

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria del Veicolo

Relazione per il corso di Disegno di Carrozzeria - Prof. Fabrizio Ferrari

***Studio complessivo di carrozzeria
per vettura stradale su base layout
meccanico Maserati MC12***

*Davide Gelati
Giuseppe Miscia
Guilhem Moulin
Jessica Perronace
Luca Tadioli
Umberto Fabbri*

Anno Accademico 2009-2010

Sommario

Introduzione al lavoro svolto	2
Realizzazione del piano di forma.....	4
Variazione assetto.....	4
Dal layout meccanico alle viste fondamentali	5
Angolo di attacco e Angolo di stacco	7
Modifiche strutturali.....	8
Riposizionamento di Oscar	10
Ulteriori verifiche previste	15
Zona d'assorbimento d'urto	15
Passaruota.....	15
Tappo del serbatoio combustibile	17
Posizionamento fari	17
Gruppo ottico anteriore	17
Gruppo ottico posteriore	19
Prese d'aria: posizionamento e funzionalità	21
Scarichi	23
Tagli dei cofani	24
Sezioni.....	27
Conclusioni e sviluppi futuri	28
Appendice.....	29
Solidworks	29

Introduzione al lavoro svolto

Il progetto è nato con l'obiettivo di adeguare ai canoni di stile Alfa Romeo e di rendere conforme all'uso stradale una vettura creata per le competizioni: la Maserati MC12, una biposto coupè-spider con un'impostazione tipicamente da gara.



Figura 1. Vista frontale della Maserati MC12

Il motore, un V12 a 65° con cilindrata di 5998 cm^3 capace di erogare 630 cv a 7500 giri/min, è posteriore e la trazione è anch'essa al posteriore. La carrozzeria e il telaio monoscocca sono realizzati in fibra di carbonio.

Partendo dalla piattaforma della MC12 si è cercato di disegnare una vettura che ricordasse le linee estetiche della vecchia Alfa Romeo 33 Stradale e della 8C Competizione.

Si è trattato dunque di studiare un nuovo complessivo di carrozzeria e rivedere alcuni aspetti relativi all'assetto della vettura, così da soddisfare i requisiti sia regolamentari che funzionali richiesti.

Il punto di partenza è stato il layout meccanico della vettura originale, fornito sotto forma di disegno bidimensionale, rappresentato in scala 1:5.

La parte iniziale del lavoro ha visto l'impegno nel riportare su carta millimetrata, sempre in scala 1:5, il profilo esterno del layout meccanico che determina gli ingombri e quindi i primi vincoli da rispettare nel disegno della carrozzeria.

Dati tecnici	
MOTORE	
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
PESI E DIMENSIONI	
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
Pneumatici anteriori.....	245/35 ZR19
Pneumatici posteriori.....	345/35 ZR19
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

Tabella 1. Dati tecnici della Maserati MC12; sono in grassetto i dati utilizzati per lo sviluppo del piano di forma

L'obiettivo finale del progetto è la realizzazione del cosiddetto *piano di forma*, ossia la rappresentazione fedele su due dimensioni di quello che poi sarà tradotto esattamente nelle tre dimensioni, cioè la carrozzeria dell'autoveicolo. In particolare sono state realizzate prima le quattro viste fondamentali: fianco, pianta, prospetti anteriore e posteriore; successivamente le sezioni trasversali e assiali. Le sezioni longitudinali non sono state considerate poiché sono le meno importanti e le informazioni che contengono possono essere ricavate dalle sezioni trasversali.

Diversamente da ciò che accade nella classica realizzazione di uno studio di carrozzeria, non sono stati realizzati i bozzetti preliminari di stile poiché si è preferito attribuire maggiore importanza agli aspetti ingegneristici del lavoro e poiché si sono assunti come

bozzetti di riferimento iniziali le carrozzerie delle vetture stradali già esistenti quali Alfa 33 Stradale e Alfa 8C Competizione.



Figura 2. Immagini dei modelli Alfa 33 Stradale e 8C competizione

Al termine del lavoro si è deciso di riportare in un ambiente 3D il piano di forma realizzato, al fine di avere maggiori informazioni sulla bontà del progetto e sulla sua riuscita estetica.

Realizzazione del piano di forma

Variazione assetto

Si è fin da subito dovuto affrontare il problema di realizzare un assetto stradale che rispettasse la normativa vigente: si è intervenuti regolando l'altezza da terra, aumentata a 127 mm in modo da permettere il passaggio di un parallelepipedo, di altezza pari a 120 mm, fra il suolo e la vettura in condizioni di carico statico. È stato deciso di mantenere un margine di 7 mm dal limite minimo di altezza, per ottenere il miglior compromesso tra prestazioni, vincoli regolamentari ed eventuali modifiche di assetto; si precisa che nel disegno la vettura è rappresentata in condizioni di quiete.

Per semplicità di progettazione della carrozzeria il fondo è stato reso perfettamente parallelo al suolo, è stato annullato il camber (presente nella configurazione originale), realizzando, tuttavia, il passaruota in modo da consentire la presenza di ruote camberate.

Dal layout meccanico alle viste fondamentali

Ai fini della realizzazione del piano di forma, si è partiti dall'identificazione degli ingombri meccanici e delle quote fondamentali ricavabili dal layout meccanico della vettura originale quali: passo, carreggiata anteriore, carreggiata posteriore, dimensione degli pneumatici, ingombri delle sospensioni e infine ingombri dei radiatori dell'olio e dell'acqua che influenzano la libertà di posizionamento e di forma delle prese d'aria.

Successivamente si sono riportate le quote principali su un foglio di carta millimetrata in scala 1:5 in modo da consentire la creazione delle 4 viste; la scala 1:5 è la più usata per la realizzazione di modelli, perché unisce il vantaggio di non essere troppo voluminosa ed impegnativa, pur rimanendo sempre sufficientemente precisa.

Sul foglio di carta millimetrata si è disegnato un sistema di riferimento che ha come asse x la linea di terra, come asse y l'asse passante dai due punti a terra delle ruote anteriori, e come asse z l'asse ortogonale al suolo passante per il punto a terra della ruota anteriore sinistra. Appare chiaro che l'origine del sistema di riferimento utilizzato coincide con il punto a terra della ruota anteriore sinistra. Si precisa che il sistema di riferimento adottato non coincide con quello presente sui disegni del layout meccanico.

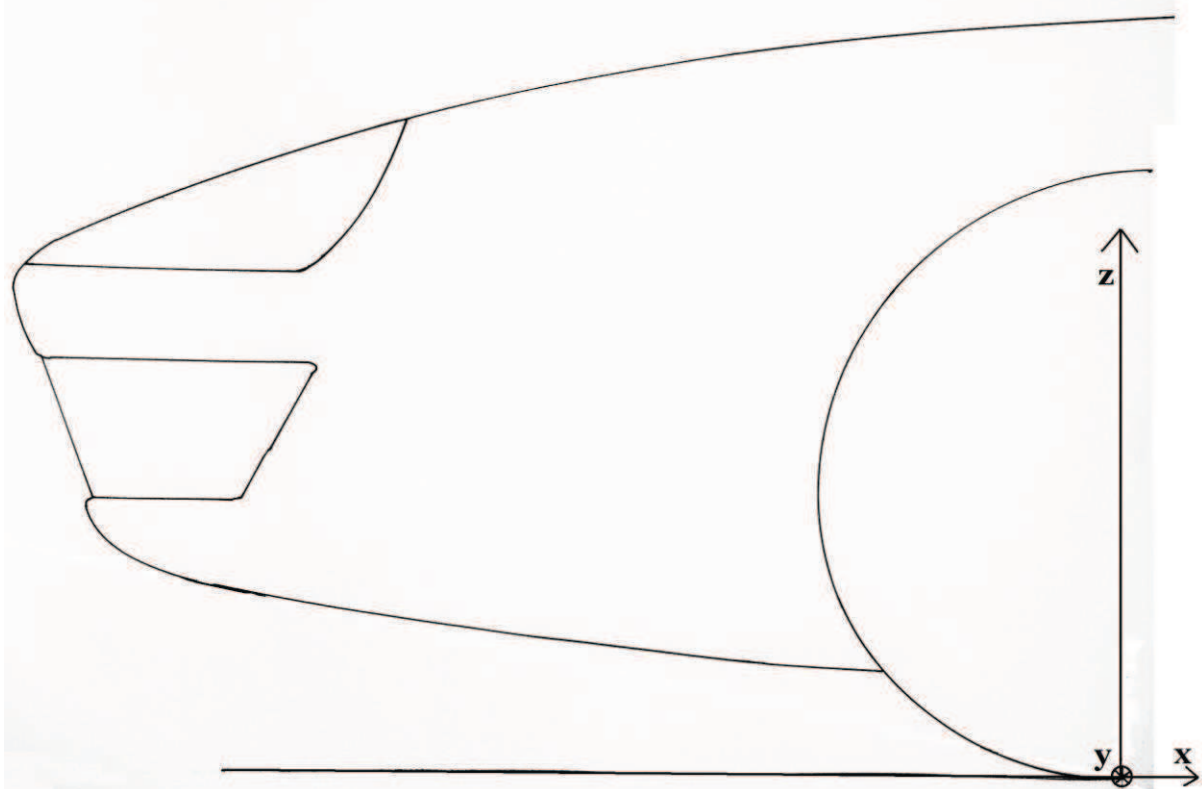


Figura 3. Posizionamento del sistema di riferimento

La prima vista realizzata è stata il fianco sinistro (lato guidatore), da una parte perché più semplice ed intuitiva e dall'altra perché maggiormente ricca di informazioni.

Altre quote fondamentali, quali lunghezza complessiva, altezza complessiva, sbalzi anteriore e posteriore, altezza minima da terra a carico statico, sono state variate rispetto a quelle originali per soddisfare requisiti estetici e, soprattutto, regolamentari.

Non avendo a disposizione l'ingombro del motore, in particolare la sua altezza massima, nel disegno del cofano posteriore ci si è concentrati sulla definizione di un profilo in grado di garantire una disponibilità di spazio maggiore rispetto a quella della carrozzeria originale.

La pianta, realizzata subito dopo il fianco, rappresenta la vista dall'alto della vettura. I prospetti anteriore e posteriore sono gli ultimi ad essere stati realizzati e consentono di rappresentare rispettivamente la parte anteriore e posteriore della vettura

Le proiezioni ortogonali (o "viste") vengono disegnate sul foglio secondo un criterio di praticità che consente una più facile e immediata lettura. La disposizione e l'ordine di realizzazione adottati sono:

- 1) Fianco sinistro: nella parte alta centrale del foglio
- 2) Pianta: nella parte bassa centrale del foglio
- 3) Prospetto anteriore: alla sinistra del fianco
- 4) Prospetto posteriore: alla destra del fianco

Per quanto riguarda la pianta e i prospetti, avendo l'opportunità si sfruttare gli assi di simmetria, si sono rappresentate solo le corrispondenti semi-viste (quelle dal lato del guidatore).

Tutte le viste sono state posizionate in modo che le quote principali fossero perfettamente coincidenti e consentissero un agevole controllo delle misure.

Si riportano le "quote fondamentali" scelte:

- Lunghezza complessiva: 4660 mm
- Altezza complessiva: pari a 1275 mm
- Larghezza complessiva: pari a 2010 mm
- Sbalzo anteriore: 1155 mm (distanza fra l'asse anteriore e l'estremità fuori tutto anteriore);
- Sbalzo posteriore: 705 mm (distanza fra l'asse posteriore e l'estremità fuori tutto posteriore)

Come già anticipato, passo, carreggiata anteriore e carreggiata posteriore sono rimaste invariate.

Per non affrontare uno studio troppo complesso e vasto che andrebbe ben oltre le finalità di questo progetto, è bene precisare che, nel disegnare il complessivo di carrozzeria, ci si preoccuperà della definizione della sola superficie esterna, pur essendo consapevoli che la

realizzazione della carrozzeria ha alla base anche altre problematiche tra cui: spessore della carrozzeria stessa e delle varie guarnizioni, montaggio meccanico dettagliato di tutte le varie parti, rispetto dei requisiti richiesti dalla normativa “urto pedone”.

Angolo di attacco e Angolo di stacco

Misura di fondamentale importanza è l’angolo di attacco all’anteriore, cioè l’angolo formato dalla linea del terreno con la linea di massima pendenza superabile, tracciata partendo dal punto di contatto tra pneumatico e suolo e il punto più basso dell’estremità anteriore dell’auto (spoiler o paraurti che sia).

Nel rispetto della normativa l’angolo minimo di attacco per vettura soggetta a carico statico deve essere minimo 7° . Osservando il fianco sinistro disegnato si può notare che l’angolo di attacco risulta essere di circa 12° , abbondantemente oltre il limite minimo imposto dalla normativa (si è mantenuto un margine di sicurezza).

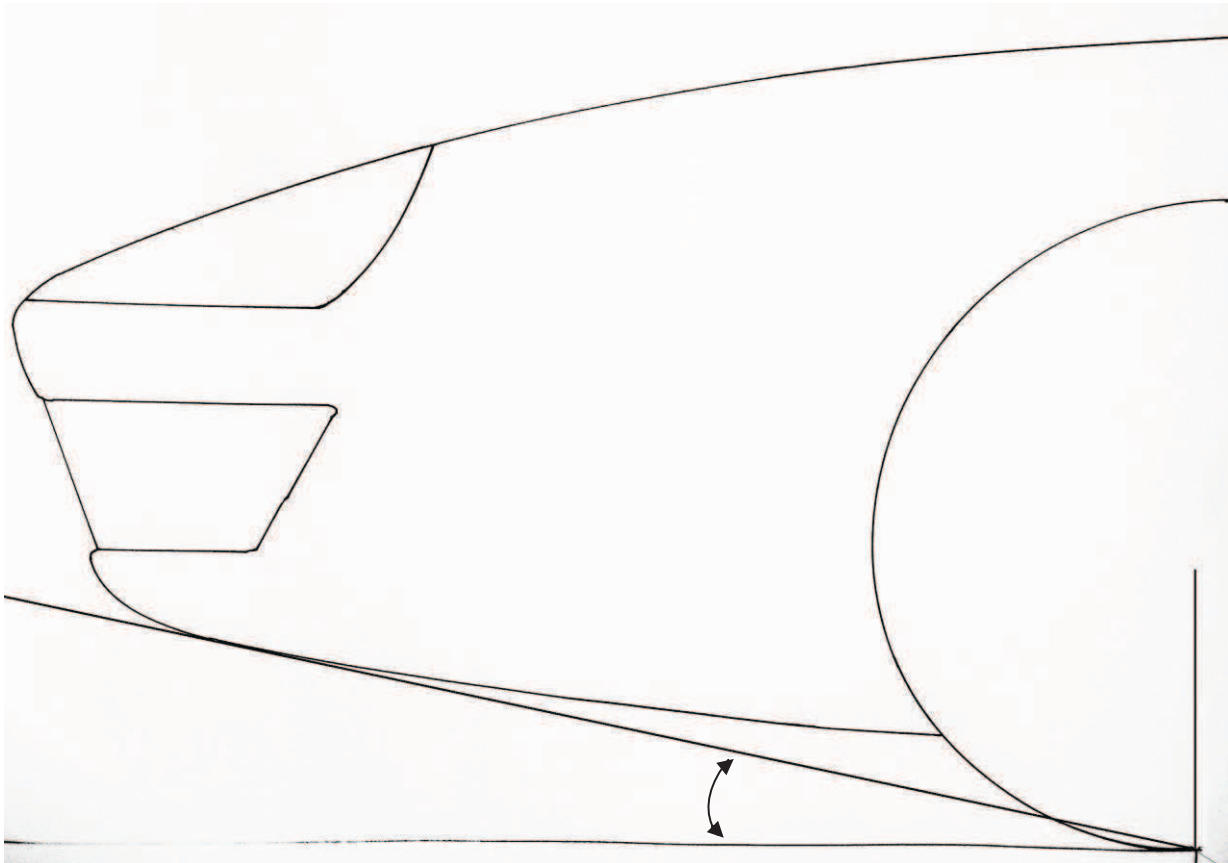


Figura 4. Identificazione dell’angolo di attacco

Un’altra misura importante è l’angolo di stacco al posteriore, definito in modo analogo all’angolo di attacco all’anteriore, che non deve essere inferiore ai 7° . Si può osservare che l’angolo di stacco risulta essere di circa 20° , abbondantemente oltre il limite minimo richiesto (come al solito si è mantenuto un margine di sicurezza).

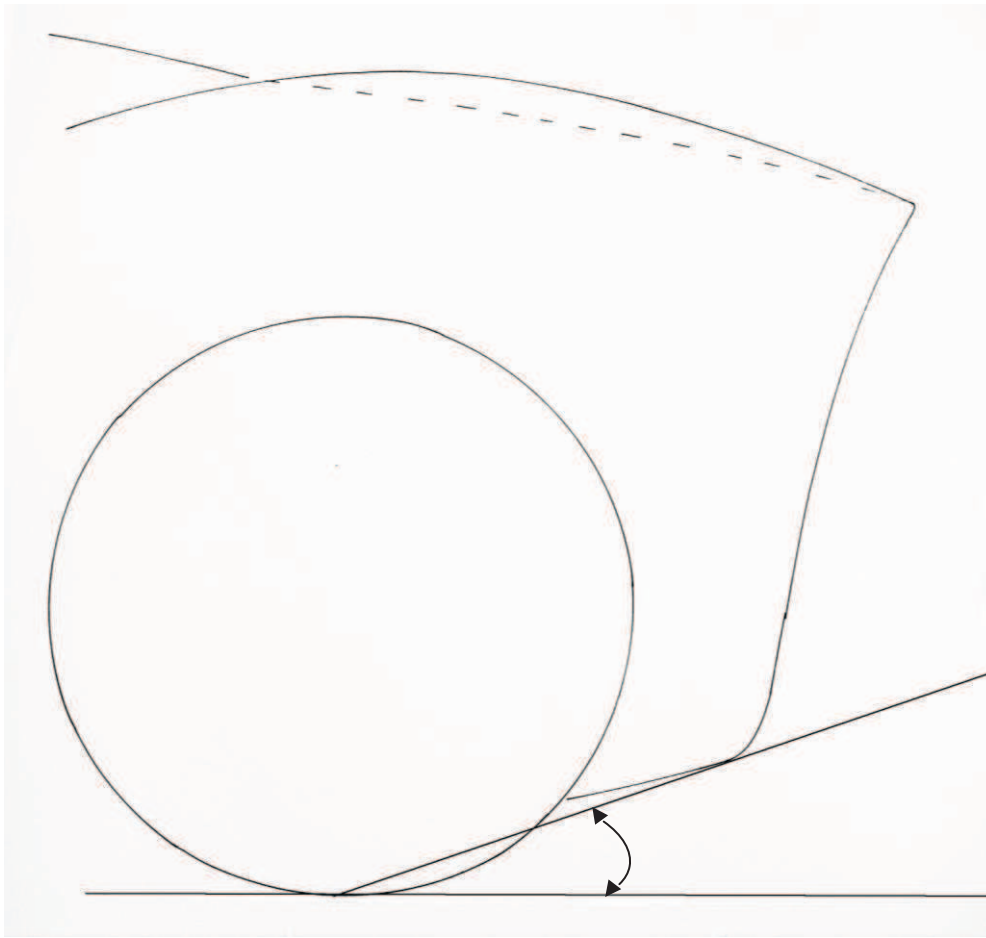


Figura 5. Identificazione dell'angolo di stacco

Modifiche strutturali

La Maserati MC12, essendo vettura da competizione, presenta soluzioni volte unicamente al raggiungimento delle massime prestazioni anche a scapito del rispetto della regolamentazione "stradale" (non vigente per vetture da corsa); per questo motivo è stato spesso necessario effettuare drastici cambiamenti.

Per la realizzazione di fianco e pianta si è rivelato utile lo studio dell'abitacolo originale, in prospettiva di una sua riprogettazione o modifica parziale che garantisca il rispetto di fattori regolamentari, quali gli angoli di visibilità e la sicurezza del guidatore in caso di urto frontale.

In particolare, con riferimento alle misure lette direttamente in scala 1:5, si sono traslati il montante A (montante anteriore) ed il curvano di 10 mm a sinistra lungo l'asse x e di 3 mm verso il basso lungo l'asse z. Si è pertanto mantenuto lo stesso parabrezza della vettura originale, senza provocare un aumento dei costi di produzione specifici del parabrezza e un calo delle prestazioni aerodinamiche della vettura. Nell'effettuare questa modifica si è prestata particolare attenzione a non provocare interferenze tra i vari dispositivi meccanici

presenti sotto il cofano. Si è inoltre verificato che la loro accessibilità non fosse eccessivamente compromessa, una riduzione dell'accessibilità è comunque lecita poiché si progetta una vettura stradale, non è necessario, infatti, garantire repentine variazioni di assetto.

La modifica del montante A ha provocato una sostanziale modifica del tetto della vettura, che è stato innalzato, andando così a coprire la zona in cui era presente la presa d'aria dinamica (snorkel) di alimentazione del propulsore sul layout originale.

Inoltre a seguito dell'avanzamento del montante è stata ampliata la parte anteriore del giro porta interno, lasciando inalterata la sua parte posteriore. Il giro porta esterno è stato ampliato sia nella sua parte anteriore che posteriore al fine di garantire un miglioramento dell'accessibilità all'abitacolo, anche nell'ottica di una più radicale modifica del giro porta interno.

L'ampliamento del giro porta è stato effettuato con la consapevolezza che una portiera eccessivamente grande e quindi pesante potrebbe comprometterne la funzionalità.

Successivamente sono state riposizionate le cerniere, considerando una retta verticale ideale passante per le stesse, in modo da consentire un'apertura "tradizionale" della portiera, parallela alla linea di terra. La posizione delle cerniere e i tagli della portiera sono tali da non determinare compenetrazione di materiale al momento dell'apertura della portiera.

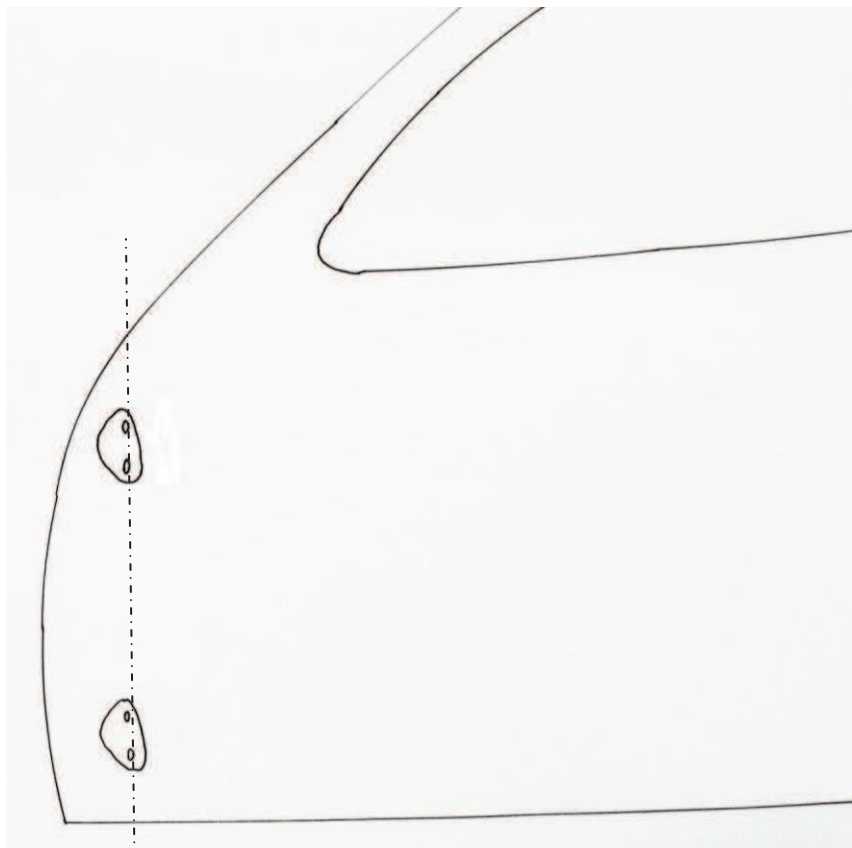


Figura 6. Riposizionamento delle cerniere per l'apertura della portiera

Le ultime modifiche riguardano i radiatori anteriori, essi sono stati lievemente verticalizzati al fine di migliorare lo scambio termico con l'aria in entrata. Un'auto stradale, infatti, ha problematiche di raffreddamento maggiori rispetto a quelle di un'auto da competizione (a parità di motore), date le velocità di avanzamento generalmente più basse (nella Maserati MC12 i radiatori sono pressoché orizzontali). Questa modifica è stata effettuata considerando la disponibilità di spazio offerta dalla parte anteriore dell'auto, avendo cura di evitare interferenze o problematiche durante il montaggio.

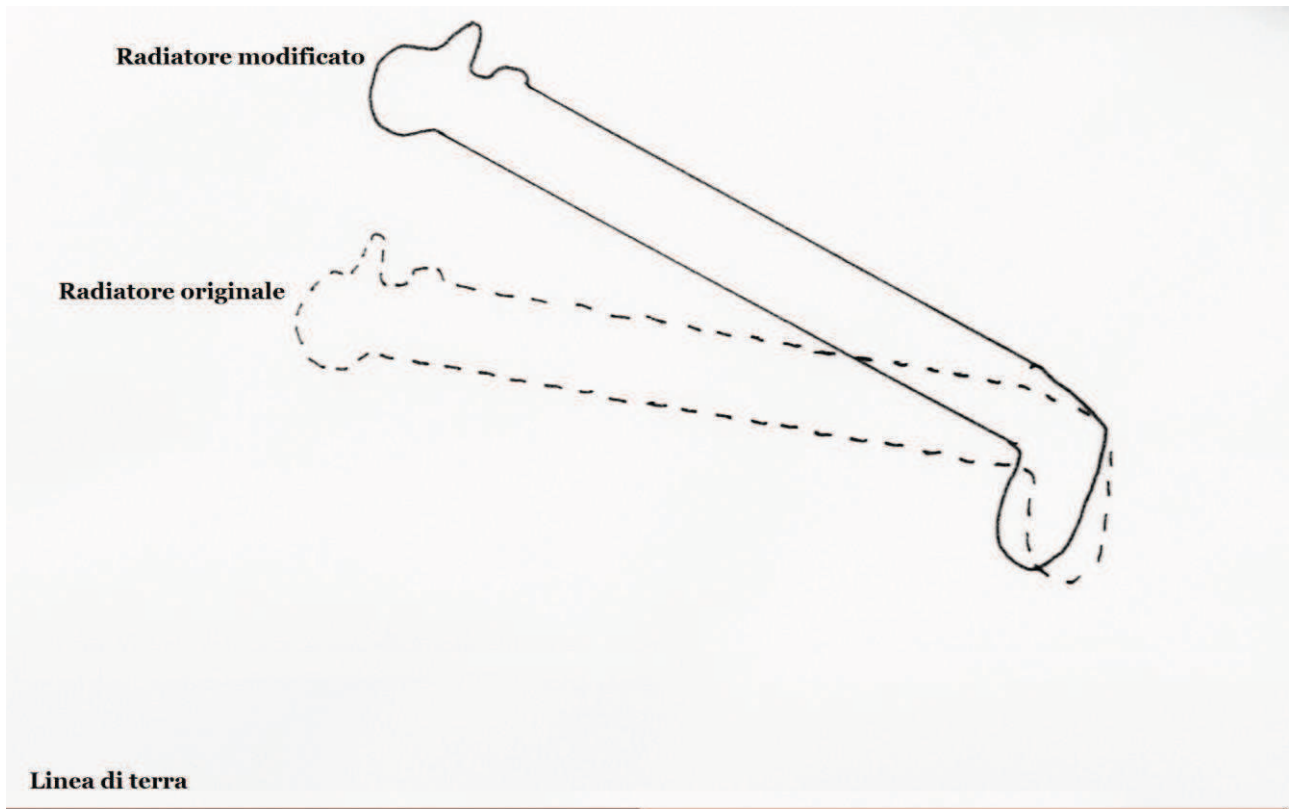


Figura 7. Dettaglio della modifica del radiatore anteriore

Riposizionamento di Oscar

Come già anticipato in precedenza, in vista di una progettazione di un'auto per uso stradale è stato di fondamentale importanza agire ridefinendo la posizione del manichino regolamentare, noto come Oscar, nell'ottica di rispettare le norme regolamentari e rendere più confortevole nonché efficiente la condizione di guida. Tutto ciò è stato effettuato garantendo il rispetto degli angoli di visibilità, un buon posizionamento di Oscar all'interno dell'abitacolo, nonché una buona accessibilità ai comandi.

La normativa per il posizionamento del manichino fornisce le seguenti definizioni:

✓ punto H

per "punto H", che rappresenta la posizione nell'abitacolo di un occupante seduto, si intende l'intersezione, su un piano verticale longitudinale, dell'asse teorico di rotazione che esiste fra le cosce e il tronco di un corpo umano rappresentato dal manichino Oscar

✓ angolo effettivo di inclinazione dello schienale

per "angolo effettivo di inclinazione dello schienale" 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.

Si riporta come deve avvenire, secondo la normativa, la determinazione degli angoli di visibilità, in relazione al punto H e all'angolo effettivo di inclinazione dello schienale:

il sedile considerato è collocato nella posizione di guida e nella posizione di utilizzazione normale più bassa e più arretrata prevista dal costruttore del veicolo per tale sedile. Lo schienale, se è inclinabile, è bloccato secondo le istruzioni del costruttore, o in mancanza di queste ultime, in modo che l'angolo effettivo di inclinazione si approssimi il più possibile a 25°.

Si precisa che, non essendo obiettivo di questo lavoro uno studio estremamente dettagliato, per la determinazione degli angoli di visibilità sono stati considerati un punto H e un'inclinazione effettiva dello schienale fissi. Tale posizione è stata anche utilizzata per la prova di urto frontale.

Seguendo le indicazioni della normativa, che impone l'utilizzo di un manichino regolamentare con forma pari a quella di un adulto di media statura, si è passati alla realizzazione di un manichino bidimensionale in cartone le cui geometrie fossero quelle normate ed il cui movimento delle articolazioni fosse consentito dalla presenza di opportune cerniere. Questo ha permesso di avere un'intuitiva idea di quale fosse la posizione più corretta del manichino, effettuando alcune prove di posizionamento dello stesso.

Le coordinate del punto H scelto, espresse rispetto al sistema di riferimento di figura 3 ed in scala 1:1, sono le seguenti:

$x = 1285 \text{ mm}$, $y = 540 \text{ mm}$, $z = 295 \text{ mm}$

Le coordinate del punto H del manichino nella posizione originale, sempre espresse rispetto al sistema di riferimento di figura 3 ed in scala 1:1, sono le seguenti:

$x = 1050 \text{ mm}$, $y = 540 \text{ mm}$, $z = 225 \text{ mm}$

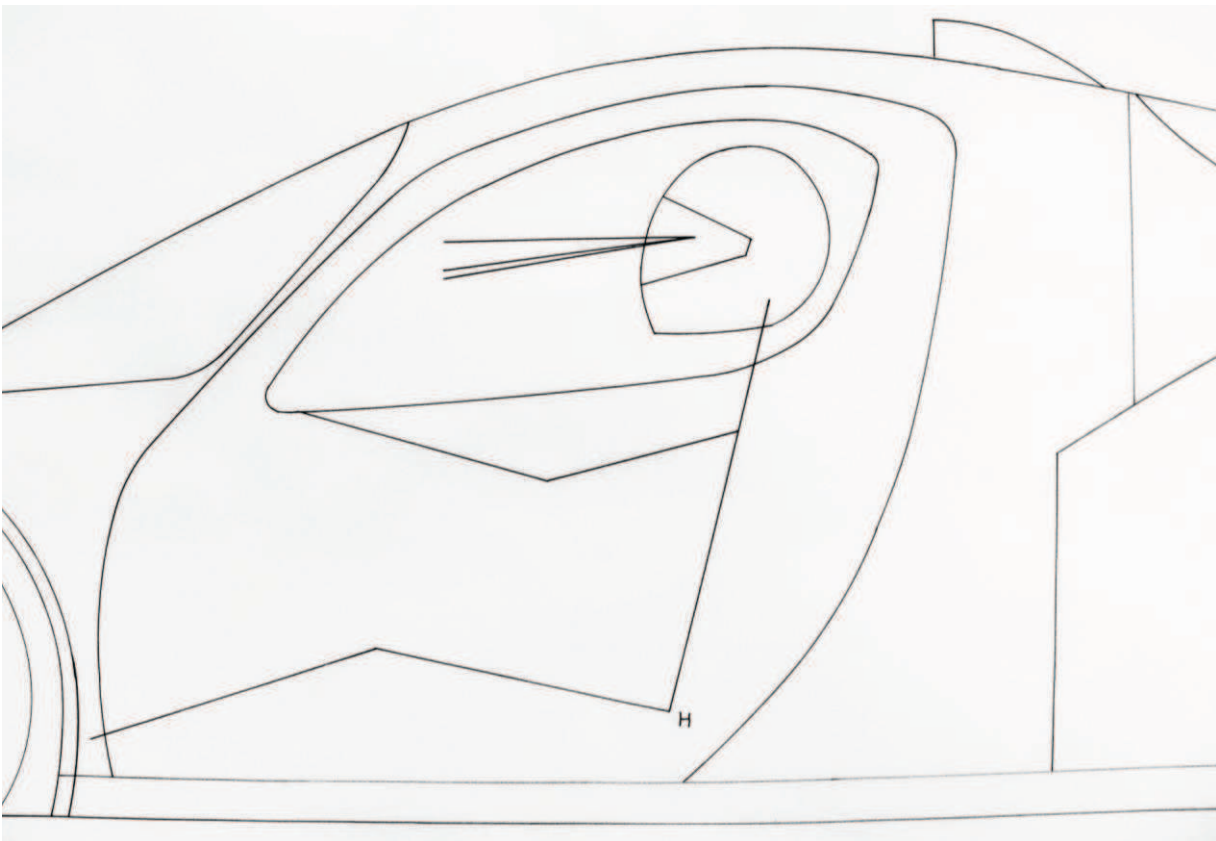


Figura 8. Posizionamento di Oscar all'interno dell'abitacolo

In realtà, avendo la nuova macchina una maggiore altezza da terra rispetto all'originale, la differenza tra le quote z dei due punti H non è realmente indicativa del cambiamento di posizione di Oscar. Per essere precisi bisognerebbe riferirsi ad un sistema di riferimento solidale con il layout meccanico, senza entrare nei dettagli di questo calcolo si specifica che l'effettivo aumento di altezza è pari a 20 mm (sempre in scala 1:1).

Da un lato, un punto H più alto consente di avere un angolo di visibilità anteriore più ampio, ma d'altro canto l'altezza del punto H deve tener conto anche della massima altezza raggiungibile dal tetto dell'abitacolo (imposta dall'altezza dei montanti anteriore e posteriore) e della posizione ed inclinazione del parabrezza, in modo tale che il manichino, ruotando col suo busto intorno al punto H, non vada ad urtare questi due elementi (problematica di cui si discuterà in seguito).

Per quanto riguarda, invece, l'angolo effettivo di inclinazione dello schienale si è scelto un angolo di circa 10° , nel rispetto dei 25° massimi, garantendo un miglioramento degli angoli di visibilità, una migliore posizione di guida e favorendo l'uscita dall'abitacolo del conducente.

Naturalmente bisogna anche prevedere che tutti i comandi (pedaliere, volante, etc...) vengano spostati in modo tale da avere una buona accessibilità, studio non effettuato nel dettaglio poiché non completamente pertinenti agli obiettivi del lavoro.

Tutte le modifiche apportate a montante e parabrezza e il riposizionamento del manichino hanno consentito di rispettare gli angoli di visibilità minimi richiesti.

Nella vista del fianco l'angolo di visibilità normato deve essere minimo 7° nella parte centrale del cofano e di almeno 5° nelle restanti parti.

Tale angolo si forma fra due rette passanti dal punto relativo agli occhi del manichino: la retta orizzontale, parallela alla linea di terra, e la retta tangente al punto più alto della parte centrale del cofano anteriore.

Solitamente sarà l'altezza del curvano a definire tale punto, ma nel caso studiato, data la particolare conformazione del cofano anteriore sarà quest'ultimo a determinare la tangenza della linea inferiore. L'angolo misurato fra queste due linee è risultato pari a circa 9° nella zona centrale e a circa 7° nelle zone più sfavorevoli, nel pieno rispetto quindi della normativa.

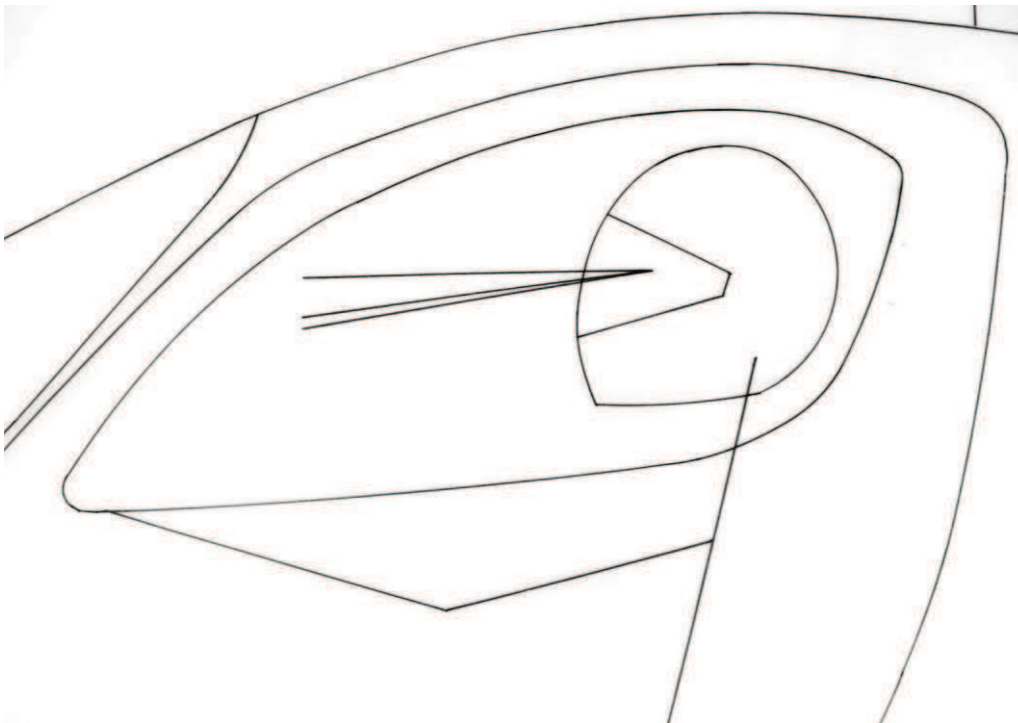


Figura 9. identificazione degli angoli di visibilità normati

Per quanto riguarda gli angoli di visibilità laterali, la normativa prevede un angolo minimo di 15° , immaginando una rotazione della testa del manichino verso sinistra, e un angolo minimo di 45° verso destra.

Dalla vista in pianta gli angoli risultano essere verificati e pari a circa 56° verso destra e circa 27° verso sinistra.

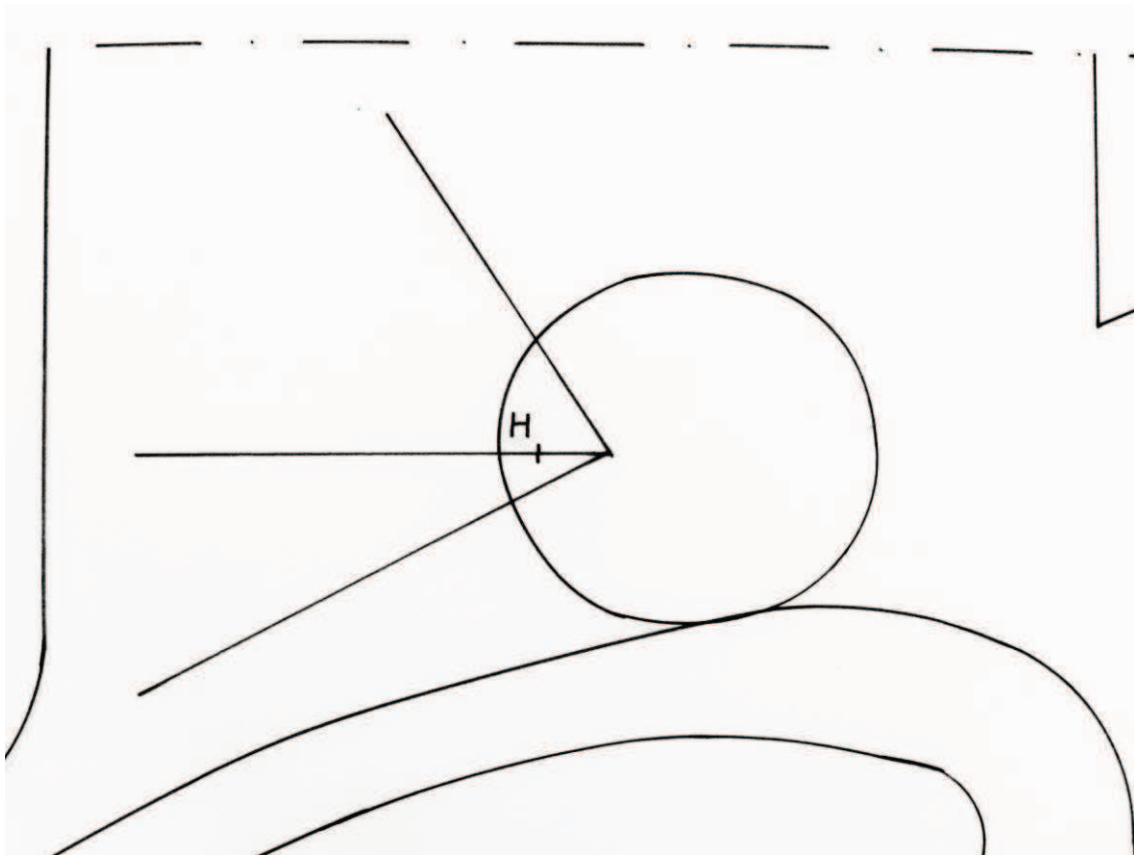


Figura 10. Identificazione degli angoli di visibilità laterali

Per quanto riguarda gli angoli di visibilità posteriori, per le vetture più sportive, sono tollerati angoli di visibilità molto ridotti o quasi nulli posteriormente, il che giustifica la mancanza di particolari interventi o di verifiche per la vettura studiata.

Nonostante la presenza di un lunotto posteriore, la visibilità sul retro è, infatti, limitata dalla presenza del motore, per questo risulterà opportuno prevedere l'installazione di una microcamera sulla parte posteriore della carrozzeria e relativo monitor all'interno dell'abitacolo che sostituisca la funzione dello specchietto retrovisore centrale.

Infine è stato studiato il caso di urto frontale; come già anticipato, la normativa prevede che il manichino possa compiere una rotazione attorno al punto H raggiungendo il volante senza trovare ostacoli nel tettuccio e/o nel parabrezza.

Prendendo spunto dalle indicazioni della normativa relative alla "determinazione della zona d'urto della testa" per effettuare tale prova si è considerato, come punto più a rischio, il vertice superiore del casco, posto ad una distanza di 820 mm (misura in scala 1:1) dal punto H. Si è quindi verificato, sulla vista del fianco, con un compasso puntato in corrispondenza del punto H e un'apertura pari a 164 mm, che l'arco descritto non interferisse con tettuccio e/o parabrezza.

Ulteriori verifiche previste

Zona d'assorbimento d'urto

Una delle verifiche più importanti a cui una vettura è sottoposta per poter essere omologata all'uso stradale è quella dell'altezza da terra della zona deformabile (o paraurto anteriore).

Tale quota, che la vettura sia scarica o in condizioni di pieno carico, deve risultare maggiore o uguale a 445 mm in Europa. Sarà bene quindi che la vettura scarica presenti un buon margine di sicurezza, un'altezza minima da terra di almeno mezzo metro circa.

Nella vettura studiata l'altezza della zona deformabile risulta pari a 520 mm (in scala 1:1), misura rispettante sia la normativa europea che quella americana secondo cui a vettura scarica l'altezza minima deve essere pari a 508 mm.

Il rispetto di tale quota viene verificato per mezzo di un pendolo con una "mazza" incorporata, il quale ruotando non deve colpire in nessun caso la carrozzeria sopra la zona deformabile. A seguito dell'impatto del pendolo, nessun organo vitale o mobile della vettura deve essere colpito. Per questa ragione i gruppi ottici anteriori ed il taglio per l'apertura del cofano sono stati posizionati al di sopra del paraurti.

La zona deformabile deve anche sopportare la prova di crash (o urto frontale), per questo è bene mantenere una distanza minima (nella parte centrale dell'auto) tra carrozzeria e parti interne.

Passaruota

Particolare attenzione è stata prestata al disegno dei passaruota, essi devono consentire a entrambe le ruote di scuotere per assorbire eventuali irregolarità e, esclusivamente alle ruote anteriori, di ruotare durante le manovre di sterzata. Si riporta di seguito il calcolo analitico per una stima dell'angolo massimo di sterzata delle ruote anteriori.

L'angolo massimo di sterzata (indicato come "Alfa" in figura 11), è ricavabile dalla seguente relazione:

$$Alfa = \left(\frac{Passo}{Raggio\ sterzata - (Carreggiata\ anteriore / 2)} \right) \cong 28^\circ$$

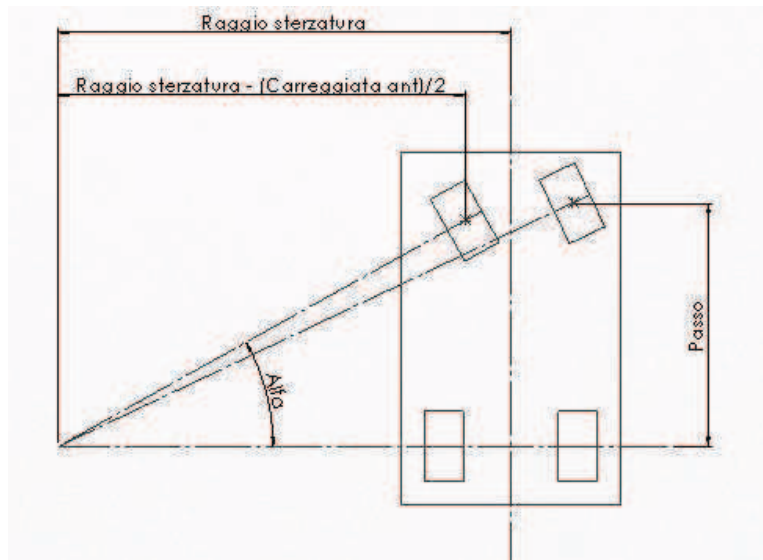


Figura 11. Rappresentazione grafica dell'angolo massimo di sterzata

Si è ipotizzato che l'escursione delle sospensioni fosse molto ridotta a causa dell'elevata rigidità delle stesse, tipica delle auto sportive. Nella determinazione del passaruota è stato anche considerato lo spazio necessario per la sostituzione dello pneumatico. Tutti questi fattori hanno contribuito alla scelta delle dimensioni utilizzate.

Infine si è prestata particolare attenzione alla parte inferiore del passaruota: è opportuno che quest'ultima non termini con uno spigolo vivo; ciò potrebbe, infatti, causare la foratura della gomma a seguito di escursioni estreme.

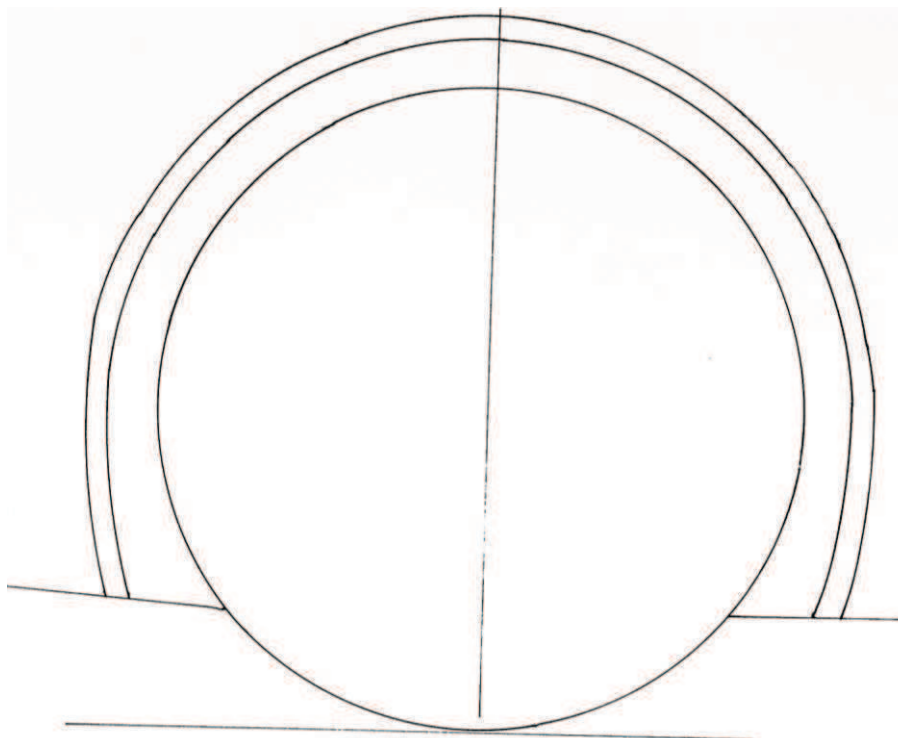


Figura 12. Dettaglio del passaruota

Tappo del serbatoio combustibile

Nel fianco sinistro disegnato non è visibile il tappo del serbatoio del combustibile poiché è stato posizionato sulla fiancata destra della vettura.

Posizionamento fari

Gruppo ottico anteriore

Il posizionamento dei fari obbligatori è anch'esso regolato da normativa; la stessa prevede per il gruppo ottico anteriore (anabbaglianti, abbaglianti, luci di posizione e indicatori di direzione) precise indicazioni.

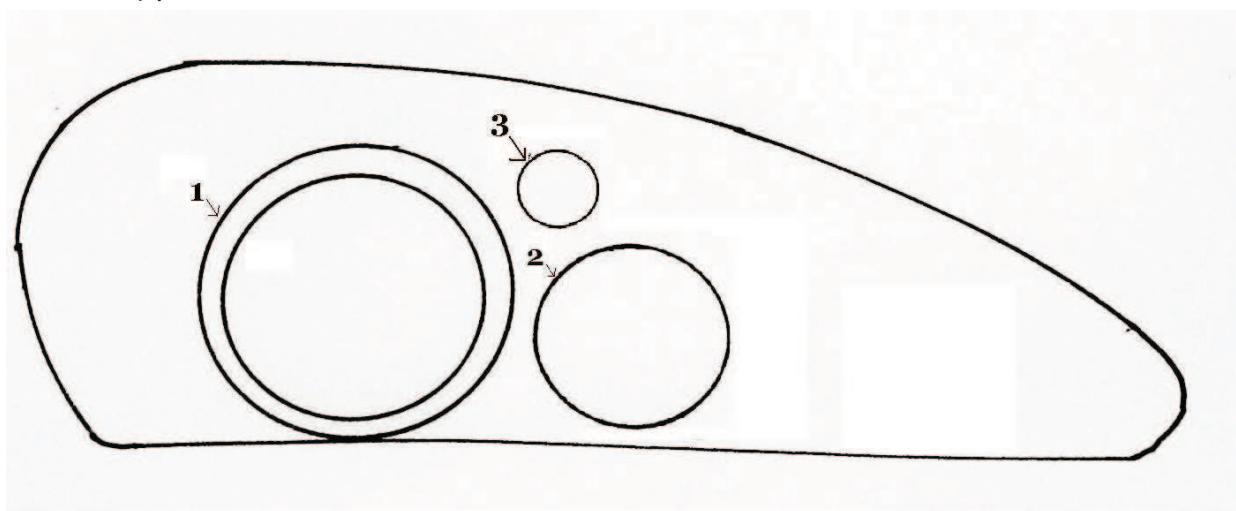


Figura 13. Gruppo ottico anteriore: 1. Abbagliante/Anabbagliante, 2. Luce di posizione, 3. Indicatore di direzione

Anabbaglianti

Il loro posizionamento è previsto ad un'altezza minima da terra di 500 mm mentre l'altezza massima non deve superare i 1200 mm; i bordi interni degli stessi devono distare tra loro almeno 600 mm mentre quelli esterni non devono trovarsi a più di 400 mm dall'estremità laterale del veicolo (fuori tutto).

La visibilità geometrica del faro anabbagliante è definita, secondo la normativa, dagli angoli minimi $\alpha=15^\circ$ verso l'alto e 10° verso il basso nella vista del fianco; $\beta=45^\circ$ verso l'esterno e 10° verso l'interno nella vista in pianta.

Considerando le dimensioni del faro omologato, con funzioni di anabbagliante e abbagliante, si è proceduto al posizionamento dello stesso, nel pieno rispetto delle misure e degli angoli sopra riportati.

Abbaglianti

Per questo tipo di faro non sono previste misure specifiche in altezza, mentre in larghezza a normativa è verificata purché *“i bordi esterni della superficie illuminante non siano in nessun caso più vicini all'estremità della larghezza fuori tutto del veicolo rispetto ai bordi esterni della superficie illuminante dei proiettori anabbaglianti”*. Per la visibilità geometrica non vi sono particolari specifiche.

Come detto precedentemente il faro abbagliante è integrato all'interno del faro anabbagliante, ciò garantisce il rispetto della normativa.

Luci di posizione

Il loro posizionamento è previsto ad un'altezza minima da terra di 350 mm mentre l'altezza massima non deve superare i 1500 mm; i bordi interni degli stessi devono distare tra loro almeno 600 mm mentre quelli esterni a non più di 400 mm dall'estremità laterale (larghezza fuori tutto) dell'auto.

La visibilità geometrica delle luci di posizione è definita, secondo la normativa, dagli angoli minimi $\alpha=15^\circ$ verso l'alto e verso il basso nella vista di fianco; $\beta=80^\circ$ verso l'esterno e 45° verso l'interno nella vista in pianta.

Se l'altezza dal suolo della luce è inferiore a 750 mm (cosa che si verifica nel caso in esame), l'angolo al di sotto dell'orizzontale (α verso il basso) può essere ridotto a 5° .

La luce di posizione è stata posizionata in modo più centrale rispetto al faro anabbagliante, avendo cura di rispettare tutti vincoli riportati precedentemente.

Indicatori di direzione

Il loro posizionamento è previsto ad un'altezza minima da terra di 350 mm mentre l'altezza massima non deve superare i 1500 mm; i bordi interni degli stessi devono distare tra loro almeno 600 mm mentre quelli esterni non devono trovarsi a più di 400 mm dall'estremità laterale del veicolo (fuori tutto).

La visibilità geometrica degli indicatori di posizione è definita, secondo la normativa, dagli angoli minimi $\alpha=15^\circ$ verso l'alto e verso il basso nella vista di fianco.

Se l'altezza dal suolo della luce è inferiore a 750 mm (cosa che si verifica nel caso in esame), l'angolo al di sotto dell'orizzontale (α verso il basso) può essere ridotto a 5° .

Gli indicatori di direzione sono stati posizionati tra le luci di posizione e il gruppo abbagliante/anabbagliante, avendo cura di rispettare tutti vincoli riportati precedentemente.

Gruppo ottico posteriore

Anche per quanto riguarda il gruppo ottico posteriore obbligatorio (luci di arresto, proiettore per la retromarcia, luci di posizione, indicatori di direzione, dispositivo d'illuminazione della targa, fendinebbia e catadiottri) la normativa prevede precise indicazioni. Eccezion fatta per il catadiottro, si è pensato di realizzare tutte le luci posteriori con tecnologia LED; non essendo ancora presente una normativa specifica su questa tipologia di luci, sono stati rispettati esclusivamente i vincoli relativi al posizionamento. Si precisa inoltre che non è ancora ben definito il fascio luminoso emesso da una luce LED, anche per questo motivo non stati considerati gli angoli di visibilità geometrica.

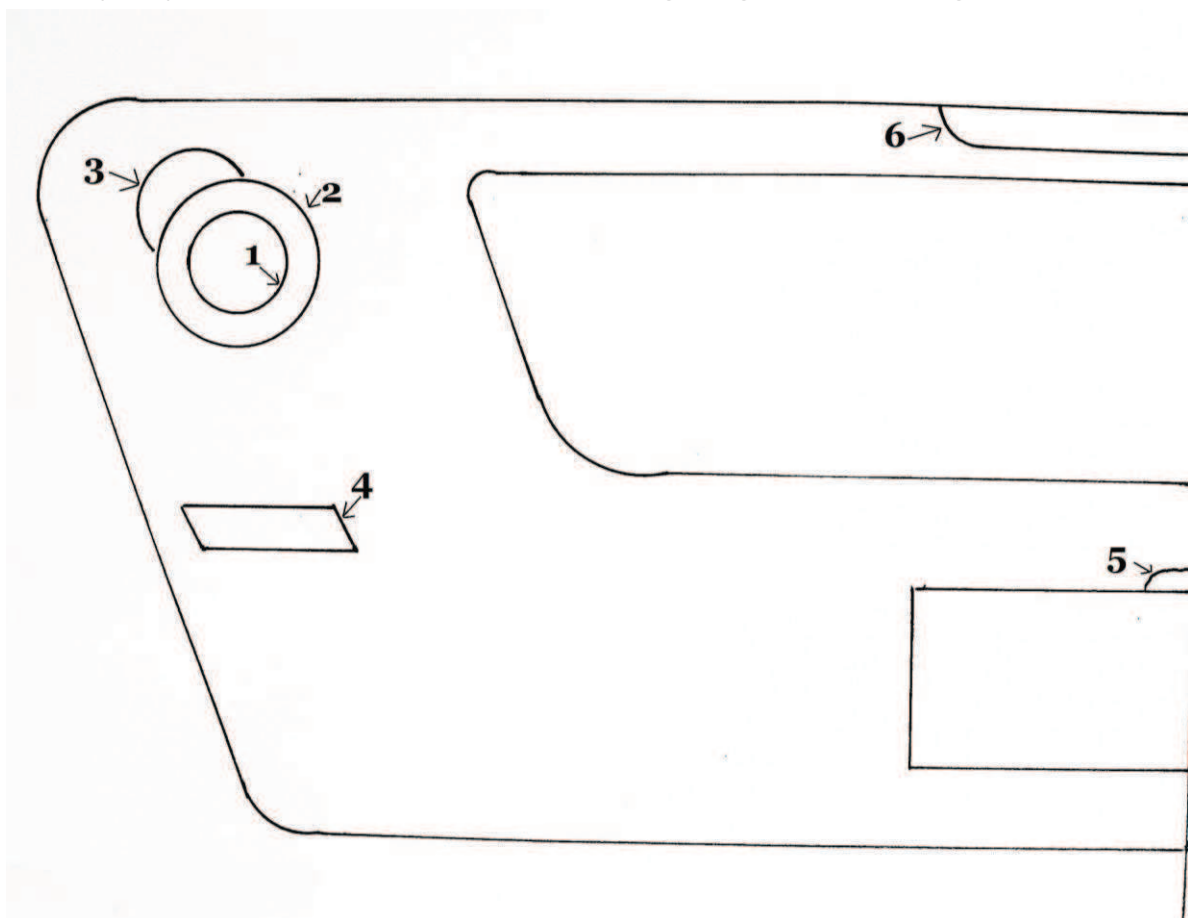


Figura 14. Dettaglio del gruppo ottico posteriore: 1. Proiettore per la retromarcia/Fendinebbia posteriore, 2. Luce laterale d'arresto/Luce di posizione, 3. Indicatore di direzione, 4. Catadiottro posteriore, 5. Dispositivo di illuminazione della targa, 6. Luce centrale d'arresto

Luci di posizione

Il loro posizionamento è previsto ad un'altezza minima da terra di 350 mm mentre l'altezza massima non deve superare i 1500 mm; i bordi interni degli stessi devono distare tra loro

almeno 600 mm mentre quelli esterni non devono trovarsi a più di 400 mm dall'estremità laterale del veicolo (fuori tutto). La collocazione delle luci di posizione rispetta i vincoli imposti dalla normativa.

Luci laterali di arresto

Il loro posizionamento è previsto ad un'altezza minima da terra di 350 mm mentre l'altezza massima non deve superare i 1500 mm; i bordi interni degli stessi devono distare tra loro almeno 600 mm. Le luci "laterali" di arresto sono integrate all'interno di quelle di posizione, nel passaggio da luce di posizione a luce d'arresto è stato ovviamente previsto un cambiamento dell'intensità luminosa.

Luce centrale di arresto

La presenza obbligatoria della luce di arresto centrale è una norma introdotta recentemente e quindi non ancora presente all'interno della regolamentazione che si aveva a disposizione. Si è prestata attenzione unicamente nella collocazione di tale luce in posizione centrale e con un'altezza da terra maggiore rispetto a quella delle luce "laterali" di arresto.

Proiettore per la retromarcia

Il suo posizionamento è previsto dalla normativa ad un'altezza minima da terra di 250 mm e ad un'altezza massima di 1200 mm.

L'unico proiettore di retromarcia presente è concentrico alla luce "laterale" d'arresto, posta sulla destra del veicolo (lato concorde al senso di marcia) e perciò non visibile sul prospetto posteriore.

Indicatori di direzione

Il loro posizionamento è previsto ad un'altezza minima da terra di 350 mm mentre l'altezza massima non deve superare i 1500 mm; i bordi interni degli stessi devono distare tra loro almeno 600 mm mentre quelli esterni non devono trovarsi a più di 400 mm dall'estremità laterale del veicolo (fuori tutto). Gli indicatori di direzione sono stati posizionati in modo più esterna rispetto alle luci di posizione, avendo cura di rispettare tutti i vincoli riportati precedentemente. Si è verificato inoltre che la distanza fra il fuori tutto del veicolo ed il bordo esterno degli indicatori di direzione posteriori non superi di 50 mm la distanza fra il fuori tutto del veicolo ed il bordo esterno delle luci di posizione posteriori.

Fendinebbia posteriore

Il suo posizionamento è previsto da normativa a un'altezza minima da terra di 200 mm, un'altezza massima di 1000 mm mentre la distanza dalle luci di arresto non deve superare i 100 mm.

L'unico proiettore fendinebbia presente è concentrico alla luce "laterale" d'arresto posta sulla sinistra del veicolo (lato opposto al senso di marcia) e perciò visibile sul prospetto posteriore.

Dispositivo d'illuminazione della targa di immatricolazione

Si è posizionato il dispositivo d'illuminazione della targa di immatricolazione in modo che rispetti l'unico requisito imposto dalla normativa, cioè il dover illuminare la sede della targa.

Catadiottri posteriori non triangolari

Il loro posizionamento è previsto ad un'altezza minima da terra di 350 mm mentre l'altezza massima non deve superare i 1500 mm; i bordi interni degli stessi devono distare tra loro almeno 600 mm mentre quelli esterni non devono trovarsi a più di 400 mm dall'estremità laterale del veicolo (fuori tutto).

I catadiottri sono posizionati al di sotto delle luci di posizione nel rispetto dei limiti precedenti, si prevede inoltre che saranno montati su un piano perpendicolare al suolo in modo da garantire i massimi angoli di visibilità geometrica.

Prese d'aria: posizionamento e funzionalità

Le prese d'aria (sia statiche che dinamiche) sono alcuni degli elementi che più concorrono a definire lo stile della vettura e che, allo stesso tempo, svolgono un ruolo di estrema importanza funzionale.

Esse vanno progettate e posizionate al fine di regolare i flussi d'aria in ingresso e uscita dalla vettura, raffreddare i radiatori e gli organi meccanici, permettere l'alimentazione del motore o piuttosto ottenere benefici aerodinamici.

In questa sede non è stato possibile studiare le prese d'aria dal punto di vista della fluidodinamica computazionale e ottenere quindi la massima funzionalità, ma si è cercato comunque, sulla base dello studio della carrozzeria originale, di mantenere una certa logicità costruttiva.

Si evidenzia la presenza di due prese d'aria frontali il cui compito principale è incanalare l'aria verso i due radiatori dell'acqua presenti sotto il cofano.

Per quanto riguarda il deflusso dell'aria, si sono previste due uscite nascoste in corrispondenza dei passaruota anteriori. Questa soluzione è stata adottata per garantire la presenza di un portabagagli sotto il cofano anteriore. Sempre in corrispondenza dei passaruota anteriori e posteriori sono stati previsti ulteriori tagli per il raffreddamento dei freni.

Per sopperire alla copertura dello snorkel originale, se ne è riprodotto uno simile al di sopra del precedente avente gli stessi scopi: da una parte alimentare, tramite due opportune canalizzazioni, le due bancate del motore e dall'altra raffreddare lo stesso vano motore.



Figura 15. Dettaglio dello snorkel

Si sono previste due ulteriori prese d'aria sui fianchi della vettura con duplice funzione: raffreddare i radiatori posteriori e, tramite luci presenti sul telaio, raffreddare il vano motore.

Le relative uscite d'aria sono di due tipi: una dinamica ed una statica. L'uscita dinamica è posizionata tra i gruppi ottici posteriori e ha lo scopo di evacuare l'aria quando la macchina è in movimento (la sua efficienza a vettura ferma è pressoché nulla). Le uscite statiche, posizionate tra il lunotto e la coda della vettura, sono costituite da una serie di tagli trasversali e hanno lo scopo di permettere la fuoriuscita di aria e soprattutto vapori di combustibile dal vano motore quando il veicolo è fermo (si previene il rischio d'incendio). Si precisa che il posizionamento effettuato non è tale da garantire la massima efficienza delle prese d'aria statiche (dovrebbero trovarsi in corrispondenza del motore), tuttavia si ha il vantaggio di poter progettare un sistema di raccoglimento e successiva evacuazione dell'acqua piovana più semplice, non essendo presenti, al di sotto delle prese d'aria, componenti elettronici.

Nel prospetto posteriore, per rappresentare l'ingombro massimo del gruppo di prese d'aria statiche, è stato semplicemente disegnato un rettangolo, al fine di non appesantire il disegno con numerose linee parallele molto ravvicinate.

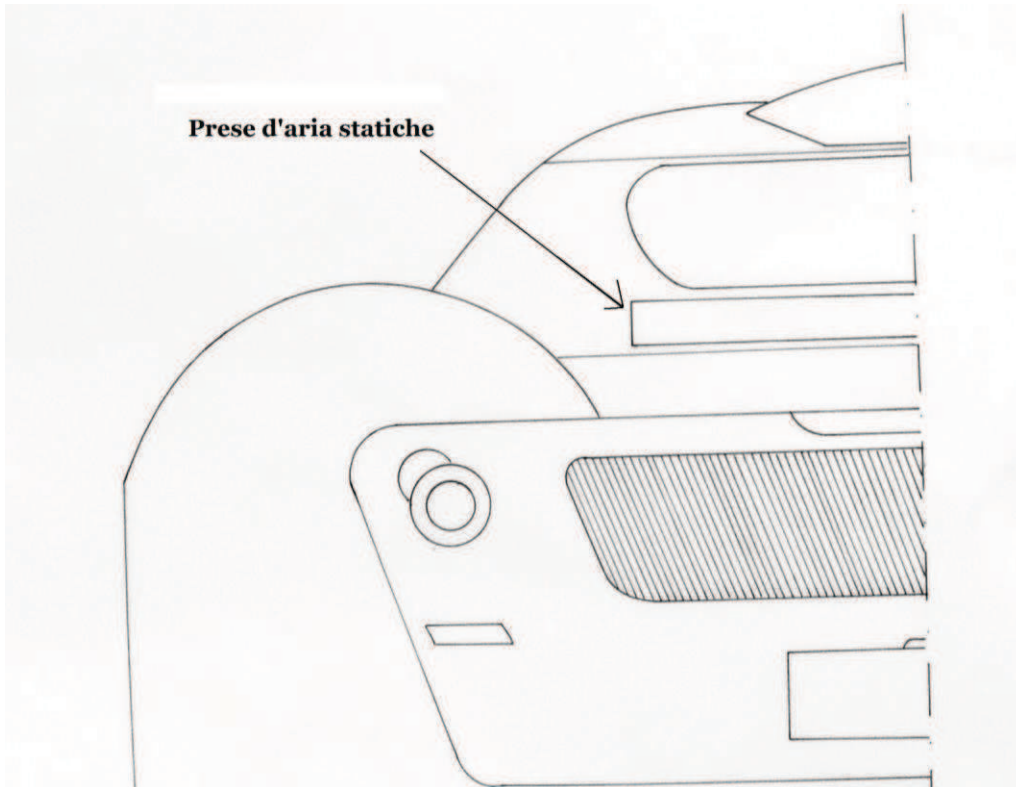


Figura 16. Dettaglio delle prese d'aria statiche

Ecezion fatta per le prese statiche, tutte le altre, date le loro notevoli dimensioni (il riferimento generalmente adottato sono le dimensioni della testa di un bambino), sono state dotate di opportune reti di protezione per evitare l'intrusione di corpi estranei.

Scarichi

È stato adottato un unico scarico, posizionato come in figura 17, in modo tale da garantire spazio sufficiente ai catalizzatori, senza creare interferenza con organi meccanici (si pensi al differenziale posteriore posizionato centralmente)

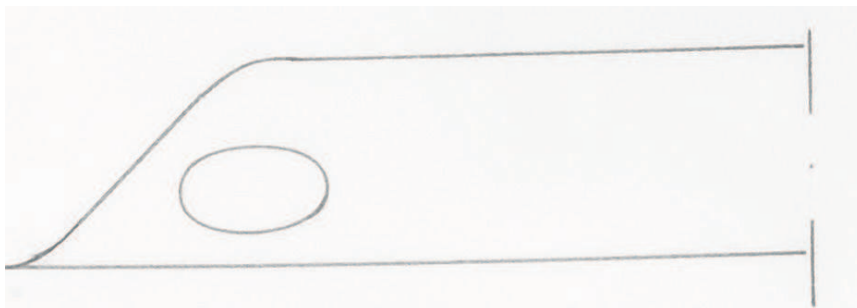


Figura 17. Posizionamento dello scarico

Tagli dei cofani

Nella progettazione della carrozzeria un'automobile è necessario prevederne il processo di fabbricazione e montaggio. La carrozzeria di un'automobile non può, infatti, essere costituita da un unico pezzo, ma deve essere suddivisa in varie parti.

Si è prestata inoltre attenzione ai "tagli" che definiscono l'apertura dei cofani, anteriore e posteriore. Si è cercato in particolare di sfruttare, dove possibile, le linee che definiscono i cambi di curvatura della carrozzeria.

L'apertura di entrambi i cofani avviene incernierandone al telaio l'estremità posteriore: i due cofani si apriranno ruotando nello stesso verso.

La carrozzeria studiata è stata suddivisa nelle seguenti parti, come rappresentato nelle figure che seguono:

Parte anteriore

- Paraurti (di colore verde)
- Cofano (di colore rosso)
- Spalla laterale destra e sinistra, quest'ultime costituiscono un unico pezzo e sono collegate mediante la parte di carrozzeria compresa tra paraurti e cofano (di colore giallo)

Parte centrale

- Tettuccio, comprendente lo snorkel (di colore rosa)
- Portiera, comprendente il finestrino, la sua cornice ed il relativo dispositivo di apertura (di colore blu)
- "Gonnellina" sotto-porta (di colore grigio)

Parte posteriore

- Paraurti (di colore verde senape)
- Cofano, comprendente il lunotto posteriore (di colore azzurro)
- Spalla laterale destra e sinistra, analogamente a prima costituiscono un unico pezzo e sono collegate mediante la parte di carrozzeria compresa tra paraurti e cofano (di colore fucsia)

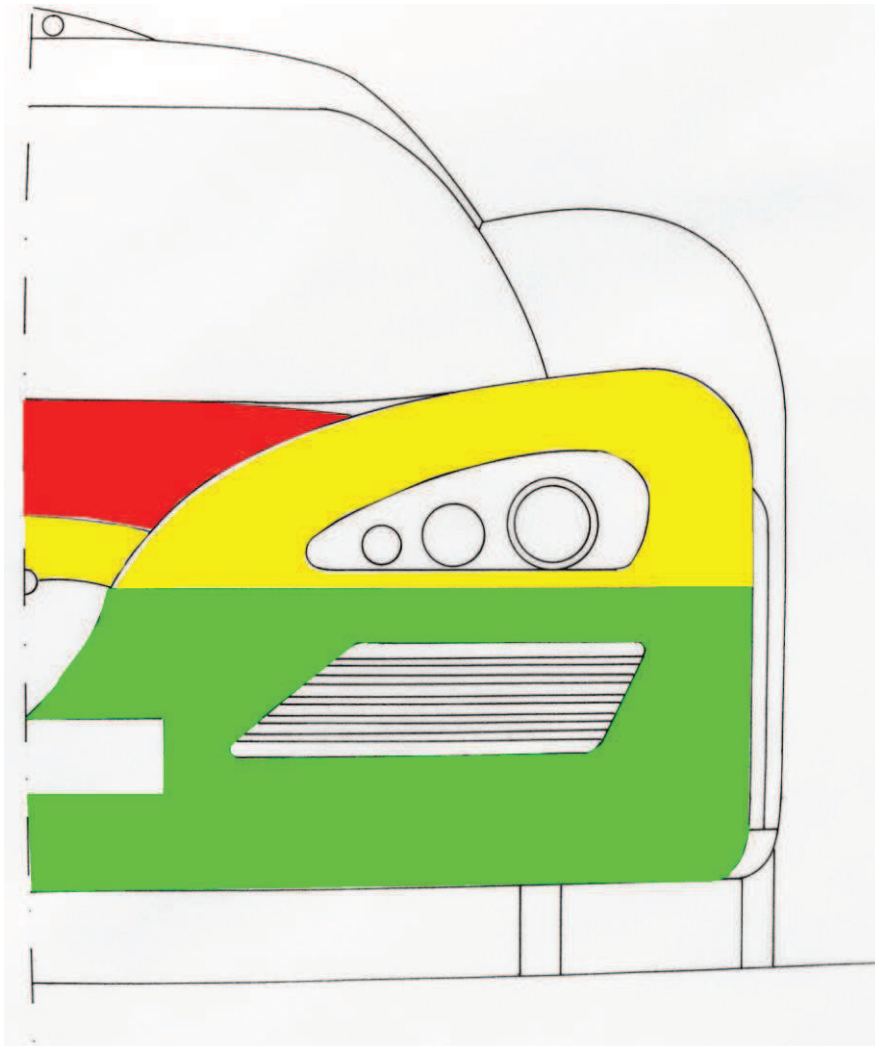


Figura 18. Tagli della carrozzeria nel prospetto anteriore



Figura 19. Dettagli di alcuni tagli visibili in pianta

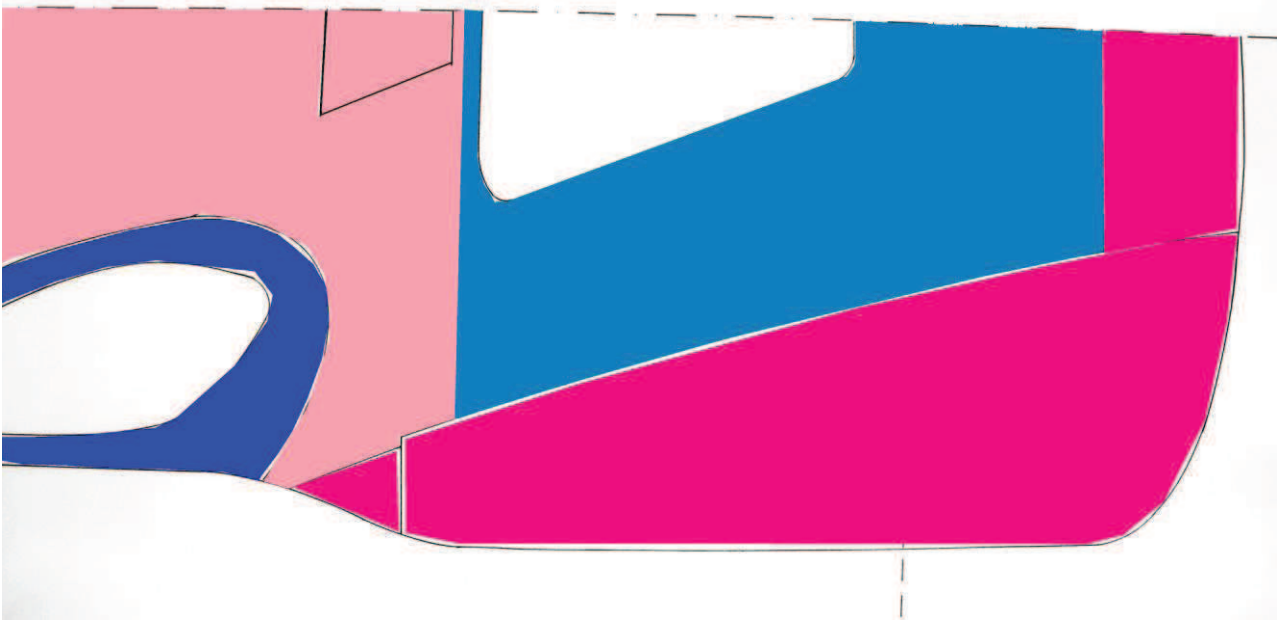


Figura 20. Dettaglio dei rimanenti tagli visibili in pianta

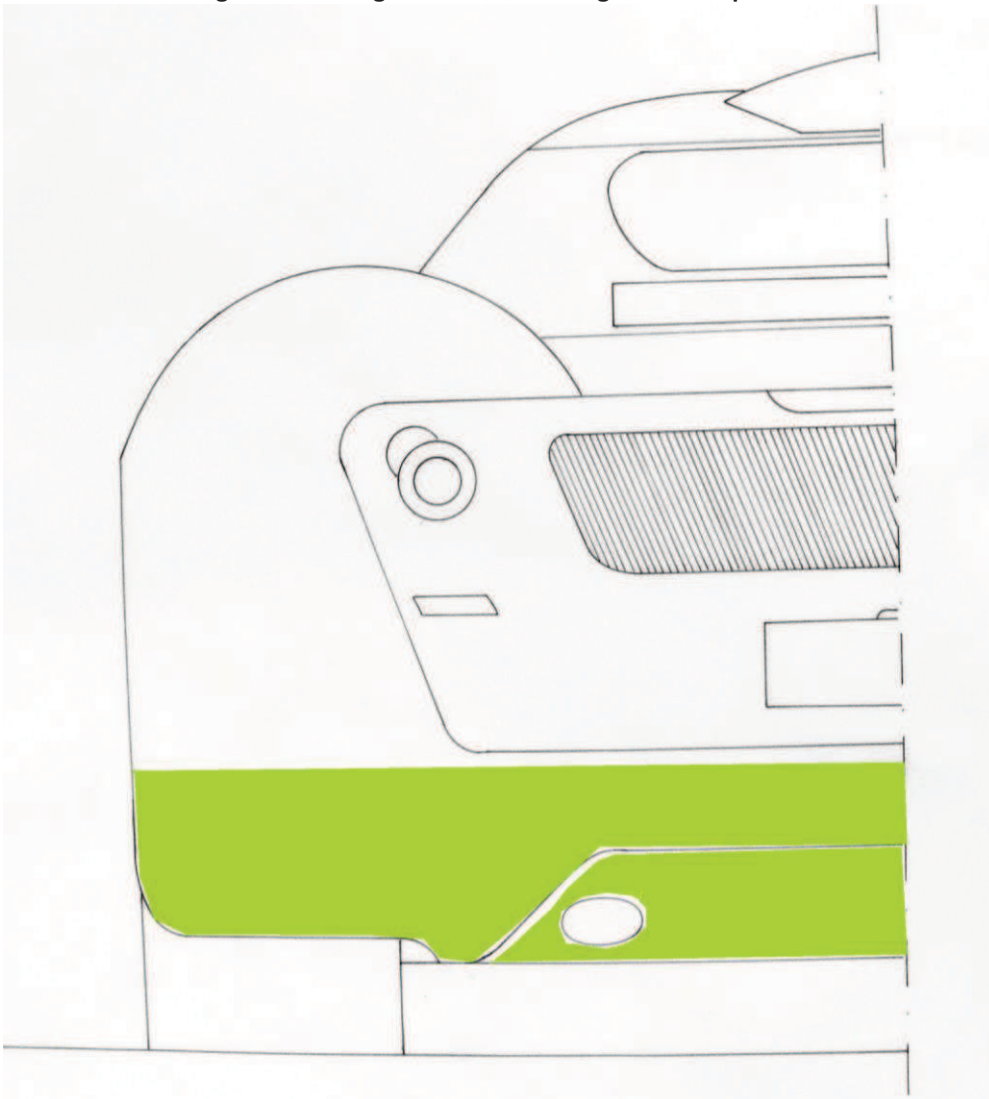


Figura 21. Paraurti posteriore visto nel prospetto

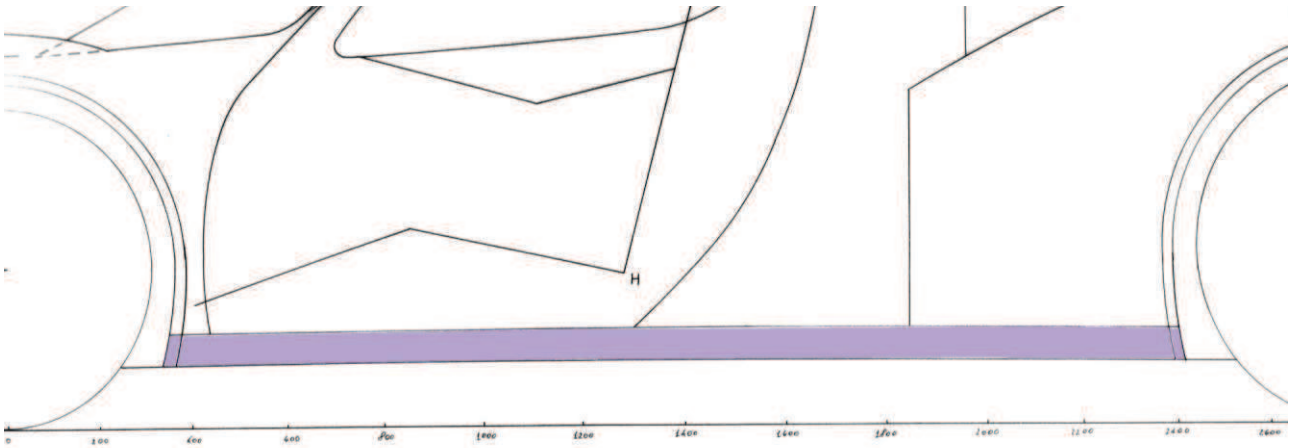


Figura 22. “Gonnellina” sotto-porta vista nel fianco

Sezioni

Determinante nella costruzione del piano di forma è stata la realizzazione delle sezioni trasversali (sezioni lungo l’asse x), tracciate in due modi: nella parte centrale della vettura, ribaltate di 90° sulla vista del fianco, mentre rappresentate “in loco” nei prospetti anteriore e posteriore rispettivamente per le parti anteriore e posteriore della vettura.

Le sezioni trasversali sono risultate molto importanti poiché hanno permesso di comprendere meglio lo sviluppo della vettura, in particolare definire con più precisione i profili complessi dell’anteriore e del posteriore. Ovviamente nel disegnare le sezioni trasversali sono state considerate le curve già visibili nelle quattro viste disegnate, in modo tale da creare profili coerenti tra loro. Si pensi, ad esempio, alle curve sulla pianta rappresentanti il congiungimento di “spalle” anteriori e posteriori con i relativi cofani, alle curve sul fianco indicanti l’altezza massima delle “spalle” e la zona centrale dei cofani, il taglio per ospitare il gruppo ottico anteriore e il lunotto posteriore.

E’ stata prestata particolare attenzione alla definizione delle sezioni situate in corrispondenza del finestrino: la curvatura della carrozzeria deve essere tale da non provocare svergolamenti, i quali impedirebbero la discesa del finestrino stesso.

Per quanto riguarda la definizione delle “spalle” anteriori e posteriori si è verificato che la curva descritta dall’unione dei punti di massima altezza non presentasse cambi di concavità. Questa curva sarebbe teoricamente rappresentabile sulla pianta ma non è stata disegnata per non appesantire il disegno compromettendone la leggibilità.

Le sezioni trasversali sono state effettuate ogni 200 mm (scala 1:1), eccezion fatta per le zone ove si assisteva ad una brusca variazione del profilo, quali la zona delle prese d’aria posteriori laterali e la zona del curvano.

Si precisa che in alcune sezioni trasversali, per una maggiore leggibilità del disegno, sono stati omessi da una parte il fondo della vettura e il tettuccio, poiché di forma costante, dall'altra il parabrezza, poiché noto (è stato mantenuto il parabrezza originale).

Successivamente sono state disegnate tre sezioni assiali (sezioni lungo l'asse z) in modo da capire con maggiore chiarezza l'andamento del padiglione e della zona posteriore. Le tre sezioni sono state effettuate ad un'altezza di $A1=850$ mm, $A2=950$ mm e $A3=1050$ mm (misure espresse in scala 1:1).

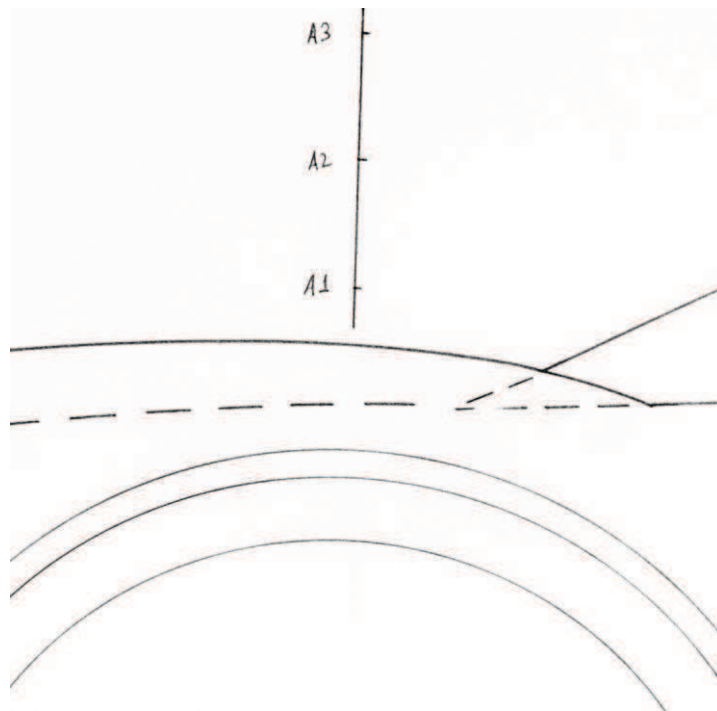


Figura 23. Particolare della linea indicante l'altezza delle sezioni assiali

I punti principali attraverso cui sono state disegnate le tre sezioni assiali sono stati ottenuti dall'intersezione delle sezioni trasversali con tre rispettive rette, parallele all'asse x del sistema di riferimento, posizionate alle altezze sopra elencate.

Le sezioni longitudinali non sono state rappresentate poiché le informazioni che contengono si possono ricavare dalle trasversali.

Conclusioni e sviluppi futuri

Lo studio effettuato si è dimostrato fin da subito piuttosto complesso, nonostante fossero disponibili i disegni del layout meccanico e della carrozzeria originale.

In particolare, dovendo rendere omologabile all'uso stradale una vettura destinata alle corse, si è dovuto dare massima importanza al rispetto delle normative. Inoltre sono molteplici gli aspetti e le discipline ingegneristiche coinvolte nella realizzazione di una

carrozzeria; si è sempre cercato di giustificare ogni scelta, sulla base delle conoscenze acquisite nell'ambito anche degli altri corsi di studio.

Uno studio di questo tipo ha permesso di acquisire una visione sicuramente più completa di ciò che è richiesto per la progettazione di una vettura.

Lo studio svolto non deve comunque dare l'illusione di aver delineato per intero il complesso iter di progettazione di una nuova carrozzeria. Come già accennato in precedenza, andrebbero considerati molti altri dettagli e, dato l'alto livello di automazione dell'odierne case produttrici di carrozzerie, bisognerebbe anche utilizzare opportuni software con i quali creare modelli matematici delle superfici.

Si precisa infine che il lavoro non è stato svolto sviluppando ogni singolo punto sopra indicato in modo cronologicamente sequenziale, bensì esso è stato condotto in parallelo, cioè le varie problematiche sono state affrontate contemporaneamente.

Appendice

Solidworks

Come appendice allo studio svolto si riporta una breve descrizione di un lavoro facoltativo avente come obiettivo una maggiore comprensione ed un controllo dei disegni bidimensionali. A partire dalle sezioni trasversali sono stati creati, all'interno del programma features based Solidworks, degli schizzi giacenti sui piani di taglio delle sezioni stesse.

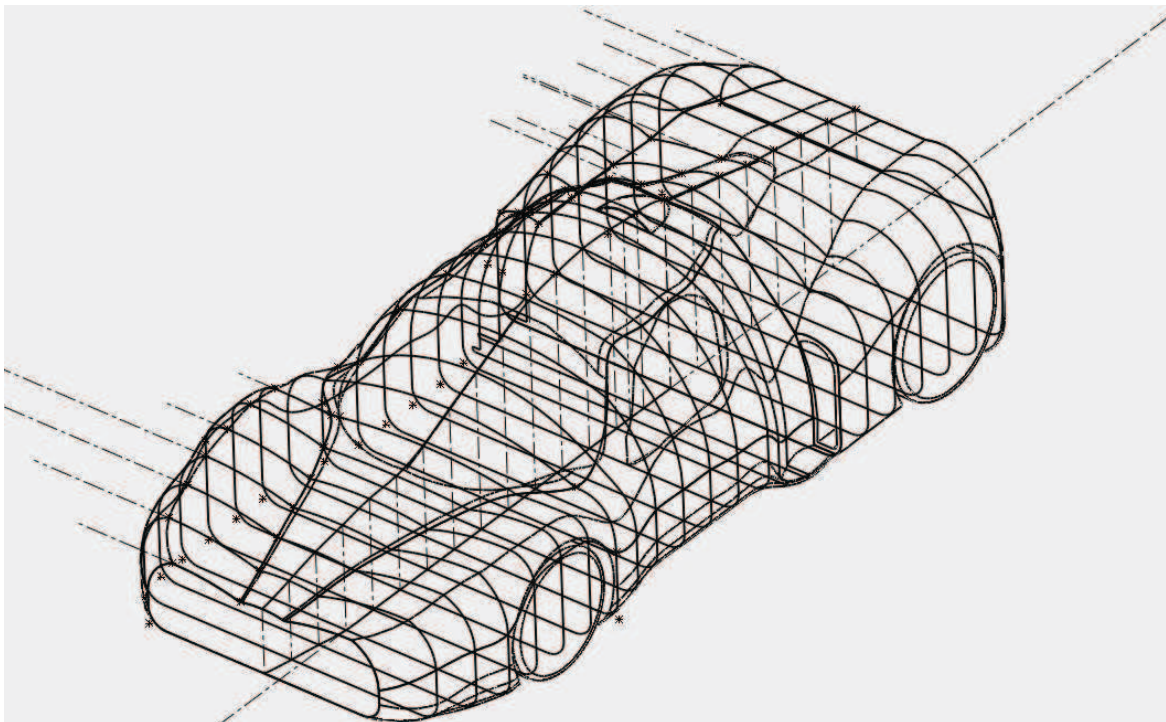


Figura 24. Vista del modello 3D ricostruito a partire dalle sezioni trasversali disegnate nel piano di forma

Ciò ha permesso di ricreare un oggetto solido pieno attraverso un'opportuna funzione di estrusione con loft. Visualizzare nelle tre dimensioni ciò che era stato unicamente disegnato su un foglio bidimensionale ha permesso una più verosimile valutazione della riuscita del progetto da un punto di vista puramente estetico.

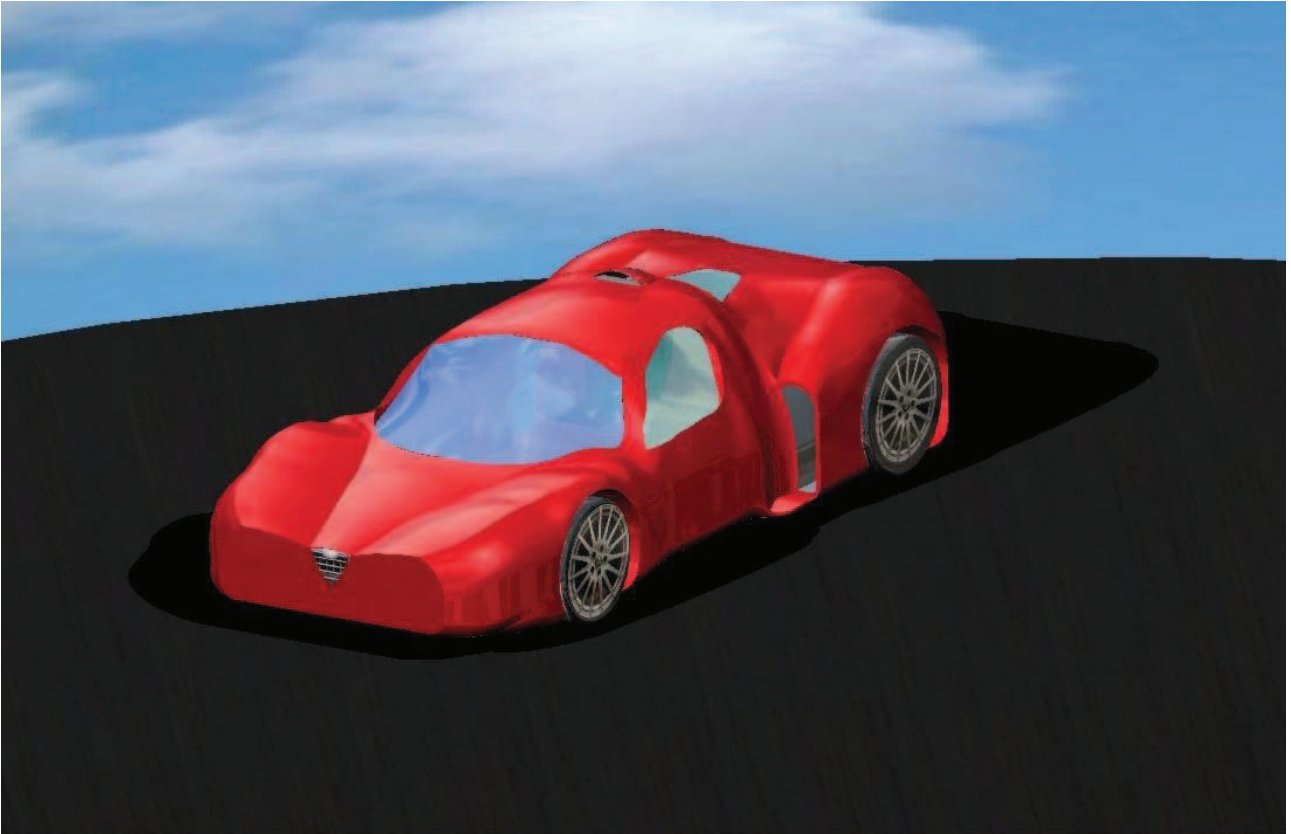
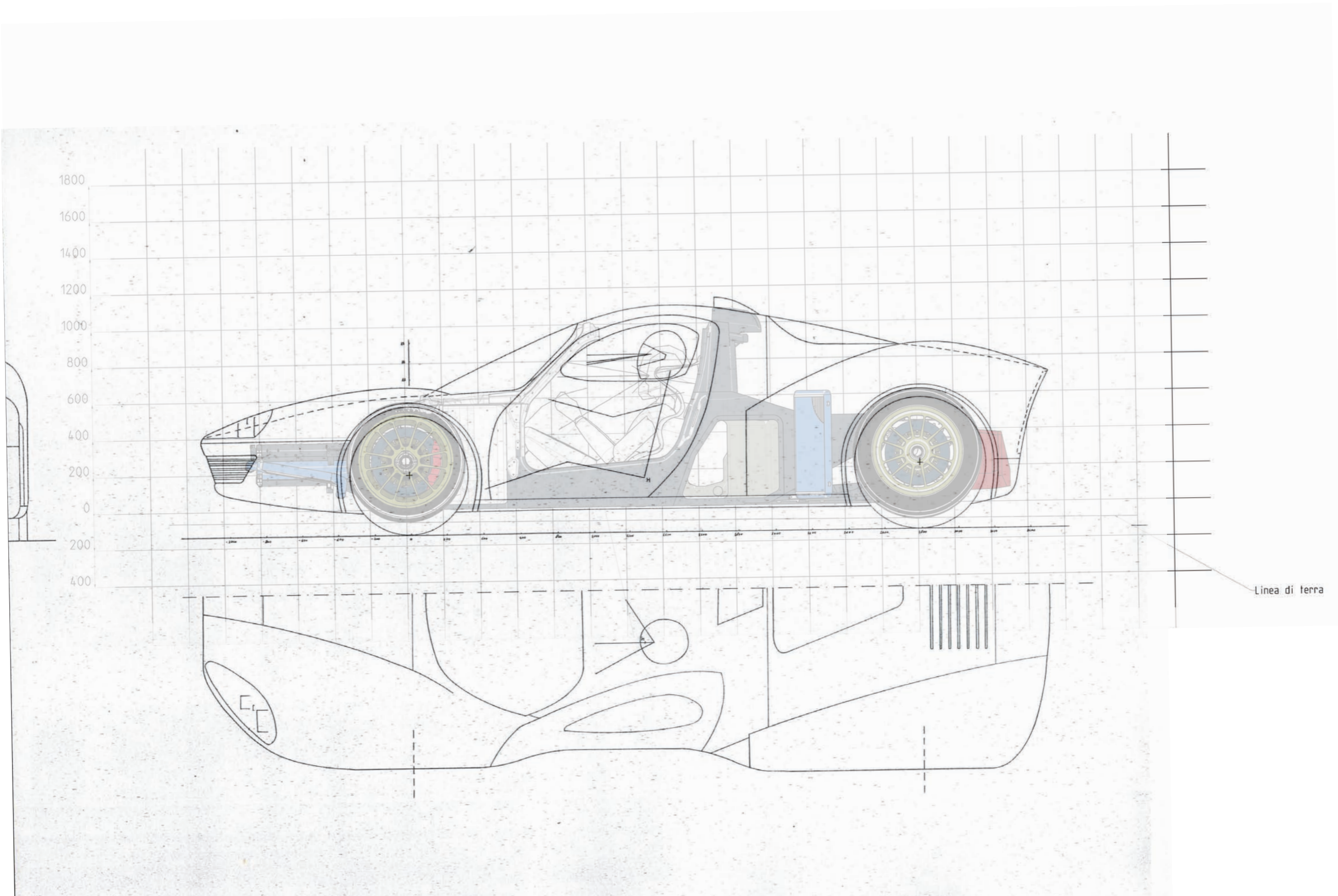


Figura 25. Visualizzazione 3D della carrozzeria progettata



Linea di terra

