortogonali a chi guarda; ciò significa che sono perfettamente perpendicolari e formano un angolo tra l'oggetto e l'osservatore che è sempre esattamente di 90° . Si tratta principalmente di quattro viste: il *fianco*, la *pianta* ed i *prospetti anteriore e posteriore*.

c) tracciatura del fianco sinistro:

il fianco è generalmente la vista considerata per prima poiché oltre ad essere la più semplice ed intuitiva, ha anche il vantaggio di essere la più rappresentativa. La vettura è vista lateralmente, relativamente alla sua lunghezza, che è inoltre una delle quote fondamentali del complessivo. Non esiste una vera e propria regola che indichi quale fianco utilizzare per la rappresentazione; per le nostre rappresentazioni utilizzeremo il fianco sinistro, vale a dire con la vettura direzionata verso la sinistra del foglio (fig. 6.1.1).

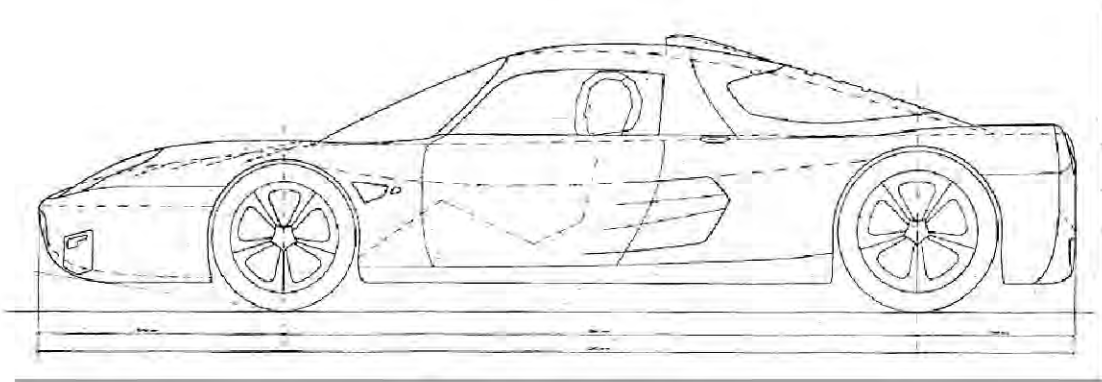


Figura 6.1.1 – Fianco sinistro

d) tracciatura della pianta:

la seconda vista da realizzare è la pianta; si tratta della vettura vista dall'alto, sempre in modo perfettamente ortogonale. Deve sempre essere posizionata in riferimento al fianco sx creato in precedenza, preferibilmente ad essa perpendicolare e parallela (fig. 6.1.2). La coincidenza delle quote principali, oltre che per comodità di rappresentazione, consente di agevolare le operazioni di con-

trollo di quote e forme, che devono sempre combaciare perfettamente. Anche in questo caso non vi sono regole che indichino se sia necessario rappresentare la pianta completa, divisa in due parti uguali dalla linea di mezzeria, o solo la metà di sinistra (normalmente si ritiene che l'altra metà sia ad essa speculare ed ottenibile per simmetria).

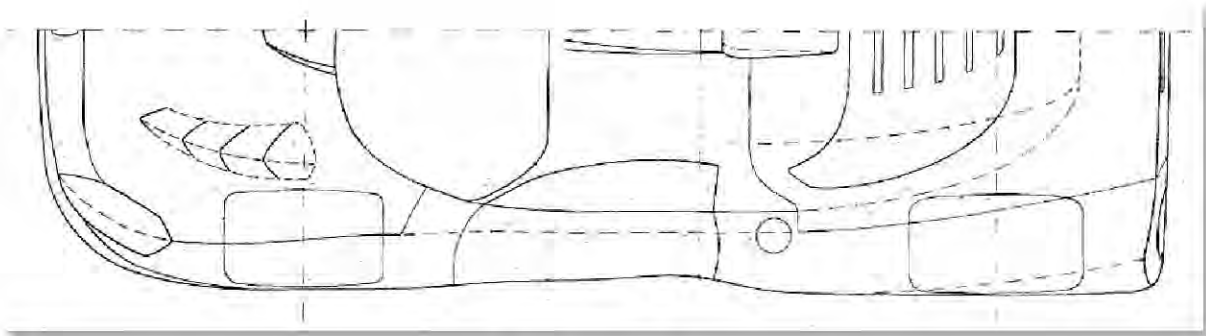


Figura 6.1.2 - Pianta

e) tracciatura dei prospetti anteriore e posteriore:

sulla base delle viste già create si passa alla rappresentazione dei due *prospetti anteriore e posteriore*, vale a dire delle due viste anteriore e posteriore della vettura, che devono essere ortogonali rispetto a chi osserva (fig. 6.1.3). Queste andranno in ogni caso posizionate con le quote principali coincidenti al *fianco sx*; per semplificare le operazioni di controllo, generalmente si usa posizionare il prospetto anteriore a sinistra del fianco e quello posteriore alla sua destra in corrispondenza rispettivamente della parte anteriore e posteriore dell'auto.

E' evidente come queste quattro viste debbano risultare sempre perfettamente coincidenti e come ogni eventuale modifica effettuata su una di queste coinvolga direttamente anche le altre. Una volta ottenuta una vista definitiva occorrerà fare in modo che tutte le quote delle restanti viste siano aggiornate e ad essa corrispondenti: l'insieme di queste rappresentazioni bidimensionali possono così definire in maniera univoca l'oggetto su tre dimensioni.

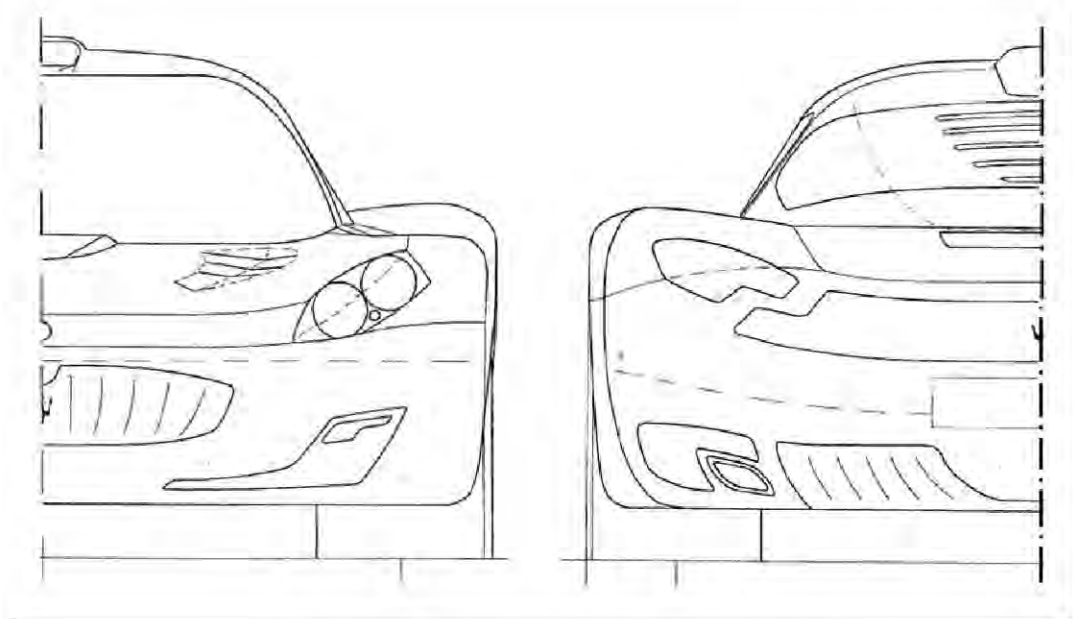


Figura 6.1.3 – Prospetti anteriore e posteriore

f) costruzione del piano di forma:

ulteriori informazioni relative all'oggetto rappresentato sono ottenibili grazie al piano di forma, che è costituito da varie sezioni nelle quattro proiezioni ortogonali appena descritte. Queste sezioni, interpretabili letteralmente come “tagli” effettuati sull'oggetto, possono essere nelle tre dimensioni (riferite agli assi X, Y e Z) e sono definite rispettivamente *trasversali*, *longitudinali* ed *assiali*.

g) realizzazione delle sezioni trasversali:

in genere nella rappresentazione di un piano di forma della carrozzeria di un autoveicolo, le sezioni più importanti e quindi quelle maggiormente utilizzate sono quelle trasversali (lungo l'asse X). In questo caso si tratta di “tagliare” il complessivo in vari punti della sua lunghezza, considerando esclusivamente le *linee esterne* della carrozzeria, vale a dire il suo contorno. In questo modo è possibile definire pienamente lo sviluppo della forma della carrozzeria nello spazio (nelle tre dimensioni reali), mettendone in evidenza le variazioni di profilo.

Esistono infine due metodi per rappresentare tali sezioni, in funzione della vista utilizzata: sui due prospetti, anteriore e posteriore, le sezioni sono tracciate *in loco*, cioè direttamente sulla vista interessata, ed in corrispondenza della quota fissata (fig. 6.1.4);

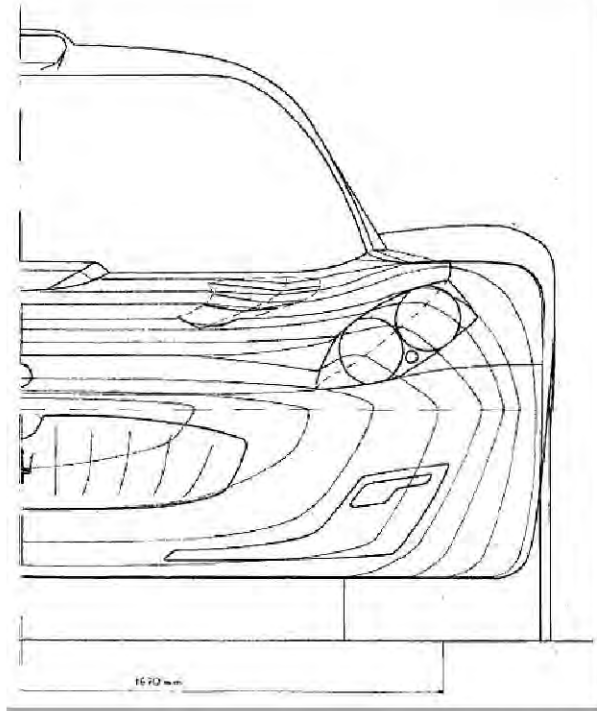


Figura 6.1.4 – Sezioni trasversali rappresentate in loco su prospetto anteriore

sul fianco sx invece le sezioni sono rappresentate *ribaltate di 90°*, ma sempre in corrispondenza della quota di riferimento (fig. 6.1.5). Questo accorgimento è impiegato poiché una rappresentazione in loco avrebbe dato luogo ad un segmento, mentre così è possibile tracciare con chiarezza la parte centrale della vettura.

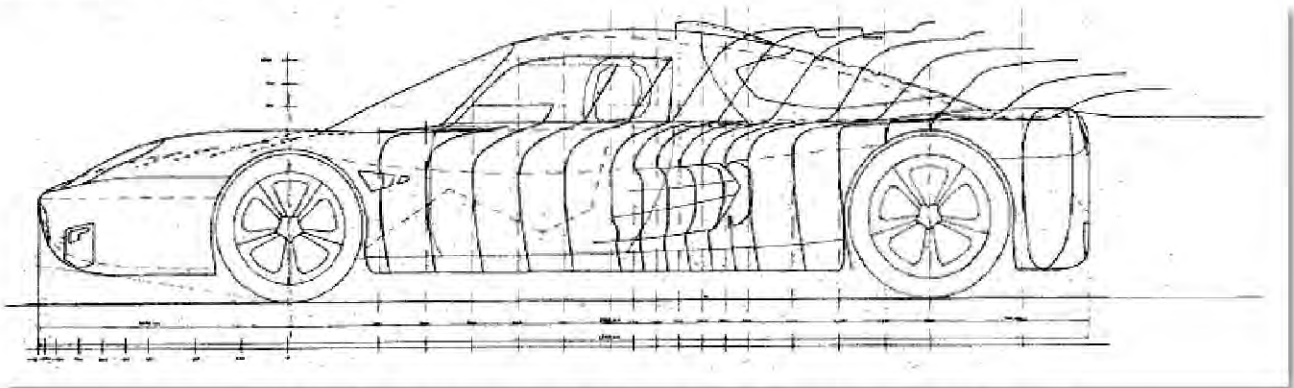


Figura 6.1.5 – Sezioni trasversali ribaltate a 90° rappresentate sul fianco sx

a) altre sezioni:

le altre due tipologie di sezioni sono meno importanti rispetto a quelle trasversali; in genere le sezioni *assiali* sono impiegate per definire l'andamento di un cristallo o del padiglione della vettura. Si tratta di sezioni eseguite nel senso dell'asse Z e sono rappresentate in pianta (fig. 6.1.6).

Le sezioni longitudinali sono invece quelle meno importanti e non vengono quasi mai impiegate poiché contengono informazioni che sono ottenibili attraverso le altre sezioni.

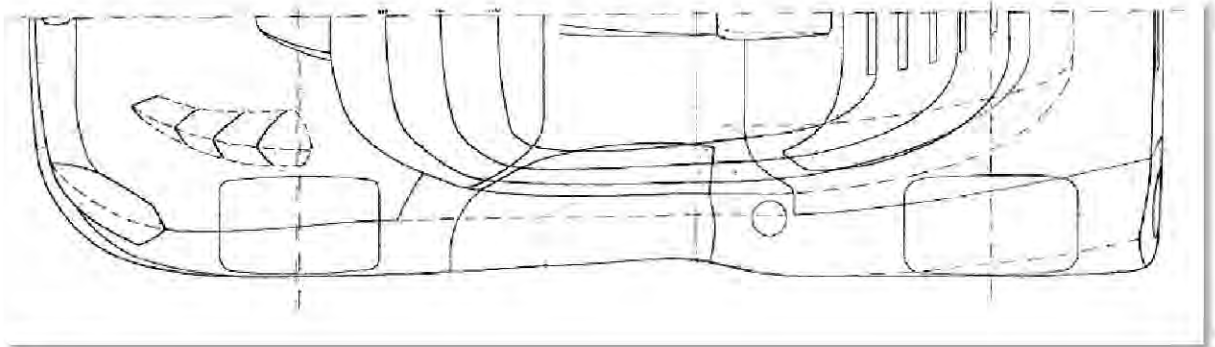


Figura 6.1.6 – Sezioni assiali rappresentate in pianta

La frequenza delle sezioni è decisa in funzione della complessità della forma tridimensionale da rappresentare: tanto più complesso e ricco di variazioni sarà il profilo della carrozzeria, tante più sezioni saranno necessarie per riportare tutti i dettagli fondamentali (senza tuttavia eccedere nel numero di sezioni che potrebbero compromettere la leggibilità del disegno).

6.2 – Innovazioni tecnologiche

Oggi designer e progettisti possono usufruire di notevoli ed importanti innovazioni tecnologiche che semplificano notevolmente la realizzazione del piano di forma. L'approccio appena descritto mostra infatti numerose limitazioni legate principalmente alla complessità ed ai tempi di realizzazione, oltre che alla difficoltà di lettura del disegno stesso. Le inevitabili modifiche da riportare al disegno iniziale e la necessità di una perfetta corrispondenza tra tutte le viste comportano infatti un notevole aumento dei tempi di lavoro.

L'avvento di moderne tecnologie, con riferimento in particolare a software CAD, ha messo in secondo piano l'importanza del piano di forma, essendo possibile creare in modo diretto un modello matematico tridimensionale del complessivo progettato. Questi programmi offrono in ogni caso la possibilità di ottenere, grazie ad opportune funzioni, la tracciatura delle sezioni come descritte in

precedenza. Il vantaggi derivati dall'impiego di questi software, che sono stati particolarmente apprezzati durante lo svolgimento del nostro progetto, riguardano molteplici aspetti: innanzitutto operando su un unico modello digitale, vengono a mancare tutte le operazioni riguardanti le modifiche da apportare contemporaneamente alle varie viste del piano di forma. In secondo luogo, la possibilità di vedere l'oggetto creato mediante una istantanea rappresentazione tridimensionale limita le capacità di astrazione e immaginazione richieste al designer. La progettazione è di fatti più immediata, senza la necessità di ricavare l'andamento dei profili del complessivo attraverso l'esame combinato di più viste. Questi programmi semplificano anche le operazioni di verifica e controllo: tramite specifiche funzioni è possibile analizzare un elemento o una superficie ricavando con immediatezza indicazioni di carattere dimensionale. Così si dimostra relativamente semplice, per esempio, verificare il rispetto di alcune tra le normative presentate in precedenza. Infine la presenza di modelli matematici permette anche di accertare la compatibilità tra superfici create e layout meccanico, come avremo modo di vedere nel prossimo capitolo.

Ultimamente è da riscontrare anche l'avvento di tecnologie estremamente innovative e futuristiche, il cui impiego è ancora limitato a case automobilistiche o grandi centri stile. Si tratta principalmente di mezzi, definiti anche "*virtual prototyping*", che impiegando immagini olografiche consentono di proiettare nello spazio l'oggetto sviluppato che viene così percepito come se fosse realmente presente. In figura 6.2.1 sono riportate due immagini che illustrano come questo procedimento sia già impiegato sia per la progettazione di interni che per la definizione della carrozzeria della vettura.



Figura 6.2.1 – Virtual prototyping

CAPITOLO 7

MODELLO MATEMATICO

7.1 – Analisi preliminare dello stile



La fase relativa alla creazione del modello matematico rappresenta la parte sostanziale del nostro progetto. Tuttavia, prima di dedicarsi all'approccio vero e proprio con il software CAD è stato effettuato uno studio rivolto all'analisi di bozzetti preliminari. La necessità di questo genere di attività è dovuta all'esigenza di individuare quella che sarà la linea generale da seguire per lo sviluppo del

modello. Una volta definito ed approvato lo “stile” generale, è importante esaminare in maniera più dettagliata i particolari: occorre infatti ricordare che spesso è complicato, se non impossibile, riportare con perfetta coerenza le geometrie illustrate nei figurini in un programma tridimensionale. Pertanto, al fine di prevenire errori e successive difficoltà, si rende necessario uno studio volto alla ricerca di incongruenze che consenta inoltre di elaborare soluzioni alternative e migliorative. E’ altresì importante sottolineare che, come vedremo nel corso di questo capitolo, il processo che porta alla creazione del modello matematico e fisico è fortemente iterativo e costituito da continue e successive modifiche volte ad ottimizzare il risultato finale.

Prima di passare ad analizzare più in dettaglio gli elementi chiave, ci sembra utile introdurre alcune osservazioni di carattere generale che dovranno essere tenute in considerazione durante tutto il processo evolutivo che porterà alla costruzione del modello finale. Ogni azienda che produce beni, con particolare riferimento al settore automobilistico (anche se questo ragionamento può essere esteso in maniera analoga a tutto il mercato), tende a caratterizzare i propri prodotti tramite l’impiego di elementi e soluzioni geometriche ricorrenti. Questo genere di operazione, che viene definita generalmente *family feeling* è volta a costituire un marchio di fabbrica che rende immediatamente riconoscibile il prodotto e permette di associarlo alla casa di appartenenza. E’ per questa ragione che i modelli appartenenti ad una determinata casa sono spesso dotati di gruppi ottici molto simili tra loro, piuttosto che di prese d’aria dalla forma analoga o soluzioni stilistiche ripetute. A tal proposito sarà quindi nostro compito rintracciare questi elementi nelle vetture Maserati e cercare di mantenerli inalterati anche sul nostro complessivo.

Un ulteriore aspetto da tenere presente è dovuto alle caratteristiche straordinarie della vettura originale: come già visto si tratta di un modello pensato in rapporto al mondo delle competizioni, pertanto è delineato da un layout estremamente sportivo. Al vantaggio, rappresentato dalla possibilità di ipotizzare uno stile particolare ed insolito, per le vetture che siamo abituati ad osservare quotidianamente, è associato il rischio di esagerare nell’utilizzo di particolarità, che potrebbero rendere l’autovettura troppo estrema e poco gradevole. In virtù di queste considerazioni, si riscontra pertanto l’esigenza di progettare un complessivo che riesca a coniugare l’impronta esclusivamente sportiva, imposta dal rispetto del telaio e dei volumi principali, con una certa eleganza che da sempre è riconosciuta ad un marchio qual è Maserati.

Proseguiamo ora con l'analisi nel dettaglio dei bozzetti preliminari alla ricerca dei particolari distintivi che sono stati riproposti nel modello matematico. Partendo dalla zona anteriore si nota, nella vista di fianco (fig. 7.1.1), quello che rappresenta uno degli elementi maggiormente caratterizzanti della vettura creata: il muso anteriore, dove è alloggiata la presa d'aria centrale è infatti sporgente rispetto alle zone laterali e va a costituire ciò che potrebbe essere considerato come uno spoiler anteriore. Il fatto che la vista prospettica (fig. 7.1.2) nasconda in parte questa caratteristica testimonia le difficoltà che si sono incontrate nella riproduzione di questo particolare.



Figura 7.1.1 – Fianco della zona anteriore



Figura 7.1.2 – Vista prospettica

Collegato al muso centrale vi è ovviamente il cofano nel quale è stato creato un motivo estetico sporgente, una specie di “naso”, che partendo dalla linea del curvano termina proprio in prossimità della griglia ricavata sul muso. Questa zona è inoltre di particolare interesse in quanto vi si può riconoscere uno degli stilemi tipici di Maserati, dei quali si è accennato in precedenza: come si evince dalle foto relative al modello MC12 originale ed anche al modello Granturismo (figure 7.1.3 e 7.1.4), la presa d’aria frontale presenta superiormente una specie di appendice, più o meno marcata, che termina sulla punta del tridente, stemma della Casa; nella zona terminale del cofano infine è presente il simbolo ovale Maserati. Tutti questi elementi sono stati tenuti in considerazione e ripresentati nel nostro complessivo.



Figura 7.1.3 – Maserati MC 12, particolare relativo alla griglia anteriore



Figura 7.1.4 – Maserati Granturismo, particolare relativo alla griglia anteriore

Proseguendo con l’analisi della vista in pianta e di quella prospettica si incentra ora l’attenzione sulla zona dove sono alloggiati i gruppi ottici. Questi sono conformati in maniera tale da circoscrivere la presa d’aria laterale (fig. 7.1.5), prevista anche nel modello originale (fig. 7.1.6) in virtù della disposizione dei radiatori anteriori che sarà considerata nell’esame del layout.



Figura 7.1.5 – Bozzetto stilistico, particolare relativo alle prese d’aria superiori



Figura 7.1.6 – Maserati MC 12, particolare relativo alle prese d’aria superiori

Sempre dalla vista in pianta è possibile notare la “sfiancatura” molto accentuata nella zona dei passaruota, in particolare di quello anteriore; questa caratteristica, più marcata rispetto al modello originale che impiega un profilo maggiormente lineare, costituisce un elemento di innovazione. Un ulteriore elemento che è stato considerato, del quale si è già parlato nel capitolo relativo alle modifiche riguardanti il telaio, è l’avanzamento del montante A per migliorare l’accessibilità di “OSCAR” a bordo.

La zona posteriore è quella che ha richiesto uno studio più approfondito, alla ricerca di soluzioni alternative ed innovative che potessero sostituire quella presentata inizialmente, riconoscibile nella vista prospettica; questa infatti è stata considerata poco corrispondente con lo “stile” impiegato generalmente dalla Casa. L’unica caratteristica che è stata riproposta nel complessivo creato è il profilo più esterno (visibile in pianta, cui è associata una rappresentazione schematica, 7.1.7): questo si presenta più arretrato nelle zone esterne con una scanalatura nel tratto mediano, realizzato per rendere l’effetto di un “avanzamento” di tutto corpo centrale.



Figura 7.1.7 – Bozzetto stilistico, vista in pianta, particolare relativo al profilo posteriore

Alla ricerca di uno stile alternativo per la parte posteriore, ci si è imbattuti in quella che costituisce una delle prime fasi della vita di un prodotto: dopo le ricerche di marketing e le operazioni di brainstorming, nelle quali vengono determinati i caratteri fondamentali della nuova vettura, viene infatti affidato al centro stile il compito di definire il design del prodotto. La creazione dello stile generalmente avviene con la preparazione di numerosi bozzetti, il cui numero viene successivamente ridotto fino ad ottenere un modello unico che viene approvato dai vertici della Casa. Questo è ciò che è stato fatto, con le dovute proporzioni, nel nostro caso: sono state proposte alcune soluzioni; di queste sono stati sfruttati determinati aspetti, mentre altri sono stati abbandonati, e si è così giunti ad un bozzetto finale, dal quale partire per la creazione del modello.

Nel seguito si espongono alcuni dei bozzetti proposti, per ciascuno dei quali sono state create anche le viste in pianta, di fianco ed il prospetto posteriore; trattandosi di modelli finalizzati ad uno scopo esclusivamente illustrativo e concettuale, non si è ricercata la perfezione ma ci si è accontentati di ottenere “l’idea generale” della vettura.



Figura 7.1.8 - Bozzetto 2

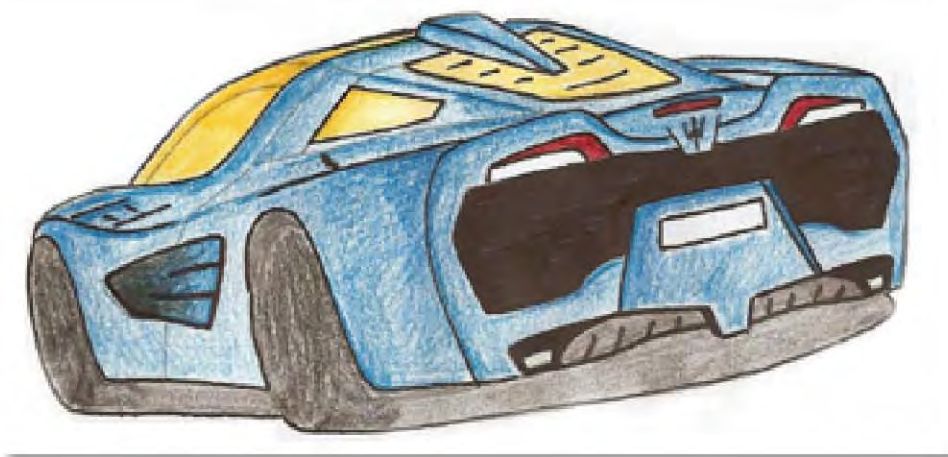


Figura 7.1.9 - Bozzetto 3



Figura 7.1.10 - Bozzetto 4

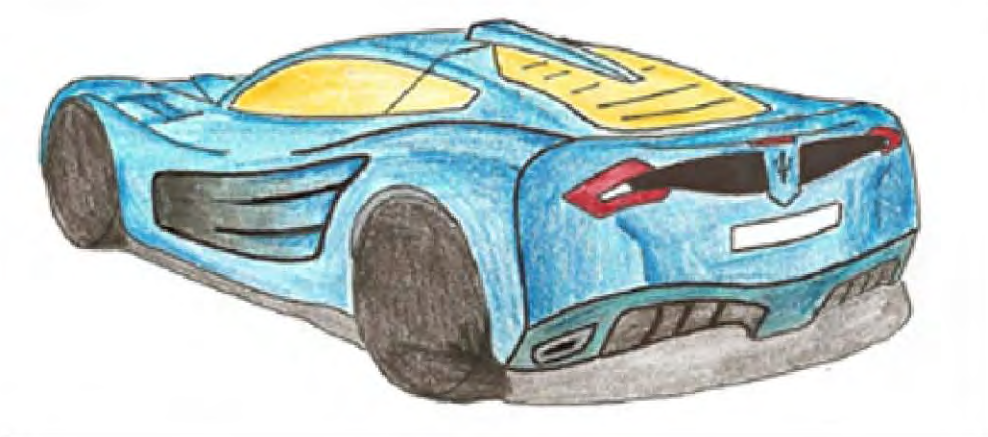


Figura 7.1.11 - Bozzetto 5

Per quanto riguarda la volumetria generale si è deciso di fare riferimento al modello numero 4, che ci è parso essere quello più equilibrato; della proposta 3 sono stati invece mantenuti alcuni accorgimenti, con particolare riferimento alla presa d'aria laterale ed alla zona relativa al porta targa. A proposito dello specchio di coda, si è deciso di proseguire con il modello 5, che presenta un'originale compenetrazione tra i gruppi ottici e l'uscita d'aria posteriore; in alternativa si è deciso di non abbandonare anche la proposta 2 nella quale i gruppi ottici costituiscono un elemento indipendente.

Nel bozzetto seguente (nelle figure 7.1.12 e 7.1.13 sono illustrate le viste principali ed un'immagine prospettica), si è cercato di riunire tutti gli elementi appena citati: è stato sviluppato il particolare relativo alla griglia centrale, del quale è stata aumentata la dimensione (troppo limitata in precedenza) e modificata la forma; inoltre si è optato per pronunciare ulteriormente lo scivolo estrattore inferiore ed inserire uscite d'aria aggiuntive nelle quali integrare eventualmente gli scarichi. Oltre a questi accorgimenti, impiegati anche per "alleggerire" visivamente l'area posteriore caratterizzata da una volumetria notevole, si è pensato di proporre una colorazione bicromatica per "spezzare" la massa visiva, come per altro proposto nella versione originale.

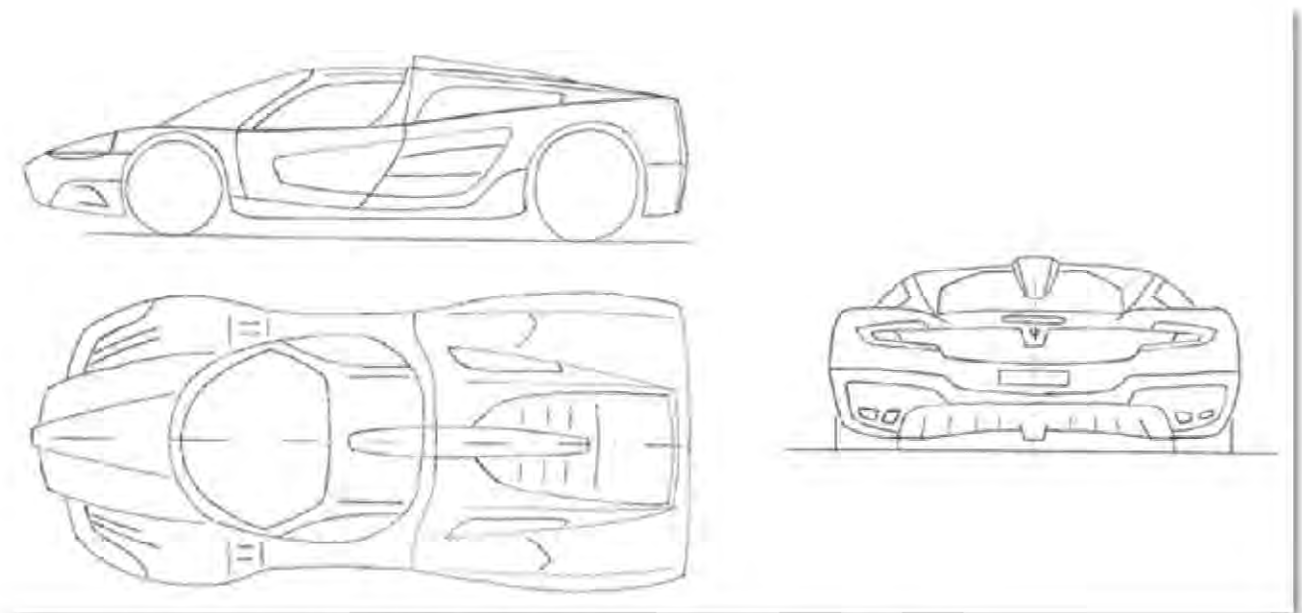


Figura 7.1. 12 – Viste di fianco, pianta e prospetto posteriore



Figura 7.1. 13 – Vista prospettica

7.2 – Layout meccanico

Una volta terminate le operazioni preliminari relative alle scelte stilistiche, effettuate sull'analisi di bozzetti e figurini, si è passati all'utilizzo vero e proprio del software per la creazione del modello matematico del complessivo.

Per prima cosa è stato necessario andare ad analizzare i vincoli strutturali che avrebbero dovuto essere rispettati. Come già illustrato in precedenza, del telaio originale è stato mantenuto esclusivamente il montante B e lo snorkel, mentre è stato necessario analizzare le dimensioni e le posizioni dei principali organi meccanici, che avrebbero costituito i vincoli da rispettare. A questo scopo, l'unico documento in nostro possesso sul quale poterci basare, oltre alle caratteristiche tecniche dichiarate da Maserati ed illustrate in precedenza, è l'immagine presentata di seguito.

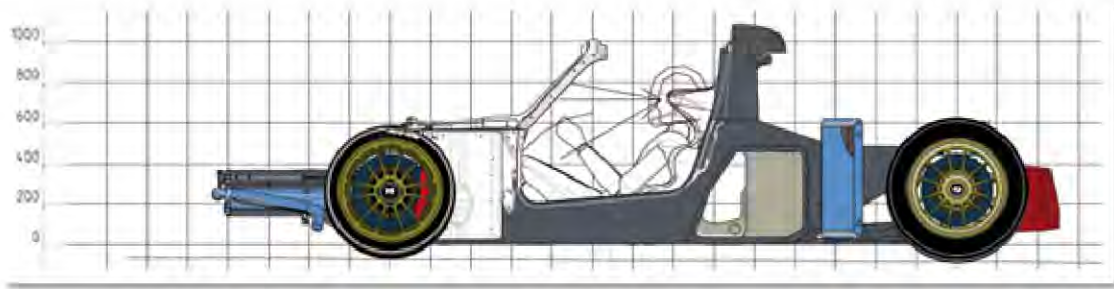


Figura 6.2.1

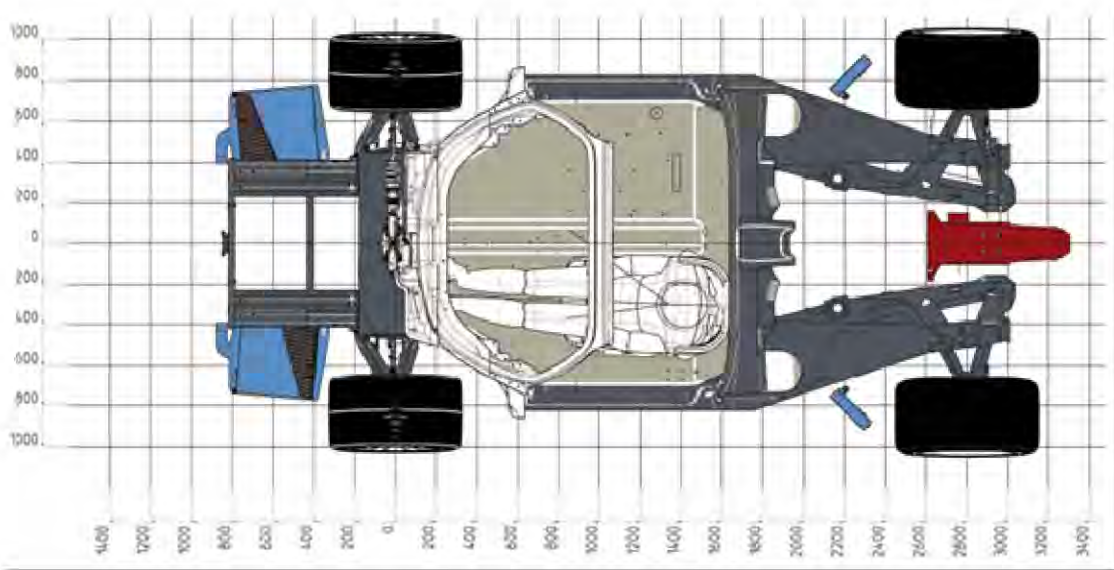


Figura 6.2.2

Le parti colorate sono quelle che avrebbero fatto parte anche del nostro layout mentre gli elementi in trasparenza, in particolare il montante A, sarebbero state modificate. Con l'ausilio del reticolo sono state rilevate le coordinate degli elementi di principale interesse e sono stati riportati al CAD in modo da avere una matematica di riferimento. Gli organi considerati sono i radiatori anteriori e posteriori (in azzurro), la scatola contenente il cambio (nella zona posteriore, in rosso) del quale è stata rappresentata solamente la parte terminale, il montante B, lo snorkel ed il corpo centrale del telaio (in grigio), con particolare interesse per il profilo laterale in corrispondenza dell'area di uscita di "OSCAR". Per poter meglio intuire la disposizione del pilota all'interno della vettura, inoltre, è stato ricreato anche il manichino regolamentare, sul quale sono state inoltre individuate le coordinate relative al punto di vista ed al punto H relativi al modello originale. Nelle figure 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5 sono mostrate la vista di fianco, in pianta e isometrica del layout creato.

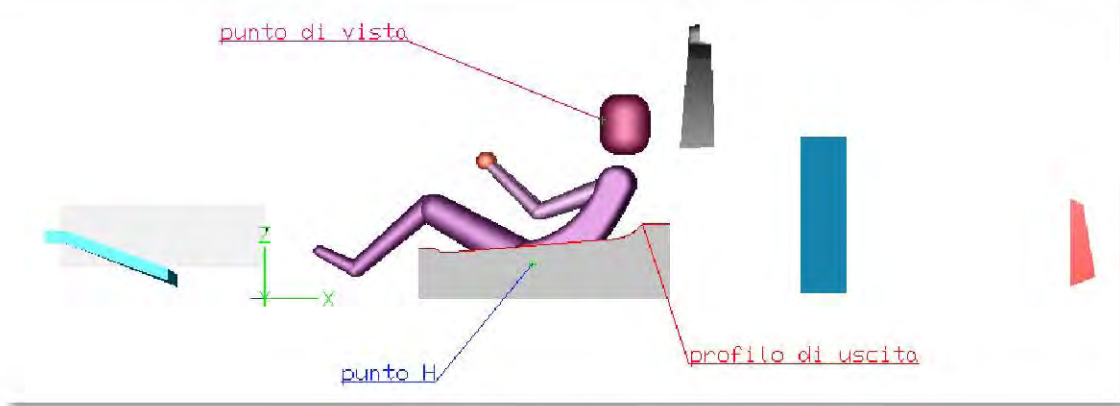


Figura 6.2.3 – Vista di fianco

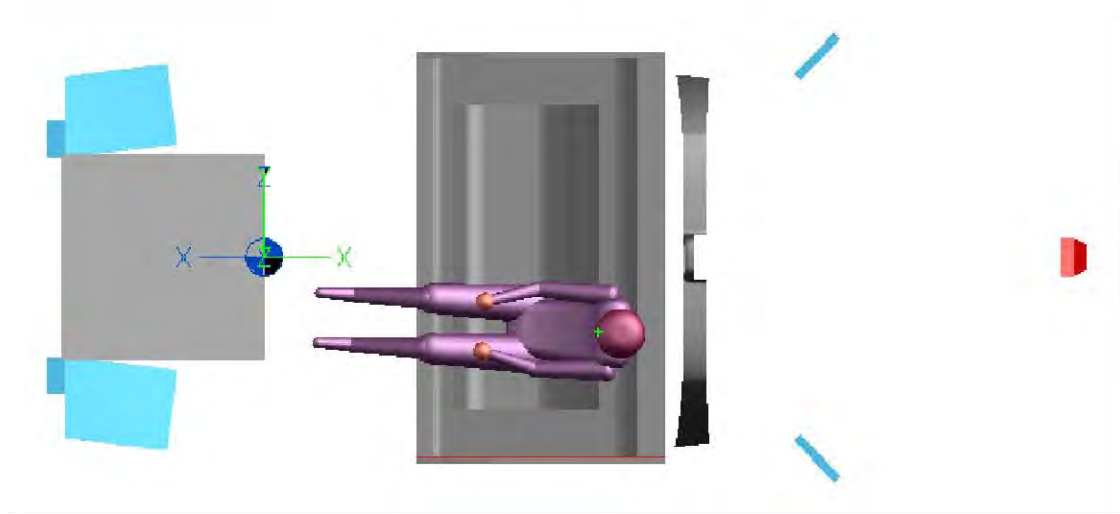


Figura 6.2.4 – Vista in pianta

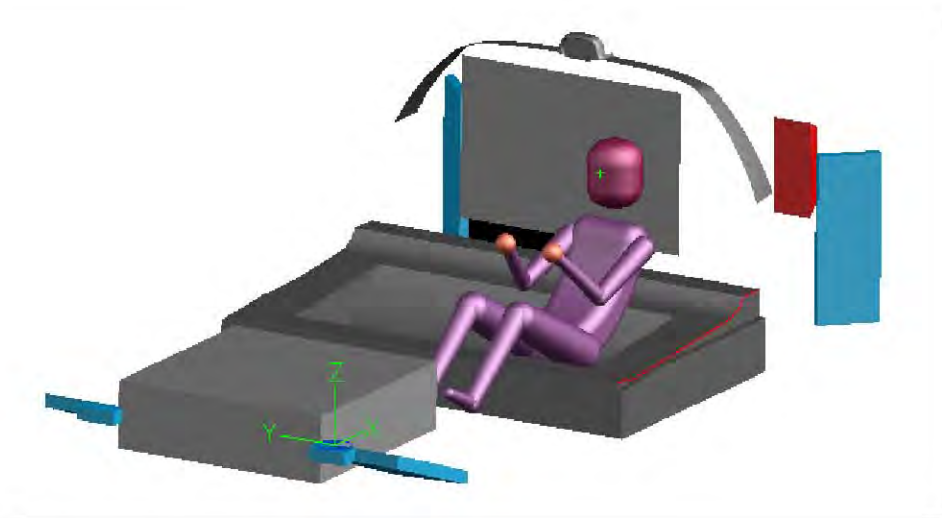


Figura 6.2.5 – Vista prospettica

Sulla base delle caratteristiche tecniche presentate al capitolo 2, sono stati creati gli ingombri dovuti alle ruote (fig. 6.2.6): con un passo di 2800 mm e le carreggiate anteriori e posteriori rispettivamente di 1660 mm e 1650 mm, sono state creati i cilindri rappresentanti i pneumatici: alla misura 245/35 ZR19 corrisponde un raggio di 325 mm ed una larghezza di 245 mm per l'anteriore, mentre a 345/35 ZR 19 si riferisce ad un raggio di 360 mm ed una larghezza di 345 mm per il posteriore.

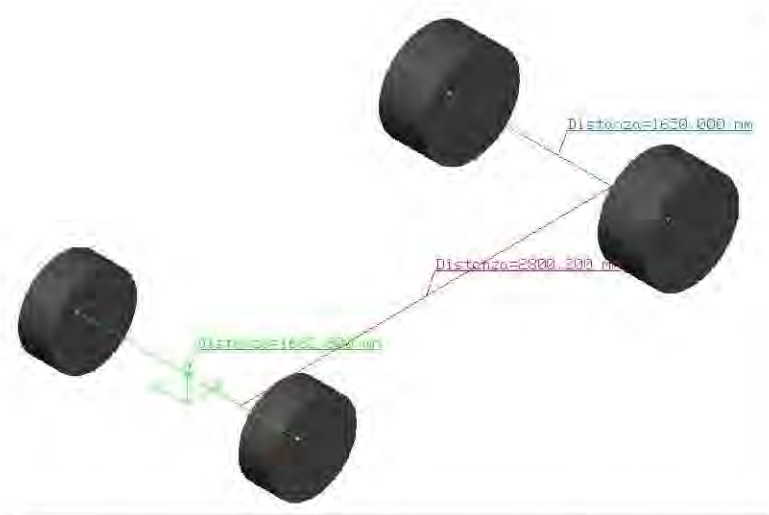


Figura 6.2.6 – Principali caratteristiche tecniche

7.3 – CAD: costruzione del modello matematico

Dopo aver definito a livello generale e teorico lo stile del complessivo che sarebbe stato realizzato ed aver creato un modello matematico dei principali vincoli meccanici da rispettare, si è passati alla fase vera e propria di creazione della carrozzeria.

I procedimenti impiegati per la costruzione delle superfici del modello sono spesso semplici e ripetitivi; per tale ragione verranno descritti in modo sufficientemente dettagliato solamente nella parte iniziale mentre con l'avanzare del progetto si tenderà ad illustrare esclusivamente il risultato di queste operazioni per non rendere la trattazione eccessivamente noiosa.

Per comodità di rappresentazione e di utilizzo si è deciso di creare il modello matematico sulla base delle misure reali. Questo ha rappresentato un notevole vantaggio non solo per quanto ha riguardato la creazione ed il confronto con il layout, ma anche per l'individuazione dei punti chiave del bozzetto stilistico, come avremo modo di vedere in seguito. Una volta completata la matematica in scala 1:1, con il comando *scale* è stato riportato tutto il complessivo in scala 1:5, che è quella prescelta per la creazione del modello fisico.

A causa della totale inesperienza in questo ambito, le prime fasi sono state necessarie per acquisire una conoscenza sufficiente del software impiegato e per elaborare una strategia di lavoro. Il primo genere di operazioni sulle quali ci si è concentrati ha riguardato la generazione di un profilo. Il procedimento che è stato prevalentemente impiegato per la creazione di curve nello spazio è stato di questo tipo: inizialmente si sono individuati i punti di interesse su un piano orizzontale grazie al comando *point on*, poi attraverso *approx* dal menù *curve* si determina la linea voluta passante per i punti creati; così facendo si è ottenuta una linea che non è altro che la proiezione sul piano orizzontale di quello che sarà il profilo finale. Successivamente con il comando *move*, indicando il vettore guida, viene sviluppato un piano (che solitamente è quello verticale) a partire dal segmento precedente. Ripetendo il procedimento relativo alla determinazione di punti e linee appena descritto si è ottenuto il profilo richiesto (fig. 7.3.1).

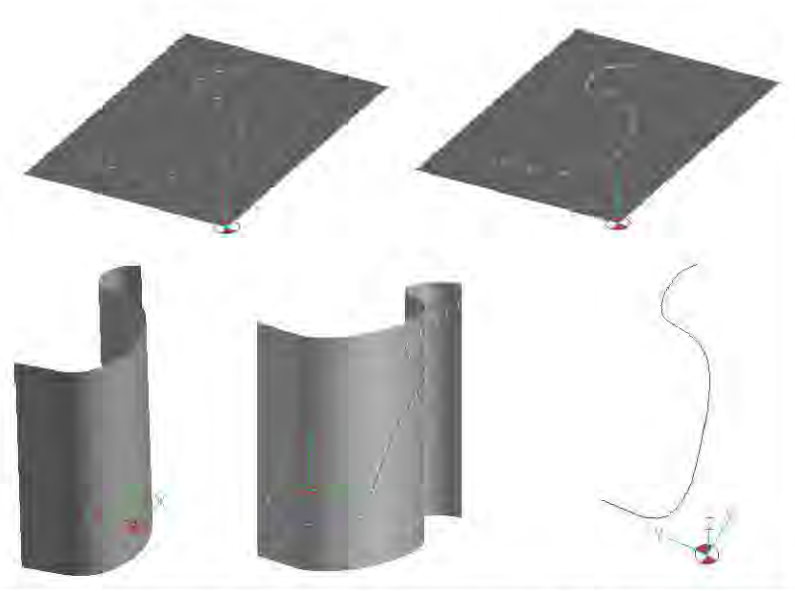


Figura 7.3.1 – Passaggi necessari per la costruzione di un profilo tridimensionale

Una volta costituite le linee volute è possibile creare la superficie da essa determinata, attraverso i comandi del menù *surf* o *rsurf*. Nelle due immagini successive sono presenti proprio questi passaggi: la prima mostra le linee impiegate per il profilo, nella seconda si riconosce la superficie che attraverso queste è stata generata.



Figura 7.3. 2

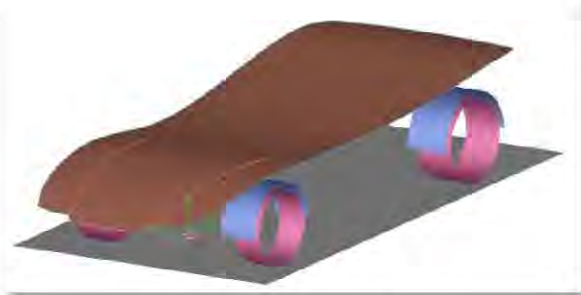


Figura 7.3. 3

Il primo elemento sul quale si è incentrato il nostro interesse è stata la “bocca” centrale, sporgente rispetto alle zone laterali, nella quale sarebbe stata ricavata la griglia anteriore. Inizialmente si è pensato di crearla in modo approssimativo, attraverso superfici elementari (principalmente rettangoli) successivamente raccordati. Le superfici laterali sono state create per approssimazione di profili successivi, possibile grazie al comando *approx* del menù *surf*. Nel modello 4 di figura 7.3.4 si può notare la creazione del raccordo che va a sostituire lo spigolo vivo presente nella figura precedente.

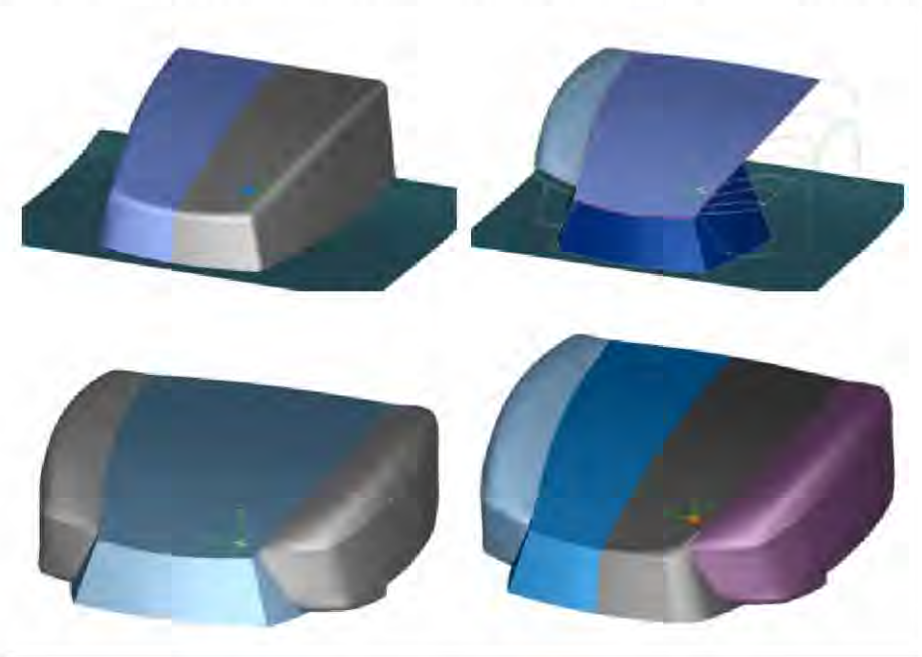


Figura 7.3.4 – Fasi di creazione dei volumi anteriori

Il passo successivo ha riguardato la creazione del “naso” centrale posizionato sul cofano, la cui funzione è già stata analizzata in precedenza. Alla ricerca di un risultato apprezzabile sono state create differenti soluzioni mostrate di seguito:

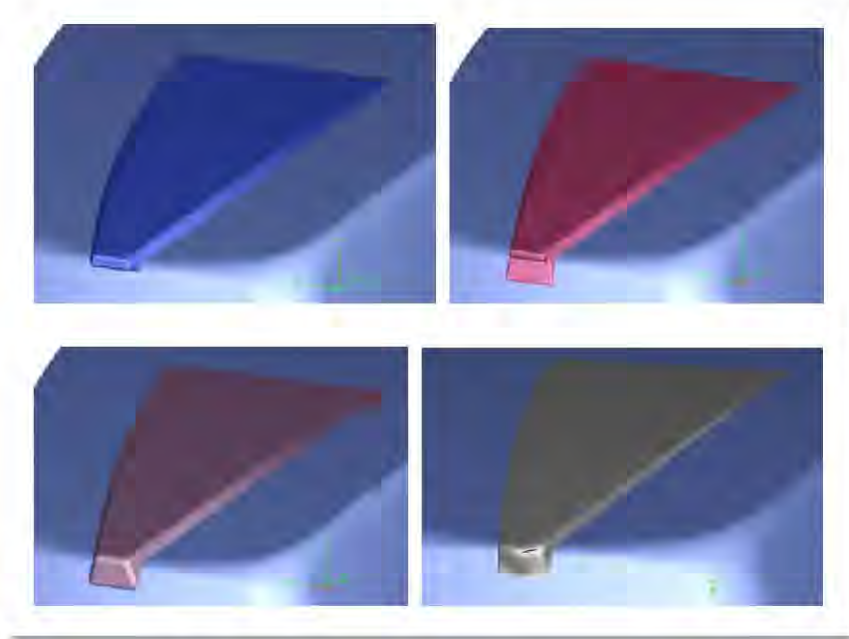


Figura 7.3.5 – “Naso” centrale, proposte stilistiche

Nessuna di queste proposte si sarebbe dimostrata sufficientemente valida per molteplici motivazioni: innanzitutto dall’analisi dei bozzetti si riscontra come questa appendice non si mostri come un elemento a sé stante ma sia completamente integrata nel cofano (a tal proposito la soluzione numero 4 si dimostra la più simile a quanto richiesto); inoltre si denota la mancanza dello stilema evidenziato in precedenza, vale a dire la compenetrazione di questo elemento con la griglia centrale.

La mancanza di esperienza ci ha spinto a fare e rifare numerose volte lo stesso particolare, fino ad ottenere risultati ritenuti sufficientemente corretti, che tuttavia sarebbero stati modificati nuovamente. Per questa ragione si è tornati alla creazione del volume centrale e delle zone laterali, prestando un’attenzione maggiore alla qualità delle superfici create, ottenendo il risultato di figura 7.3.6, visibilmente migliore rispetto a quelli precedenti.

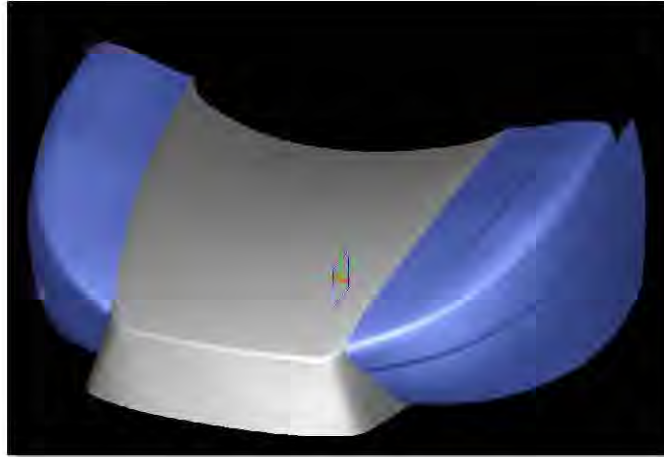


Figura 7.3.6 – Volumi anteriori

Su questa base si è proseguito nuovamente con la creazione del “naso” e della presa d’aria centrale; questa volta, alla ricerca di una maggiore compenetrazione, i due elementi sono stati sviluppati in maniera complementare (fig. 7.3.7). Per quanto riguarda la creazione della griglia, è stata inizialmente determinata la forma ricercata, che è stata proiettata sulla superficie del “muso”; qui è stato impiegato il comando *break* per creare la cavità necessaria e successivamente si è realizzato lo sviluppo della curva per ottenere le pareti della presa d’aria (fig. 7.3.8). Infine, attraverso l’impiego di punti, linee e sezioni (fig. 7.3.9), nella zona più interna è stata raggiunta una geometria qualitativamente migliore rappresentata in fig. 7.3.10.

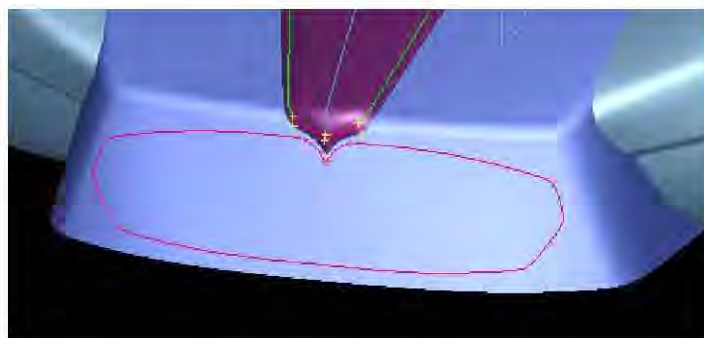


Figura 7.3.7 – Profilo della griglia anteriore

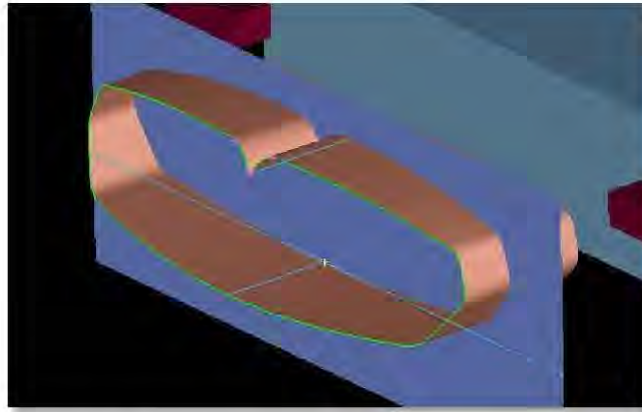


Figura 7.3.8 – Sviluppo del profilo e creazione della cavità

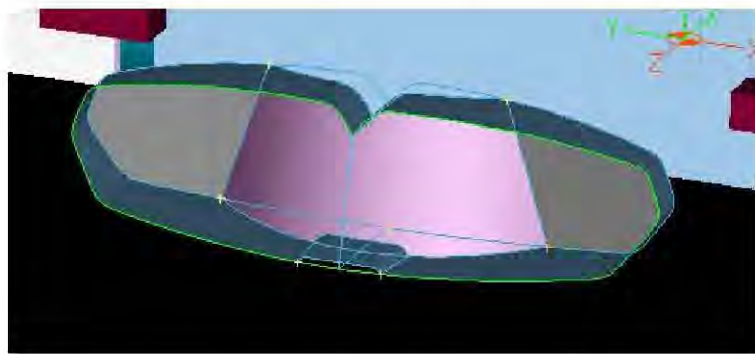


Figura 7.3.9 – Creazione del deviatore e del rialzo centrale

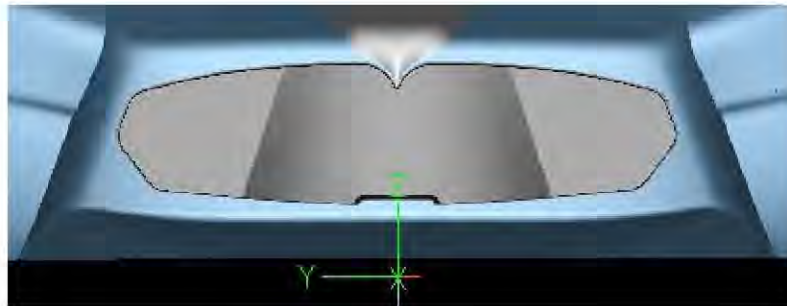


Figura 7.3.10 – Griglia anteriore

Questo elemento, così come altri dei quali si parlerà successivamente, ricoprono un ruolo determinante nel comportamento della vettura dal punto di vista aerodinamico. Pertanto la struttura e la forma di questo particolare dovrebbero essere determinate sulla base dell'analisi dei flussi d'aria e della prestazioni ottenibili. Tuttavia, come già espresso in precedenza, questi aspetti non sono stati considerati in maniera approfondita e completa; la forma di questa parte è scaturita quindi da considerazioni effettuate esclusivamente a livello teorico.

Il primo aspetto che ha influito sulla configurazione impostata è la presenza degli organi meccanici che avrebbero dovuto essere coinvolti dal flusso di aria; osservando sulle immagini relative al