

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Facoltà di Ingegneria “Enzo Ferrari”

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

**IMPOSTAZIONE GENERALE
DI UN PROTOTIPO DI CARROZZERIA
SU LAYOUT PREDEFINITO**

Candidato:

Emanuele Olivieri

Relatore:

Prof. Fabrizio Ferrari

Anno Accademico 2009/2010

INDICE

1.1 INTRODUZIONE	4
1.2 LO SVILUPPO SINERGICO DI STILE E TECNOLOGIA IN UN PROTOTIPO....	5
2.1 PLANNING AND TASK CLARIFICATION	6
2.2 ANALISI DEL MERCATO E STATO DELL' ARTE	6
2.3 INDIVIDUAZIONE DEI TASK E CUSTOMER SATISFACTION	13
2.4 ANALISI DELLA NORMATIVA COLLEGATA	17
3.1 CONCEPTUAL DESIGN.....	37
3.2 ANALISI DEL LAYOUT DI BASE	37
3.3 RICERCA DI SOLUZIONI TECNOLOGICHE APPLICABILI	39
3.4 VALUTAZIONE E SCELTA DEI COMPONENTI ON SHELF	44
3.5 CONSIDERAZIONE SULL' AERODINAMICA	49
3.6 SCELTA DELLO STILE	52
4.1 EMBODIMENT DESIGN	56
4.2 REALIZZAZIONE DELLA MATEMATICA PRELIMINARE	57
4.3 REALIZZAZIONE PRIMO PROTOTIPO DI VALUTAZIONE	63
4.4 REVISIONE DELLA MATEMATICA E STRATEGIE DI PRODUZIONE DEL PROTOTIPO FINALE.....	72
5.1 REALIZZAZIONE PROTOTIPO	75
5.2 SCELTA E PREPARAZIONE DEI MATERIALI	75
5.3 SCELTA DEGLI UTENSILI E DELLE LAVORAZIONI.....	82
5.4 PREPARAZIONE PERCORSI UTENSILE (CAD TO CAM)	86
5.5 LAVORAZIONE DEL GREZZO	91
5.6 FINITURA E ASSEMBLAGGIO	92
6.1 DETAIL DESIGN	94
6.2 REALIZZAZIONE DEI LAYOUT VIRTUALI DELLE PARTI MOBILI	95
6.3 COLLAUDO VIRTUALE SPECIFICHE TECNICHE E OMOLOGAZIONE.....	103

6.4 RENDER DI PRESENTAZIONE.....	114
7.1 CONSIDERAZIONI SUL LAVORO SVOLTO	115
8.1 RINGRAZIAMENTI	116

1.1 INTRODUZIONE

La tesi tratta lo sviluppo di un complessivo di carrozzeria per un prototipo di coupé da prodursi in serie limitata, realizzato seguendo l'iter progettuale proposto dal metodo Pahl-Beitz che si suddivide in quattro macro-fasi:

- *Planning and task clarification;*
- *Conceptual Design;*
- *Embodiment Design;*
- *Detail Design.*

Lo scopo della prima fase consiste nel raccogliere informazioni sui requisiti che il prodotto in esame deve soddisfare, sui vincoli tecnico-economici esistenti e sulla loro importanza. Per far ciò è necessario eseguire un'analisi di mercato e della normativa collegata. Fatto ciò si procede alla definizione degli obiettivi e alla successiva elaborazione di una *requirements list*. Questa operazione viene generalmente svolta dal reparto marketing ed è indispensabile nel momento in cui si è alla ricerca di innovazioni tecniche da inserire nel nuovo modello e di soluzioni estetiche che connettano la novità con il family feeling dell'azienda che produce la vettura; nel nostro caso, abbiamo ipotizzato di dover realizzare un nuovo modello per Automobili Lamborghini Holding S.p.a.¹.

Nella successiva fase il *Conceptual Design* parte dalla *requirements list* precedentemente definita e procede allo sviluppo dei principi risolutivi in grado di soddisfare le richieste di mercato. Risulta quindi necessario suddividere il problema principale in sottoproblemi, stabilire le strutture funzionali, cercare principi risolutivi e strutture (in grado di implementarli) per poi combinarle ed ottenere le diverse varianti progettuali che dovranno essere vagliate alla ricerca di quella ottimale.

Una volta definita la variante progettuale da adottare si passa alla fase di *Embodiment Design* in cui si procede ad un primo abbozzo di progetto, alla realizzazione delle matematiche in

¹ Qualsiasi riferimento all'azienda sopra citata è puramente didattico, tutti i dati e le considerazioni effettuate in merito sono ipotesi non confermate dall'azienda e vengono utilizzati solo a titolo di esempio. L'azienda sopra citata non ha partecipato alla realizzazione della tesi e il suo coinvolgimento è dovuto a scelte personali rivolte ad omaggiare la casa automobilistica.

ambiente CAD. A questo punto, definito il layout preliminare, si passa all'individuazione ed eliminazione dei punti deboli del progetto per giungere ad un layout definitivo su cui poi verrà realizzata la conversione CAM.

L'ultima fase prevede l'elaborazione in dettaglio dei disegni al fine di verificare la normativa, l'integrazione con il layout di partenza e con le componenti aggiuntive e la qualità dello stile realizzato.

Quello che fin qui è stato descritto come un processo lineare, consiste in realtà in un processo ciclico fatto di raffinamenti successivi. Nel corso della progettazione verrà inoltre prodotto un prototipo estetico - funzionale in scala al fine di valutare la qualità del lavoro svolto e consentire eventuali analisi di forma e aerodinamica.

1.2 LO SVILUPPO SINERGICO DI STILE E TECNOLOGIA IN UN PROTOTIPO

Nel corso di questa tesi progettuale ci si troverà parecchie volte in un limbo tra due settori posti apparentemente agli antipodi: lo stile e la tecnologia.

Nel mercato attuale pensare ad un prodotto che non affronti entrambi le questioni equivale ad un suicidio commerciale, il cliente di autovetture del livello considerato considera marginali i costi del prodotto e dirige la sua scelta in base alla qualità della realizzazione dello stile e , negli ultimi periodi, alla possibilità di ottenere un prodotto con i massimi standard tecnologici disponibili; ed è qui che entra in gioco il lavoro dell'ingegnere nel tentativo di coniugare forme nuove e gradevoli con una serie di innovazioni ancora non sfruttate dal mercato al fine di ottimizzare le prestazioni e colpire l'immaginario dei futuri acquirenti.

Per fare ciò ci si avvale dell'esperienza delle singole aziende che realizzano componenti cercando di integrare le loro soluzioni con le idee che si vogliono concretizzare nel progetto sfruttando le conoscenze tecniche acquisite nel corso degli studi e tanta creatività.

2.1 PLANNING AND TASK CLARIFICATION

Come primo passo nel definire una strategia di progettazione è stato necessario informarci sulle caratteristiche delle vetture sportive in commercio poiché esse contribuiscono alla definizione dei nostri vincoli progettuali.

2.2 ANALISI DEL MERCATO E STATO DELL' ARTE

Per considerare dei campioni rappresentativi bisogna attingere a due fonti, le vetture della stessa gamma prodotte dalle compagnie concorrenti e l'automobile che andremo a sostituire progressivamente nel nostro listino.

Nell' ambito della concorrenza andiamo ad identificare un prodotto con le seguenti caratteristiche:

- Produzione in Italia : la presenza di un marchio italiano, nonostante eventuali acquisizioni da parte di aziende esterne , genera nel cliente una discriminante nella scelta di un prodotto di lusso.
- Fascia di prezzo : il prezzo di listino determina l'esclusività del prodotto oltre al suo effettivo valore, inseriamo il nostro prodotto nella fascia che va da 150000 euro a 300000 euro.
- Tipologia di vettura : la nostra vettura si presenterà come un coupé ad alte prestazioni destinato ad una clientela che bada meno al comfort e all' abitabilità ed apprezza le innovazioni tecnologiche.
- Tiratura limitata : al fine di giustificarne il costo e garantirne la qualità estrema.

Le vetture che possono darci una buona base di partenza per l'analisi della *Customer satisfaction* sono le seguenti:

- Alfa Romeo 8C Competizione
- Ferrari 458 Italia
- Pagani Zonda Cinque
- Lamborghini Murciélago LP640 (vettura da sostituire)

Forniamo ora una breve descrizione delle singole vetture giustificandone la scelta, passeremo poi all' identificazione delle singole caratteristiche da inserire nell'analisi dei task .

Alfa Romeo 8C Competizione



Abbiamo scelto questa vettura perché risponde a buona parte dei requisiti ed essendo prodotta interamente dalla casa automobilistica presenta delle reali innovazioni tecnologiche ed è esattamente questo che vogliamo trasmettere al nuovo prodotto.

Questa Gran Turismo è spinta da un motore V8 con angolo fra le bancate di 90° di derivazione Maserati, realizzato in alluminio ha una cilindrata di 4.691 cm³, la distribuzione è a 4 valvole per cilindro azionate da due alberi a camme per bancata, sviluppa una potenza massima di 450 CV (331 kW) a 7.000 giri al minuto e dispone di 470 N·m di coppia massima a 4.750 giri/min, l'80% di questo valore è disponibile già da 2.000 giri/min. Tale motore è stato adattato (nella versione depotenziata a 440 CV) anche alla nuova Maserati GranTurismo S. La vettura è in grado di toccare i 292 km/h.

Il telaio della vettura è realizzato in acciaio, per ottenere una buona rigidità torsionale, migliorando il rendimento delle sospensioni a quadrilatero, sia all'anteriore che al posteriore. Il peso totale del corpo vettura è di 1.585 kg. Le ruote hanno un diametro di 20", i cerchi sono in lega leggera di alluminio, gli pneumatici misurano 245/30 all'anteriore e 285/35 al

posteriore. La 8C Competizione segna il ritorno di un modello Alfa Romeo alla trazione posteriore, impostazione tecnica che mancava su di una vettura del marchio dai primi anni novanta. La trasmissione prevede uno schema transaxle (come sull'Alfetta e sulla Alfa Romeo 75): il motore longitudinale si trova all'avantreno dietro all'asse anteriore, mentre il differenziale (autobloccante) e il cambio robotizzato sequenziale a 6 rapporti sono al retrotreno, per un ottimale bilanciamento dei pesi (49% all'anteriore e 51% al posteriore). Due palette fisse dietro il volante, ai lati del piantone, permettono la selezione delle marce, in modalità sport le cambiate avvengono in 175 millesimi di secondo.

Lo stile della vettura si ispira all'Alfa Romeo 33 Stradale del 1967 derivata a sua volta dalla 33/2 che partecipava al campionato Campionato del Mondo Sport Prototipi. La carrozzeria è in leggera fibra di carbonio così come parte dell'abitacolo prodotti dalla ITCA Colonnella. Secondo quanto dichiarato dall'Alfa Romeo, la vettura dal punto di vista aerodinamico è deportante, nonostante l'assenza di appendici aerodinamiche. Anche le strutture dei sedili sono in fibra di carbonio. Questi ultimi sono prodotti interamente dalla Sparco.

Ferrari 458 Italia



Simile alla vettura precedentemente citata ma col vantaggio di essere molto più recente e quindi un miglior metro per le richieste dei clienti.

Si tratta di una vettura a due posti, con motore 8 cilindri disposti a V. La denominazione della vettura fa un riferimento alla cilindrata (di 4,5 litri), seguito dal numero dei cilindri del motore. La vettura è stata presentata in anteprima sul web il 28 luglio 2009, mentre la presentazione ufficiale è avvenuta alla 63^a edizione del Salone dell'auto di Francoforte che si è svolta dal 17 al 27 settembre 2009. Il nuovo prodotto, secondo i comunicati aziendali, è frutto di un'importante evoluzione tecnica che le consente di ottenere emissioni e consumi inferiori rispetto al precedente modello "F430", pur avendo maggiore cilindrata e potenza. Tale miglioramento è merito del contenimento dei pesi e dell'attenzione ad una valida profilatura aerodinamica che genera un carico verticale di 140 chilogrammi a 200 km/h con un coefficiente di resistenza aerodinamica pari a 0,33 Cx.

La "458 Italia" monta un motore V8 di 90° montato in posizione posteriore-centrale, dotato di iniezione diretta e affiancato ad un cambio elettroidraulico a doppia frizione con 7 rapporti, tecnologia che la casa italiana aveva già sperimentato sulla recente California Il propulsore è caratterizzato da un rapporto di compressione particolarmente elevato (12,5:1), ottenuto anche grazie ad una ridotta altezza di compressione dei pistoni. La vettura è sviluppata su un telaio in lega d'alluminio realizzato con tecnologie di derivazione aerospaziale, con sospensioni anteriori a triangoli sovrapposti e multilink per quelle posteriori. La vettura è dotata di un'unica centralina Magneti Marelli abbinata al manettino Ferrari di derivazione Formula 1. Un'unica centralina consente di gestire e disinserire l'E-Diff (differenziale elettronico), il F1-Trac (sistema di trazione) e l'ABS. Particolare attenzione è stata prestata all'ergonomia degli interni e dei comandi di guida, questi ultimi tutti raggruppati sul volante per garantire una maggiore concentrazione alla guida senza distogliere le mani dallo stesso.

Il profilo estetico della carrozzeria richiama le classiche linee sportive, generalmente create dalla Pininfarina per i precedenti modelli Ferrari, inserendo alcuni particolari innovativi, come i nuovi gruppi ottici a "scimitarra", simili a quelli della Ferrari California, e la sistemazione dei tre terminali di scarico, uniti al centro del paraurti posteriore, molto simili a quelli della Ferrari F40. Questi ultimi presentano due misure differenti: più piccolo quello centrale e più grandi quelli laterali. La Ferrari 458 Italia è lunga 4527 mm per 1937 mm di larghezza e 1213 mm di altezza con un passo di 2650 mm. Il propulsore V8, di una cilindrata complessiva di 4.499 cm³, eroga 570 CV a 9000 giri (con una potenza specifica di 127 CV/litro), con una coppia massima di 540 N·m a 6000 giri (con coppia specifica di 120 N·m/litro). Oltre l'80%

di essa è disponibile dai 3250 giri. Questi valori, dichiarati dalla casa, sono da primato assoluto, non solo nei confronti della gamma attuale o della storia della casa automobilistica ma anche nei confronti di tutto il segmento di riferimento. I consumi e le emissioni (ciclo ECE + EUDC) sono di 13,7 l/100 km pari a 320 g/km di CO₂, la vettura ha un peso ridotto, nella versione con cerchi forgiati e sedili racing specifici pesa 1380 kg, il rapporto peso/potenza di 2,42 kg/CV. La distribuzione dei pesi è di 42% all'anteriore e 58% al posteriore. La vettura è dotata di freni a disco Brembo con un sistema di precarico dei pistoni che riduce a 32,5 metri lo spazio di frenata per fermare la vettura da una velocità di 100 km/h.

Sempre secondo quanto dichiarato, la Ferrari 458 Italia arriva ad una velocità di 100 km/h da ferma in meno di 3,5 secondi e raggiunge una velocità massima superiore ai 320 km/h. A migliorare le prestazioni contribuiscono le appendici aerodinamiche anteriori poste ai lati del logo della Casa di Maranello, somiglianti per forma agli alettoni delle monoposto di Formula 1, la cui incidenza viene automaticamente regolata dalle deformazioni assunte a causa della velocità. La trazione, come da tradizione della Casa, è posteriore. La vettura è dotata di cerchi da 20" con pneumatici 235/35 all'anteriore e 295/35 al posteriore.

Pagani Zonda Cinque



Abbiamo scelto questa vettura nonostante la sua limitatissima produzione perché risponde al concetto di vettura sportiva estrema che vogliamo trasmettere nel nostro prodotto in termini di compattezza e stile. La Pagani Zonda Cinque è un modello di autovettura sportiva presentato dalla casa automobilistica Pagani la cui produzione è prevista in serie limitata a soli cinque esemplari sulla base della Pagani Zonda F (per questo motivo si chiama Pagani Zonda Cinque), ognuno al costo di un milione di euro.

Le particolarità di questa versione sono: la grande presa d'aria (airscope) sul tetto che ha una funzione aerodinamica oltre a quella di raffreddare il motore, e le nuove prese d'aria per i freni posteriori. Il volante è in fibra di carbonio, i sedili sportivi Toora sono in fibra di carbonio rivestiti in pelle, il rollbar di sicurezza è in acciaio.

Il motore è lo stesso delle altre Pagani, il V12 48v da 7,3l della divisione AMG della Mercedes-Benz che è in grado di sviluppare 678 cv e una coppia di 780 Nm; le prestazioni dichiarate sono da supercar: 0-100 in 3,4 s, 0-200 in 9,6 s, ed è in grado di superare i 350km/h. L'impianto di scarico è in lega Inconel e titanio con rivestimento ceramico. Il cambio non è manuale; è la prima Pagani a montare un cambio sequenziale con comandi al volante, un Cima a 6 marce robotizzato da Automac Engineering. Le sospensioni in magnesio e titanio sono realizzate in collaborazione con la svedese Öhlins.

La Pagani Zonda dispone di freni Brembo con servofreno, ABS Bosch, controllo della trazione, e dischi carboceramici autoventilati (380 × 44mm) con pinze a sei pistoncini all'anteriore, e 4 al posteriore, che bastano per fermare la Pagani da 100-0 km/h in 2,1 s e da 200 km/h in 4,3 s. I cerchi monolitici forgiati in alluminio e magnesio sono della APP, mentre gli pneumatici sono i Pirelli PZero Corsa, e hanno una misura differenziata fra avantreno, 255/35 su ruote 9 × 19, e retrotreno, 335/30 su cerchi 12,5 × 20. Il valore dell'accelerazione laterale raggiunta con pneumatici stradali è di 1,45 g. Il peso grazie ai materiali compositi fibra di carbonio, titanio e l'ergal è ridotto a 1210 kg (20 kg in meno della Zonda F), impressionante anche il rapporto peso/potenza di solo 1,7 kg/cv, basti pensare che la Ferrari Enzo ha un rapporto peso/potenza di 1,9. La distribuzione dei pesi in ordine di marcia è 47% all'anteriore e 53% al posteriore.

Lamborghini Murciélago LP640



La vettura che andremo a sostituire con un modello rielaborato sotto tutti i punti di vista (in questo ambito ci cureremo solo di un impostazione di massima di alcuni meccanismi di movimentazione e della carrozzeria). Questa nuova versione della precedente Murciélago, dove "LP" sta per "longitudinale posteriore" che altro non è che la disposizione del motore nel corpo vettura, è stata presentata per la prima volta al Motor Show di Ginevra nel marzo del 2006: presenta una serie di modifiche a livello estetico e soprattutto per quanto riguarda il motore, che ha subito un aumento di potenza e cilindrata.

Durante il Salone di Parigi è stata presentata la versione Versace, in un esemplare completamente bianco, con interni maggiormente rifiniti. Nel 2006, a Los Angeles, la casa di Sant'Agata ha inoltre annunciato l'inizio produzione della versione roadster.

La parte più importante è sotto al cofano; il motore ha ricevuto un'ulteriore dose di potenza rispetto alla versione precedente. Il motore ora è un 6,5 litri V12 da 640 cavalli; in soli 3,3 secondi si toccano i 100 km/h e l'auto spinge fino a 340 km/h. A richiesta, il cambio sequenziale al volante, robotizzato (senza frizione). La trazione è integrale permanente con giunto viscoso centrale, un sistema denominato viscous traction che questa vettura condivide

con la più piccola Gallardo LP560-4. Il motore posteriore è protetto dalle tipiche feritoie, o in alternativa da un cofano in vetro (motore a vista, con le teste anodizzate in oro).

Il restyling ha interessato i paraurti anteriori e posteriori, i gruppi ottici, le prese d'aria laterali e lo scarico. Esteriormente la Murcièlago LP640 presenta un grosso scarico largo, ma in verità gli scarichi sono due, sono notevolmente più piccoli e sono stati immessi più a fondo a circa 30 cm di profondità (per notarlo basta guardare attentamente lo scarico stesso). L'auto mostra una linea aggressiva, anche grazie alle porte che si aprono verso l'alto con un movimento assistito da martinetti idraulici. È una vettura nata per correre, ma non trascura il comfort, abbastanza elevato per il tipo di vettura. Accattivanti i grossi cerchi da 18", con pinze colorate e dischi carboceramici. Il consumo dichiarato è di 4,5 chilometri con un litro nel percorso misto, ma il serbatoio di 100 litri riduce le soste.

2.3 INDIVIDUAZIONE DEI TASK E CUSTOMER SATISFACTION

Il miglioramento della qualità è un obiettivo fondamentale da ottenere per il mantenimento della "fidelizzazione del cliente" e quindi della posizione dell'azienda all'interno di un mercato sempre più competitivo. In genere, la soddisfazione del cliente viene quantificata attraverso degli indici di negatività:

- n. dei lotti contestati in un anno,
- n. dei pezzi non conformi riscontrati nel lotto,
- frequenza degli interventi nell'ambito della garanzia,
- n. dei giorni di ritardo consegna merce cumulati,
- ecc....

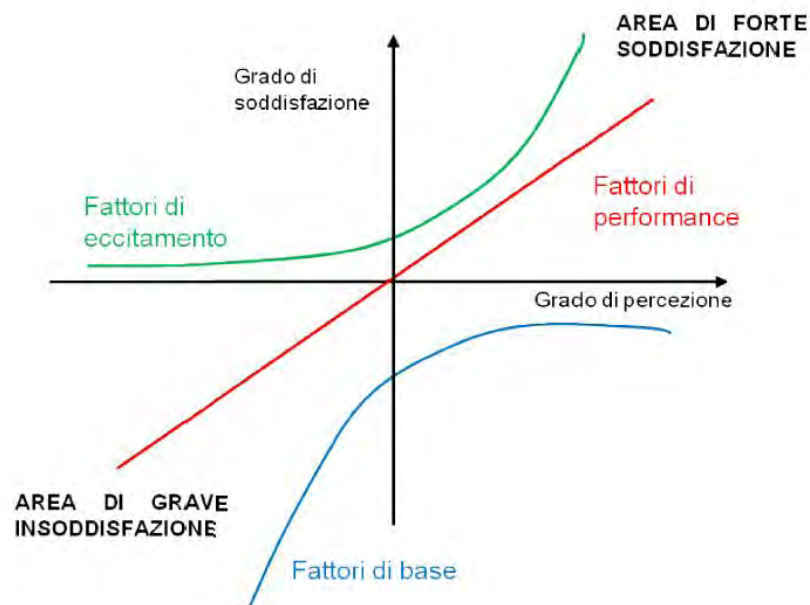
L'uso di questo genere di parametri è di indubbia rilevanza per le aziende poiché, ad esempio, le stesse possono "correggere" i propri prodotti/servizi in base all'andamento dei reclami.

Tuttavia risulta, da studi condotti, che la maggior parte dei clienti insoddisfatti se ne va senza reclamare e si rivolge alla concorrenza. E' tendenza moderna, quindi, fare una distinzione chiara fra *cliente che non protesta* e *cliente soddisfatto*. Recenti studi hanno dimostrato che per creare "soddisfazione" non basta più il semplice rispetto delle specifiche e la consegna delle merci senza ritardo: non è più sufficiente rispondere in modo adeguato a quelli che sono i requisiti espressi dal cliente, occorre "deliziarlo". I fattori di qualità erogata vanno

confrontati e valutati in base a quella che è la percezione del cliente (una cui misura si ottiene ad esempio, intervistando i clienti stessi) e alla classificazione dei requisiti dello stesso in tre categorie:

- *Fattori base*, che pur non essendo richiesti direttamente dal cliente possono essere considerati intrinseci al prodotto stesso; sono quelli che hanno il peso maggiore poiché vanno sempre e comunque rispettati dall'azienda; non portano a soddisfazione vera e propria, ma una deficienza nel prodotto porta a insoddisfazione, spesso molto grave.
- *Fattori di performance*, ovvero quelle specifiche chieste in modo esplicito dal cliente; la loro determinazione avviene principalmente attraverso indagini di mercato opportunamente svolte.
- *Fattori di eccitamento*, che possono essere intesi come quei requisiti di un prodotto che il cliente non può chiedere a priori (perché non immagina) e che quindi, anche se percepiti a livelli non altissimi, portano il cliente a grandi valori di stupore e soddisfazione.

Quanto appena descritto e l'incidenza dei diversi tipi di tasks, possono essere meglio compresi se si osserva il *diagramma di Kano* riportato di seguito:



L'impatto dei requisiti nel diagramma diviene sempre meno efficace con il tempo: quelli che oggi sono fattori di eccitamento passeranno domani ad essere fattori di performance, mentre i

fattori di performance diventeranno di base. Nel diagramma inoltre non vale il principio di additività, ovvero non è possibile colmare l'insoddisfazione derivante dal mancato soddisfacimento di un fattore di base, tramite la soddisfazione ottenibile dagli altri fattori.

Quello del monitoraggio della soddisfazione del cliente è un fenomeno complesso ed articolato, può essere semplificato se si tiene conto che ogni fattore della qualità, ovvero ciascuna caratteristica del prodotto, provoca una percezione superiore, uguale o inferiore alle aspettative del cliente stesso, è questa percezione che va associata ad un grado di insoddisfazione o di soddisfazione. Occorre determinare la differenza fra le attese del cliente e la qualità percepita. Si definisce *customer satisfaction* la differenza fra la qualità percepita e le aspettative e si riassume in tre atteggiamenti:

- *normale*, che corrisponde ad uno scarto nullo
- *insoddisfazione*, che corrisponde ad uno scarto negativo
- *soddisfazione*, che corrisponde ad uno scarto positivo

Per quantificare la customer satisfaction, *Kano* propone un set di domande, da porsi in successione, e formulate in due diversi modi: negativo e positivo.

Ad esempio:

- Domanda positiva: che cosa direbbe lei se noi aggiungessimo al prodotto la questa caratteristica?
- Domanda negativa: che cosa direbbe lei se il nostro prodotto fosse privo di questa caratteristica?

L'intervistato viene invitato a scegliere, come risposta alle due domande, (ed è obbligatorio rispondere ad entrambe) una fra le quattro opzioni precompilate:

1. Mi piace.
2. E' normale.
3. Non importa.
4. Non mi piace.

Le risposte dell'intervista vengono tabulate per analizzarne la concordanza e per essere interpretate. Le caratteristiche del prodotto o del servizio che hanno una delle concordanze indicate nella seguente tabella, hanno elevata possibilità di avere come significato implicito quello segnato nella casella corrispondente. Naturalmente alcune delle combinazioni non risultano utili a definire la classe di appartenenza del task poiché possono essere *ambigue* (A) o *indifferenti* (I).

	Risposta alla domanda negativa				
		Mi piace	E' normale	Non importa	Non mi piace
Risposta alla domanda positiva	Mi piace	A	Eccitamento	Eccitamento	Performance
	E' normale	A	I	I	Base
	Non importa	A	I	I	Base
	Non mi piace	A	A	I	A

A seguito di brevi interviste ad alcuni clienti ed esperti del settore abbiamo raggruppato una serie di *tasks* divisi nelle categorie di fattori sopra citate, di norma poi questi fattori dovrebbero essere inseriti in una *House of Quality* (diagramma di valutazione dei tasks in relazione ai requisiti tecnici del prodotto) insieme a tutti i *requirements*; dato che il nostro prodotto non verrà sviluppato nella sua interezza (la lista dei *requirements* è incompleta) e che decidiamo di tenere conto della differenza di grado dei *tasks* solo in caso di scelte obbligate è inutile procedere con ulteriori analisi della situazione, piuttosto utilizziamo i metodi di analisi sopra citati per stilare una gerarchia dei *tasks* che vogliamo completare e definiamo dei *requirements* sulla base della normativa e del layout assegnatici.

Task list		
Fattori di base	Fattori di performance	Fattori di eccitamento
Omologabilità	Innovazione tecnologia	Costo elevato
Abitabilità minima	Stile curato	Serie limitata
Prestazioni elevate	Robustezza	Prestazioni sopra la media
Sopravvivenza in caso di urto	Qualità nella produzione	Ampia personalizzabilità
	Qualità nei materiali	Silenziosità abitacolo

2.4 ANALISI DELLA NORMATIVA COLLEGATA

Durante le operazioni di planning del prototipo di vettura vanno considerati con la massima attenzione tutti gli aspetti collegati alla normativa vigente in modo da rendere omologabile la vettura per la circolazione su strada. Tale normativa ha lo scopo di mantenere degli standard di sicurezza accettabili e l' unificazione del sistema di segnalazione luminosa del veicolo :

- in condizioni di visibilità ridotta (ambiente notturno, nebbia)
- in caso di arresto
- durante un' inversione di marcia
- in caso di variazione della direzione di marcia

Elencheremo ora di seguito vari estratti della normativa contenuta nei regolamenti ECE , un testo unico contenente tutta la normativa validata in ambito ONU per la produzione e omologazione di vetture stradali (raccolge oltre alle normative dei vari paesi anche le nostre direttive CE inerenti il settore automotive).

Tabella riassuntiva regolamenti ECE

Numero del regolamento	Titolo breve del regolamento
1	Proiettori asimmetrici (R2 e/o HS1)
3	Catadiottri
4	Dispositivi d'illuminazione della targa d'immatricolazione posteriore
6	Indicatori di direzione
7	Luci d'ingombro, luci di posizione anteriori/posteriori, luci laterali, luci d'arresto (M, N e O)
8	Proiettori
46	Specchi retrovisori
71	Campo visivo

Le misure sono tutte in mm e le distanze in altezza sono tutte misurate al suolo.

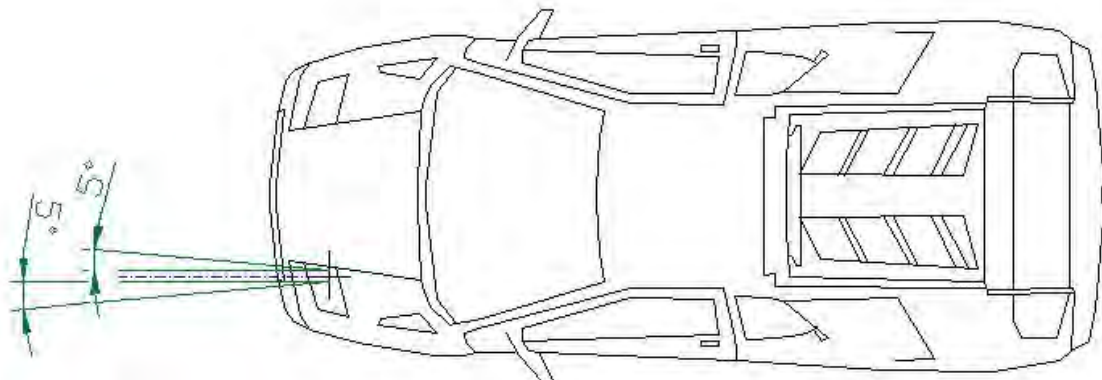
Regolamento n°8 - Proiettori abbaglianti

Posizione

In larghezza	I bordi esterni della superficie illuminante non devono essere in nessun caso più vicini all' estremità della lunghezza fuori tutto del veicolo rispetto ai bordi esterni della superficie illuminante dei proiettori anabbaglianti
In altezza	Nessuna specifica
In lunghezza	La luce non deve disturbare la visibilità del conducente

Visibilità geometrica

In tutte le direzioni 5° sull' asse di riferimento del proiettore a partire dal bordo esterno della superficie illuminante.



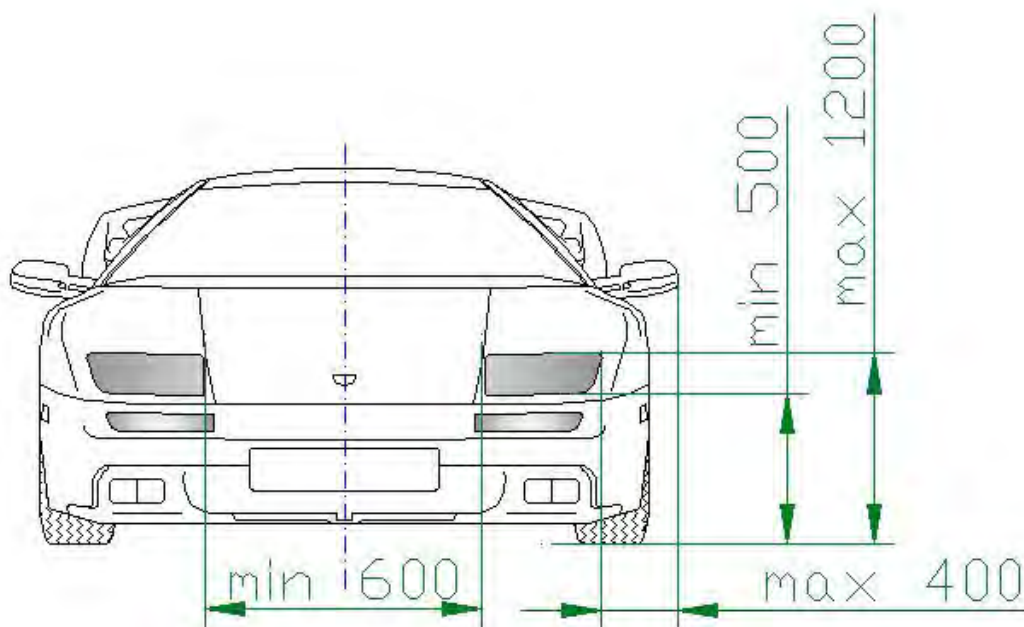
Regolamento n° 1 - Proiettori anabbaglianti

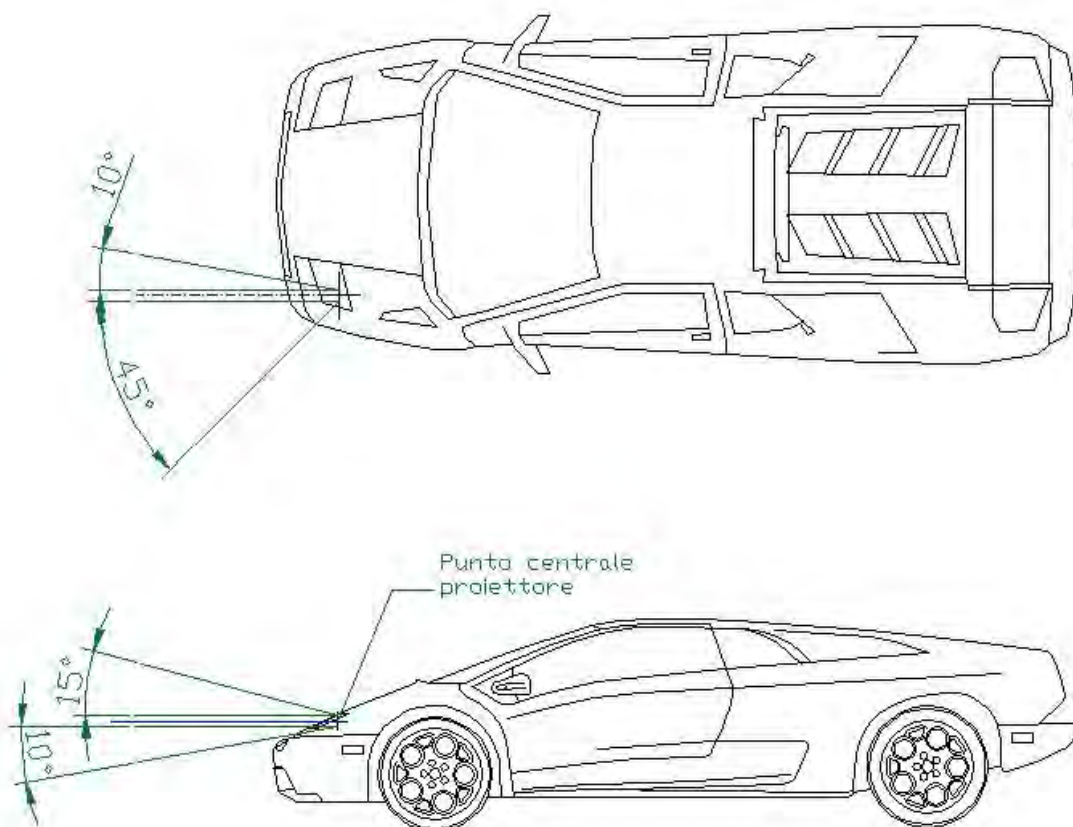
Posizione

In larghezza	Il bordo della superficie illuminante più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dalla distanza fuori tutto. I bordi interni devono essere distanti almeno 600 mm
In altezza	Minimo 500 mm , massimo 1200 mm
In lunghezza	La luce non deve disturbare la visibilità del conducente

Visibilità geometrica

Verso l' alto 15° , verso il basso 10° , all' esterno 45° , all' interno 10° , tutte le misure sono sull' asse di riferimento del proiettore a partire dal bordo esterno della superficie illuminante.





Regolamento n°8 - Proiettore fendinebbia anteriore e posteriore

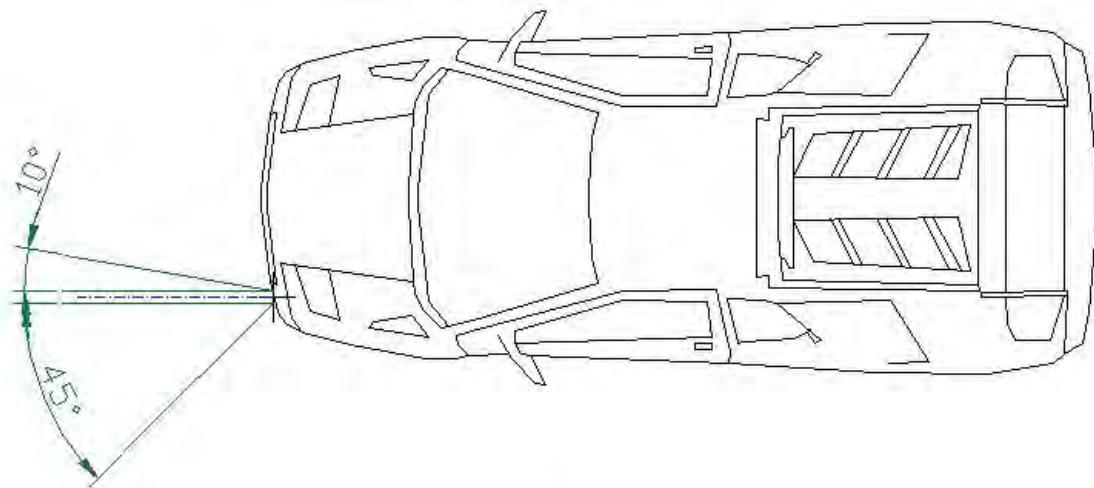
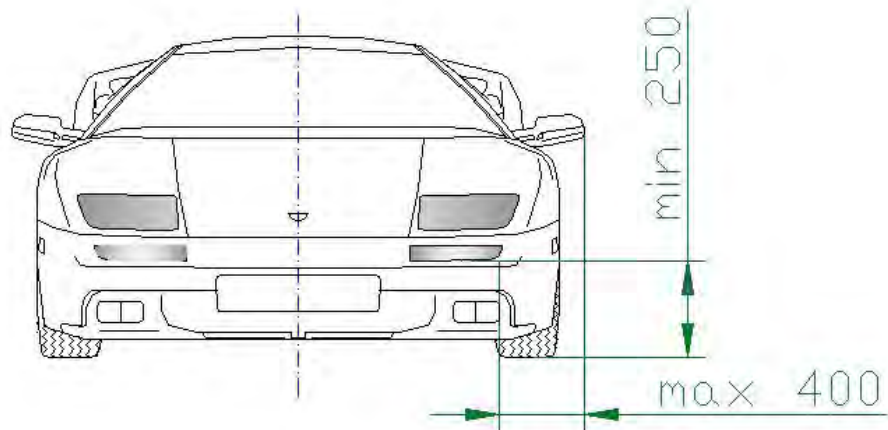
Posizione

In larghezza	Il bordo della superficie illuminante più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dalla distanza fuori tutto.
In altezza	Minimo 250 mm
In lunghezza	La luce non deve disturbare la visibilità del conducente

Per il fendinebbia posteriore l'unica prescrizione è un'altezza compresa tra 250 mm e 1000 mm dal suolo. E' possibile installare un unico fendinebbia posteriore posizionandolo nella metà del veicolo opposta al senso di marcia del paese di immatricolazione o al sul piano mediano.

Visibilità geometrica

Verso l'alto 5° , verso il basso 5° , all'esterno 45° , all'interno 10° , tutte le misure sono sull'asse di riferimento del proiettore a partire dal bordo esterno della superficie illuminante.



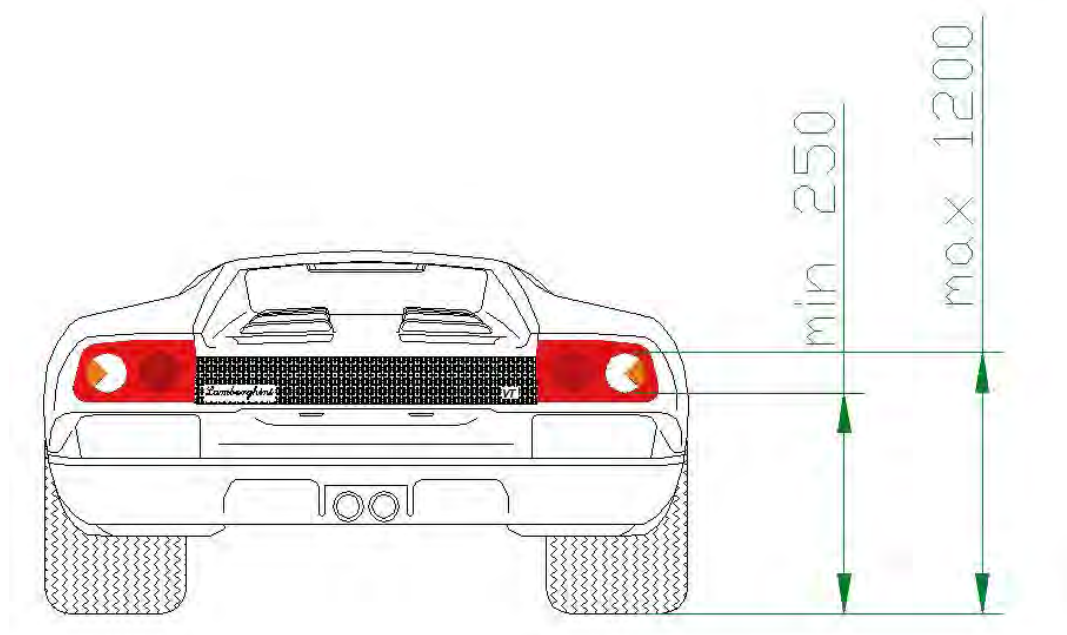
Regolamento n°8 - Proiettore per retromarcia

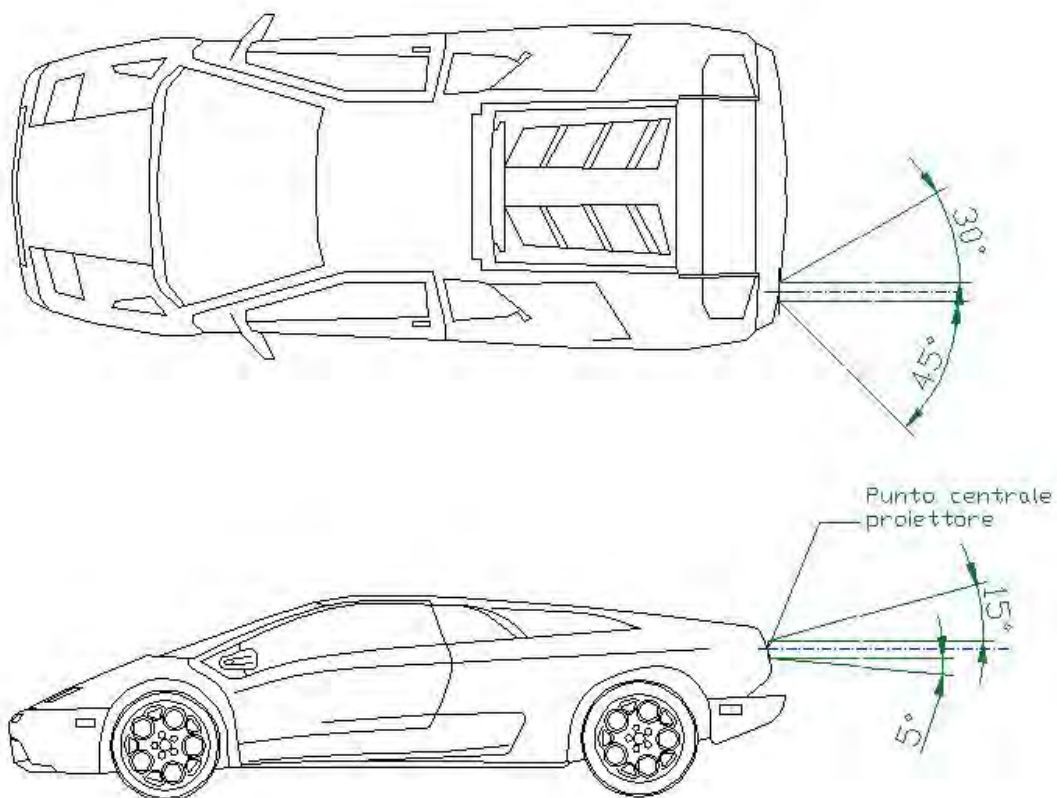
Posizione

In larghezza	Nessuna specifica
In altezza	Minimo 250 mm, massimo 1200 mm
In lunghezza	Collocata nel posteriore

Visibilità geometrica

Verso l'alto 15° , verso il basso 5° , all'esterno 45° , all'interno 30° , tutte le misure sono sull'asse di riferimento del proiettore a partire dal bordo esterno della superficie illuminante.





Regolamento n°6 – Indicatori di direzione

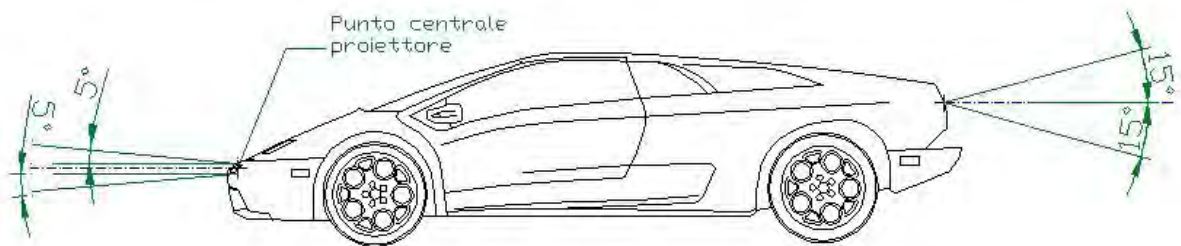
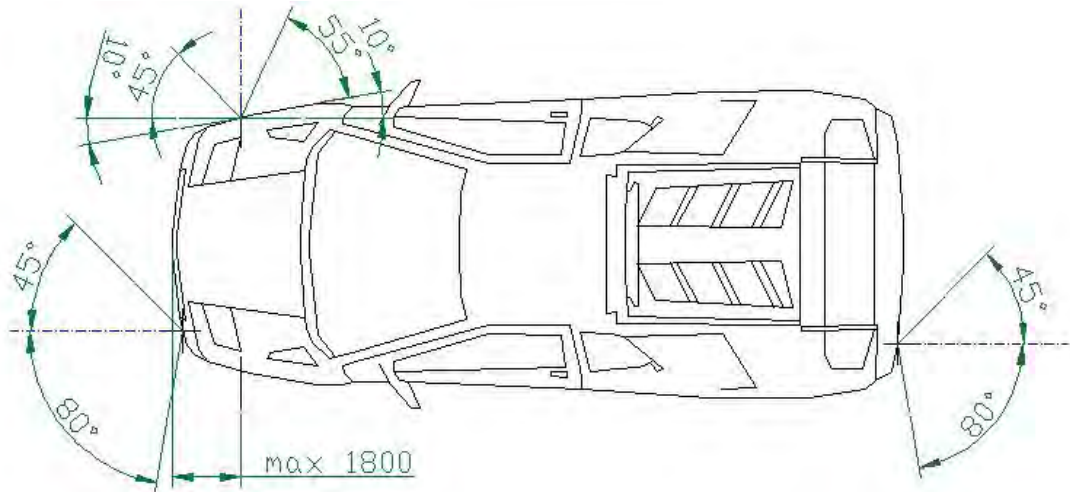
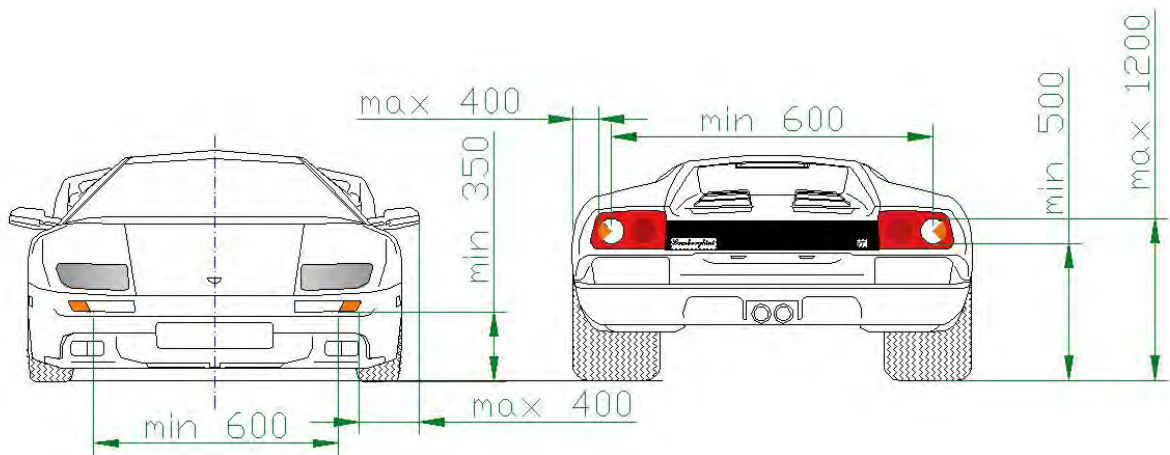
Categoria A (veicoli a motore) , indicatori di classe 1 e 2 combinati (indicatori frontali e laterali) , indicatori di classe 5 standard (posteriori)

Posizione

In larghezza	Per la classe 1 e 5 il bordo della superficie illuminante più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dalla distanza fuori tutto. I bordi interni devono essere distanti almeno 600 mm.
In altezza	Per la classe 1 e 2 minimo 350 mm, per la classe 5 minimo 500 mm, per tutte massimo 1200 mm
In lunghezza	Per gli indicatori di classe 2 la distanza del centro di riferimento della superficie illuminante non deve superare i 1800 mm dal piano trasversale che limita la distanza fuori tutto anteriore.

Visibilità geometrica

Verso l'alto e il basso 15° (5° se la distanza da terra è inferiore a 750 mm), per gli angoli orizzontali consultare le figure seguenti, tutte le misure sono sull'asse che parte dal centro di riferimento della superficie illuminante.



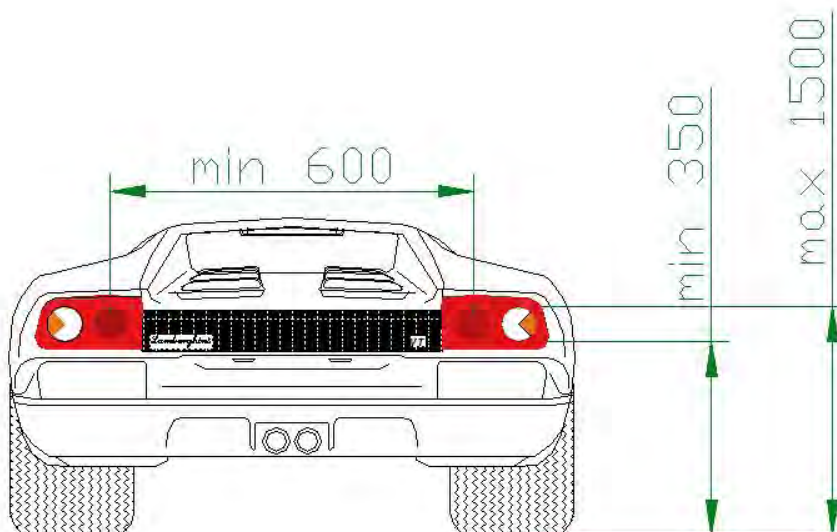
Regolamento n°7 – Luci di arresto

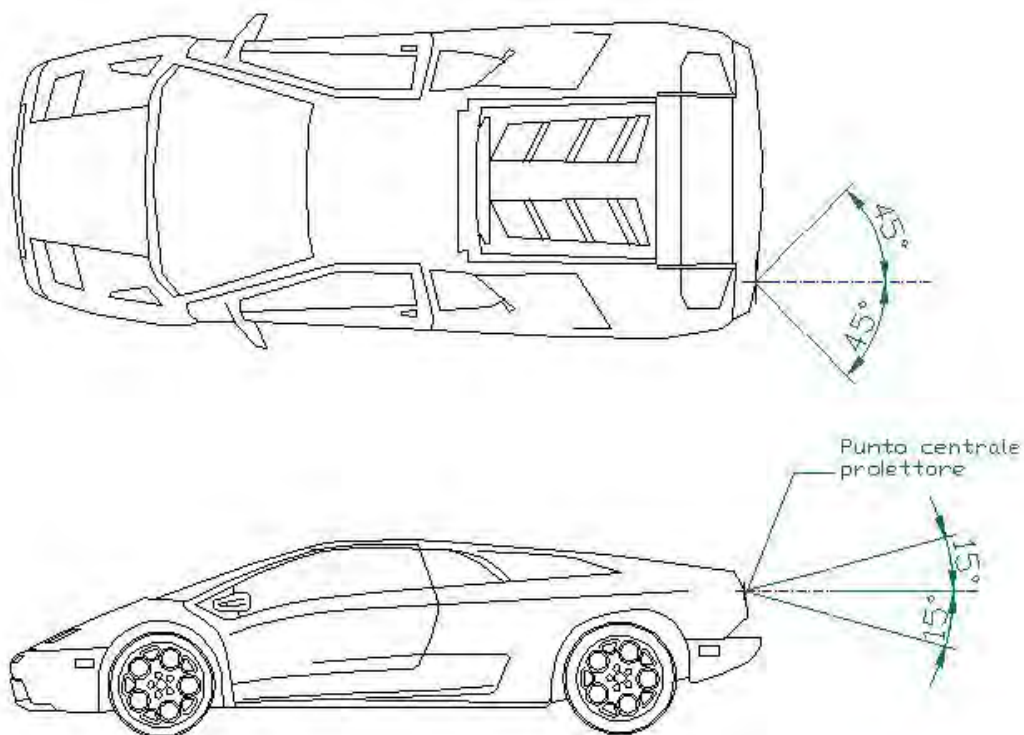
Posizione

In larghezza	I bordi interni devono essere distanti almeno 600 mm. Nelle nuove vetture va inserita un' ulteriore luce posizionata sull'asse mediano
In altezza	Minimo 350 mm, massimo 1500 mm , la luce posiziona sull' asse mediano non può stare più in basso delle rispettive luci laterali
In lunghezza	Zona posteriore

Visibilità geometrica

Verso l' alto 15° , verso il basso 15° , all' esterno 45° , all' interno 45° , tutte le misure sono sull' asse di riferimento del proiettore.





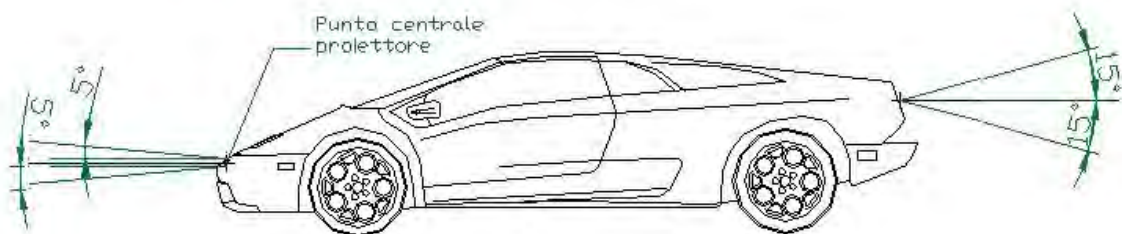
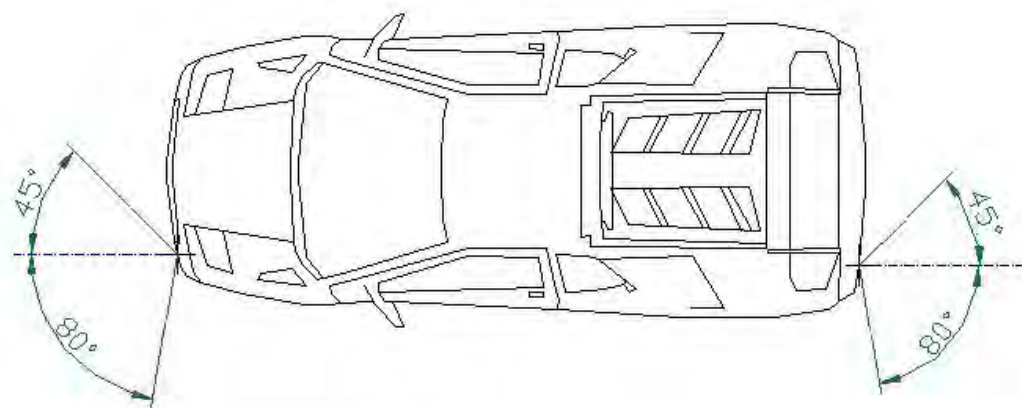
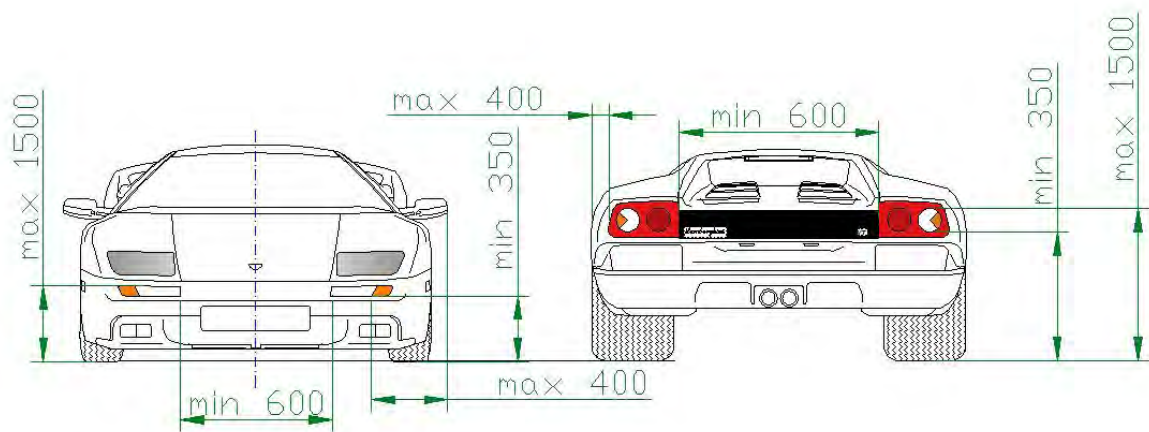
Regolamento n°7 – Luci di posizione anteriore e posteriore

Posizione

In larghezza	Il bordo della superficie illuminante più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dalla distanza fuori tutto. I bordi interni devono essere distanti almeno 600 mm.
In altezza	Minimo 350 mm, massimo 1500 mm
In lunghezza	Zona posteriore e anteriore

Visibilità geometrica

Verso l'alto e il basso 15° (5° se la distanza da terra è inferiore a 750 mm), all'esterno 80°, all'interno 45° , tutte le misure sono sull'asse di riferimento del proiettore.



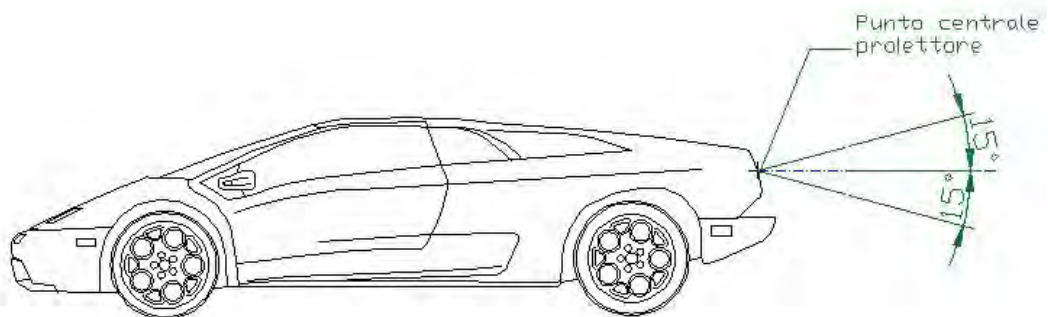
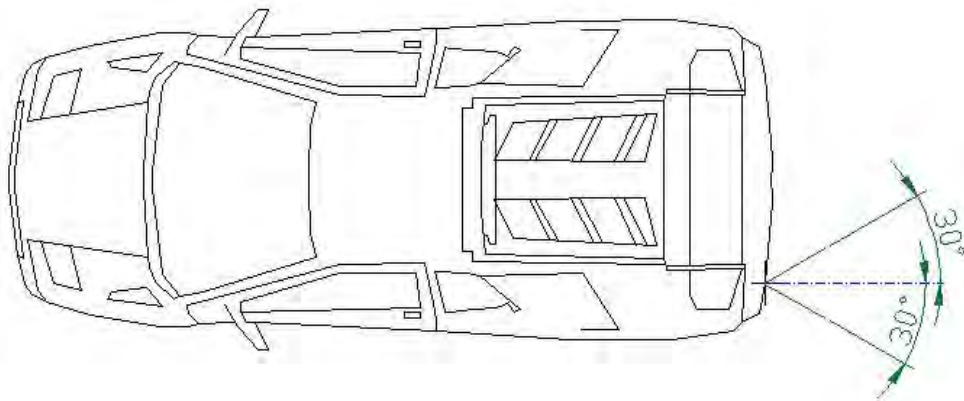
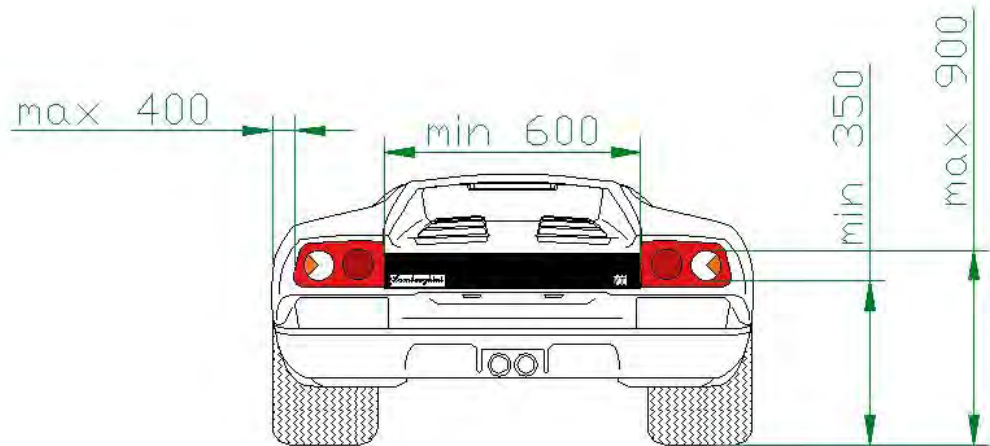
Regolamento n°3 – Catadiottro posteriore

Posizione

In larghezza	Il bordo della superficie illuminante più distante dal piano longitudinale mediano del veicolo non deve trovarsi a più di 400 mm dalla distanza fuori tutto. I bordi interni devono essere distanti almeno 600 mm.
In altezza	Minimo 350 mm, massimo 900 mm
In lunghezza	Zona posteriore

Visibilità geometrica

Verso l'alto 15° , verso il basso 15° , all'esterno 30° , all'interno 30° , tutte le misure sono sull'asse di riferimento del proiettore.

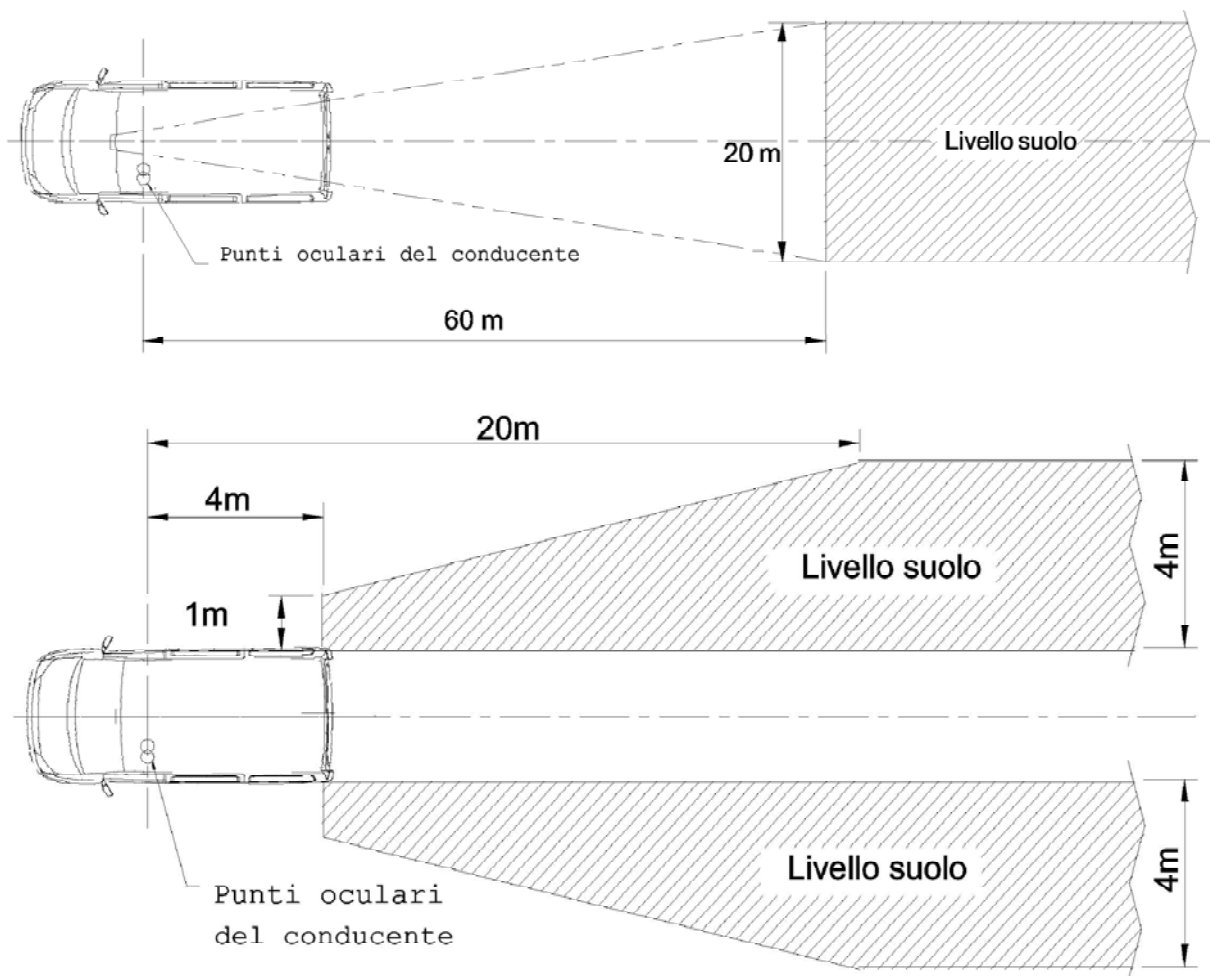


Regolamento n°4 – Luci di illuminazione targa di immatricolazione posteriore

Per queste luci l'unica prescrizione è che permettano di rendere visibile la targa in condizione di luce ambientale ridotta o assente.

Regolamento n°46 – Specchi retrovisori

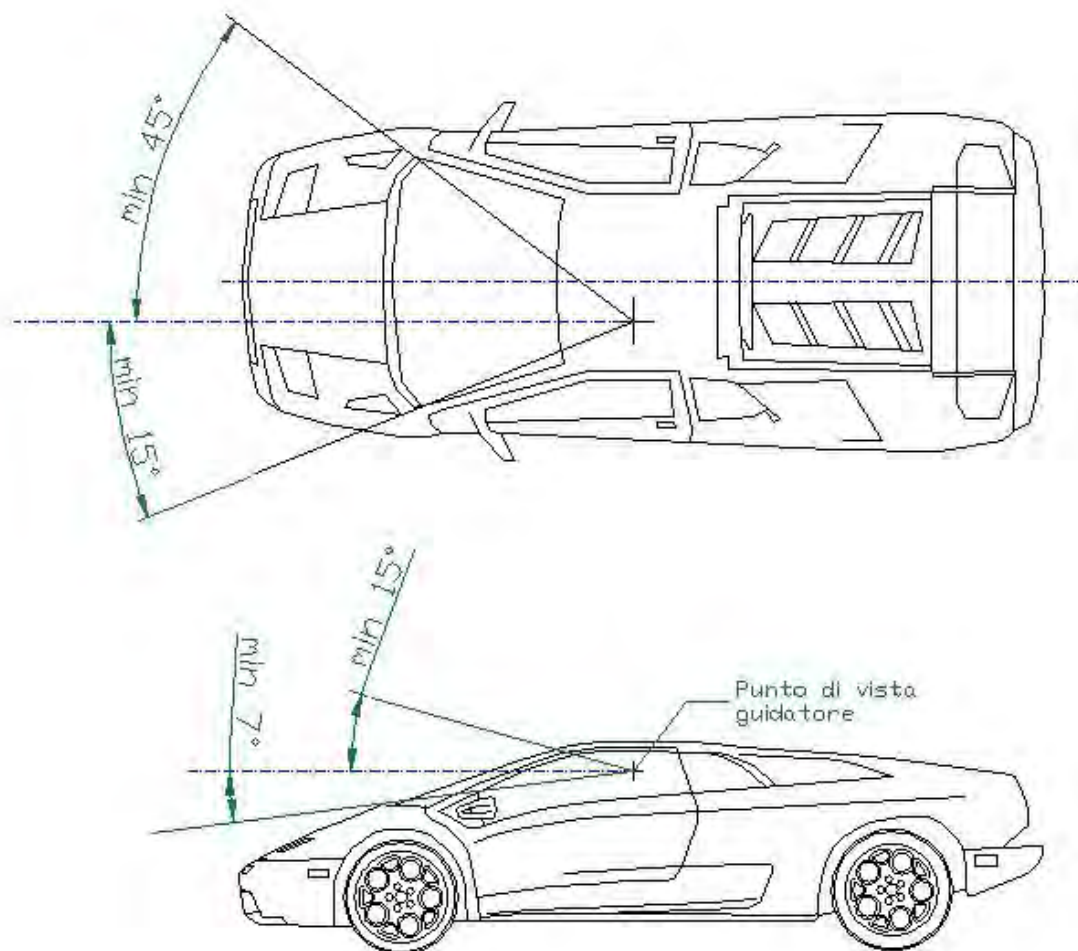
Gli specchi retrovisori, che siano essi tradizionali (2 specchi laterali esterni e 1 centrale interno) o elettronici (telecamere digitali) o combinati (solitamente 2 specchi laterali e 1 telecamera centrale) devono restituire il seguente campo visivo.



Regolamento n°71 – Visibilità

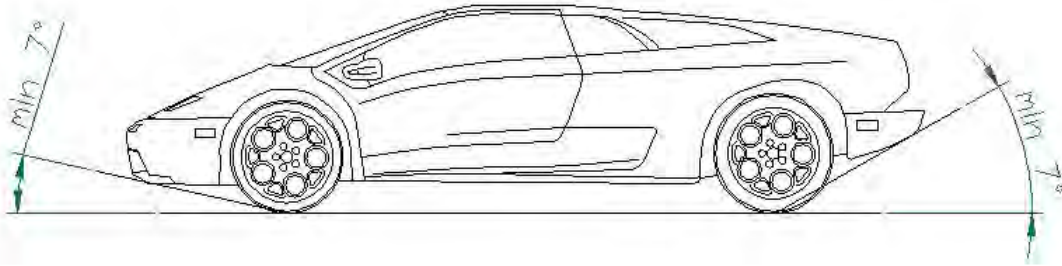
Al fine di garantire la sicurezza durante la marcia occorre rispettare alcuni vincoli di visibilità geometrica, nello specifico il campo visivo del conducente va posizionato sulla testa di un

manichino standard detto OSCAR sul piano mediano all' altezza della posizione degli occhi. Tale campo visivo deve rispettare i seguenti limiti minimi come indicato nella figura successiva.



Norme sugli angoli di attacco

Per poter affrontare in sicurezza delle variazioni di pendenza del manto stradale ogni vettura deve rispettare il seguente limite minimo per gli angoli di attacco anteriore e posteriore. L'angolo di attacco va valutato sul punto medio di contatto del pneumatico sul terreno con una linea che interseca la carrozzeria in un solo punto.

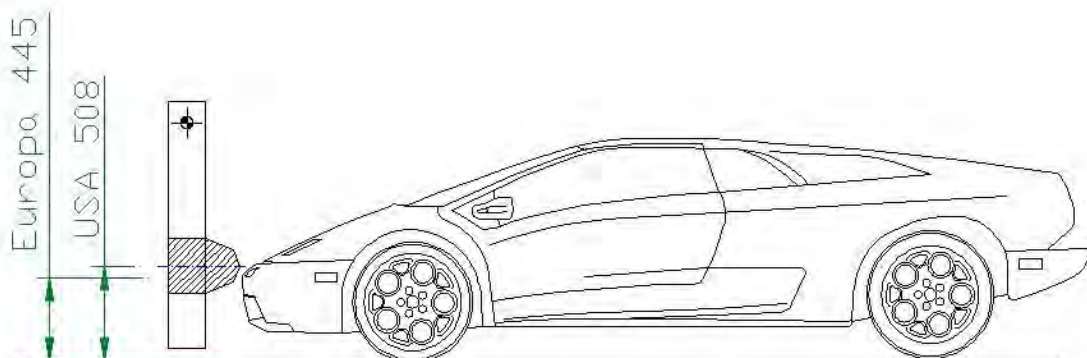


Omologazione per urto frontale e urto pedone

Per l'omologazione per urto frontale si procede ad un semplice test virtuale (poi reale in fase di collaudo) realizzato tramite l'urto di un pendolo posizionato ad un'altezza prestabilita, a seguito dell'urto non ci deve essere danneggiamento dei gruppi ottici principali e delle superfici mobili (cofano anteriore e sportelli di manutenzione ove presenti). Per il rispetto di questa regola è bene posizionare le suddette zone sensibili al di sopra del piano medio della mazza, ovvero al di sopra dell'altezza prestabilita dalla normativa.

Altezza del pendolo da terra:

- Normativa europea: a vettura scarica e carica 445 mm
- Normativa americana: a vettura carica 406,5 mm, a vettura scarica 508 mm

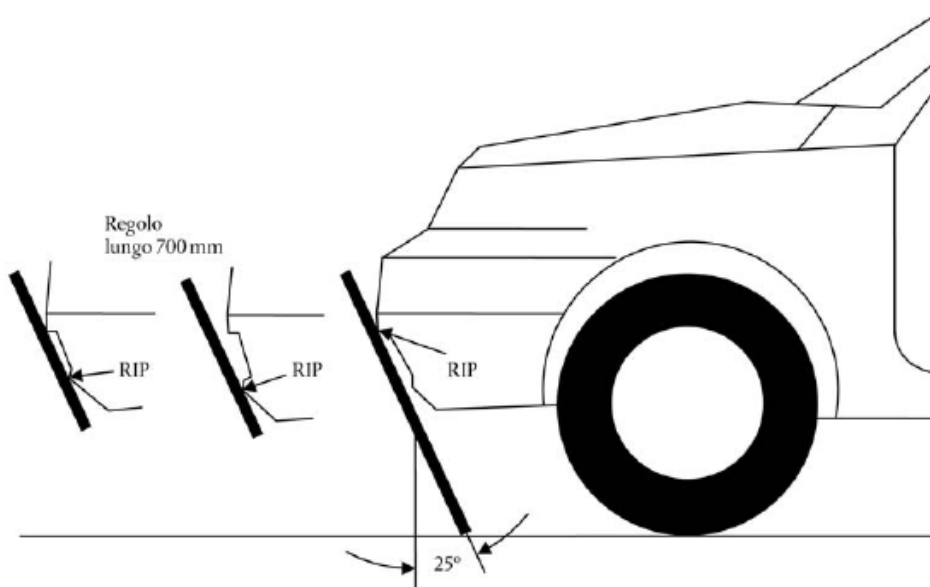


Per quanto riguarda l'urto del pedone si effettuano 3 prove :

- Urto della gamba
- Urto della coscia
- Urto della testa di bambino o adulto di piccola taglia

Analizzeremo le prime 2 dato che la terza coinvolge solo la deformabilità del paraurti e le prescrizioni sulle tipologie di parabrezza (di cui non tratteremo).

Le prove devono essere eseguite entrambe, è possibile comunque chiedere una deroga di una prova per una particolare condizione riguardante la linea di riferimento inferiore del paraurti. Per linea di riferimento inferiore del paraurti s'intende il limite inferiore dei punti significativi di contatto tra il pedone e il paraurti. È data dal tracciato geometrico dei punti di contatto inferiori tra un regolo lungo 700 mm e il paraurti quando il regolo, tenuto parallelo al piano verticale longitudinale della vettura e inclinato in avanti di 25°, viene traslato lateralmente lungo il frontale della vettura, restando a contatto con il suolo e con la superficie del paraurti (ved. figura successiva).



Le prove d'urto della coscia contro il paraurti sono effettuate nelle posizioni di prova prescelte dalla normativa se l'altezza inferiore del paraurti nella posizione di prova è superiore a 500 mm e se il costruttore opta per la prova con la coscia anziché per la prova con la gamba. In

casi eccezionali i costruttori possono chiedere una deroga riguardante l'applicazione della prova della coscia ai veicoli con un'altezza inferiore del paraurti che è inferiore a 500 mm.

Le specifiche delle prove sono le seguenti:

Urto della gamba contro il paraurti

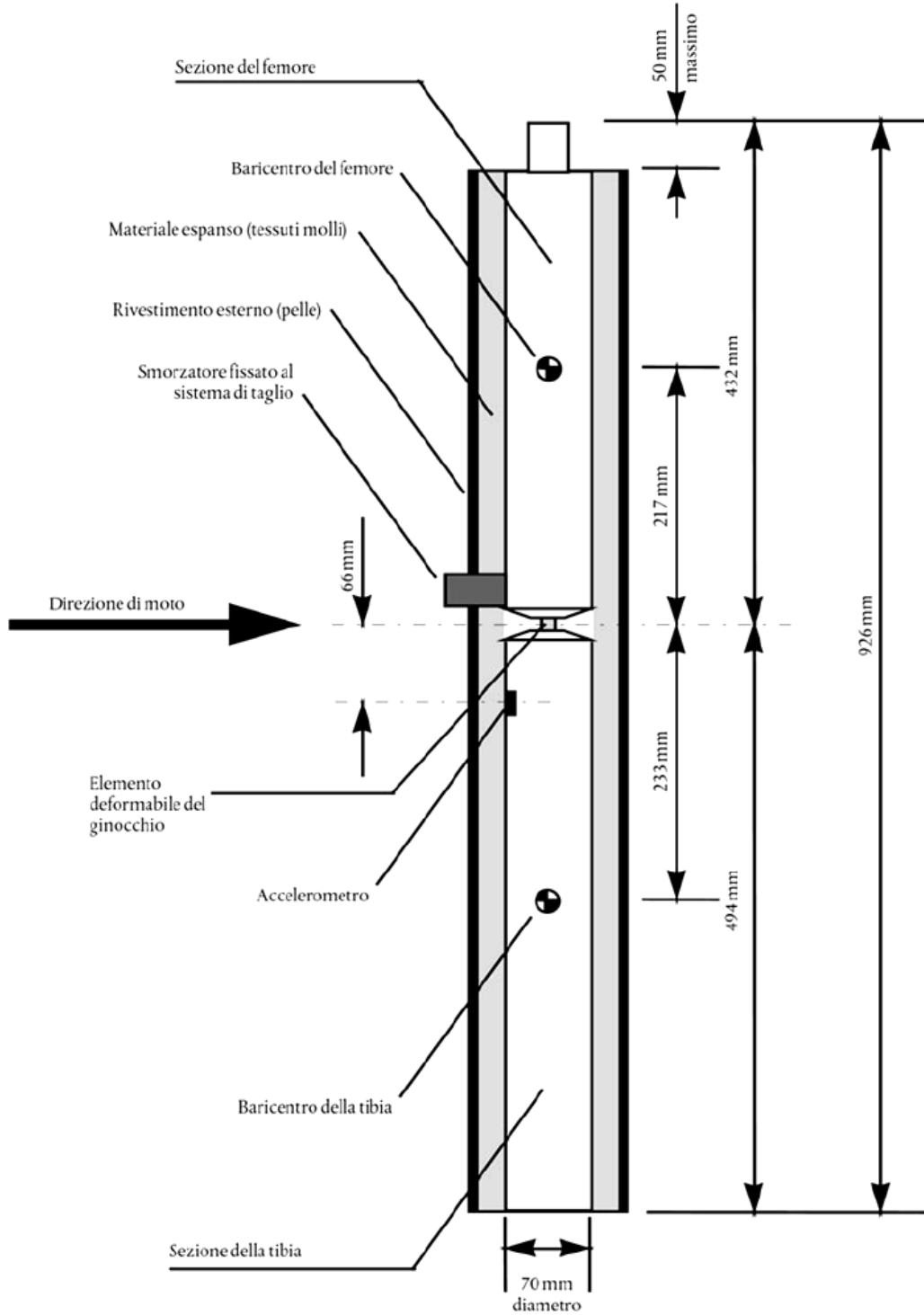
La prova è effettuata ad una velocità d'urto di 40 km/h. L'angolo massimo di flessione dinamica del ginocchio è di $21,0^\circ$, la deformazione massima di rottura dinamica del ginocchio è di 6,0 mm e l'accelerazione misurata in corrispondenza della testa della tibia non è superiore a 200 g.

Urto della coscia contro il paraurti

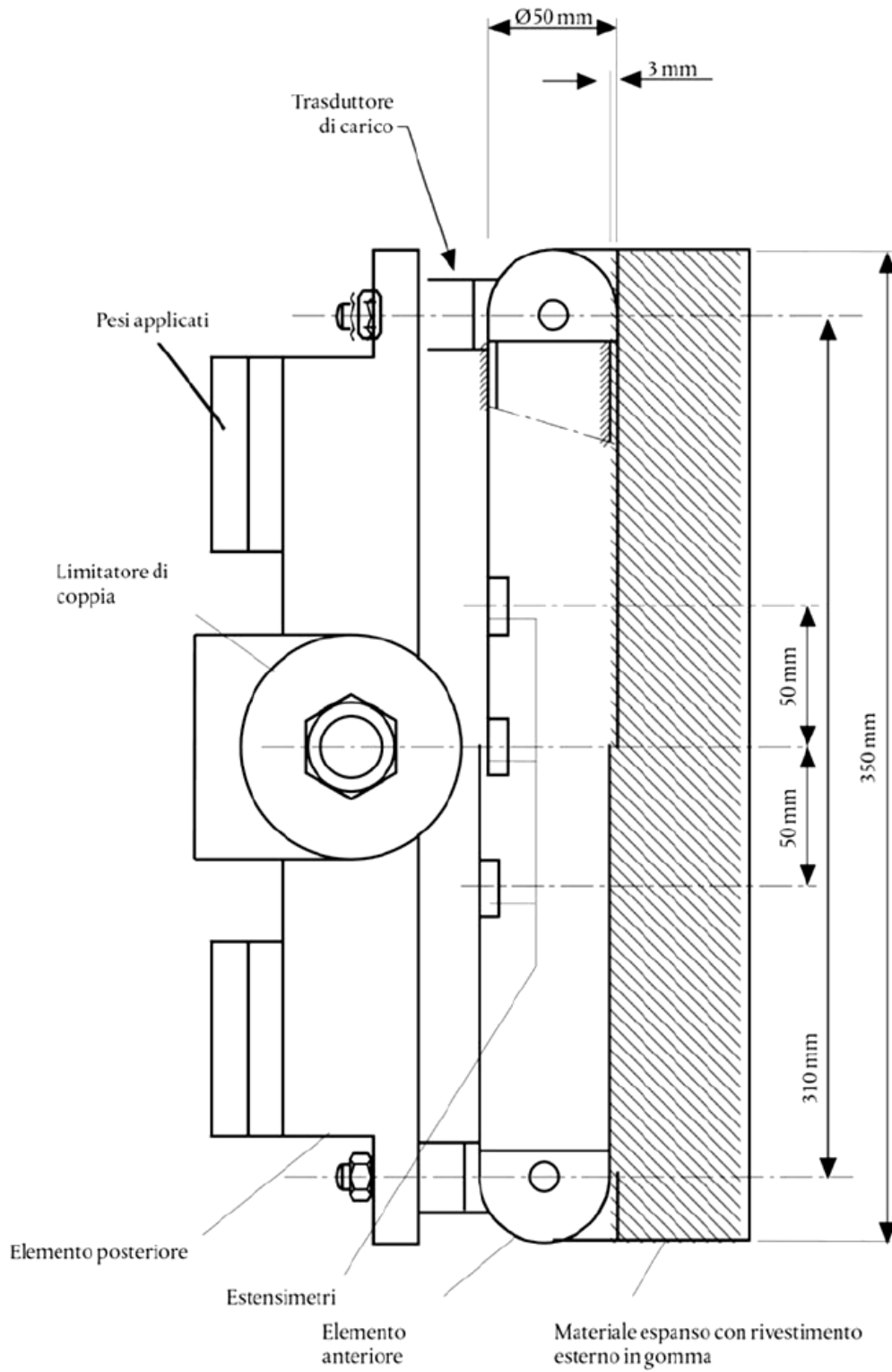
La prova è effettuata ad una velocità d'urto di 40 km/h. La somma istantanea delle forze d'urto rispetto al tempo non è superiore a 7,5 kN e il momento flettente sul dispositivo di simulazione non è superiore a 510 Nm.

I manichini per le prove sono di questo tipo:

Dispositivo di simulazione della gamba completo di espanso e rivestimento esterno



Dispositivo di simulazione della coscia



Entrambi i manichini debitamente posizionati vengono testati contro il veicolo, in linea di massima per il rispetto delle prove bisogna tenere conto di 2 particolari:

- Per l'urto della gamba la linea di riferimento inferiore non deve essere troppo bassa altrimenti il momento generato dall'urto risulta eccessivo
- Per l'urto coscia sul paraurti non ci devono essere superfici interessate dall'urto che formino angoli acuti e hanno una raggiatura inferiore ai 30 mm

Posizione del conducente

Nel posizionamento del conducente per la valutazione del punto H ottimale si utilizza un manichino normalizzato denominato OSCAR al 50° percentile, è possibile generarlo automaticamente con un apposito tool CAD.

3.1 CONCEPTUAL DESIGN

La fase successiva alla definizione dei tasks prende il nome di *conceptual design*. Questa fase permette di giungere ad una risoluzione concettuale del problema a seguito dell'elaborazione dei seguenti steps:

- Astrazione del problema e analisi delle specifiche;
- Determinazione delle strutture funzionali;
- Ricerca dei principi risolutivi con l'ausilio delle matrici morfologica;
- Combinazione dei principi risolutivi;
- Valutazione critica delle combinazioni ottenute.

Normalmente ciascun singolo step deve essere successivamente raffinato tramite iterazione del processo ad un livello di informazione più dettagliato, al fine di raggiungere una soluzione di successo. La scelta dei principi risolutivi corretti e l'attenzione al dettaglio, rappresentano fasi fondamentali per il raggiungimento di una risoluzione concettuale ottimale.

Nel nostro caso ci limiteremo ad analizzare le specifiche tecniche note a priori e all'inserimento di un pacchetto di principi risolutivi deciso in maniera indipendente al fine di snellire il processo di progettazione, ci avvarremo inoltre di soluzioni che utilizzano componenti On shelf in modo da ridurre i tempi e i costi di progetto.

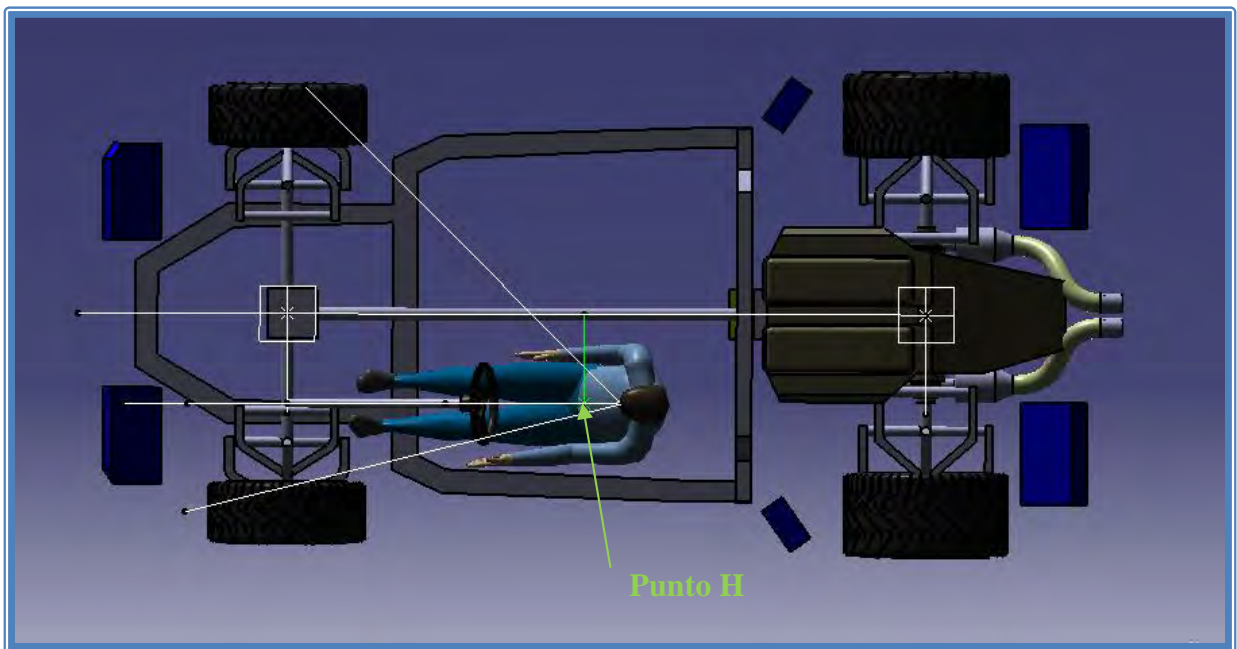
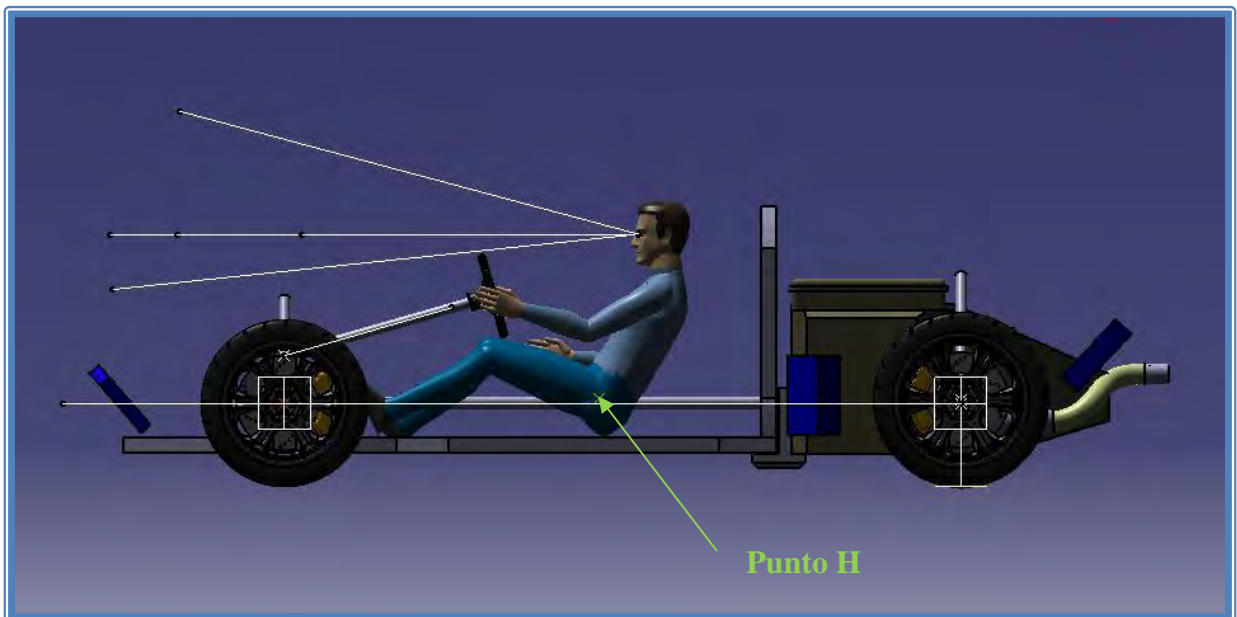
3.2 ANALISI DEL LAYOUT DI BASE

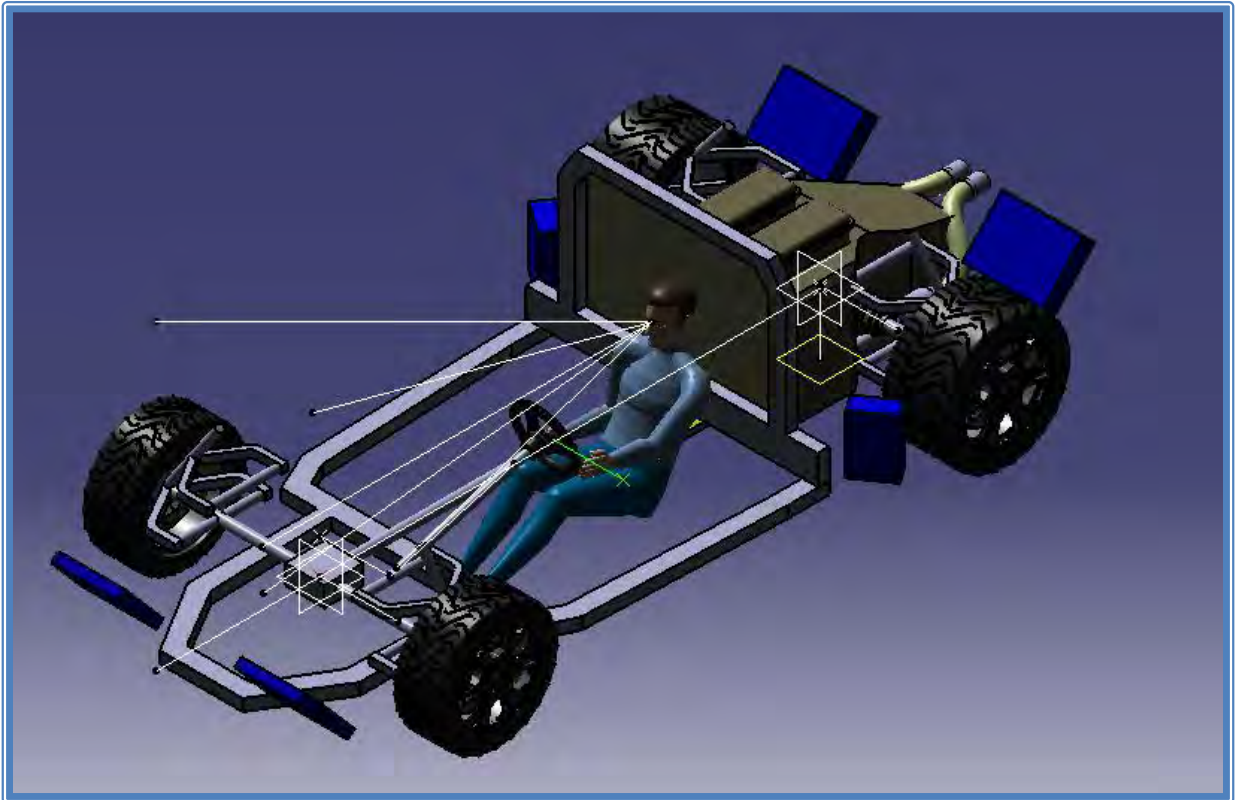
Analizziamo ora la disposizione dei componenti del layout meccanico del veicolo di cui andremo a progettare la carrozzeria. Il layout assegnato presenta le misure fondamentali del veicolo, la dimensione dei pneumatici, la posizione dei radiatori di raffreddamento e di climatizzazione, la posizione e l'ingombro di motore e trasmissione, la posizione del piantone dello sterzo, un abbozzo del sistema delle sospensioni, la posizione dei catalizzatori e la posizione di OSCAR (unico dato che potremo variare leggermente).

Di seguito riportiamo una tabella con alcuni dei dati citati (le misure con coordinata sono da riferirsi all' intersezione tra l' asse anteriore del veicolo e il piano di simmetria mediano.

Punto H	Passo	Posiz. Parafiamma	Pneumatici
x = 1190 mm	2560 mm	x = 1801mm	Ant. 245/35 ZR 19
y = 360 mm			Post. 350/30 ZR 19
z = 15mm			

Il layout viene riportato in ambiente CAD per poter essere visualizzato e utilizzato come base per iniziare l'adattamento dello stile.





Notiamo in blu i radiatori, in verde la posizione del punto H. E' stata aggiunto un abbozzo di telaio (zona parafiamma e vasca centrale) al fine di facilitare la comprensione del layout.

3.3 RICERCA DI SOLUZIONI TECNOLOGICHE APPLICABILI

Nel corso della progettazione si è deciso di implementare delle soluzioni tecnologiche alternative per la movimentazione di:

- portiere
- l'automazione dell' apertura del cofano posteriore (accesso al vano motore)
- il sistema di regolazione della portanza degli alettoni
- il sistema di controllo della portata sui radiatori di raffreddamento posteriore.

I casi verranno valutati separatamente a livello di concetto e verranno poi definiti e implementati durante la fase di detail design, ovviamente il processo non è lineare ma c'è un

feedback tra implementazione ed embodiment della carrozzeria, in questo testo ne vedremo solo i risultati per motivi di chiarezza e semplicità.

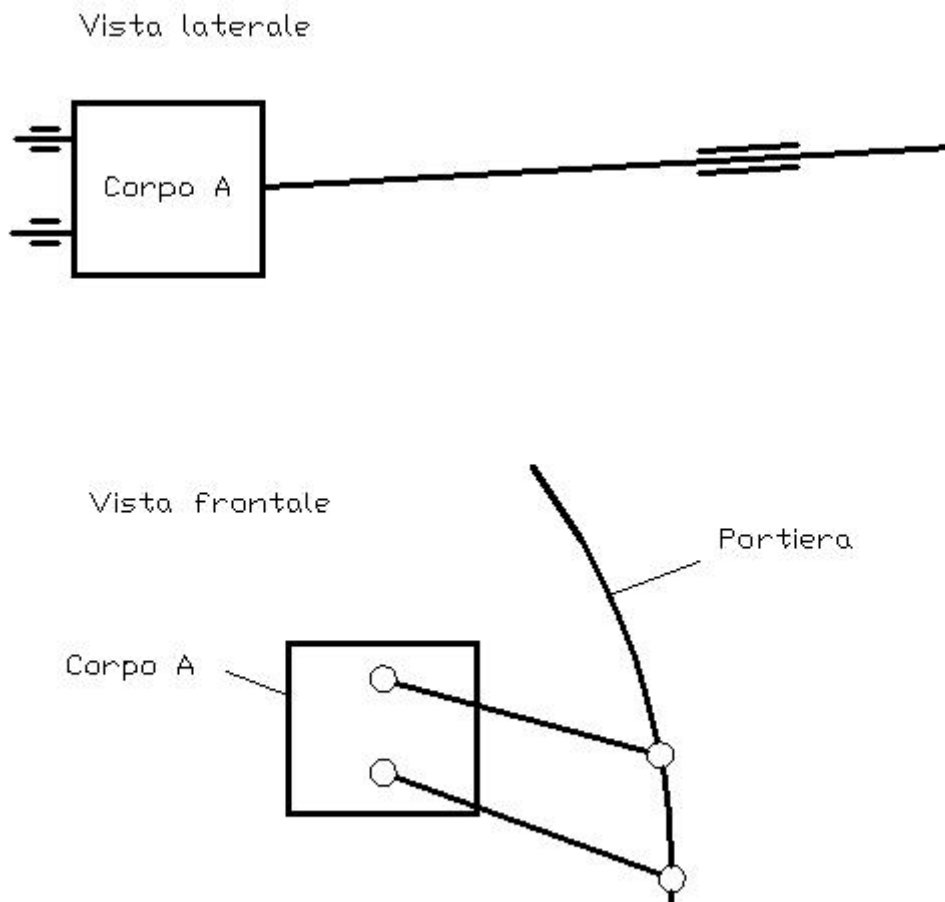
Il primo caso che andiamo a valutare è quello delle portiere, i concetti che vogliamo applicare sono quelli di novità, comodità , mantenendo degli accettabili standard di sicurezza. Valutando lo stato dell' arte precedentemente analizzato abbiamo notato che la maggior parte delle vetture sportive per il movimento degli sportelli opta per un sistema tradizionale o a taglierina, decidiamo perciò di rivolgerci ad un sistema che in linea di principio viene applicato solo ai portelloni dei mezzi da carico, ovvero lo scorrimento lungo il fianco.

L' idea può risultare innovativa ma presenta un problema, il sistema a scorrimento classico non permette grosse escursioni in larghezza (in sostanza il fianco della vettura deve essere all' incirca una superficie piana) e inoltre il sistema prevede sempre una scanalatura sul fianco per permettere il movimento e la stabilità del portellone.



Per ovviare a tutto questo dobbiamo implementare un meccanismo che utilizzi una sola guida nascosta all' interno della carrozzeria con un sistema di movimentazione in larghezza che permetta un escursione sufficiente ad evitare compenetrazioni in fase di scorrimento longitudinale. No avremo grossi problemi di stabilità dato che gli sportelli di auto sportive di alto livello solitamente sono costruiti con compositi o leghe leggere e sono di ridotte dimensioni.

Il sistema che abbiamo pensato è riportato schematicamente nella figura seguente.

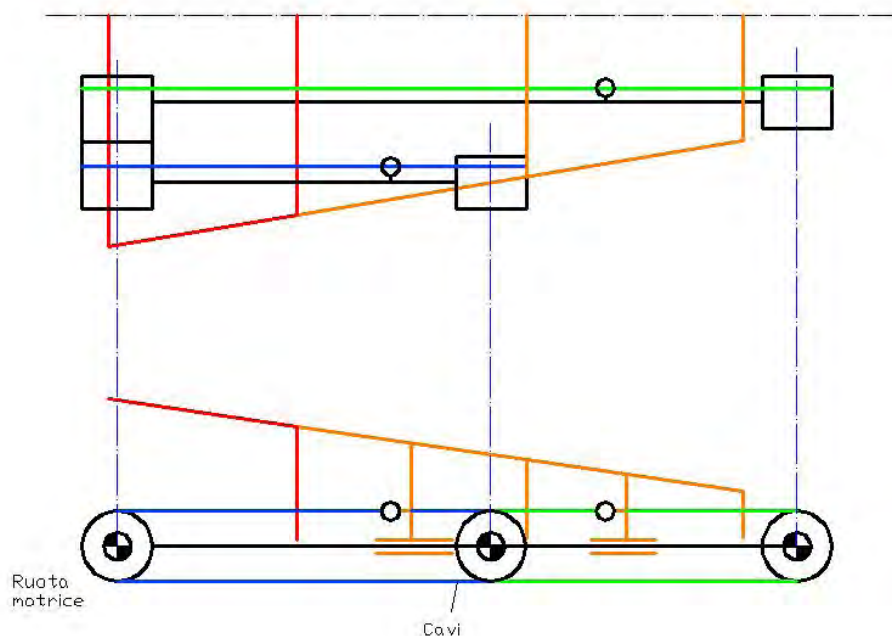


Come si può notare la portiera viene mossa in larghezza con un quadrilatero articolato e in lunghezza da una guida lineare ancorata al telaio. Il sistema complessivamente ha 2 gradi di libertà , uno per la slitta di scorrimento e uno per la rotazione della portiera.

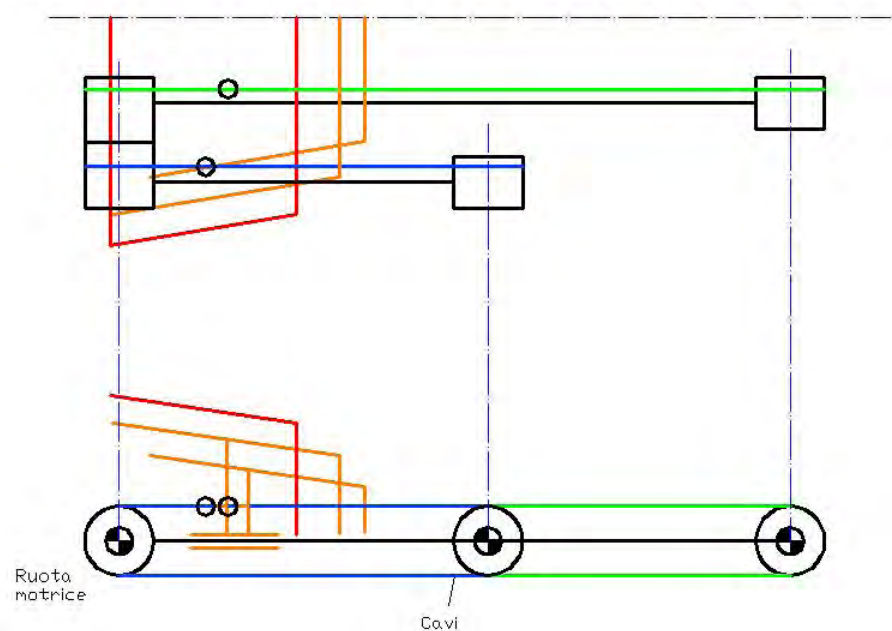
Passiamo ora all' apertura del cofano posteriore, molto semplicemente in questo caso vogliamo allontanarci dalla classica idea di apertura a cerniera manuale ed inserire un sistema automatico nuovo. Abbiamo pensato ad un apertura a soffiutto che scopra una sezione ridotta che consenta la manutenzione regolare (cambio batteria, controllo olio e liquidi di raffreddamento, ecc) , ovviamente il sistema dovrà risultare asportabile tramite dei blocchi manuali per permettere la manutenzione straordinaria.

Lo schema di funzionamento del soffietto è riportato nella figura seguente.

Posizione chiusa



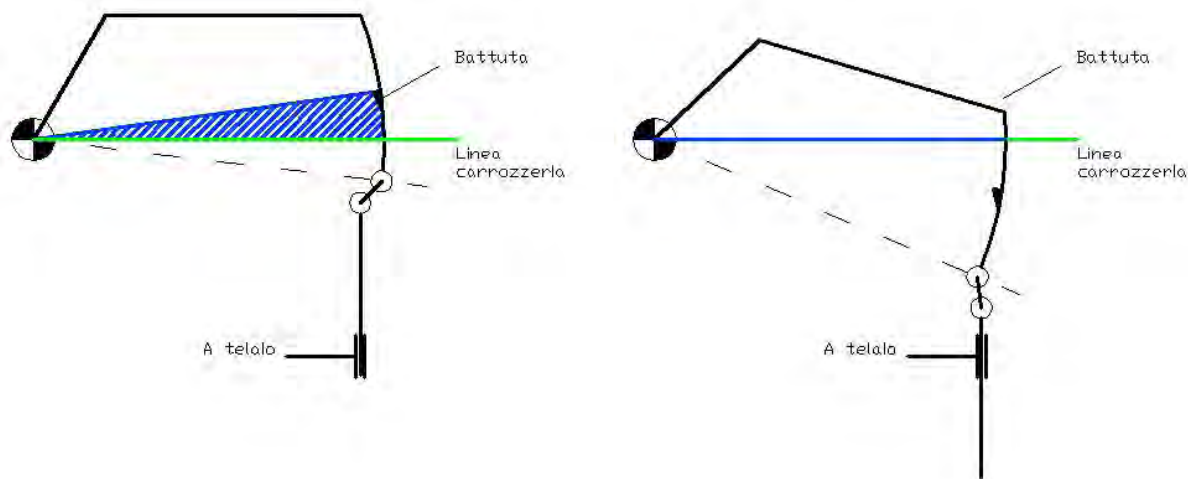
Posizione aperta



Il sistema è composto da due coppie di guide che sostengono due sezioni di cofano mobili, la movimentazione nei due sensi di scorrimento è affidata a due sistemi paralleli che trascinano le parti di cofano tramite delle puleghe e un cavo di metallo, il sistema funziona in tutti e due i

sensi. Nella figura sono disegnati in rosso la parte di cofano fissa, in verde e in blu i cavi dei due sistemi, in arancio le parti mobili di cofano.

Per gli ultimi due problemi abbiamo pensato ad un'unica soluzione per l'automatismo che coinvolga entrambe le funzioni, quello che ci interessa come abbiamo detto è poter regolare l'apertura della presa d'aria posteriore e variare l'inclinazione dell' alettone posteriore per gestirne le performance, il primo sistema è semplice dato che richiede solo la creazione di una feritoia parzializzabile, il secondo invece richiede che l'alettone si muova ma rimanga comunque collegato col telaio per poter scaricare la deportanza. Per risolvere entrambi i problemi abbiamo pensato a questo tipo di cinematismo.



Il sistema ha un grado di libertà ed è in grado di trascinare la presa d'aria posteriore che risulterebbe labile dallo schema, in realtà la presa d'aria è tenuta chiusa da una molla di richiamo. Notiamo inoltre in blu la sezione di passaggio scoperta da sistema in fase di apertura. Ultimo particolare dallo schema risulterebbe che la deportanza tenda a chiudere il sistema agendo sulla guida lineare a telaio, vedremo successivamente che in realtà quella guida lineare non è altro che una vite di manovra e perciò una volta arrestato il sistema in posizione la deportanza verrà scaricata tutta sul telaio come previsto.

3.4 VALUTAZIONE E SCELTA DEI COMPONENTI ON SHELF

Per la costruzione di questi sistemi appena analizzati occorrerà ricorrere ad alcuni componenti speciali per automazione che ovviamente non vengono prodotti dalla casa automobilistica e dovranno quindi essere acquistati da aziende esterne e messi in magazzino per partecipare alla produzione.

Essendo nella nostra ipotesi un'azienda affermata che produce un prodotto di qualità elevata è possibile richiedere dalle ditte fornitrici dei prodotti che non sono riportati a catalogo ma richiedere delle personalizzazioni sui prodotti già esistenti che ovviamente non ne alterino le caratteristiche principali.

Facciamo ora alcuni esempi di possibili componenti On-shelf per i nostri meccanismi².

Guide lineari elettriche

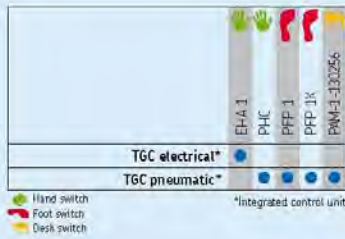
Queste guide lineari permettono di movimentare un carico non indifferente con uno sbalzo regolabile, sono molto robuste e allo stesso tempo leggere e silenziose; sono l'ideale per realizzare il meccanismo della portiera, ovviamente le dimensioni e la sagoma andranno riviste per ottimizzare i parametri di peso così come andrà ricalcolata la potenza elettrica richiesta in funzione dello sforzo necessario a movimentare la portiera.

Rispetto ad una guida lineare normale abbiamo scelto una di tipo telescopico perché permette sbalzi anche nell'ordine di 1000 mm (all'incirca il range che ci servirà) riuscendo a sostenere comunque il peso di una portiera leggera e di altri meccanismi associati.

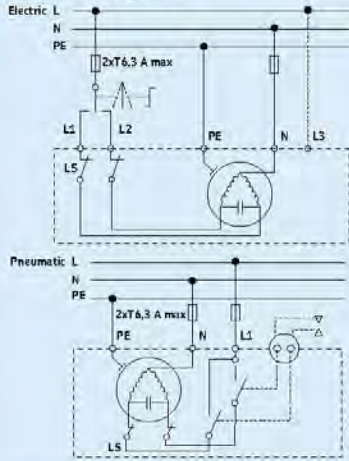
Di seguito riportiamo in breve una scheda tecnica di un modello che si adatta al nostro caso.

² I componenti qui rappresentati sono estratti dai cataloghi disponibili online delle rispettive aziende, tali aziende sono scelte per conoscenza e disponibilità di materiale con i requisiti idonei. I prodotti e i marchi elencati sono di proprietà delle rispettive aziende.

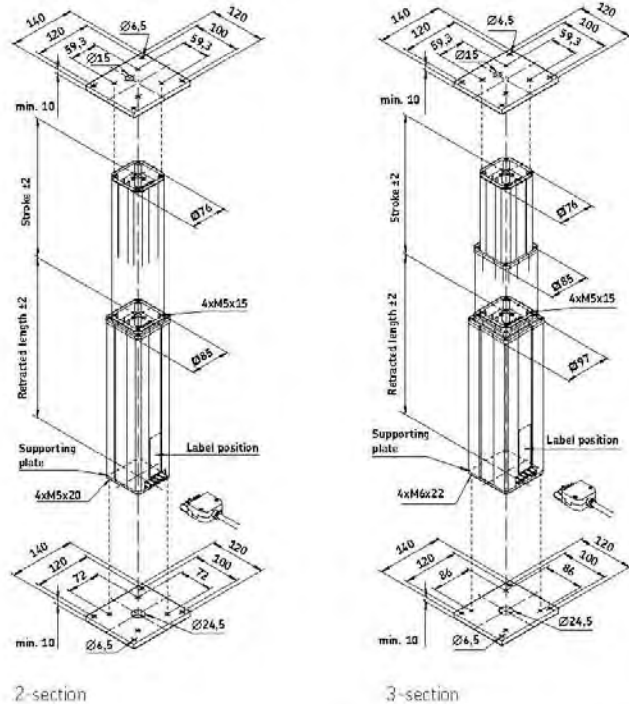
Suitable control units and accessories



Connecting diagrams



Dimensional drawing



Legend:
S = stroke
L = retracted length

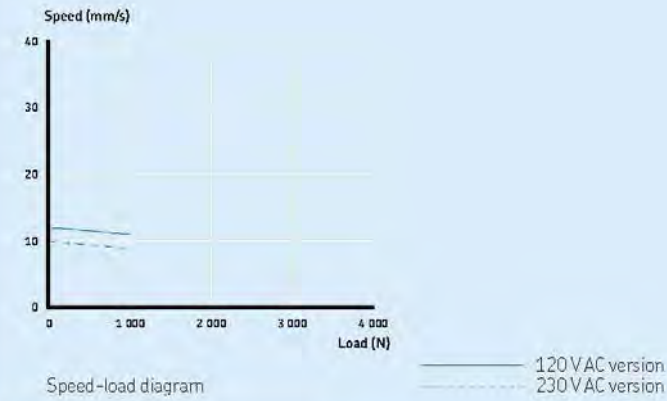
Note: mounting plates are not included.
To be ordered separately.

Technical data

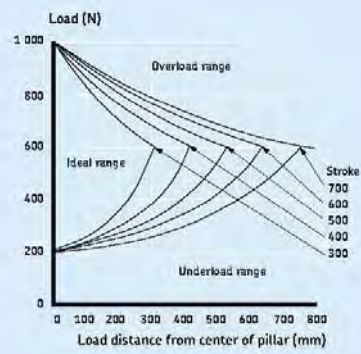
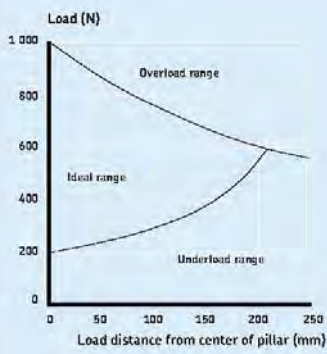
	Unit	TGC 8AWAS	TGC 8AWAK	TGC 8AWDS	TGC 8AWDK
Push load	N	1 000	1 000	1 000	1 000
Pull load	N	1 000	1 000	1 000	1 000
Max. bending load	Nm	up to 130*	up to 130*	up to 450*	up to 450*
Speed (full load to no load)	120 VAC 230 VAC mm/s	11 to 12	11 to 12	11 to 12	11 to 12
Telescopic pillar version	# of section	2-section	2-section	3-section	3-section
Stroke	mm	200 to 700	200 to 700	300 to 700	300 to 700
Retracted length (push version)	mm	S + 145	S + 145	S + 45	S + 45
Voltage	VAC	120 or 230	120 or 230	120 or 230	120 or 230
Power	120 VAC 230 VAC W	300	300	300	300
Current	120 VAC 230 VAC A	2,5	2,5	2,5	2,5
Duty cycle: intermittent operation	120 VAC 230 VAC min.	0,8 min./21 min.	0,8 min./21 min.	0,8 min./21 min.	0,8 min./21 min.
Duty cycle: short-time operation	120 VAC 230 VAC min.	1,5	1,5	1,5	1,5
Ambient temperature	°C	+10 to +40	+10 to +40	+10 to +40	+10 to +40
Type of protection	IP	20/30	20/30	20/30	20/30
Protection class	-				
Type of control	-	electrical	pneumatic	electrical	pneumatic
Weight	kg	4,5 to 7,5	4,5 to 7,5	5,9 to 9,5	5,9 to 9,5

*For details, please see bending load diagrams

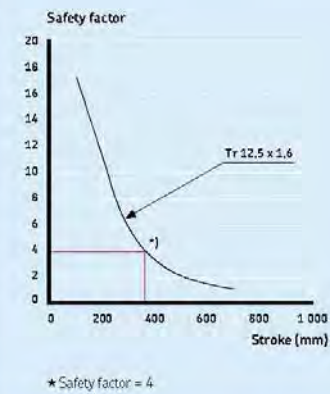
Performance diagram



Bending load diagrams



Safety factor load conditions



Motori elettrici passo passo

Stesso discorso per la scelta dei motori elettrici che eseguiranno le rotazioni delle portiere, il sollevamento degli alettoni e il trascinamento delle sezioni del cofano posteriore. Di seguito riportiamo due possibili modelli di motore elettrico passo passo alimentati da DC a 12 V . La differenza nei modelli risiede principalmente nel gearbox associato che ne varia in proporzione la velocità e la torsione all'utenza.



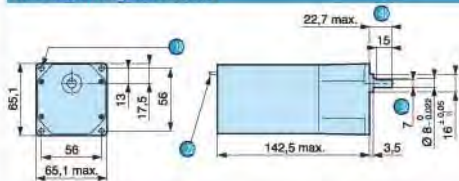
5 Nm RC5 33 Watts 33 W Part number 80835005



- Torque rating: 5 Nm, for long service life
- Motor: nominal power 27 W
- All-metal high-quality gearboxes, "integrated" geared motors
- Base speed range: 7.4 to 426 rpm
- UL approved

	Type	Type	Voltage	Standard speed (rpm)	Output speed (rpm)	Ratios (i)
MADE TO ORDER	33 W	808350	12 V	1800	426	4,22
80835012	33 W	808350	-	-	266	6,75
MADE TO ORDER	33 W	808350	-	-	235	7,66
80835013	33 W	808350	-	-	147	12,25
MADE TO ORDER	33 W	808350	-	-	118	15,31
80835014	33 W	808350	-	-	73	24,5
80835015	33 W	808350	-	-	47	38,28
MADE TO ORDER	33 W	808350	-	-	37	49
80835016	33 W	808350	-	-	29,4	61,25
80835017	33 W	808350	-	-	14,7	122,5
80835018	33 W	808350	-	-	7,4	245

Dimension Diagram : 808350



N°	Legend
1	4 fixing holes \varnothing 4.2
2	Lead length 200 mm \pm 10
3	7 across flats
4	Shaft pushed-in

25 Nm 67 and 195 Watts 67 W Part number



- Torque rating of gearboxes: 2 to 25 Nm
- Associated DC motors: 47 to 90 W
- Planetary DC geared motors with brushes
- Speed range: 11 to 454 rpm
- UL approved

Type	Number of stages	Type	Voltages	Speed (rpm)	Ratios
MADE TO ORDER 67 W	1	808394	12 V or 24 V	410	6,75
MADE TO ORDER 67 W	2	808394	12 V or 24 V	110	25,0
MADE TO ORDER 67 W	2	808394	12 V or 24 V	62	46
MADE TO ORDER 67 W	3	808394	12 V or 24 V	30	93
MADE TO ORDER 67 W	3	808394	12 V or 24 V	18	169
MADE TO ORDER 67 W	3	808394	12 V or 24 V	11	308
MADE TO ORDER 195 W	1	808995	24 V	474	6,75
MADE TO ORDER 195 W	2	808995	24 V	128	25,0
MADE TO ORDER 195 W	2	808995	24 V	70	46
MADE TO ORDER 195 W	3	808995	24 V	34	93
MADE TO ORDER 195 W	3	808995	24 V	19	169
MADE TO ORDER 195 W	3	808995	24 V	11	308

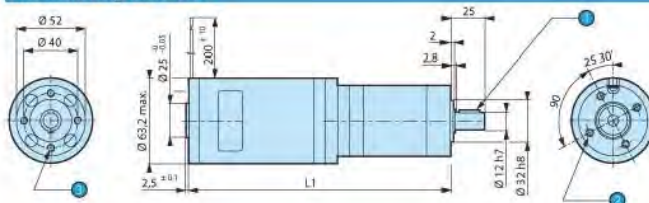
General characteristics

Motor	828305
Gearbox	810494
Max. torque (Nm)	2 (1 stage) 5 (2 stages) 10 (3 stages)
Efficiency (%)	0.75 (1 stage) 0.7 (2 stages) 0.65 (3 stages)
Radial load dynamic (daN)	20 (1 stage) 32 (2 stages) 45 (3 stages)
Axial load dynamic (daN)	6 (1 stage) 10 (2 stages) 15 (3 stages)
Output ball bearing	Yes
Sintered bronze output bearing	No
Approvals	UL 1004

Option: on request

- Motors: 48 V versions, with encoders, etc.

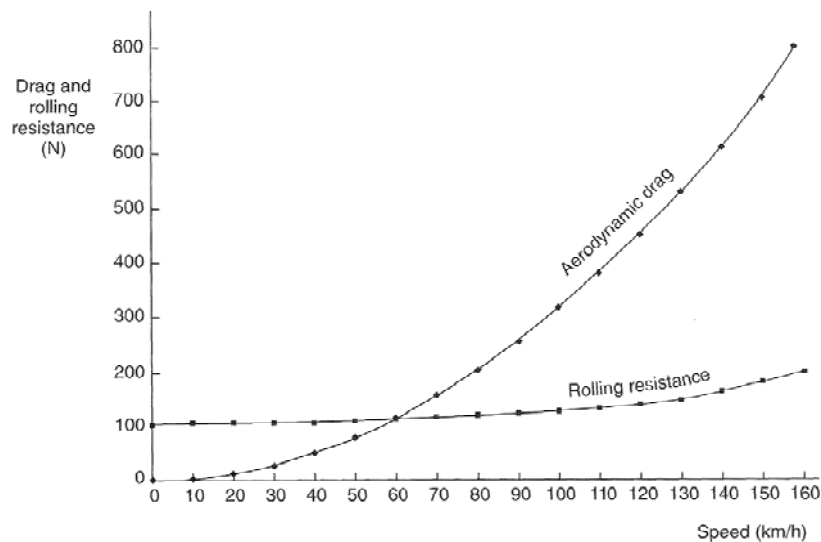
Dimension Diagram : 808394



3.5 CONSIDERAZIONE SULL' AERODINAMICA

Per quanto riguarda le strategie da adottare in termini aerodinamici si impostano una serie di vincoli progettuali basati sulle ricerche effettuate in ambito automotive. Lo scopo primario che bisogna perseguire in questa analisi è la riduzione del carico aerodinamico e il miglioramento delle prestazioni in marcia.

Come noto la resistenza aerodinamica (DRAG) è una delle componenti critiche nell' analisi del rendimento di una vettura e il suo contributo è sempre più pesante all' aumentare della velocità di marcia.



In una vettura sportiva la cui motorizzazione permette il raggiungimento di elevate velocità di punta diventa imperativo ridurre tale resistenza. Due fattori che alterano tale resistenza sono la sezione frontale del veicolo e il coefficiente di resistenza aerodinamica o C_d composto dai seguenti termini :

- Attrito superficiale
- Resistenza di forma (2D)
- Resistenza dei vortici di coda
- Effetto delle ruote
- Sistemi di raffreddamento

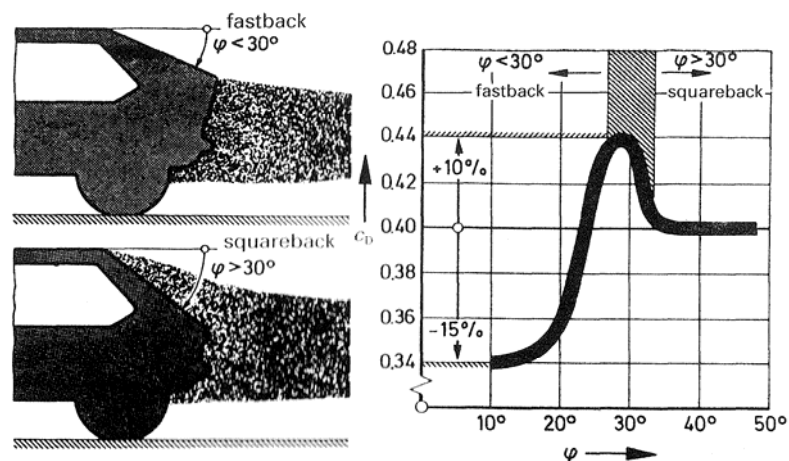
Il nostro obiettivo è perciò quello di ridurre principalmente la sezione frontale della vettura che andremo a realizzare e di migliorare il C_d andando a toccare alcuni aspetti che lo influenzano.

Per quanto riguarda la sezione frontale l'idea è quella di ridurre le dimensioni massime del veicolo rendendolo più compatto ed eliminando delle zone superflue evitando di compromettere l'abitabilità.

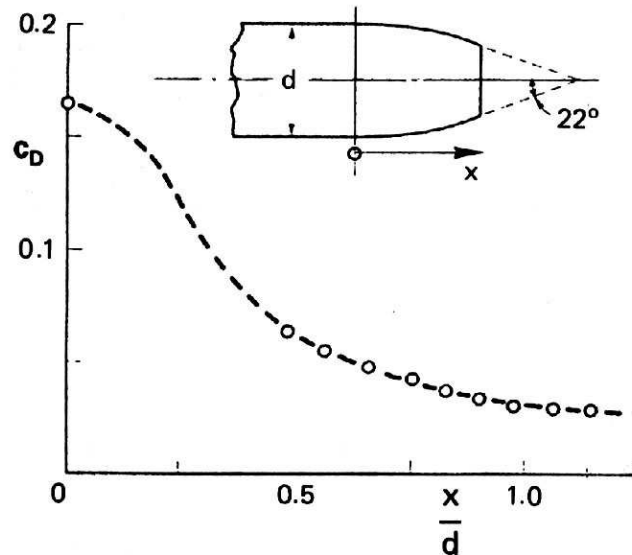


Abbiamo pensato di ridurre l'abitacolo rastremando maggiormente il padiglione e ovviamente portando al limite l'altezza dal suolo e l'altezza massima della vettura.

Per i vortici di coda abbiamo pensato ad una configurazione di tipo Fastback con un angolo di slant (φ) molto basso tipica dei coupè sportivi.



Inoltre cercheremo nei limiti del possibile di realizzare una configurazione del posteriore che sfrutti l'effetto del Boat mailing sempre allo scopo di abbassare il C_d .



Per quanto riguarda la resistenza dovuta alle appendici aerodinamiche e alle aperture per il raffreddamento sfrutteremo il sistema di regolazione già descritto nella sezione delle innovazioni tecnologiche per regolarne l'impatto sulla resistenza globale.

Come ultimo punto sull'analisi dell'aerodinamica punteremo a ridurre l'effetto della resistenza dovuta al flusso attorno alle ruote adottando una strategia oggi molto diffusa ma di difficile applicazione, ovvero l'inserimento di prese di sfogo nella parte posteriore dei passaruota anteriori.



3.6 SCELTA DELLO STILE

Durante questo percorso di Conceptual design abbiamo toccato quasi tutti gli aspetti che si incontrano nella progettazione di un layout generale di una nuova vettura come:

- LA STORIA DEL MARCHIO (BRAND)
- GLI ASPETTI TECNICI
- LA NORMATIVA
- L'AERODINAMICA

Quello che ora andremo a considerare in ultima istanza non è un aspetto strettamente tecnico ma coinvolge tutti gli aspetti fin qui analizzati e ne rivela il senso. Stiamo parlando dello stile che avrà la nostra vettura, l'immagine che trasmetteremo al cliente e che ci permetterà di vendere il nostro prodotto.

Per quanto riguarda i modelli Lamborghini, specie quelli più estremi ed esclusivi, come nel nostro caso, la storia ha un peso fondamentale, mentre il family feeling è una conseguenza di vari concetti estetici e stilistici legati soprattutto all'emotività ed alle prestazioni presunte. Storicamente una Lamborghini deve avere un aspetto stupefacente, aggressivo e deve dare risalto alle innovazioni tecnologiche rendendola ove possibili ancora più futuristica.

Quando si osserva una supercar per stupefacente s'intende un aspetto veramente inconsueto, che generi una piacevole sensazione di stupore e meraviglia al primo sguardo, al tempo stesso deve dare il senso delle prestazioni, della potenza, della penetrazione aerodinamica e della velocità. Questo perché l'acquirente o lo spettatore deve intuire solo dalle forme le capacità della vettura e l'incredibile potenza installata. Le Lamborghini sono auto essenzialmente da esibire e quindi devono fare di tutto per non passare mai inosservate, specie se messe a confronto con modelli di case concorrenti.

Inizialmente non era possibile distinguere un vero e proprio Family Feeling del marchio Lamborghini, le scelte aziendali fatte proponevano di innovarsi continuamente sia nella tecnica che nello stile e perciò non esistono nei primi anni modelli confrontabili tra loro che denotino tratti comuni. Si pensi solo ai vari passaggi che ci sono stati tra la prima 350 GT, la Miura e poi la Countach: ognuna inaugurava una nuova epoca, stravolgendo tutti i concetti del modello precedente.

Tuttavia, con il tempo (dalla Countach in poi), anche le Lamborghini hanno iniziato a presentare alcune connotazioni ricorrenti che, di fatto, oggi costituiscono i veri elementi sui quali si basa il family feeling Lamborghini, tra i quali:

- I VOLUMI ESTREMANETE SLANCIATI E CUNEIFORMI
- IL MUSO BASSO E LA CODA ALTA, UNITI TRA LORO SENZA SOLUZIONE DI CONTINUITA' A FORMARE UN CUNEO PERFETTO
- TUTTI I TAGLI DELLA CARROZZERIA MOLTO NETTI CON FORME SEMPRE PIUTTOSTO SPIGOLOSE
- LA DOPPIA PRESA D'ARIA ANTERIORE AI LATI
- PRESE D'ARIA ED APPENDICI AERODINAMICHE SEMPRE PIUTTOSTO IN EVIDENZA
- VOLUME POSTERIORE SEMPRE MOLTO ACCENTUATO AD INDICARE LA ZONA DOVE SI SPRIGIONA LA POTENZA DEL MOTORE (le Lamborghini sono tutte a motore posteriore/centrale)
- PADIGLIONE E TETTuccio SEMPRE MOLTO RASTREMATI VERSO L'ALTO

Nella scelta del nostro stile abbiamo seguito questa serie di concetti base senza però ancorarci molto ad essi allo scopo di creare ,come veniva fatto in passato ,un nuovo concetto di Lamborghini da inserire in un eventuale contesto futuro.



Lo studio dei volumi è partito dalla ricerca sul cuneo perfetto, dividendo in modo abbastanza netto la zona anteriore, il più possibile rastremata ed affusolata, dalla zona posteriore, massiccia ed “importante”, con in più un padiglione, particolarmente rastremato, soprattutto verso l’alto, alla ricerca di una spiccata riduzione della sezione frontale complessiva, per agevolare consumi (emissioni) e soprattutto prestazioni.

Ci si è così ritrovati un volume che, pur perfettamente raccordato (a cuneo) nella zona alta dal padiglione dell’abitacolo, nella zona immediatamente dopo i passaruota anteriori, presenta una certa discontinuità, dovuta alla compenetrazione dell’imponente volume posteriore (un cuneo perfetto), con il ben più rastremato volume anteriore. Il risultato finale è di sicuro effetto, in quanto totalmente originale e certamente fuori dagli schemi (nel più puro spirito Lamborghini).

Successivamente alla scelta della geometria principale si è passati alla definizione di alcuni dettagli estetici. Così nella zona anteriore ritroviamo il paraurto basso ed affilato dove le due

tradizionali prese d'aria laterali sono ulteriormente enfatizzate dalla parte centrale del muso leggermente prominente; il cofano invece, piuttosto rastremato e basso al centro, per ragioni sia di campo visivo ottimale, sia aerodinamiche (in velocità genera una certa quantità di downforce sull'asse anteriore), è completato anteriormente dalle calotte dei gruppi ottici anteriori, di forma geometrica piuttosto angolata ed aggressiva. Altro tratto di originalità, dovuto principalmente alla notevole rastrematura del volume anteriore, sono i due grossi passaruota anteriori prominenti ai lati il cui effetto sull'aerodinamica va analizzato con molta attenzione.

Lateralmente, il cuneo generato dal volume posteriore, lascia così spazio ad una metratura di forma a sua volta decisamente cuneiforme (stile Diablo), che accentua ulteriormente il dinamismo di tutto l'insieme, mentre dona una certa forza ai passaruota posteriori, simbolo di potenza per eccellenza. Il padiglione si rastrema in pianta a forma di goccia progressivamente verso il posteriore dell'auto per dare aria alle due ali posteriori che sottintendono anche i convogliatori per i radiatori dell'acqua posteriori (dal layout Murciélago).

La fiancata è completata da una presa d'aria leggermente sporgente, nella parte bassa, immediatamente antistante i passaruota posteriori, a sua volta collegata da una minigonna aerodinamica inferiore (per dividere nettamente il flusso in fiancata, dal flusso nel sottoscocca).

Posteriormente, oltre alle già citate ali laterali mobili, ritroviamo una serie di particolari tipici: dai due grossi sfoghi laterali per i radiatori acqua, al grosso terminale di scarico centrale, sino allo scivolo estrattore inferiore. L'originalità, in questo caso, oltre che dalla forma dei gruppi ottici e dal particolare abbinamento di tutti i dettagli, al posteriore è data soprattutto dai due condotti generati dal meccanismo di rotazione delle due ali, che aggiungono ulteriore aggressività al posteriore della Revenge, con un vago aspetto aeronautico (sembrano quasi due reattori).

Ora infine abbiamo tutti i dati a disposizione per ingegnerizzare lo stile scelto e creare uno schema generale per la progettazione di una nuova vettura sportiva.

4.1 EMBODIMENT DESIGN

La fase di *embodiment design* prevede lo sviluppo della soluzione concettuale scelta nella fase precedente, nel rispetto dei vincoli imposti dalla normativa analizzata, occorre anche badare allo stile scelto studiando in maniera intelligente il modo di coniugarlo con la normativa e con i limiti geometrici della vettura. Tale sviluppo consiste nelle seguenti fasi realizzative:

- nella determinazione del layout finale del prodotto;
- nella scelta dei materiali da utilizzare;
- nel progetto preliminare delle forme da adottare;
- nel trovare soluzione per ogni funzionalità ausiliaria;
- nella definizione dei processi produttivi.

La fase di *embodiment design* coinvolge un elevato numero di passi correttivi in cui l'analisi e la sintesi si alternano e si completano costantemente; a causa di ciò non è possibile stabilire in maniera rigorosa i passi da seguire, tuttavia è possibile riassumerli schematicamente nel seguente ordine:

Layouts e modelli preliminari:

- determinazione dei requisiti di taglia, configurazione e materiali;
- definizione dei vincoli spaziali;
- disegno di una bozza di layout;
- disegno di layout preliminari per i componenti adibiti alle funzioni principali;
- scelta di uno o più layout preliminari idonei;
- disegno di layout preliminari per i restanti componenti adibiti alle funzioni principali, non ancora presi in considerazione.

Layouts e modelli di dettaglio:

- definizione di layout dettagliati per i componenti adibiti alle funzioni principali;
- definizione di layout dettagliati per i componenti adibiti alle funzioni ausiliarie;
- valutazione delle varianti di layout sviluppate, secondo criteri tecnici ed economici;
- scelta del layout complessivo preliminare.

Completamento e controlli:

- ottimizzazione e completamento del progetto corrispondente al layout selezionato;
- controllo e correzione degli errori;
- preparazione di una distinta base e di documenti di produzione e assemblaggio preliminari;
- scelta del layout definitivo e passaggio alla fase di detail design

Una volta recepito questo schema di massima per il processo di embodiment si può procedere senza seguire in maniera meccanica i passi finora descritti adottando piuttosto un approccio di tipo globale con un costante feedback di tutte le fasi eseguite (sia singolarmente che in gruppo).

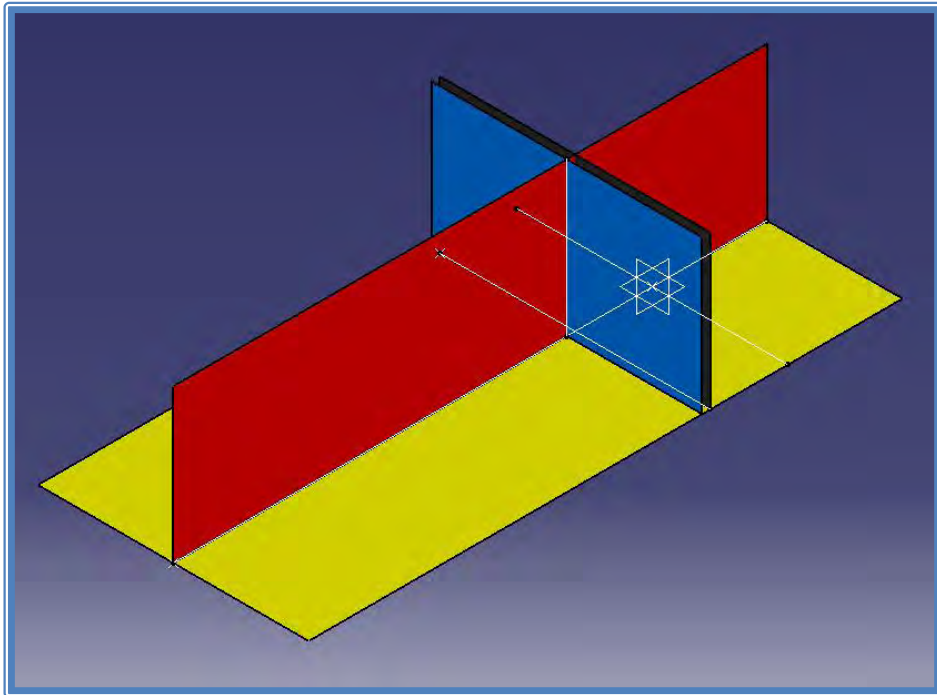
4.2 REALIZZAZIONE DELLA MATEMATICA PRELIMINARE

Mostriamo ora a grandi linee il processo che porta alla produzione della matematica di un prototipo di carrozzeria, tale modello servirà all' azienda produttrice per sviluppare tutte le fasi successive quali:

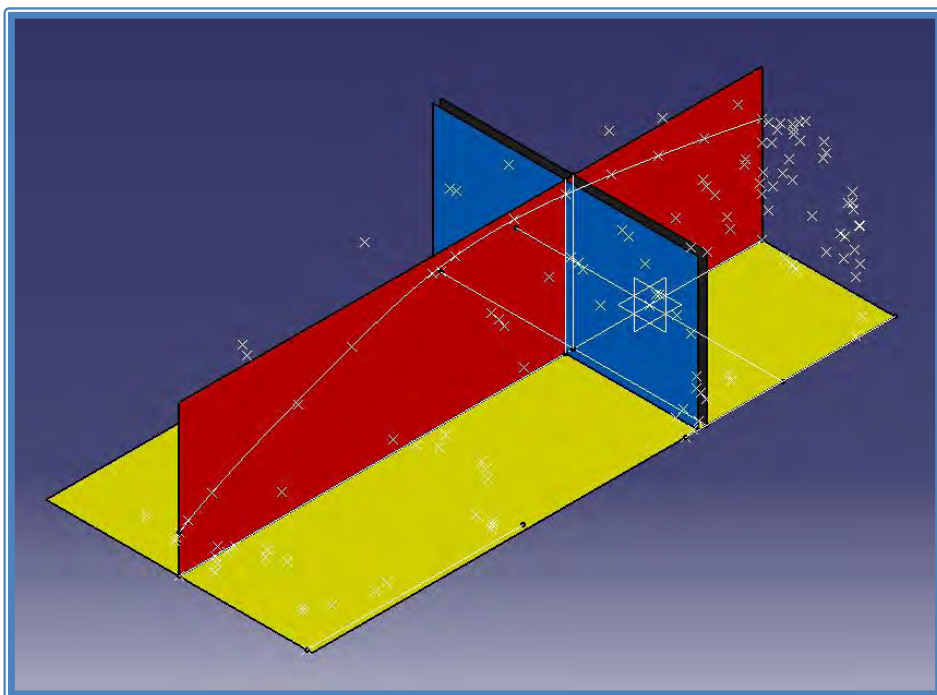
- realizzazione di un prototipo in scala per la valutazione
- adattamento ad una configurazione di telaio idonea
- divisione delle superfici per la produzione
- riprogettazione delle singole superfici estratte per ancoraggio al telaio
- progettazione in dettaglio dei meccanismi
- valutazioni sull' aerodinamica

Alcune di queste fasi verranno poi toccate nei capitoli successivi, altre richiedono il lavoro di un team di professionisti e perciò verranno tralasciate, il lavoro svolto in questa tesi consentirà comunque di poter ripartire e realizzare le fasi mancanti.

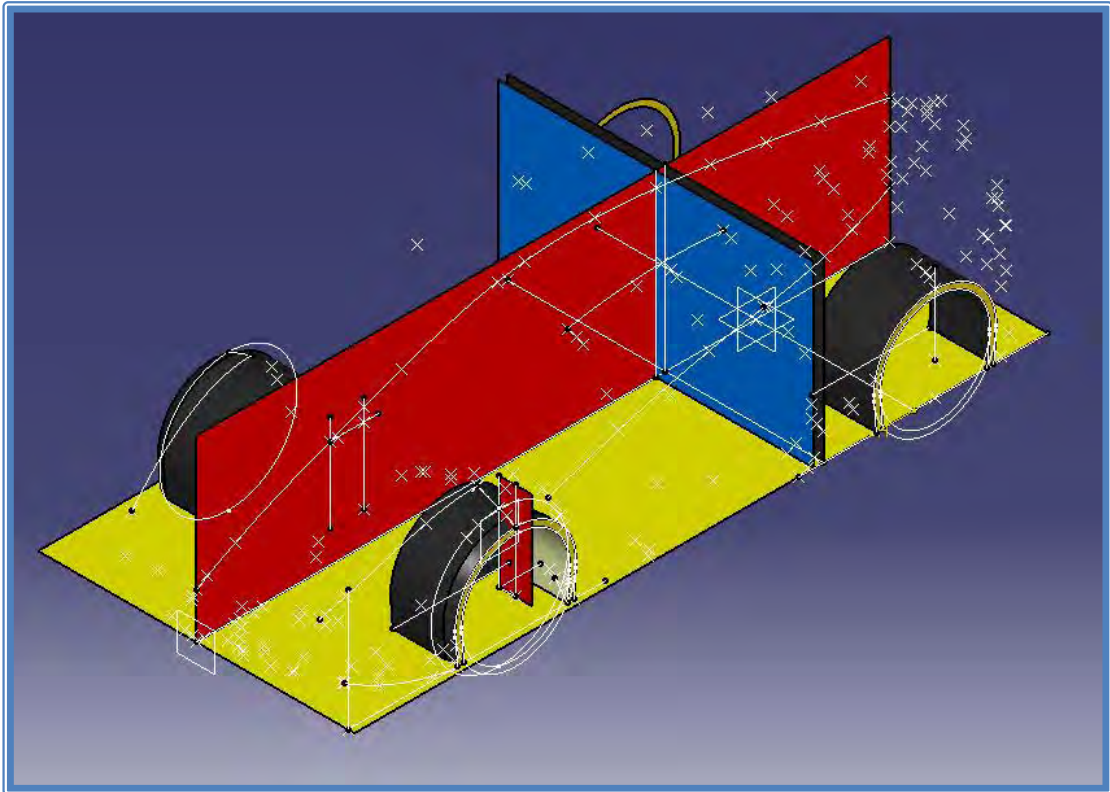
Passiamo ora alla strategia di modellazione, per prima cosa ci appoggiamo al layout predefinito e alla normativa realizzando tre piani fondamentali che riutilizzeremo in tutto il corso della modellazione, tali piani sono il piano longitudinale di simmetria (in rosso), il piano trasversale del paraframma (in blu) e il fondo vettura (in giallo).



Come secondo passo riportiamo seguendo lo stile il profilo longitudinale mediano della vettura sul piano corrispondente al fine di creare un riferimento per la simmetrizzazione, in sostanza se non vogliamo che le superfici generino uno spigolo in mezzeria occorre che le linee che intersecano questo profilo lo facciano normalmente al piano di simmetria (oltre a questo si incominciano a fissare dei punti per le geometrie successive).

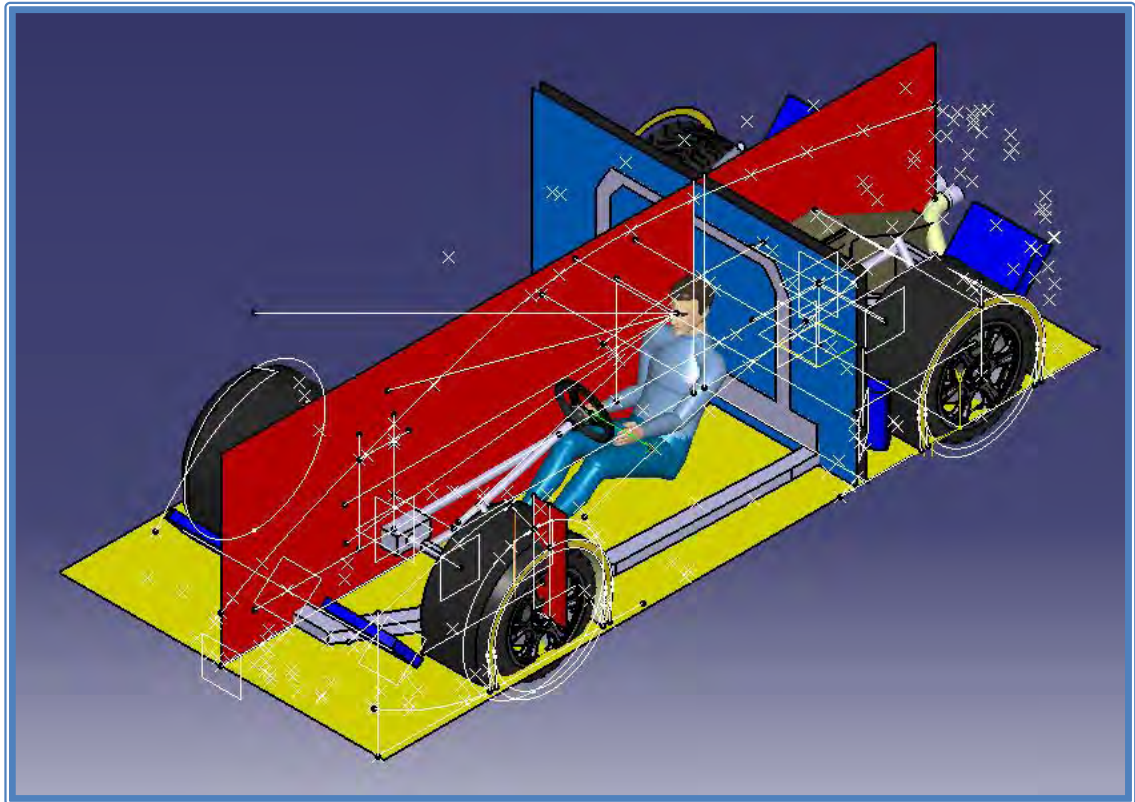


Il passo successivo è la realizzazione dei vani per le ruote, è utile realizzarli all' inizio per evitare di dover riconsiderare la geometria a causa di un loro tardivo inserimento. Come molte parti del nostro disegno è possibile realizzare i vani di un solo lato e simmetrizzarli con l'apposito comando rispetto al piano definito precedentemente.



Come si nota dal disegno nel frattempo alcuni componenti wireframe del disegno vengono portati avanti per tenere sotto controllo l'avanzamento globale ed evitare di trovarsi poi di fronte a gravi incongruenze geometriche.

Si effettua ora ad un rapido controllo della congruenza con il layout meccanico definito e si passa poi alla modellazione, è importante tenere sottomano il layout meccanico in tutte le fasi di modellazione per evitare delle compenetrazioni o dei difetti di volume interno che potrebbero rendere la carrozzeria incompatibile con le componenti meccaniche principali e con il manichino del guidatore (il passeggero viene considerato all' incirca una simmetrizzazione del guidatore).



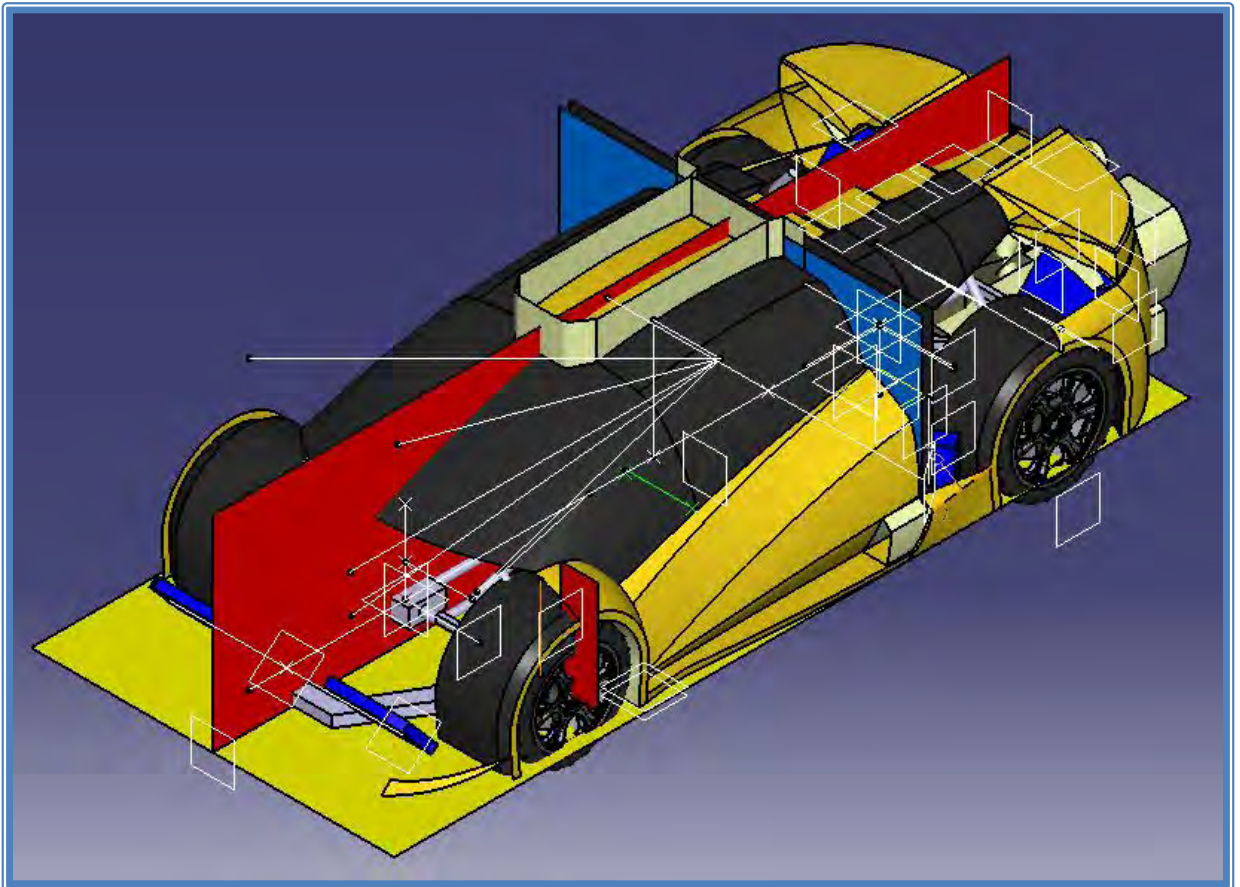
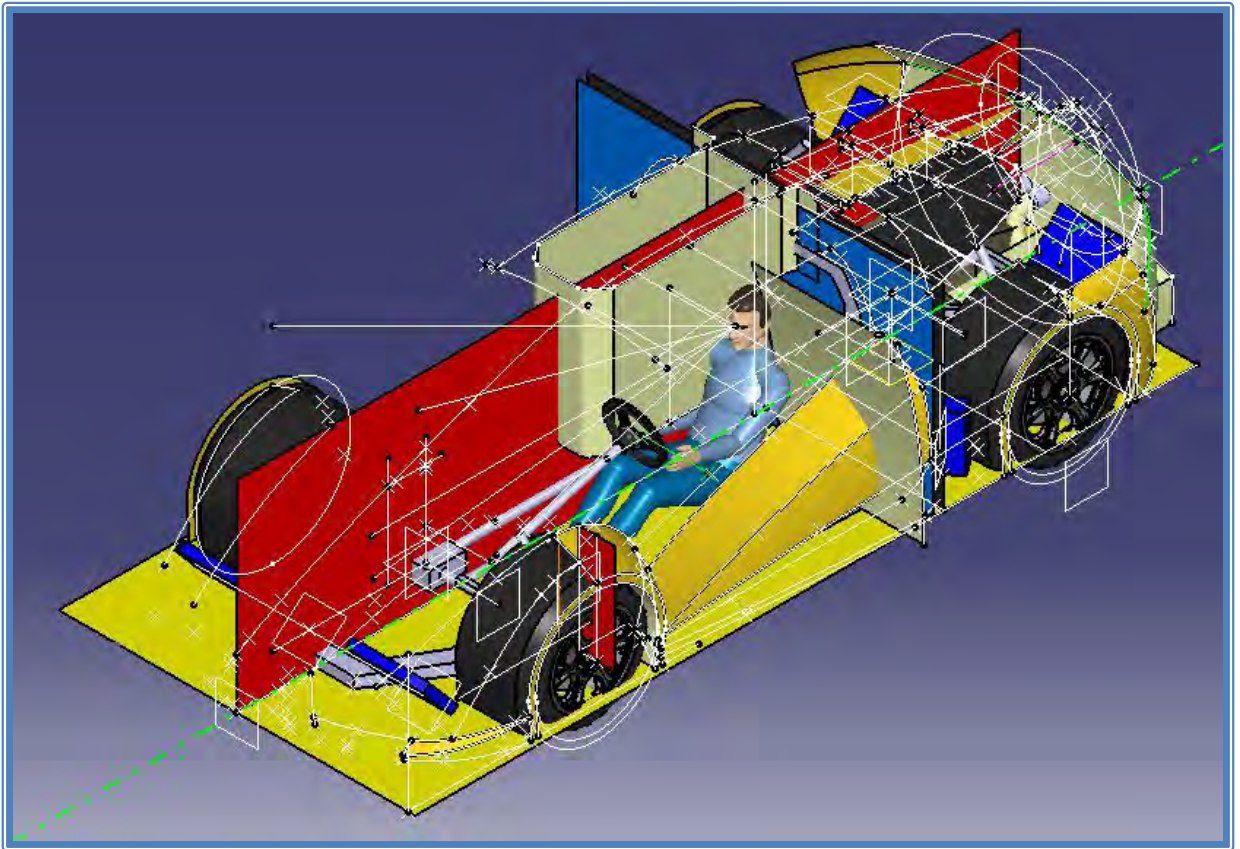
Una volta pronta questa matematica di base si procede in quelle che sono 3 distinte fasi della modellazione, come già spiegato anche se le fasi sono distinte non viene seguito alla lettera l'ordine stabilito ma si salta da una fase all'altra al fine di armonizzare la geometria globale.

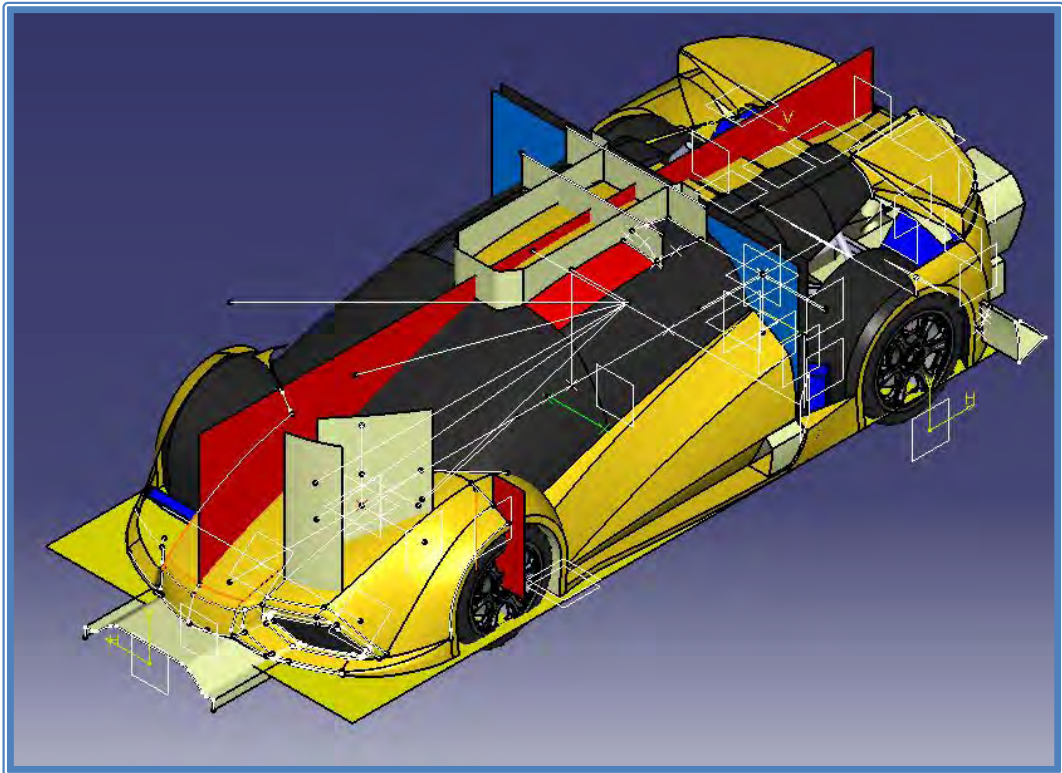
Le fasi preliminari principali sono:

- realizzazione della matematica della zona posteriore
- realizzazione della matematica della zona frontale
- realizzazione delle fiancate e del tetto

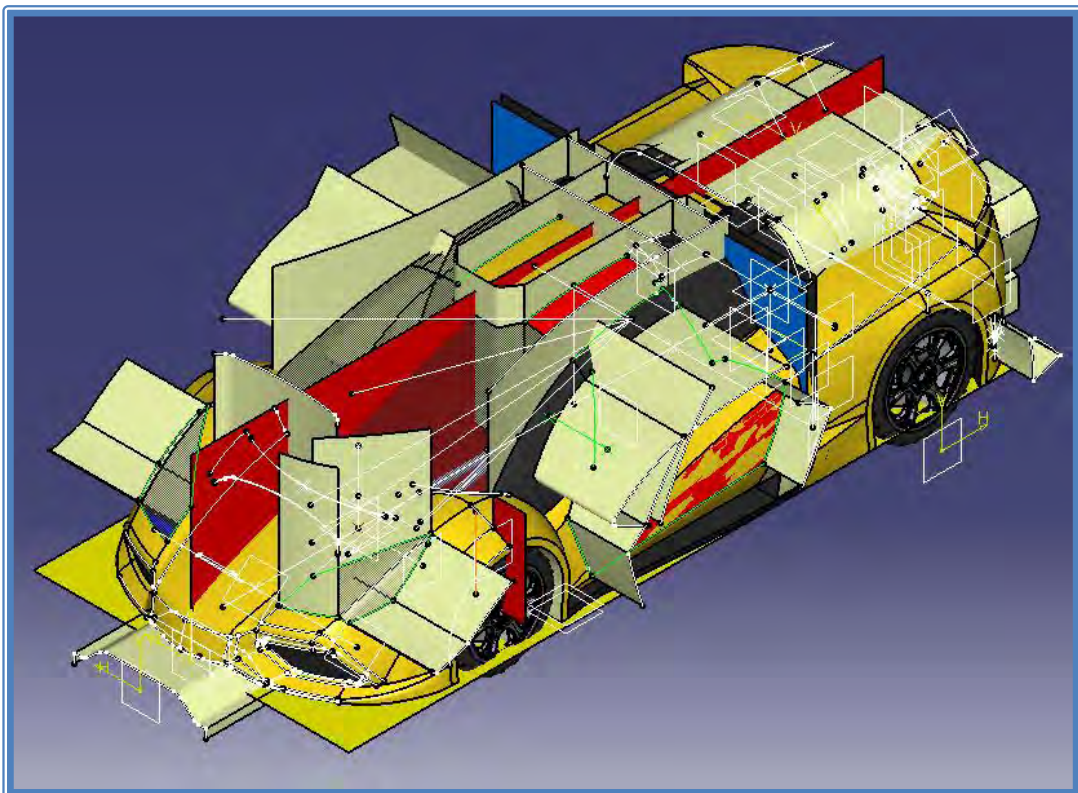
Successivamente a queste il modello potrà svincolarsi da alcuni parametri del layout già soddisfatti e verranno eseguite le dettagliature, il controllo della qualità delle superfici e le operazioni tecniche per il collegamento con l'ambiente CAM.

Vi mostriamo ora alcune fasi della modellazione che riproducono l'esatto percorso seguito durante la modellazione (le informazioni sono estratte dallo storico del CAD).

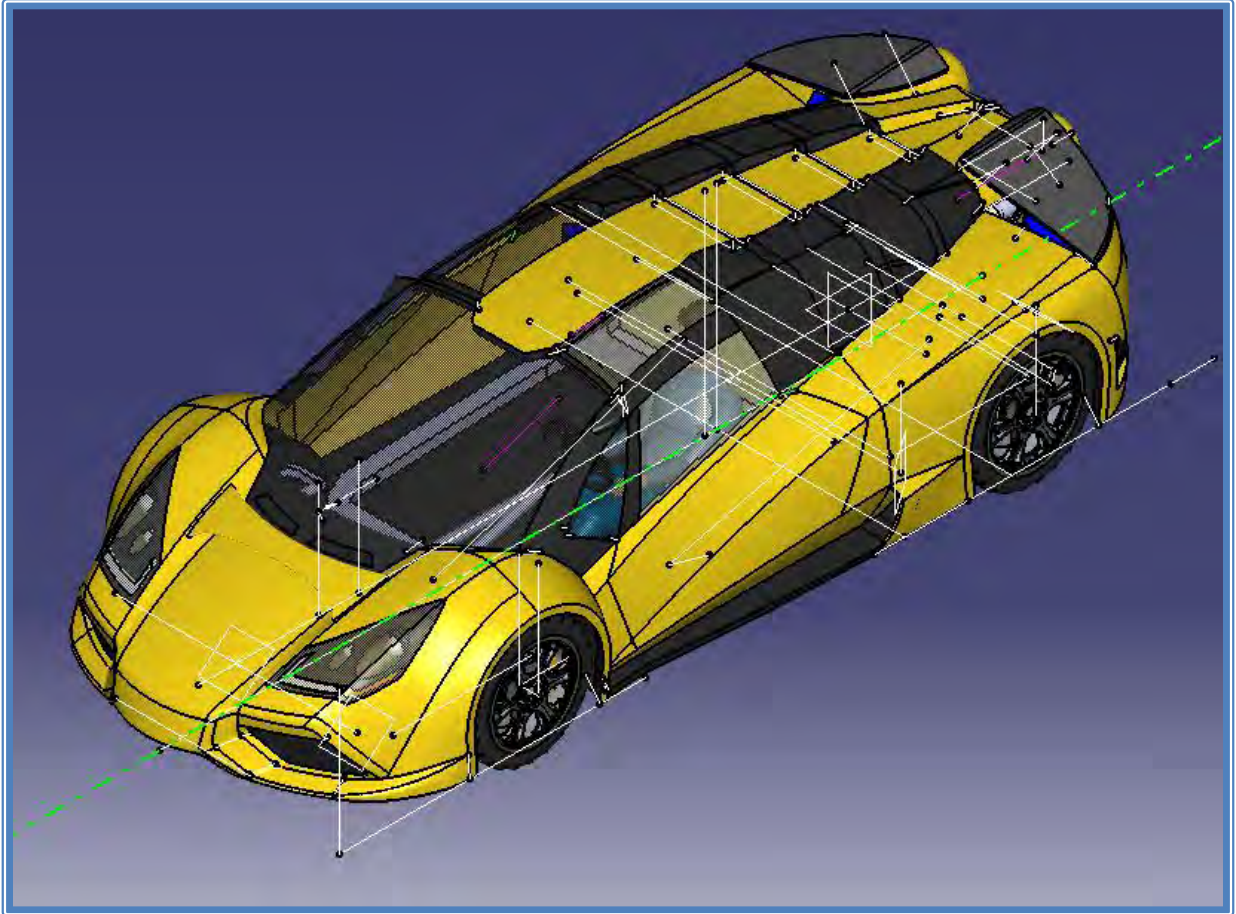




Quando la geometria ha soddisfatto la maggior parte dei requisiti di layout si passa alla dettagliatura, ovvero la realizzazione delle portiere, dei fari e di altri particolari minori.



Il primo risultato della modellazione al CAD è un modello semidefinitivo che andrà ora analizzato ancora più nel dettaglio al fine di evitare problemi nella realizzazione del modellino in scala.



4.3 REALIZZAZIONE PRIMO PROTOTIPO DI VALUTAZIONE

Per avere un veloce e sicuro riscontro del lavoro fin qui svolto decidiamo di realizzare un piccolo prototipo della vettura in scala 1:30 , questo modellino darà un' idea iniziale delle forme e delle proporzioni che in ambiente CAD non è possibile appurare con chiarezza.

Il metodo più semplice ed economico per produrlo è affidarci alla prototipazione rapida, una tecnologia ormai consolidata nelle aziende che realizzano studi e prototipi di stile. Facciamo ora una breve introduzione a questa tecnologia che riutilizzeremo anche nella produzione del prototipo vero e proprio.

Le fasi della Rapid Prototyping

La prototipazione rapida è un processo di produzione additiva di componenti meccanici. In dettaglio le fasi che portano alla realizzazione del prototipo sono le seguenti:

- Creazione del file STL
- Gestione del file STL
- Costruzione del prototipo layer by layer (strato dopo strato)
- Post trattamenti

Fase 1: Creazione del file STL

È una fase preliminare alla prototipazione vera e propria e consiste nella generazione del file STL e nella sua verifica. Il file STL (Standard Triangulation Language To Layer) è uno standard grafico che descrive l'oggetto tramite una decomposizione in triangoli delle superfici che lo compongono. In pratica le superfici del pezzo vengono meshate ("mesh" significa "maglia") con elementi triangolari. Approssimativamente il numero di questi triangoli è tanto maggiore quanto meglio si vuole approssimare la superficie. Lo standard STL fu sviluppato inizialmente dalla "3D Systems" ed è attualmente lo standard accettato da quasi tutti i sistemi di prototipazione rapida in commercio.

La fase di generazione del file STL si può scomporre in due sotto-processi; in particolare la prima sotto-fase impegna l'intelletto del progettista e consiste nel realizzare il modello matematico, esclusivamente in ambiente CAD, partendo da due strade ben distinte e precisamente:

- Mediante l'ausilio integrale di software CAD
- Mediante l'impiego di tecniche di ingegneria inversa

La prima delle due precedenti è la strada che si percorre quando si realizza un prodotto che si ha già in mente e che si vuole mettere nero su bianco, oppure si deve procedere alla modifica di un prodotto esistente di cui si ha già il modello matematico. La seconda strada è indicata quando non si dispone o non esiste il modello matematico e si procede, mediante tecniche di ingegneria inversa (reverse engineering), ossia mediante appositi strumenti si scansiona la superficie dell'oggetto di cui si vuole il modello CAD. Questi restituiscono un certo numero di punti appartenenti alle superfici scansionate, punti che in gergo si individuano con il nome

"nuvola di punti". La nuvola viene elaborata tramite CAD o software dedicati per ottenere il modello matematico tridimensionale.

La seconda sotto-fase della fase 1 consiste nel realizzare il file di estensione .STL (Standard Triangulation Language) mediante apposite utility di esportazione o direttamente dal CAD qualora questa utility sia integrata oppure si deve prima salvare in un formato intermedio (Iges, Acis-Sat) e poi con software dedicato realizzare l'STL. Bisogna fare attenzione a non effettuare troppi passaggi prima di arrivare all'STL per evitare un deterioramento eccessivo della matematica del modello.

Fase 2: Gestione del file STL

Una volta generato il file STL si deve verificare che sia esente da errori. Il controllo si fa attraverso software dedicati, commerciali come il Magics RP della "Materialise" o open source mediante i quali oltre a individuare e correggere gli errori presenti, si possono progettare i supporti per le parti a sbalzo, orientare gli oggetti (operazione che può influenzare fortemente il risultato finale), modificarli ed eseguire lo slicing, cioè generare le "fette" che sovrapposte le une alle altre daranno vita al solido finale. Lo slicing è una operazione critica perché determina le caratteristiche superficiali dell'oggetto finito. Questa operazione può essere di tipo uniforme oppure adattativo quando lo spessore delle slice (letteralmente: fette) è variabile e lo si sceglie in funzione della curvatura della superficie al fine di adattare meglio la geometria finale, riducendo l'effetto staircase (le superfici inclinate sono approssimate da scalini). Una descrizione più specifica sarà descritta più avanti.

Fase 3: Costruzione del prototipo "Layer by Layer"

Consiste nell'inviare alla macchina il file STL o le slice, a seconda del modello di prototipatrice, e procedere con la deposizione del materiale strato per strato fino ad arrivare all'oggetto finale. Questa fase può durare alcune ore in funzione delle dimensioni dell'oggetto in particolare dell'altezza, pertanto un'accurata scelta dell'orientazione è importante sia per la finitura superficiale sia per ridurre i tempi macchina.

Fase 4: Post trattamenti

Sono operazioni manuali il cui scopo è togliere l'oggetto stampato dalla macchina e liberarlo dal supporto o dal materiale in eccesso ed eventualmente operare ulteriori finiture. Queste

possono essere semplici, nel caso in cui si tratta di rimuovere il prototipo dalle polveri in eccesso, o leggermente più complicate, come nel caso della tecnica PolyJET, dove si ricorre a un'idropulitrice che rimuove il liquido di supporto. In altri casi si può procedere a un miglioramento delle superfici ricorrendo a trattamenti superficiali quali l'impiego di carta abrasiva o verniciatura.

Problematiche della RP

Come ogni attività anche la RP è soggetta ad alcune problematiche che influenzano il risultato finale, pertanto un'attenta analisi preliminare e una corretta applicazione delle metodologie derivanti da queste analisi aiuta a diminuire di molto gli inconvenienti che potrebbero verificarsi.

Problematiche di generazione del STL

La prima problematica che interviene è quella legata alla generazione del file STL, dato che un eccesso di errori presenti in esso può deteriorare a tal punto la rappresentazione dell'oggetto che il risultato finale è tale da non consentire l'utilizzo del prototipo. Gli errori più comuni e le cause che li generano sono:

Discontinuità del verso della normale dei triangoli; i triangoli presentano differente orientazione che genera rugosità superficiale sul pezzo finito. Si è appurato che questo problema si presenta quando il pezzo occupa contemporaneamente più quadranti e il software non gestisce questo baco.

Overlapping (sovrapposizione) dei triangoli: alcuni triangoli risultano parzialmente o completamente sovrapposti. Questo genere di incongruenza si presenta maggiormente quando si fa uso di operazioni booleane.

Holes (fori): i software preposti alla generazione dell'STL non sono in grado di gestire correttamente le operazioni booleane e possono creare dei fori che devono essere chiusi

Bad contours (contorni imperfetti): i triangoli, per effetto di una errata scelta della tolleranza e delle caratteristiche della superficie, risultano discontinui pertanto si deve ricorrere a una operazione di stitching (ricucitura), ossia la superficie o una parte deve essere tirata in modo da far combaciare i lati dei triangoli.

Problematiche di slicing

Lo slicing, come già ribadito, è la suddivisione del modello matematico, ossia il file STL che già risulta in parte degradato dalla conversione dal formato proprio del CAD all'STL, in "fette" orientate orizzontalmente rispetto alla disposizione che si è fatta dell'oggetto all'interno del volume di lavoro nella macchina. Data la particolare metodologia di lavorazione, la superficie finale del pezzo presenterà un aspetto a gradini. È evidente che a differenti spessori delle slice corrisponderanno differenti risultati finali, in particolare per le superfici curve. L'ideale sarebbe di disporre spessori infinitesimali e macchine capaci di stampare tali slice in modo velocissimo.

Per macchine a spessore di slice costante, dette slice uniformi, il problema non si pone più di tanto dato che il campo d'intervento dell'operatore è relegato alla sola scelta dell'orientazione del pezzo sulla tavola di lavoro. Discorso differente nel caso di sistemi a slice adattative; infatti, appositi software si occupano di modulare l'altezza delle slice in base alla curvatura del pezzo, per cui si avranno slice più spesse di fronte a superfici a elevato raggio di curvatura e più sottili nelle zone a curvatura elevata. Il risultato finale è quello di avere una superficie a gradini, effetto denominato staircase (letteralmente: scalinata, gradinata).

Problematiche di contenimento

Un altro importante inconveniente a cui si ci trova davanti è il fatto che il prototipo può contenere o meno la superficie nominale. Se il profilo nominale si trova all'interno del prototipo, con una successiva figura di finitura, nel caso non siano rispettate le tolleranze indicate, il prototipo può essere accettato. Se il profilo nominale è all'esterno del profilo, se le tolleranze lo permettono, il prototipo può essere considerato buono.

Problematiche d'interfacciamento

Sono le problematiche che si riscontrano durante il passaggio dati dal CAD alla macchina. C'è da dire che oggi i più diffusi CAD hanno integrati moduli di esportazione, per cui i problemi citati nel paragrafo "Problematiche di generazione del STL" sono alquanto ridotti anche se in alcune occasioni possono riscontrarsi.

Ottimizzazione della fase di stampa

La scelta di un'orientazione piuttosto che un'altra permette di avere risultati differenti. Ottimizzare la fase di stampa consiste nello scegliere la corretta orientazione per tutti i corpi messi sulla tavola di lavoro; infatti, quando si tratta di disporre un solo pezzo questa risulta abbastanza facile, poiché si deve tenere conto di ciò che può succedere al singolo pezzo.

Cambiare l'angolo che una superficie forma con la base di lavoro aumenta o diminuisce la rugosità a causa dell'aumentare dell'effetto staircase. Quando invece si devono disporre più pezzi, oltre a tenere sotto controllo quanto appena esposto, si deve cercare di ridurre il più possibile il tempo di lavorazione.

I tempi di lavorazione si riducono in modo diverso a secondo della macchina impiegata. Una disposizione con i pezzi lungo l'asse y, ha un tempo di costruzione molto superiore a quello per realizzare gli stessi pezzi disposti lungo l'asse x della macchina.

Le linee guida che si possono delineare per la disposizione dei pezzi sono le seguenti:

- Valutare preventivamente l'orientazione ottimale e tenere presenti le disposizioni possibili, compatibilmente con le specifiche imposte dal committente.
- Tra le orientazioni ammissibili, scegliere quelle che presentano altezza inferiore.
- Disporre sulla tray (tavola di appoggio) pezzi che presentano altezza il più possibile omogenea
- Cercare di ricoprire la maggior superficie possibile della tray, con il criterio precedentemente esposto, al fine di ridurre le passate per completare la slice.

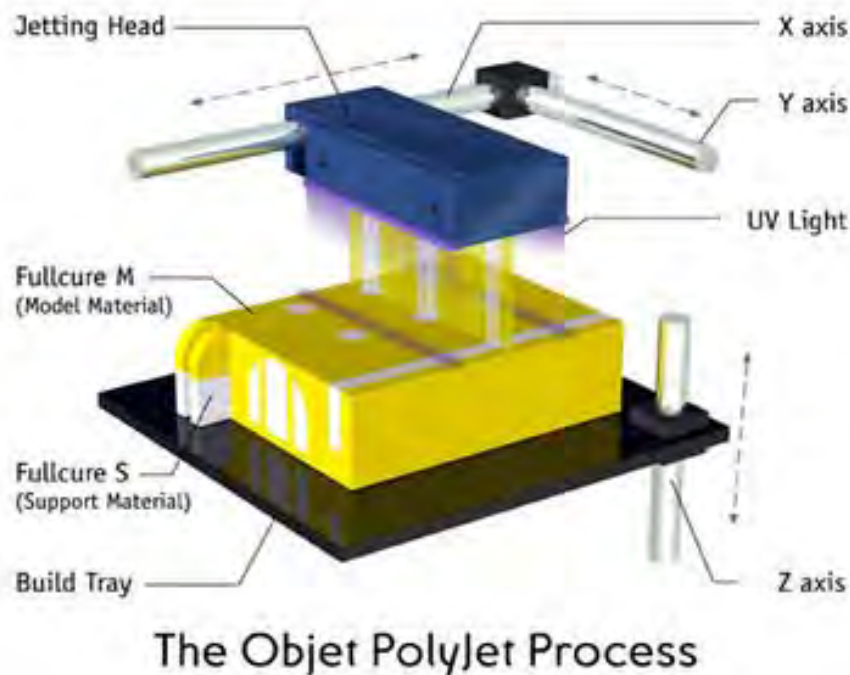
La tecnologia che nello specifico andremo ad utilizzare per tutte le produzioni dei nostri modellini in scala sarà la PolyJEY.

Il processo pratico si basa sulla deposizione di strati liquidi di fotopolimeri sensibili ai raggi ultra violetti e quasi in contemporanea due potenti lampade UV provvedono al loro indurimento. Più precisamente una serie di pompe trasportano due resine, quella che serve per realizzare il modello e quella che serve come supporto, dalle cartucce ai serbatoi della testina. La testina provvede a deporre in modo appropriato le resine. In particolare la resina "modello" è depositata dove c'è il volume del prototipo, invece quella supporto si utilizza per riempire le

cavità o per sorreggere pareti inclinate di un angolo maggiore di 88° (gradi sessagesimali) con la linea dell'orizzonte (lato oggetto).

Deposta la *slice*, che presenta spessore di $16\ \mu\text{m}$, viene esposta a radiazione UV per mezzo delle lampade UV poste ai lati della testina e solidali con essa. A questo punto il piano si abbassa della quantità necessaria e il procedimento si ripete.

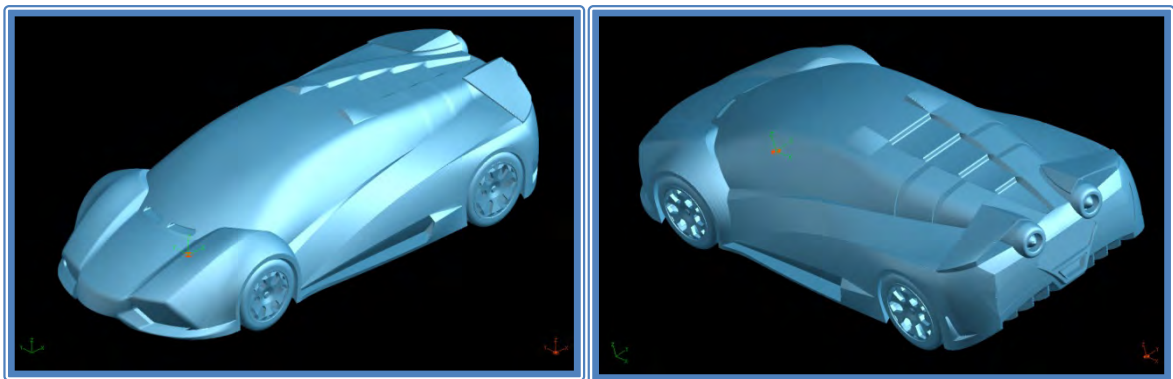
Questa tecnica ha la caratteristica di ottenere delle superfici la cui rugosità varia dai $2\text{-}3\ \mu\text{m}$ ai circa $15\ \mu\text{m}$, con delle risoluzioni molto spinte. Vediamo uno schema esemplificativo della tecnologia illustrata.



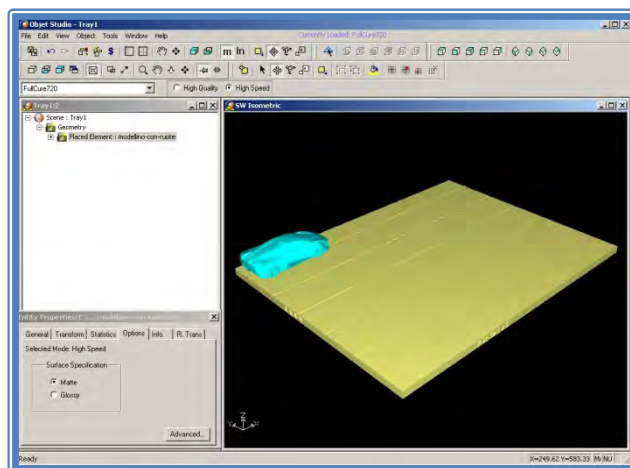
Per realizzare il nostro prototipo utilizziamo una macchina OBJET serie EDEN 500 V con una capacità di carico di mm 500 x 400 x 200 utilizzando una resina FULL CURE 720 la cui composizione è nota solo all'azienda distributrice.



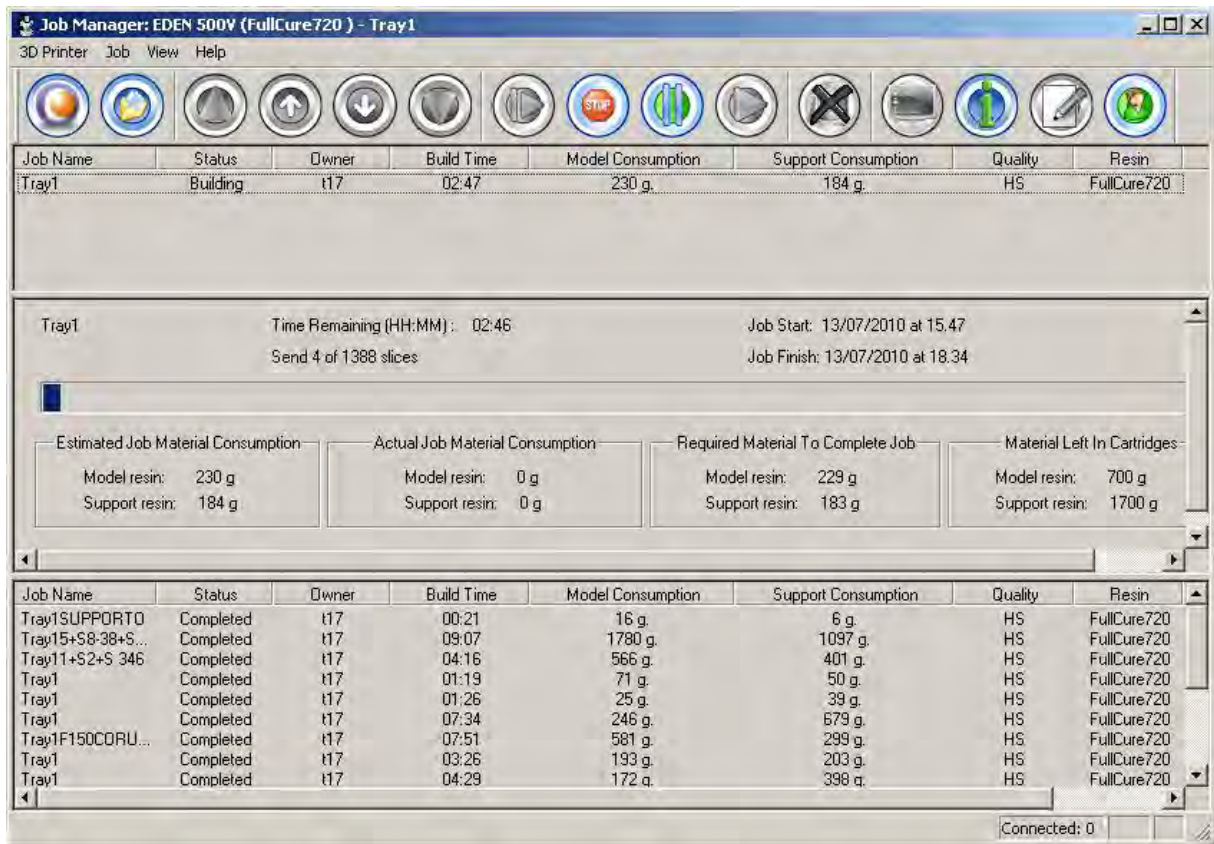
La macchina come descritto sopra necessita di un file STL che produrremo dalla geometria realizzata semplificandola e chiudendo tutte le aperture.



La mesh così generata viene analizzata per eliminare tutti gli errori e viene trasferita al programma della macchina per il piazzamento sulla tavola di lavoro e l'elaborazione necessaria (slicing , calcolo del materiale di supporto)



A questo punto il software invia un input alla macchina collegata per cominciare la deposizione degli strati.



Come è possibile notare dalla schermata di elaborazione il numero delle slice per questo modellino in scala 1:30 è calcolato a 1388 , le slice sono nel nostro caso di 32 μm perché non abbiamo necessita di superfici lisce e in tolleranza; il software inoltre calcola il tempo di produzione e i g di materiale speso sia per il modello che per il supporto. E' buona norma ridurre al massimo il materiale del modello e utilizzare più supporto per una questione di costi.

Il modello che ne risulterà servirà a rendersi conto in maniera concreta della geometria e dello stile della vettura e ad identificare possibili strategie per la produzione del prototipo in scala 1:5, avere un riscontro del genere impedisce di commettere gravi errori in fase di lavorazione e aiuta la comunicazione con i settori aziendali che non comprendono chiaramente la matematica realizzata in ambiente CAD.

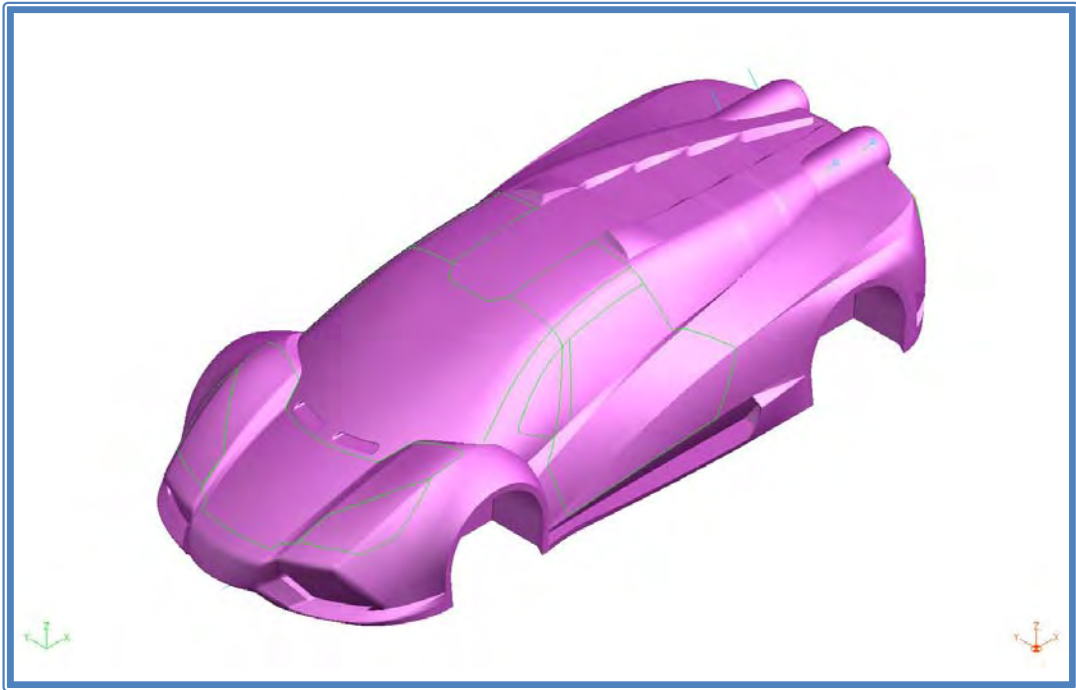


4.4 REVISIONE DELLA MATEMATICA E STRATEGIE DI PRODUZIONE DEL PROTOTIPO FINALE

Per realizzare la matematica relativa al prototipo fisico in scala 1:5 occorre ragionare in termini di producibilità e assemblabilità, le superfici vanno quindi chiuse in un solido che il software CAM può elaborare per i percorsi utensile, inoltre vanno considerati i sottosquadri e le zone che risultano problematiche da realizzare con una fresatrice a 5 assi senza effettuare cambi di piazzamento (tecnologia che useremo per il corpo principale).

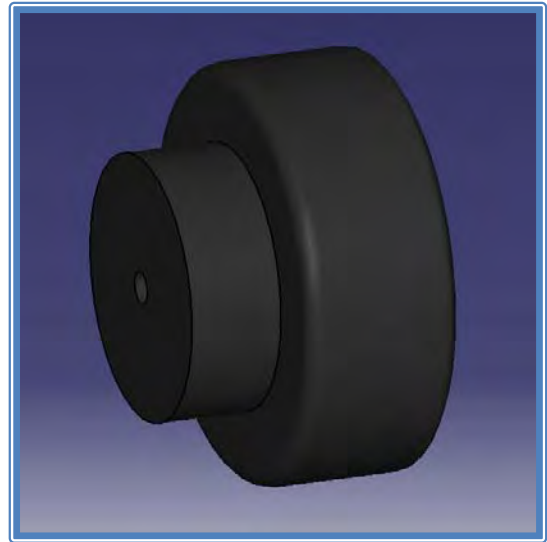
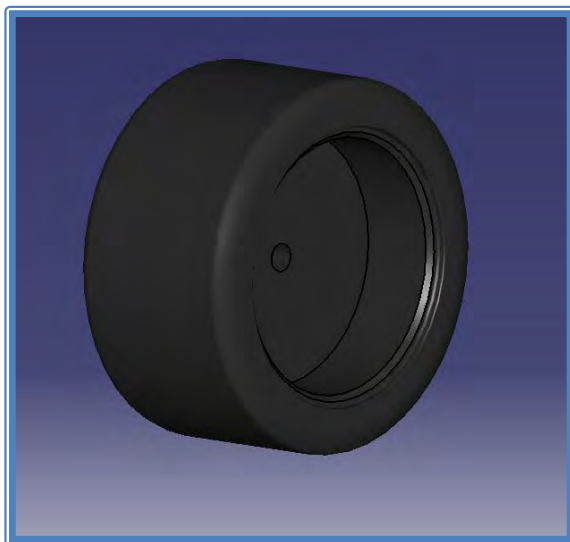
Per fare ciò abbiamo eliminato gli alettoni e le ruote e rifinito il modello in modo da non presentare aperture o assurdi geometrici, le zona dei retrovisori è stata eliminata per valutare meglio la continuità della linea dei montanti contando su un eventuale inserimento successivo come componente esterno. Vengono inseriti inoltre i fori di fissaggio per ruote e alettoni eliminati.

La figura realizzata in ambiente CAD viene passata in ambiente CAM per valutare un possibile piazzamento in macchina e cominciare l'elaborazione dei percorsi utensili.

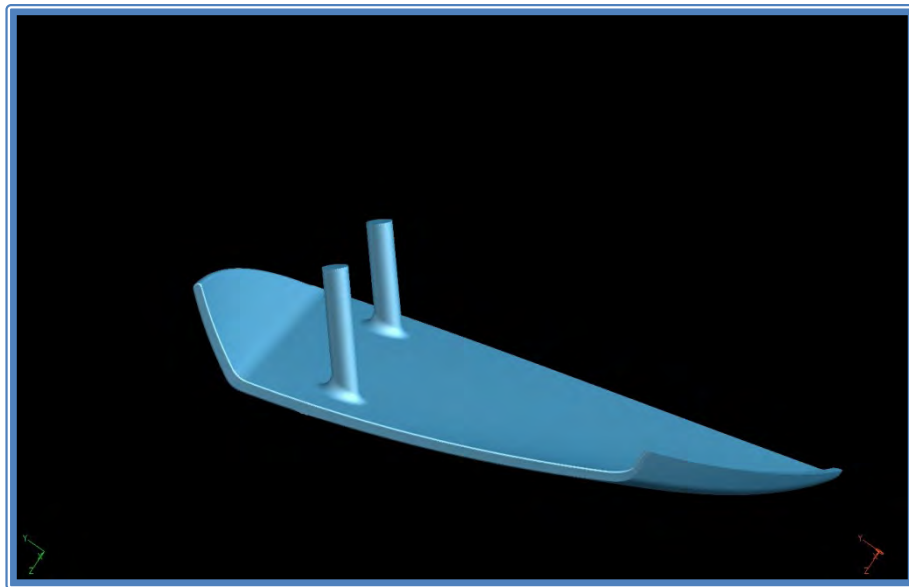
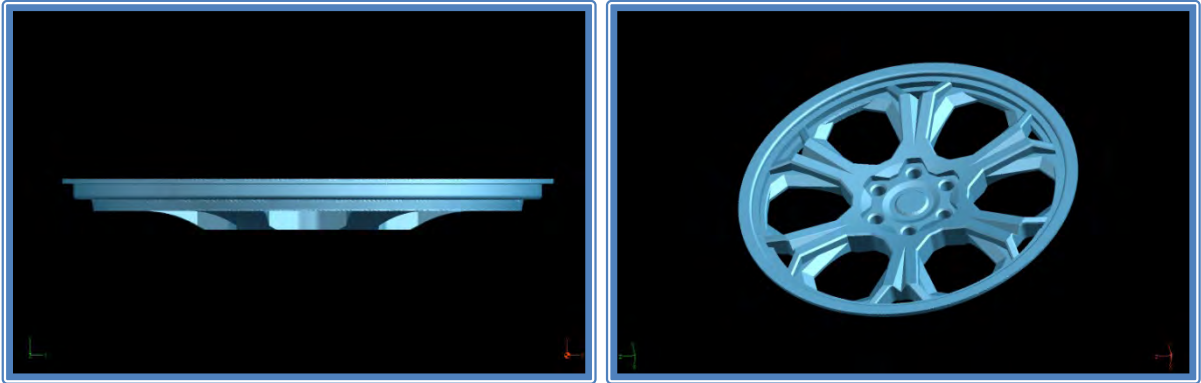


Notare in verde le righe che determinano la tracciatura dei dettagli e i centri dei fori per l'assemblaggio degli alettoni.

Per le ruote i pezzi verranno realizzati tramite tornitura secondo un disegno semplificato con un foro in cui inserire una spina che le collegherà alla struttura principale.



Cerchioni e alettoni saranno ridisegnati per essere assemblati con un adesivo e realizzati per prototipazione rapida come il modellino in scala 1:30 precedentemente analizzato.



La produzione delle componenti procederà in parallelo al fine di ridurre al minimo i tempi di attesa, il materiale utilizzato per effettuare i pezzi in prototipazione rapida sarà leggermente differente a quello usato per il modellino in quanto avremo bisogno di maggiore qualità delle superfici per la successiva fase di verniciatura.

5.1 REALIZZAZIONE PROTOTIPO

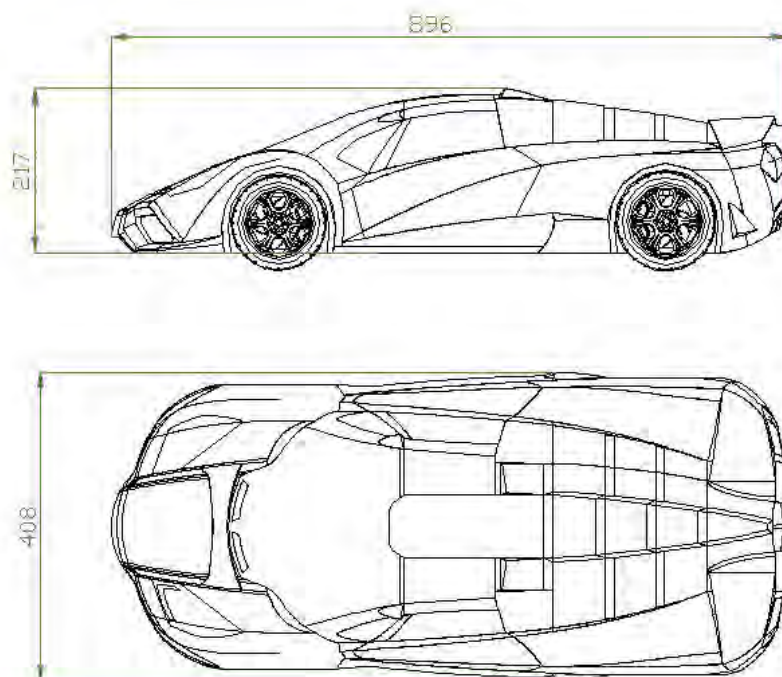
Una volta generata la matematica definitiva possiamo cominciare la produzione di un prototipo in scala 1 : 5 della nostra vettura, tale prototipo rispetterà rigorosamente le dimensioni della vettura originale (grazie al contributo del CAM e delle macchine utensili) e sarà utilizzabile come prototipo di tipo estetico per la valutazione da parte di stampa e clienti e come prototipo scientifico per le analisi e i test aerodinamici in galleria.

Le fasi di produzione si succederanno nel seguente ordine:

- Preparazione materiali
- Scelta e organizzazione del processo produttivo
- Preparazione percorsi utensile
- Lavorazione
- Realizzazione parti accessorie
- Finitura e verniciatura

5.2 SCELTA E PREPARAZIONE DEI MATERIALI

Per prima cosa si prendono dalla matematica riscalata gli ingombri massimi al fine di determinare le dimensioni del grezzo e poter effettuare la preparazione del materiale.



Una volta in possesso delle dimensioni si passa in magazzino per la scelta del tipo di materiale secondo quello che risponde meglio alle nostre necessità e si cerca di utilizzare ciò che è già disponibile per evitare ulteriori costi di produzione. Nel nostro caso utilizziamo la seguente resina poliuretanicca descritta brevemente in questa scheda tecnica:

PROLAB 65 – TAVOLA POLIURETANICA LAVORABILE

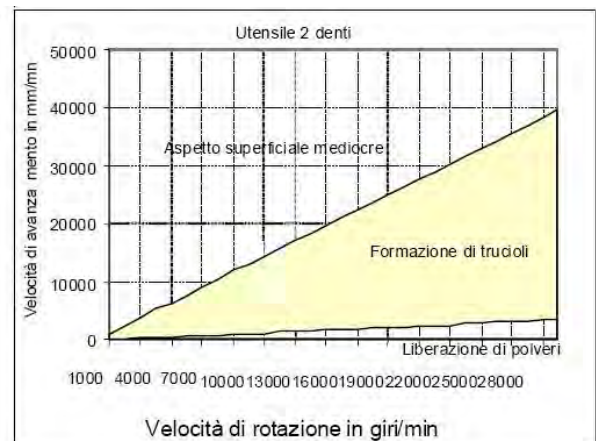
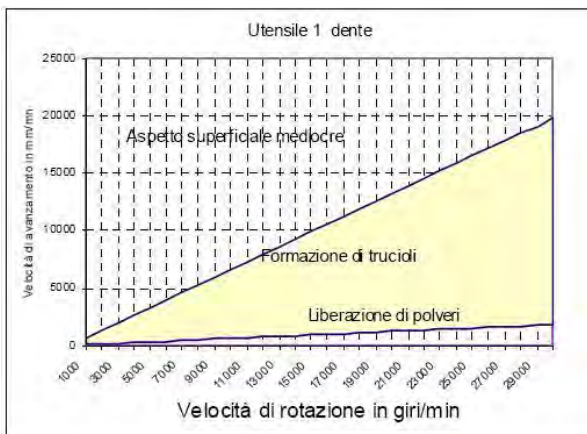
Densità: 0,65 Durezza Shore: 63

Ideale per la realizzazione manuale o tramite fresa di modelli , modelli di stile e controllo percorso utensili, materiale non poroso con buona stabilità dimensionale lavorabile con strumenti per il legno, ottimo aspetto superficiale.

PROPRIETÀ FISICHE		
Colore		marrone
Densità della miscela polimerizzata a 23°C	ISO 2781 : 1996	0,65

PROPRIETÀ MECCANICHE A 23°C			
Durezza	ISO 868 : 2003	Shore D1	63
Modulo d'elasticità in flessione	ISO 178 : 2001	MPa	1.000
Sforzo massimo in flessione	ISO 178 : 2001	MPa	34
Sforzo massimo in compressione alla soglia di scorrimento	ISO 604 : 2002	MPa	28
Resistenza agli shocksCharpy	ISO 179/1eU : 1994	kJ/m ²	11
Temperatura di transizione vetrosa (Tg)	ISO 11359 : 2002	10 ⁻⁶ .K ⁻¹	85
Coefficiente di dilatazione termica (CTE) (+10 a +60°C)	ISO 11359 : 1999	°C	75

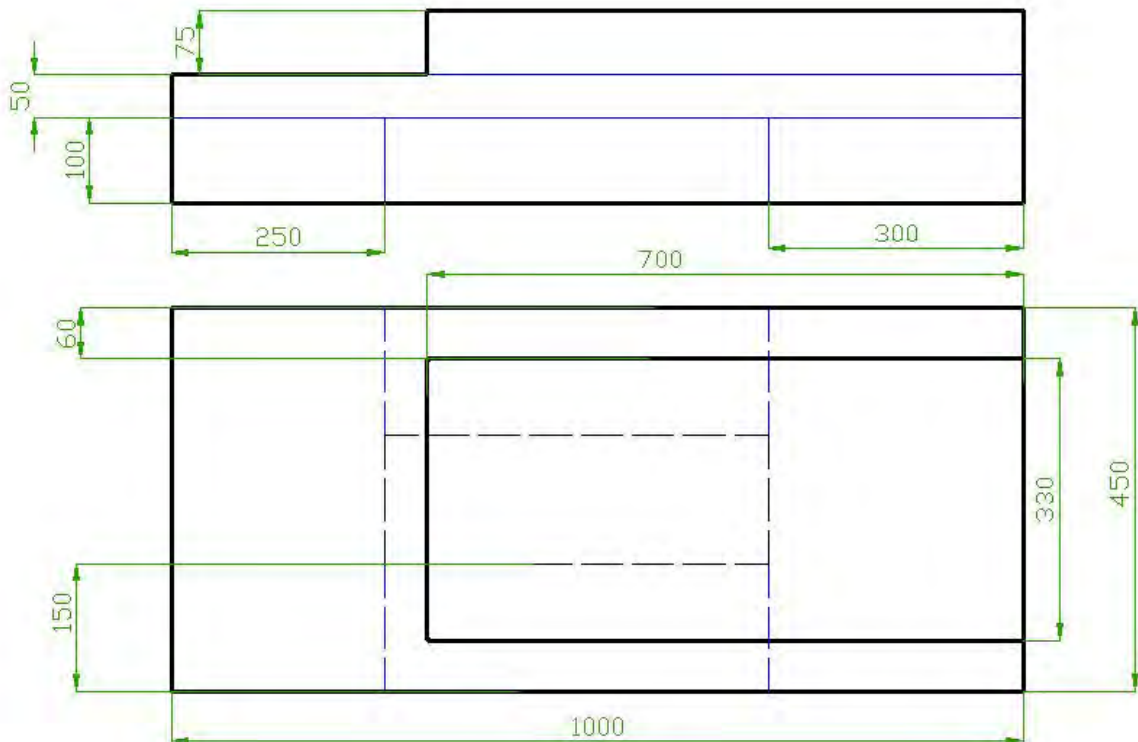
Parametri di lavorazione



PARAMETRI DI LAVORAZIONE		
	Velocità di taglio (Vc in m/min)	Passo per dente (fz in mm/giro)
Taglio di sgrossatura	100 a 500	0,15 a 0,70
Taglio di finitura	400 a 800	0,07 a 0,10
$n = (1000 \times Vc) / (\pi \times Dc)$		$Vf = n \times fz \times Z$

Questo materiale è distribuito in tavole di vario spessore (50,75,100) e può essere assemblato con adesivo PROCOL 2 o con adesivo cianoacrilico (piccoli incollaggi).

Per realizzare il blocco grezzo procediamo seguendo questo schema di assemblaggio studiato per risparmiare materiale e alleggerire per quanto possibile il modello in scala.



Lo schema presenta tre tavole del materiale scelto di spessore 100 mm , 50 mm e 75 mm incollate (le zone di incollaggio sono marcate in blu).

Per l'operazione vera e propria si procede prima di tutto alla raccolta in magazzino del materiale,



si passa poi al taglio dei blocchi tramite sega a nastro cercando di seguire le tracciature effettuate sulla tavola (in questa operazione è importante solo evitare di entrare all' interno della zona tracciata, la precisione non è fondamentale)

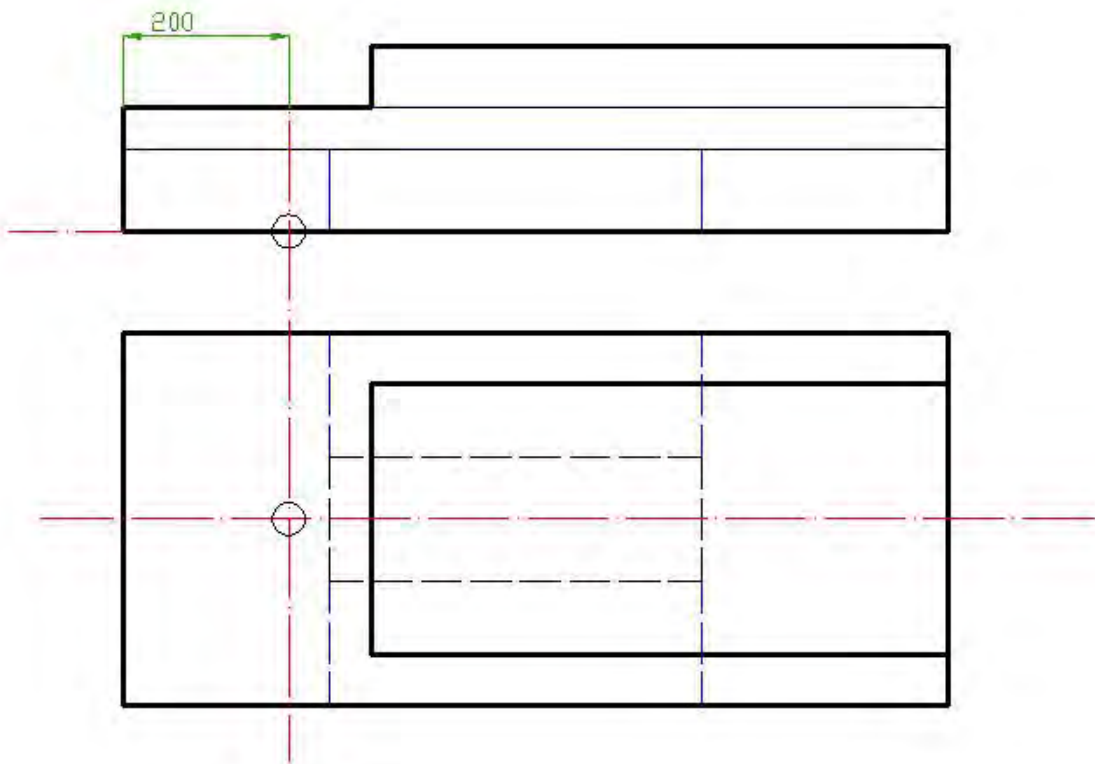


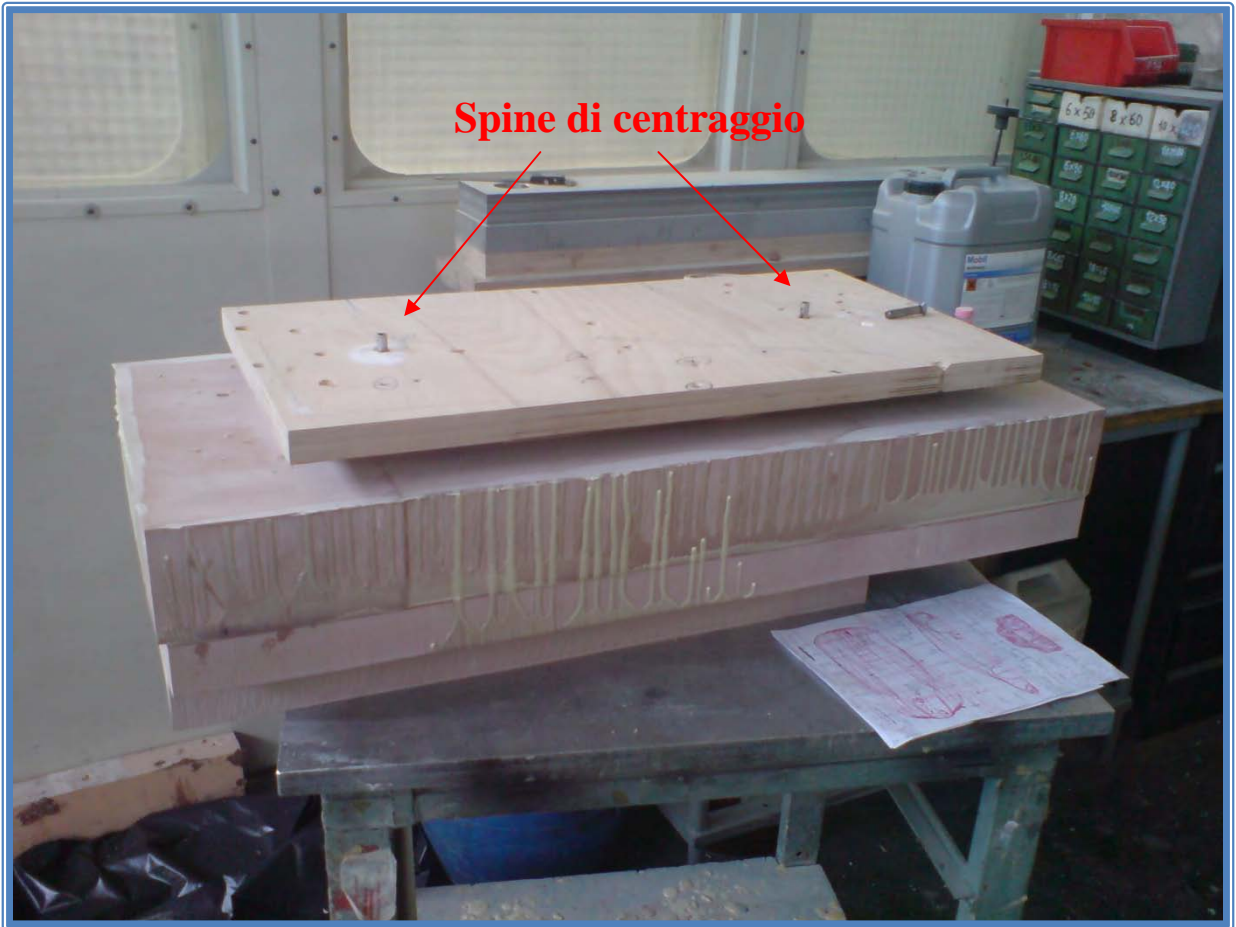
Una volta ottenuti i blocchi questi vengono incollati tra di loro come descritto nello schema precedente e serrati con dei morsetti per far si che non vi siano imperfezioni dovute a bolle o eccessi di collante.



Una volta ultimate le operazioni di formatura del grezzo lo si prepara per essere montato in macchina, vengono eseguite le operazioni per il centraggio e vengono installate delle tavole di compensato per ancorare il grezzo alla macchina utensile senza danneggiarlo ed esponendo tutte le superfici che necessitano una lavorazione, le tavole vengono installate in modo da poter effettuare tutte le lavorazioni con un solo piazzamento migliorando sensibilmente la precisione del prodotto finito.

Lo zero pezzo viene fissato sul fondo della vettura in corrispondenza dell' intersezione tra il piano di simmetria e l'asse della spina di centraggio anteriore.





Il grezzo viene così montato in macchina (la MU è una fresa a CN a 5 assi , JOMACH 32)

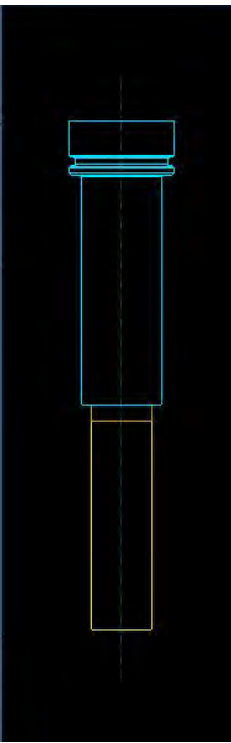


5.3 SCELTA DEGLI UTENSILI E DELLE LAVORAZIONI

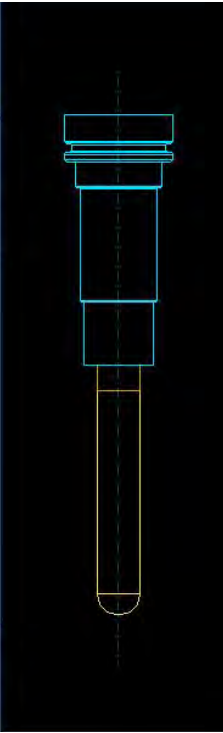
Per procedere alla generazione dei percorsi utensile sulla matematica che abbiamo appositamente ricavato dal modello originale occorre prima di tutto definire il tipo di operazioni che si ritiene opportuno effettuare e i rispettivi utensili, di seguito riportiamo uno schema molto chiaro in cui inseriremo in sequenza cronologica delle operazioni da realizzare sulla MU in modo da facilitare enormemente la decisione dei percorsi utensile. Le operazioni standard di azzeramento e movimentazione in rapido vengono per ora ignorate al fine di concentrarci su quelle che andranno ad alterare il materiale già piazzato in macchina.

Termini:

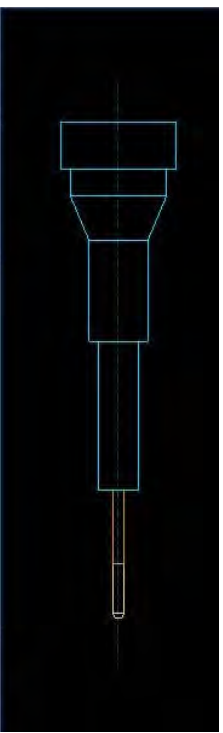
- Fz = Feed al dente [mm]
- Vc = Velocità di taglio [m/min]
- N = Numero di giri [min^{-1}]
- Vf = Avanzamento [mm/min]

Sgrossatura a terrazzamenti																																					
<table border="1"> <tr> <td>Tipo</td> <td>Fresa piatta</td> </tr> <tr> <td>Commento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>U.M.</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>D. nominale</td> <td>36.000</td> </tr> <tr> <td>Lungh. utile</td> <td>125.000</td> </tr> <tr> <td>Lungh. totale</td> <td>305.000</td> </tr> <tr> <td>Attacco</td> <td>HSK63</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td>Senso rotazione</td> <td>orario</td> </tr> <tr> <td>Numero denti</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Param. taglio</td> <td>HSS</td> </tr> </table> 	Tipo	Fresa piatta	Commento		U.M.	mm	D. nominale	36.000	Lungh. utile	125.000	Lungh. totale	305.000	Attacco	HSK63			Senso rotazione	orario	Numero denti	2	Param. taglio	HSS	<table border="1"> <tr> <td>Fz</td> <td>0,636</td> </tr> <tr> <td>Vc</td> <td>622</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>5500</td> </tr> <tr> <td>Vf</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>Mat</td> <td>HSS</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Refrigerante OFF</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> </table>	Fz	0,636	Vc	622	N	5500	Vf	250	Mat	HSS	Refrigerante OFF			
Tipo	Fresa piatta																																				
Commento																																					
U.M.	mm																																				
D. nominale	36.000																																				
Lungh. utile	125.000																																				
Lungh. totale	305.000																																				
Attacco	HSK63																																				
Senso rotazione	orario																																				
Numero denti	2																																				
Param. taglio	HSS																																				
Fz	0,636																																				
Vc	622																																				
N	5500																																				
Vf	250																																				
Mat	HSS																																				
Refrigerante OFF																																					


Finitura in scansione (3 + 2 assi)

<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Fresa sferica</td></tr> <tr><td>Commento</td><td></td></tr> <tr><td>U.M.</td><td>MM</td></tr> <tr><td>D. nominale</td><td>25.000</td></tr> <tr><td>Lungh. utile</td><td>130.000</td></tr> <tr><td>Lungh. totale</td><td>275.000</td></tr> <tr><td>Attacco</td><td>HSK63</td></tr> <tr><td>Senso rotazione</td><td>orario</td></tr> <tr><td>Numero denti</td><td>2</td></tr> <tr><td>Param. taglio</td><td>HSS</td></tr> </table>		Tipo	Fresa sferica	Commento		U.M.	MM	D. nominale	25.000	Lungh. utile	130.000	Lungh. totale	275.000	Attacco	HSK63	Senso rotazione	orario	Numero denti	2	Param. taglio	HSS		Fz	0,310
Tipo	Fresa sferica																							
Commento																								
U.M.	MM																							
D. nominale	25.000																							
Lungh. utile	130.000																							
Lungh. totale	275.000																							
Attacco	HSK63																							
Senso rotazione	orario																							
Numero denti	2																							
Param. taglio	HSS																							
Vc	824,7																							
N	10500																							
Vf	250																							
Mat	HSS																							
Refrigerante OFF																								


Ripresa 1 (3 + 2 assi)

<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Fresa sferica</td></tr> <tr><td>Commento</td><td></td></tr> <tr><td>U.M.</td><td>MM</td></tr> <tr><td>D. nominale</td><td>6.000</td></tr> <tr><td>Lungh. utile</td><td>30.000</td></tr> <tr><td>Lungh. totale</td><td>270.000</td></tr> <tr><td>Attacco</td><td>HSK63</td></tr> <tr><td>Senso rotazione</td><td>orario</td></tr> <tr><td>Numero denti</td><td>2</td></tr> <tr><td>Param. taglio</td><td>WIDIA</td></tr> </table>		Tipo	Fresa sferica	Commento		U.M.	MM	D. nominale	6.000	Lungh. utile	30.000	Lungh. totale	270.000	Attacco	HSK63	Senso rotazione	orario	Numero denti	2	Param. taglio	WIDIA		Fz	0,301
Tipo	Fresa sferica																							
Commento																								
U.M.	MM																							
D. nominale	6.000																							
Lungh. utile	30.000																							
Lungh. totale	270.000																							
Attacco	HSK63																							
Senso rotazione	orario																							
Numero denti	2																							
Param. taglio	WIDIA																							
Vc	203,6																							
N	10800																							
Vf	250																							
Mat	HSS																							
Refrigerante OFF																								


Ripresa 2 (3 + 2 assi)

<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Fresa sferica</td></tr> <tr><td>Commento</td><td></td></tr> <tr><td>U.M.</td><td>MM</td></tr> <tr><td>D. nominale</td><td>2.000</td></tr> <tr><td>Lungh. utile</td><td>2.000</td></tr> <tr><td>Lungh. totale</td><td>260.000</td></tr> <tr><td>Attacco</td><td>HSK63</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>Senso rotazione</td><td>orario</td></tr> <tr><td>Numero denti</td><td>2</td></tr> <tr><td>Param. taglio</td><td>WIDIA</td></tr> </table>		Tipo	Fresa sferica	Commento		U.M.	MM	D. nominale	2.000	Lungh. utile	2.000	Lungh. totale	260.000	Attacco	HSK63			Senso rotazione	orario	Numero denti	2	Param. taglio	WIDIA			Fz	0,127
Tipo	Fresa sferica																										
Commento																											
U.M.	MM																										
D. nominale	2.000																										
Lungh. utile	2.000																										
Lungh. totale	260.000																										
Attacco	HSK63																										
Senso rotazione	orario																										
Numero denti	2																										
Param. taglio	WIDIA																										
				Vc	74,1																						
				N	11800																						
				Vf	250																						
				Mat	Widia																						
				Refrigerante OFF																							

Tracciatura (5 assi in continuo)

<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td>Fresa piatta</td></tr> <tr><td>Commento</td><td></td></tr> <tr><td>U.M.</td><td>MM</td></tr> <tr><td>D. nominale</td><td>3.000</td></tr> <tr><td>Lungh. utile</td><td>10.000</td></tr> <tr><td>Lungh. totale</td><td>150.000</td></tr> <tr><td>Attacco</td><td>HSK63</td></tr> <tr><td colspan="2"> </td></tr> <tr><td>Senso rotazione</td><td>orario</td></tr> <tr><td>Numero denti</td><td>2</td></tr> <tr><td>Param. taglio</td><td>WIDIA</td></tr> </table>		Tipo	Fresa piatta	Commento		U.M.	MM	D. nominale	3.000	Lungh. utile	10.000	Lungh. totale	150.000	Attacco	HSK63			Senso rotazione	orario	Numero denti	2	Param. taglio	WIDIA			Fz	0,179
Tipo	Fresa piatta																										
Commento																											
U.M.	MM																										
D. nominale	3.000																										
Lungh. utile	10.000																										
Lungh. totale	150.000																										
Attacco	HSK63																										
Senso rotazione	orario																										
Numero denti	2																										
Param. taglio	WIDIA																										
				Vc	66																						
				N	7000																						
				Vf	250																						
				Mat	Widia																						
				Refrigerante OFF																							

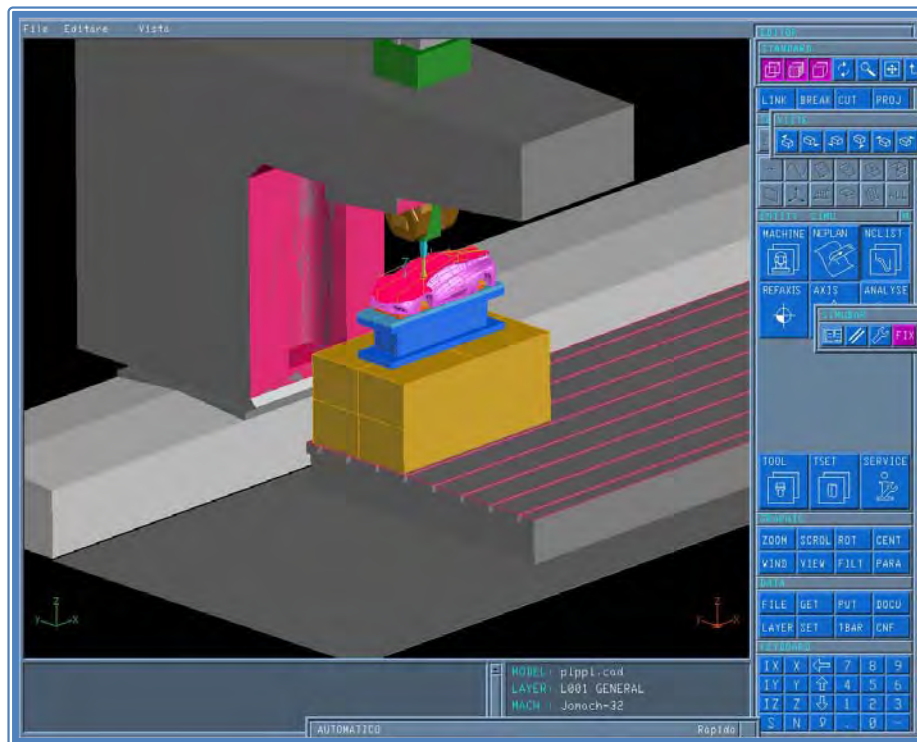
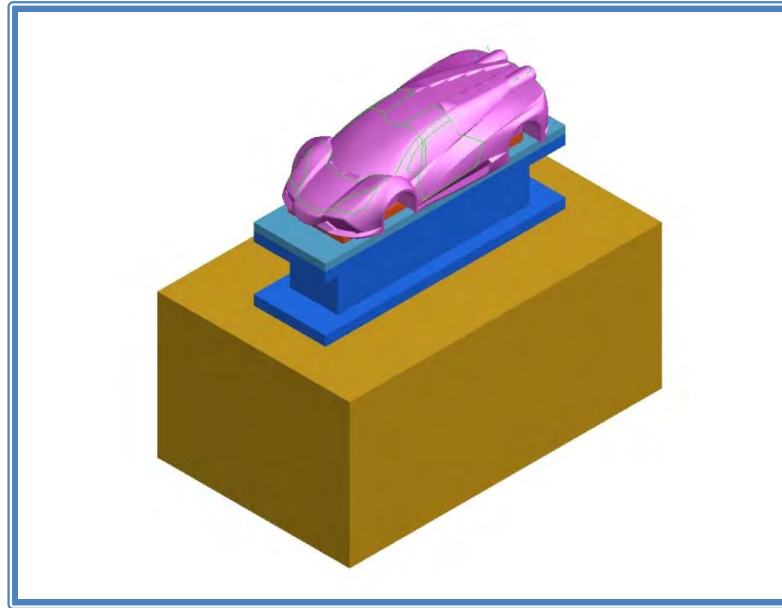
Fori

<table border="1"><tr><td>Tipo</td><td>Punta elicoidale</td></tr><tr><td>Commento</td><td></td></tr><tr><td>U.M.</td><td>MM</td></tr></table>		Tipo	Punta elicoidale	Commento		U.M.	MM	<table border="1"><tr><td>Fz</td><td>0,833</td></tr><tr><td>Vc</td><td>47,1</td></tr><tr><td>N</td><td>1500</td></tr><tr><td>Vf</td><td>250</td></tr><tr><td>Mat</td><td>Widia</td></tr><tr><td colspan="2">Refrigerante OFF</td></tr></table>		Fz	0,833	Vc	47,1	N	1500	Vf	250	Mat	Widia	Refrigerante OFF	
Tipo	Punta elicoidale																				
Commento																					
U.M.	MM																				
Fz	0,833																				
Vc	47,1																				
N	1500																				
Vf	250																				
Mat	Widia																				
Refrigerante OFF																					
<table border="1"><tr><td>D. nominale</td><td>10.000</td></tr><tr><td>Lungh. utile</td><td>68.000</td></tr><tr><td>Lungh. totale</td><td>210.000</td></tr><tr><td>Attacco</td><td>HSK63</td></tr></table>		D. nominale	10.000	Lungh. utile	68.000	Lungh. totale	210.000	Attacco	HSK63												
D. nominale	10.000																				
Lungh. utile	68.000																				
Lungh. totale	210.000																				
Attacco	HSK63																				
<table border="1"><tr><td>Senso rotazione</td><td>orario</td></tr><tr><td>Numero denti</td><td>2</td></tr><tr><td>Param. taglio</td><td>WIDIA</td></tr></table>		Senso rotazione	orario	Numero denti	2	Param. taglio	WIDIA														
Senso rotazione	orario																				
Numero denti	2																				
Param. taglio	WIDIA																				

Per comodità di esecuzione alcune lavorazioni vengono programmate con un Vf molto alto per facilitare lo spostamento in rapido da una parte all' altra del pezzo, sarà poi l'operatore con un volantino manuale a rallentare l'avanzamento fino a quello standard di taglio nel momento in cui l'utensile si dirige contro il grezzo per lavorarlo.

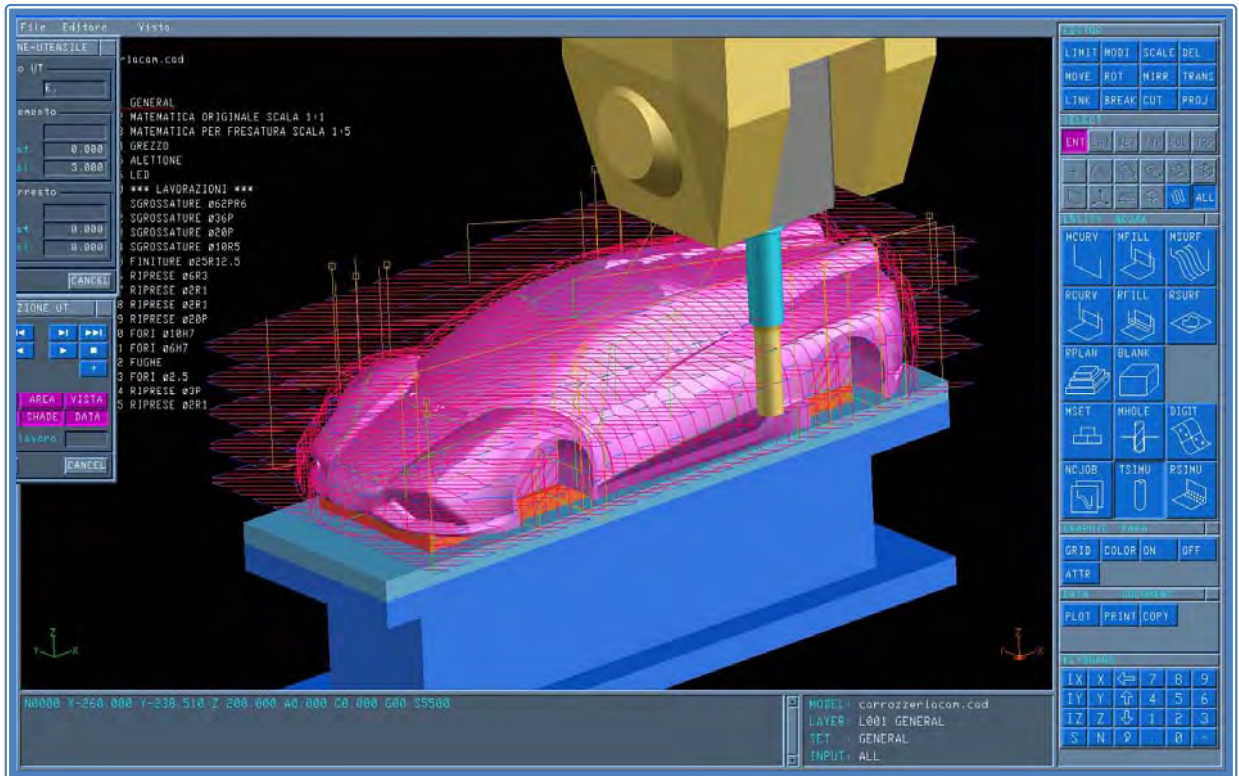
5.4 PREPARAZIONE PERCORSI UTENSILE (CAD to CAM)

Una volta disponibili la geometria rielaborata e la lista di utensili e lavorazioni si procede alla creazione dei percorsi utensili tramite un tool che li genera in semi-automatico a partire da alcuni parametri che gli vengono forniti. Per prima cosa impostiamo nel software le condizioni del grezzo e le specifiche della macchina utensile.



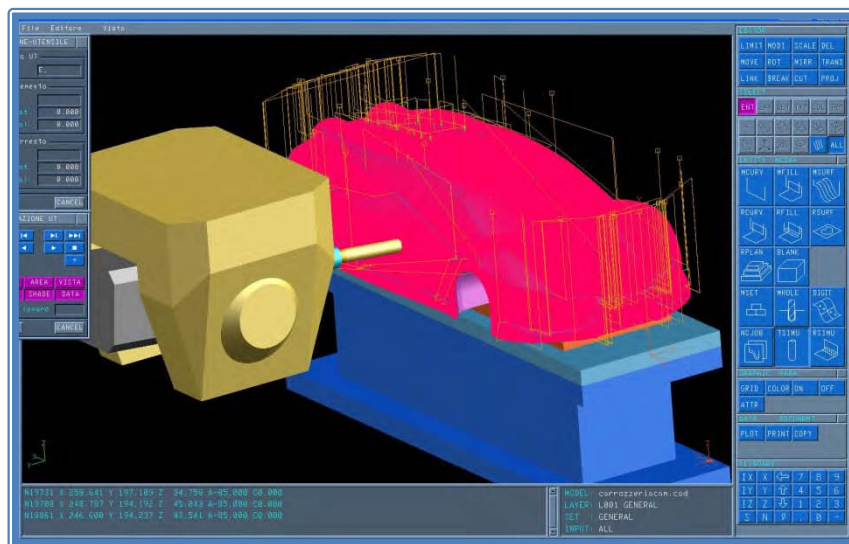
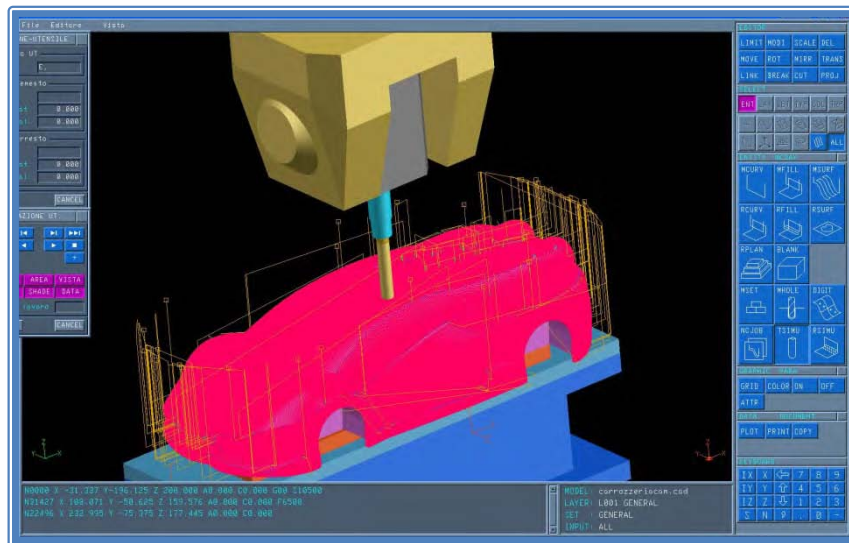
Una volta che il software avrà implementato le condizioni di lavoro e caricato la lista utensili inizieremo a programmare i passaggi che compongono le lavorazioni. Diamo ora un breve sguardo ai percorsi e ai loro aspetti caratteristici

Sgrossatura a terrazzamenti



Vengono effettuate delle terrazze equidistanti in cui l'utensile esegue dei movimenti planari su 2 soli assi con la testa posizionata in verticale, questo riduce il tempo di lavorazione di parecchio a discapito della condizione superficiale del materiale che può presentare delle scheggiature dovute ad un'eccessiva profondità di taglio, tali difetti si aggirano facilmente inserendo un adeguato sovrametallo.

Finitura in scansione (3 + 2 assi)

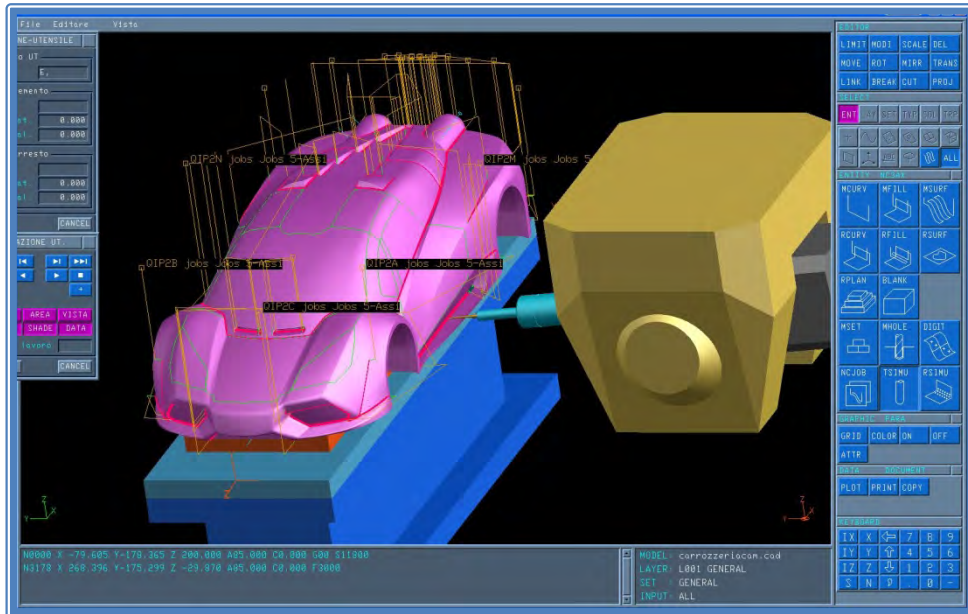


Durante la finitura il semilavorato viene ripercorso senza sovrametallo scansionandolo secondo i criteri che il programma si auto-impone , alcune zone sono irraggiungibili lavorando solo con 3 assi perciò il percorso utensile viene suddiviso in zone e ad ognuna di esse vengono assegnati altri 2 assi che rimangono fissi durante la lavorazione e si alterano al cambio di zona.

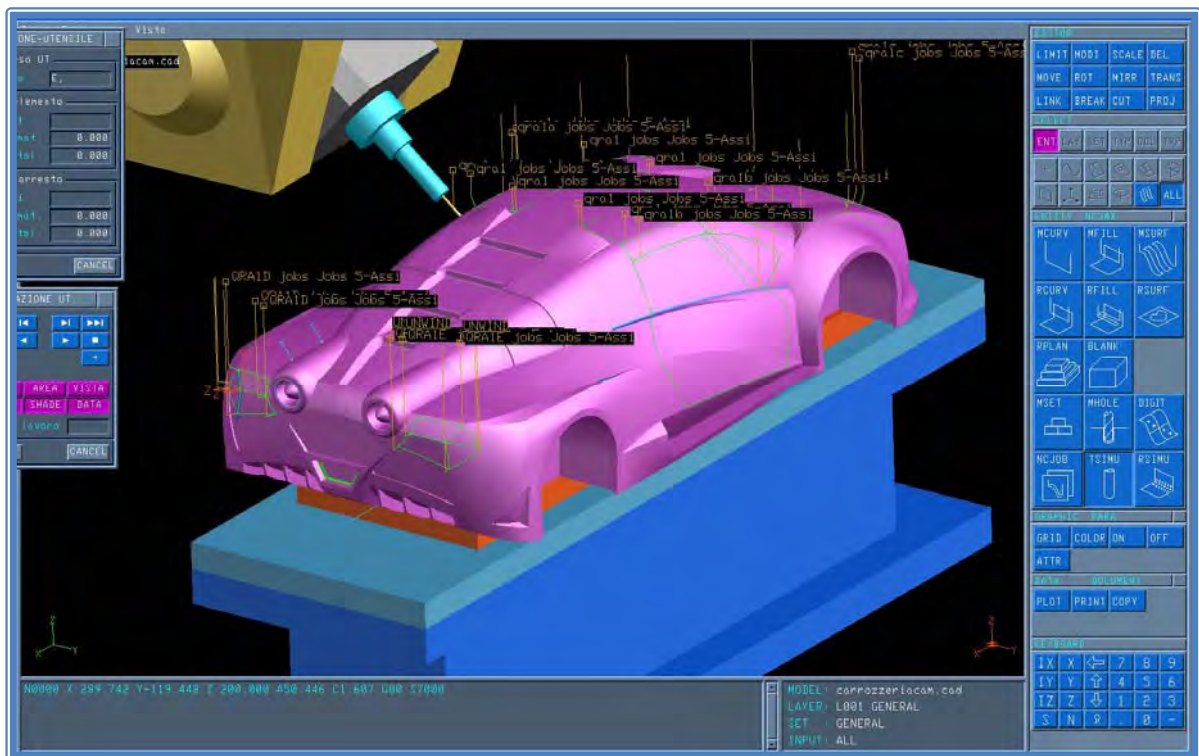
Riprese (3 + 2 assi)

Stessa politica viene adottata nelle riprese dei punti che a causa delle dimensioni dell' utensile di finitura sono state tralasciate.

Per effettuare le operazioni di ripresa vengono utilizzate 2 diversi calibri di fresa, in alcune zone la ripresa può risultare superflua e tutto ciò che non si riesce a lavorare con le riprese viene lasciato così com'è.



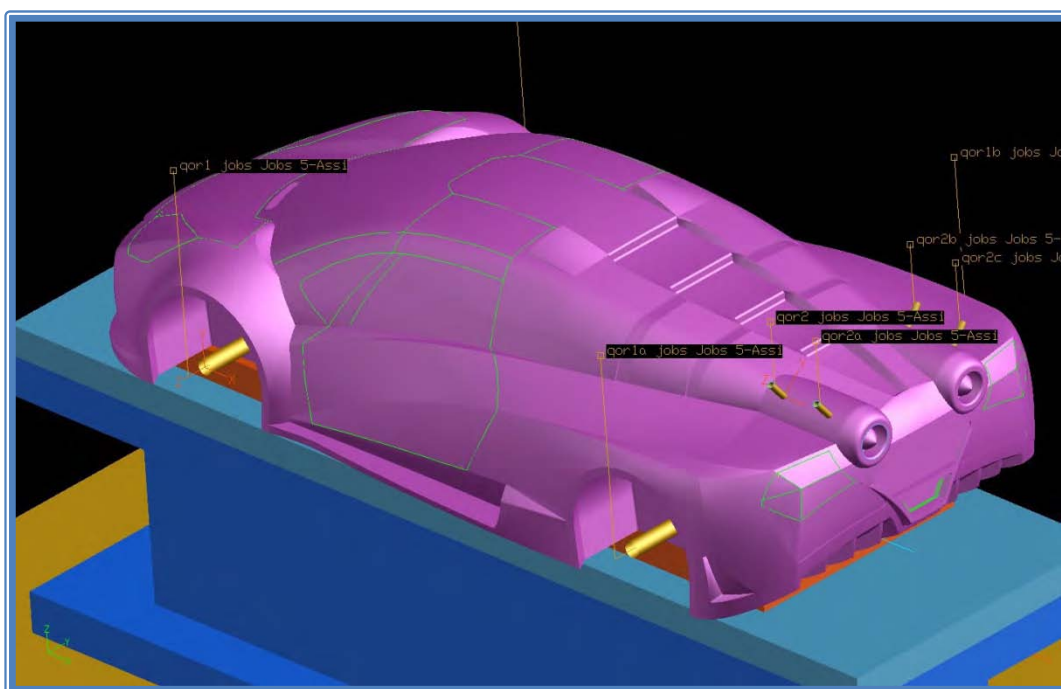
Tracciatura (5 assi in continuo)



L'unica operazione che viene effettuata variando in maniera contemporanea tutti e 5 gli assi è la tracciatura dei solchi che delimitano le zone di separazione tra vetri, gruppi ottici e carrozzeria. Per eseguirla si lasciano sul modello matematico non la rappresentazione fisica dei solchi ma la traccia sulla superficie della linea mediana che li compone, l' utensile provvederà poi a seguirle rimanendo dove possibile perpendicolare alla superficie lavorata.

Fori

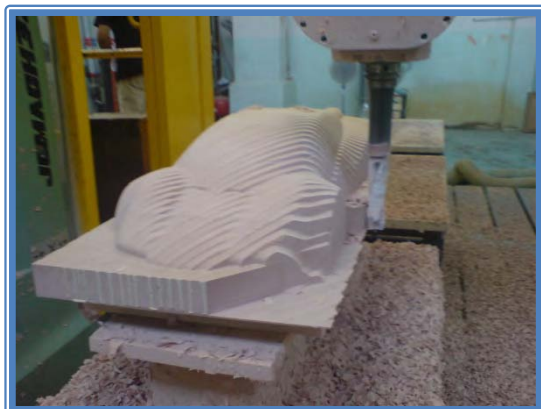
In ultima istanza vengono eseguiti i fori di cui abbiamo già parlato, un'operazione semplice che trova nella MU il vantaggio della precisione e della comodità.



5.5 LAVORAZIONE DEL GREZZO

Vi mostriamo ora come la macchina utensile attua in maniera pratica le lavorazioni generate in ambiente CAM sul grezzo, lo scopo di tale sequenza di immagini è puramente indicativo per appurare le condizioni di esecuzione, il comportamento del materiale e documentare eventuali errori o problemi che possono essersi generati inconsapevolmente.

SGROSSATURA



FINITURA



RIPRESE



TRACCIATURA



Terminate tutte le fasi il modello viene smontato dalla macchina e vengono effettuate le operazioni di finitura e di assemblaggio con gli altri componenti progettati.

5.6 FINITURA E ASSEMBLAGGIO

Una volta ottenuti tutti i componenti del modellino si procede alla levigatura delle superfici per eliminare le tracce delle passate delle macchine utensili, per farlo si utilizza un colorante nero che va eliminato in fase di carteggiatura, gli spigoli vivi non vanno toccati per evitare di perdere la precisione della geometria e vengono lasciati coperti.



Il passo successivo è la deposizione di uno strato di stucco a spruzzo che farà da fondo per la verniciatura e una successiva levigatura al fine di rendere le superfici lisce e omogenee.



Seguendo lo stile deciso in precedenza si procede alla colorazione e infine all'assemblaggio di tutti i componenti verniciati completando così il modello.





6.1 DETAIL DESIGN

Procediamo con la fase conclusiva della realizzazione dell' impostazione generale di un prototipo di carrozzeria definendo alcuni particolari principali ed eseguendo un collaudo teorico del progetto al fine di valutare la qualità del lavoro svolto. Tale fase anche se definita come punto di arrivo in uno schema di realizzazione di un nuovo prodotto nel nostro caso rappresenta un punto di partenza per un ipotetico team di sviluppo. Dall' impostazione generale sarà infatti possibile cominciare a concepire il telaio, adattare le componenti meccaniche ad esso, progettare nel dettaglio le componenti della carrozzeria e gli interni.

Per permettere al team di sviluppo di avere maggiori dettagli su cui lavorare mostreremo in linea di massima il funzionamento dei meccanismi descritti in precedenza e applicati virtualmente alle parti mobili, faremo delle brevi considerazioni in merito all' aerodinamica permettendo di definire degli aspetti su cui poi dovrà essere concentrato lo sforzo nell' analisi CFD e inseriremo tutta una serie di collaudi e prove , sempre in ambiente virtuale, per facilitare lo sviluppo delle singole parti di carrozzeria.

6.2 REALIZZAZIONE DEI LAYOUT VIRTUALI DELLE PARTI MOBILI

Cominciamo con l' analizzare nel dettaglio i layout dei meccanismi di apertura e regolazione che abbiamo ideato nella sezione di conceptual design, mostreremo brevemente il loro movimento e la loro disposizione all' interno dei volumi al fine di valutarne l'efficacia e la funzionalità.

I meccanismi che avevamo ideato erano i seguenti:

- Sistema di apertura portiere a scorrimento
- Sistema di apertura cofano posteriore a soffiato
- Sistema di regolazione coordinata di inclinazione alettoni e apertura presa di alimentazione dei radiatori posteriori

Nel corso del loro sviluppo abbiamo utilizzato come riferimento i componenti on-shelf mostrati e i cinematismi progettati inserendo in alcuni casi delle modifiche atte a risolvere alcuni aspetti inizialmente non considerati nel conceptual design (come abbiamo già detto la presenza di feedback nelle varie operazioni aiuta a risolvere questi inconvenienti).

Sistema di apertura portiere a scorrimento

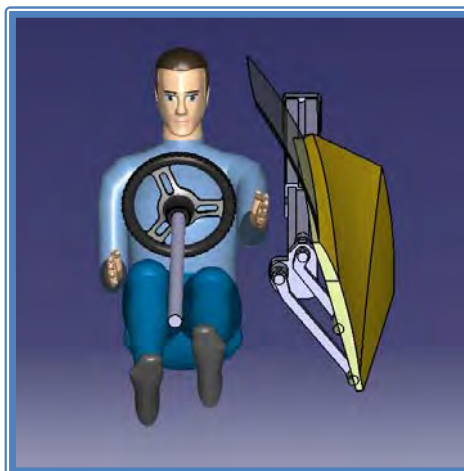
Il sistema di apertura a scorrimento delle portiere risulta di facile applicazione, l'unica problematica sta nel piazzare i vari componenti evitando di:

- Entrare in contatto col conducente
- Entrare in contatto con la carrozzeria
- Non garantire un'accessibilità adeguata
- Appesantire il veicolo in maniera eccessiva

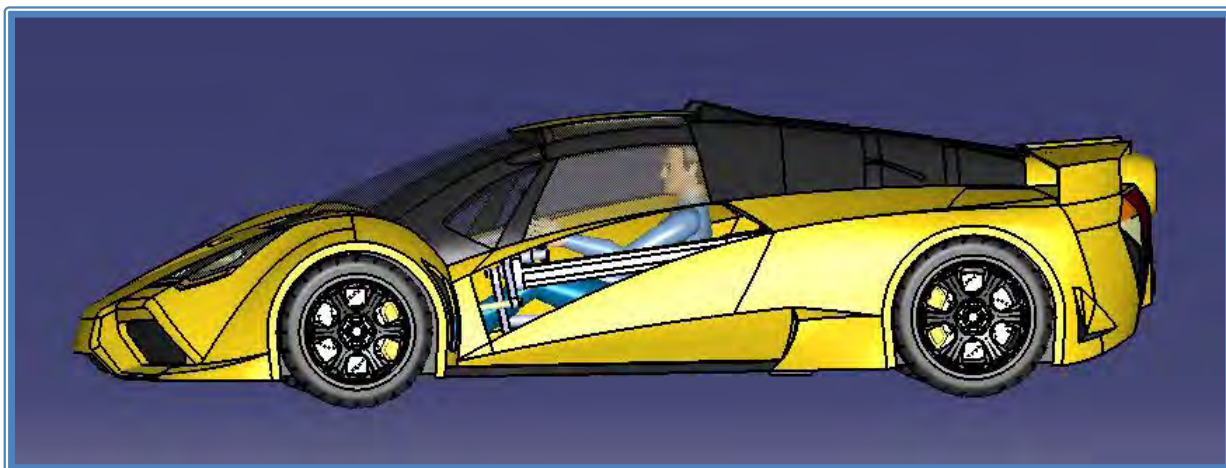
Di seguito mostriamo il risultato del nostro sviluppo sia come sistema isolato che nella sua integrazione con il progetto.



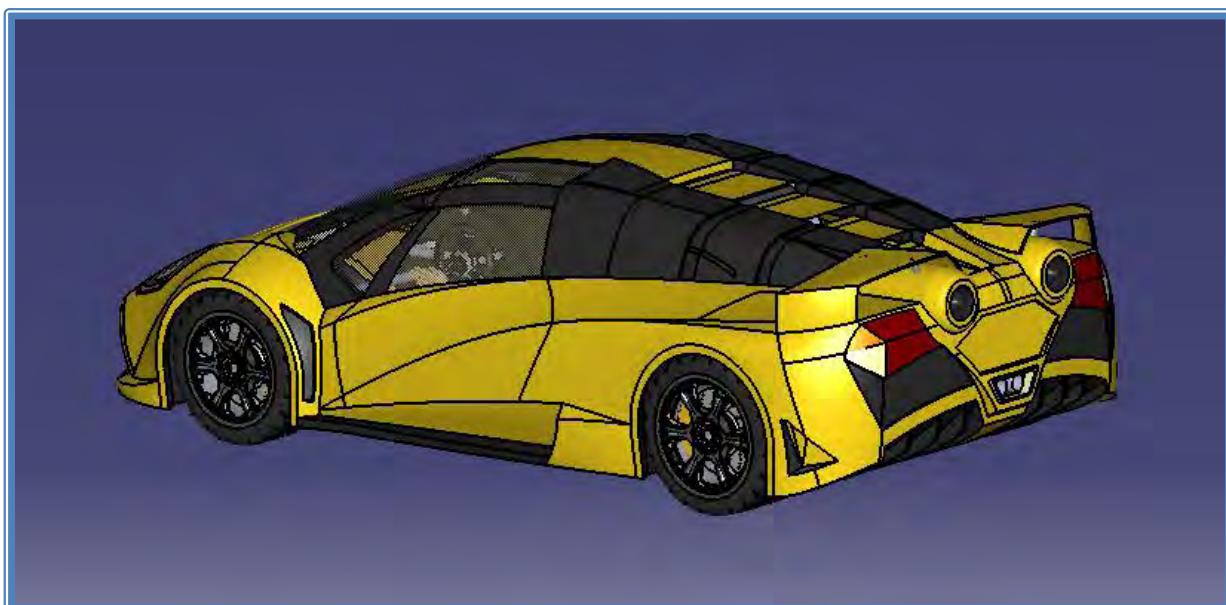
Come si può notare abbiamo inserito una versione leggermente modificata della guida lineare telescopica che porta installato in testa il meccanismo di distacco della portiera. Da una visione frontale possiamo notare che non vi è nessuna interferenza con il conducente.

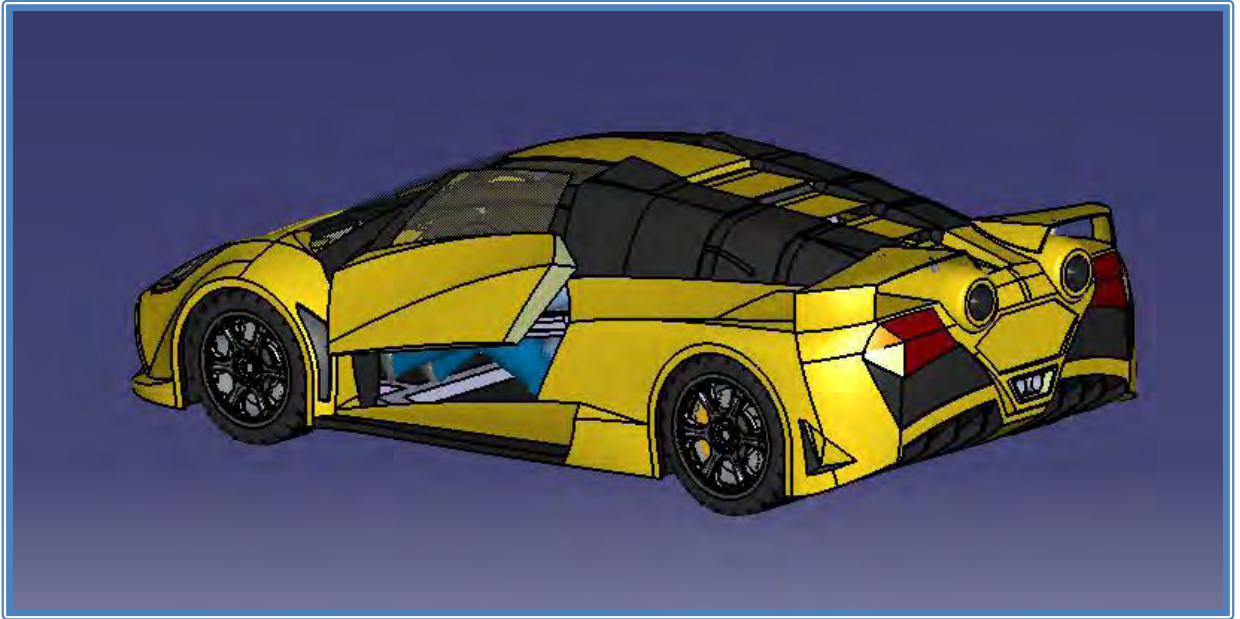


La portiera installata sulla vettura presente un' interessante caratteristica, vista lateralmente il meccanismo di apertura può risultare un efficace sostituto della barra anti intrusione per la posizione che occupa, a patto che venga in qualche modo ancorato in testa su un appoggio (probabilmente un attacco conico che ne faciliti inserimento e distacco).

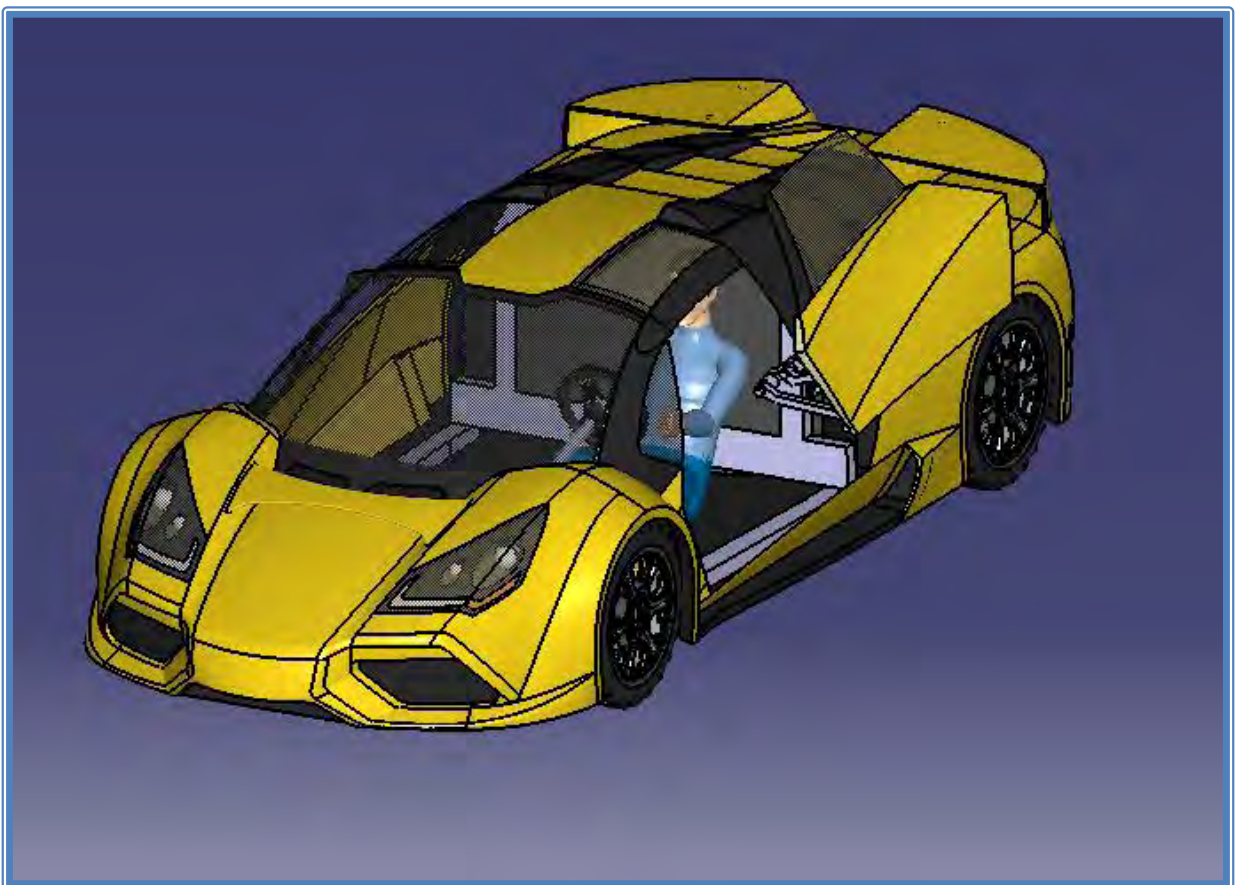


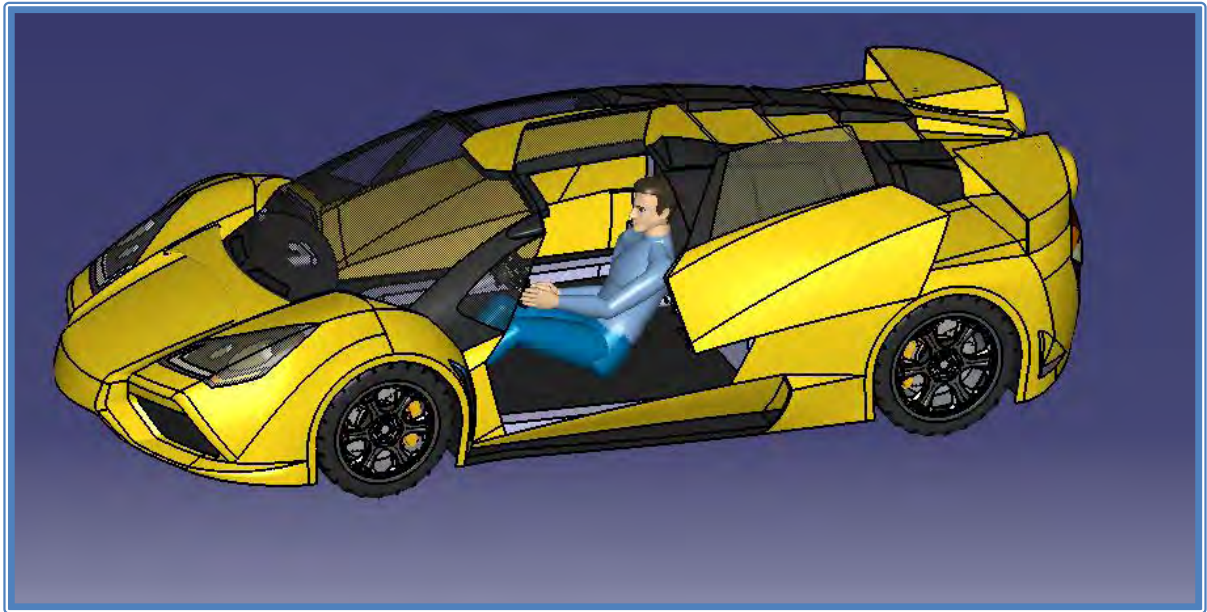
Il movimento di apertura di alterna in due movimenti, uno che distacca la portiera dalla carrozzeria una volta che i fermi vengono rimossi (per evitare vibrazioni e per sicurezza nella parte posteriore della posteriore è collocato il sistema di chiusura e blocco della portiera) e uno che la fa scorrere sul fianco portandola indietro.





Durante il movimento indietro della portiera per facilitare l'accessibilità è stato inserito un meccanismo non previsto inizialmente che apre una sezione del tettuccio con un movimento ad ala di gabbiano.





I motori elettrici passo passo installati sono quattro e generano insieme alle guide un assorbimento di 360 W, dato che esistono altri sistemi elettrici all' interno della vettura che lavorano in maniera occasionale o irregolare è bene pensare fin da subito di installare un circuito elettrico secondario che preveda un accumulatore separato.

Sistema di apertura cofano posteriore a soffietto

Il sistema di apertura a soffietto non richiede grandi spiegazioni, lo schema segue fedelmente quello deciso in fase di conceptual design nel rispetto dei vicoli di spazio e forma della carrozzeria, i componenti del cofano in alternativa alla soluzione illustrata posso essere movimentati da un sistema che includa un solo motore opportunamente ridotto per differenziare le due coppie di guide e trascinati con una catena di piccole dimensioni in modo da evitare slittamenti.



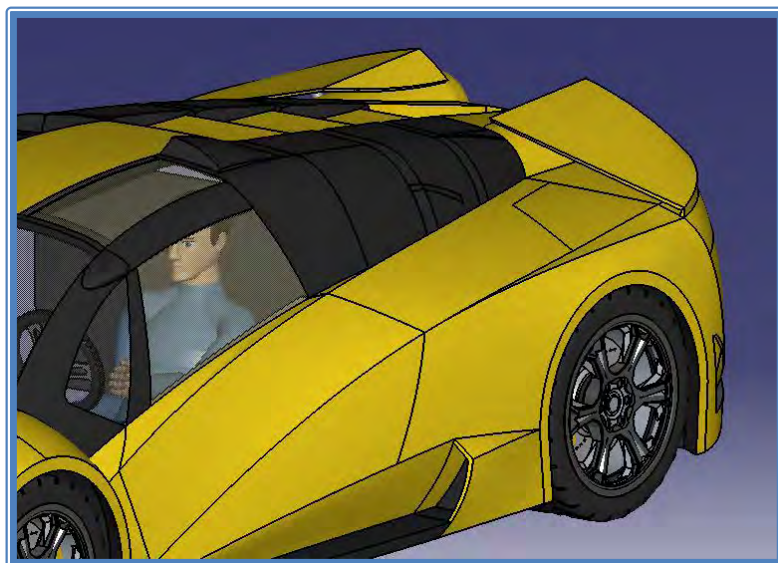


Sistema di regolazione coordinata di inclinazione alettoni e apertura presa di alimentazione dei radiatori posteriori

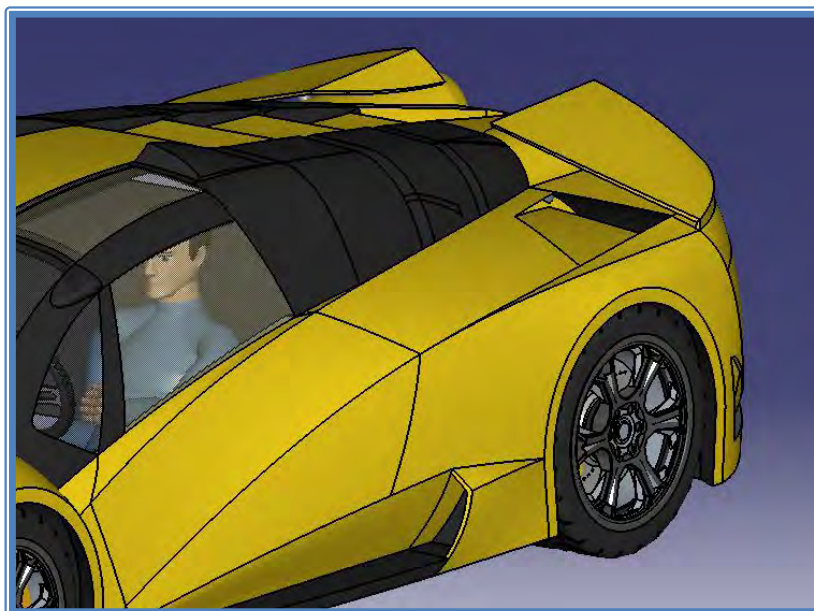
Questo meccanismo come illustrato in fase di conceptual design presenta un cinematismo molto semplice ancorato al telaio da un vite di manovra rapida (possibilmente a più principi) e da una guida circolare installata nei cilindri posteriori di sfogo aria e condensa. Il sistema in se riconosce tre stadi che possono variare in maniera continua tra loro:

- Apertura della presa di alimentazione dei radiatori posteriori
- Variazione dell' angolazione degli alettoni posteriori
- Aumento dell' apertura della presa di alimentazione dei radiatori posteriori

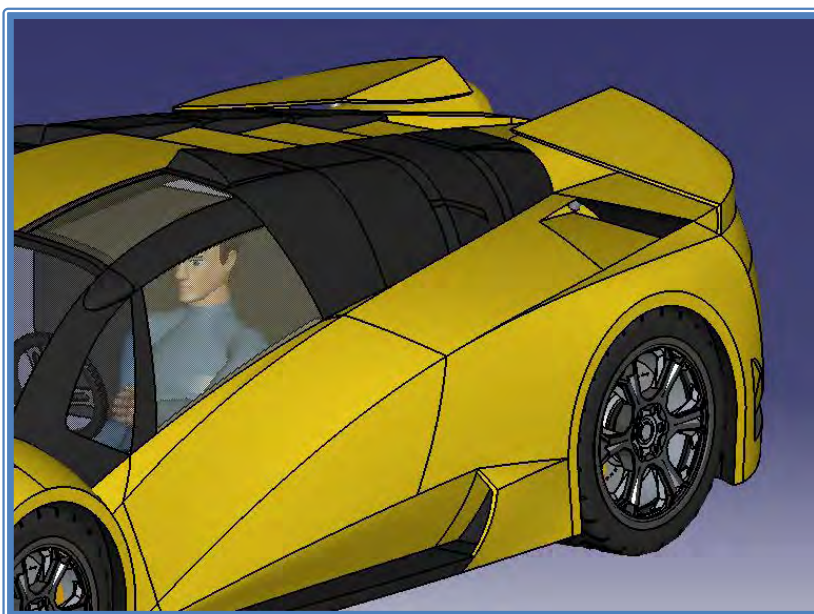
La vettura parte in configurazione di sosta con le prese chiuse e gli alettoni a riposo.



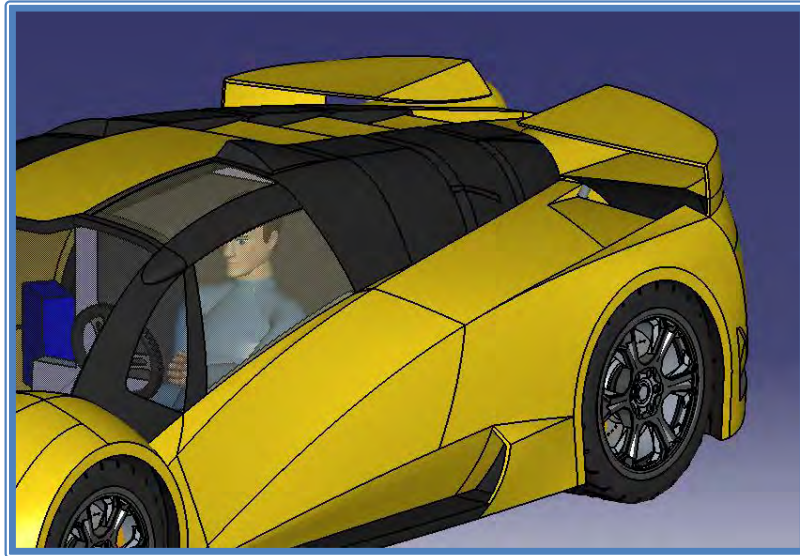
Il primo movimento è l'apertura in marcia a bassa velocità dei deviatori per permettere di iniziare a raffreddare i radiatori, questi deviatori non erano stati considerati in prima istanza ma sono risultati necessari in quanto vogliamo poter prescindere in parte dal movimento degli alettoni nella gestione del flusso d'aria ai radiatori posteriori.



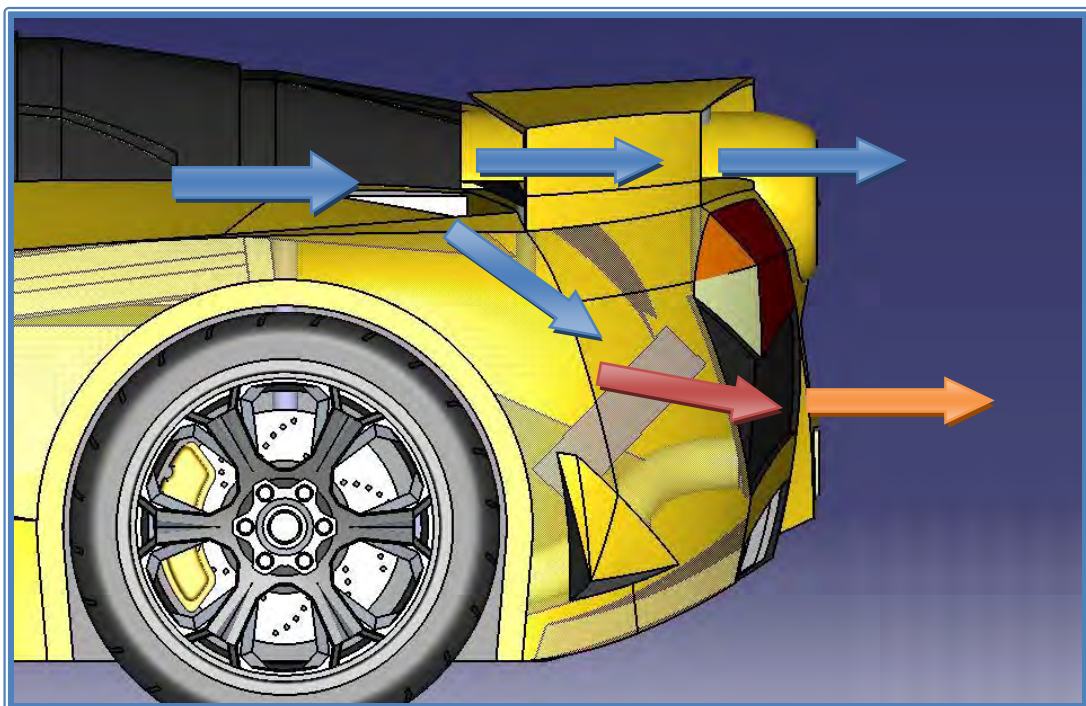
Quando è richiesto un maggior carico alle ruote posteriori per massimizzare la tenuta di strada le ali variano la loro inclinazione e generano una deportanza più marcata.



Nel caso in cui venga richiesta maggiore portanza e il massimo della portata ai radiatori posteriori (tutto ciò a scapito della resistenza) le ali si portano in posizione perfettamente orizzontale e contemporaneamente alzano una paratia che aumenta ancora di più la sezione di passaggio del flusso di aria ai radiatori.



Da una trasparenza laterale è possibile intuire la forma del canale di passaggio e le possibilità di movimento del deviatore, mostriamo in linea di massima il percorso del flusso di aria all' interno del sistema dei radiatori posteriori.



6.3 COLLAUDO VIRTUALE SPECIFICHE TECNICHE E OMOLOGAZIONE

Durante questa fase procediamo seguendo una check list di specifiche che abbiamo richiesto in fase di planning e task clarification al fine di valutare la qualità del nostro lavoro e attuare un processo di autocritica per identificare errori o punti di sviluppo ulteriori.

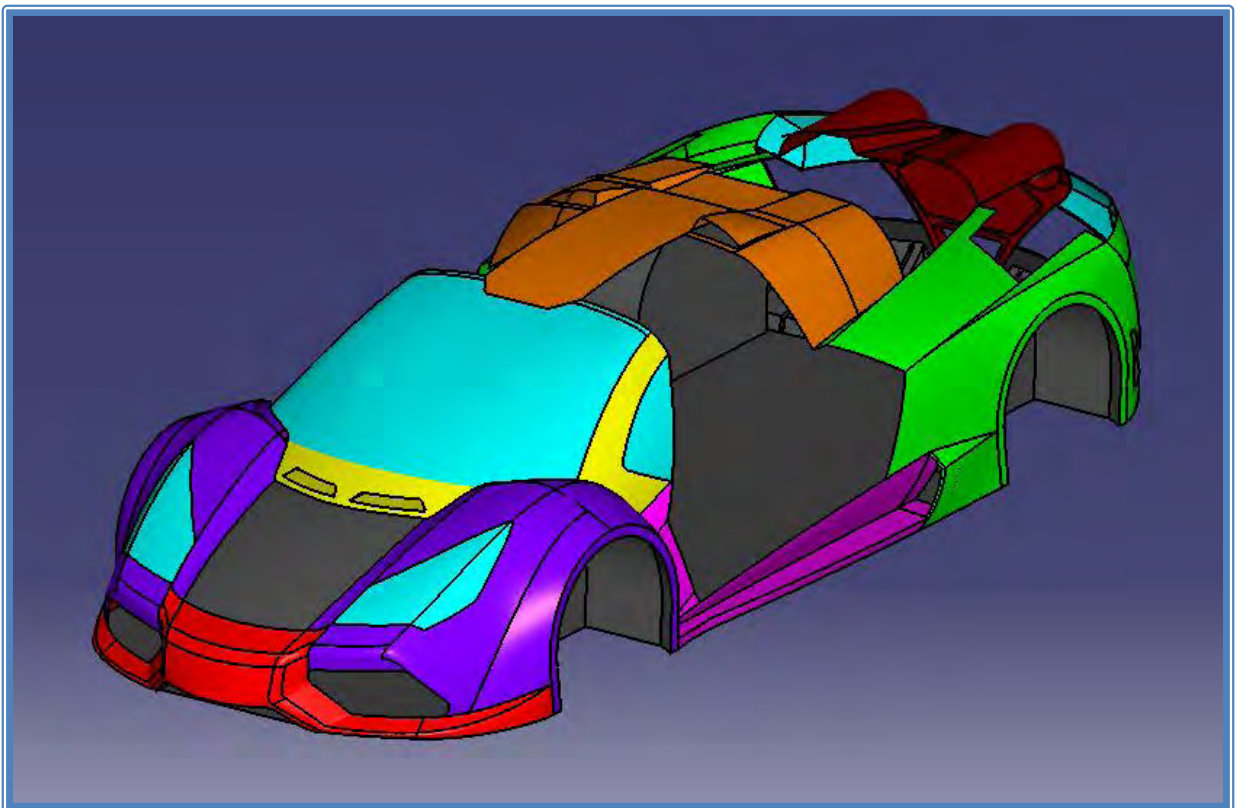
I punti che seguiremo nella nostra check list sono:

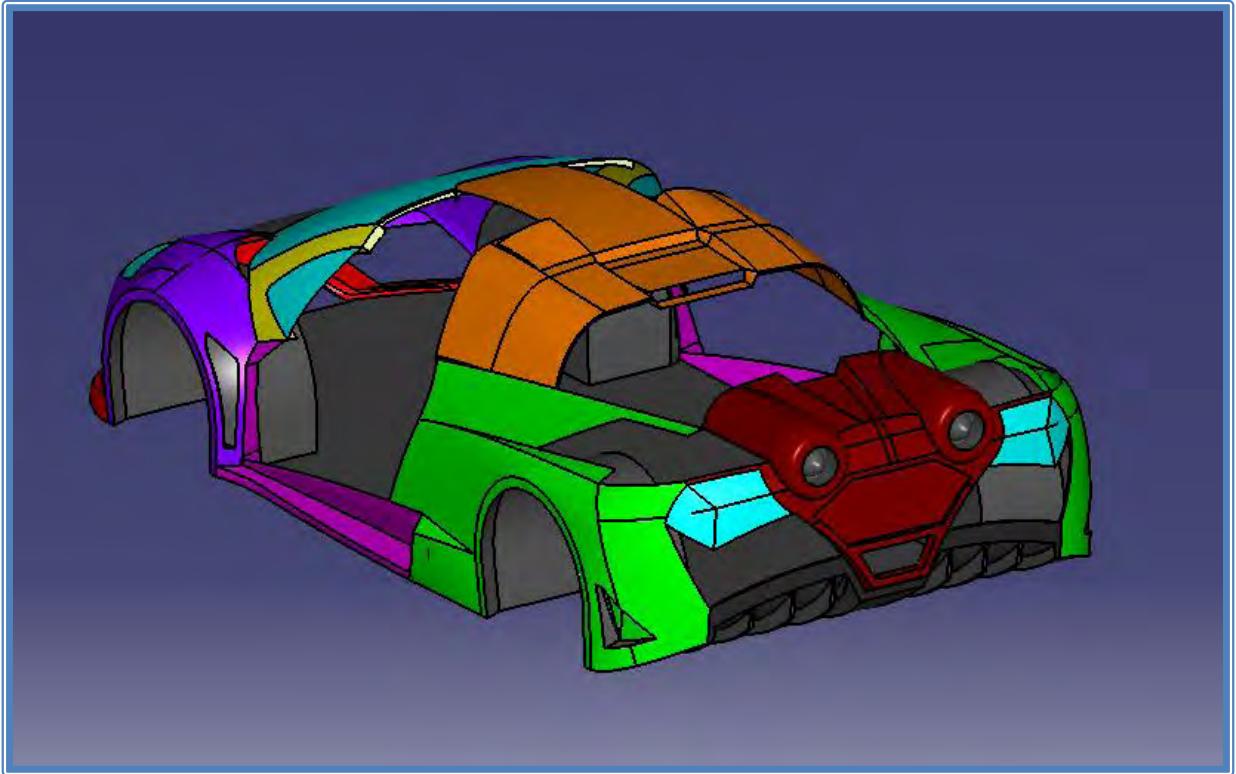
- Definizione della separazione delle componenti della carrozzeria
- Analisi empirica del flusso d'aria in alcuni punti critici
- Breve controllo della normativa

Vediamo di seguito i seguenti punti trattati in dettaglio.

Definizione della separazione delle componenti della carrozzeria

Determiniamo ora come separare le placche di carrozzeria seguendo un criterio che ci porti ad avere un numero ridotto di stampi, tali stampi devono evitare di includere sottosquadri o situazioni problematiche di estrazione. Per effettuare questa operazione coloriamo in maniera differente le varie zone che possono essere incluse in un unico pezzo.





Distinguiamo tra le parti principali colorate in maniera diversa le zone in celeste che rappresentano i vetri e i gruppi ottici , in giallo le coperture dei montanti e del parabrezza e in nero la zona dell'estrattore posteriore. Sportelli e altre parti mobili non sono state ovviamente considerate perché già parte di una naturale separazione dal corpo principale.

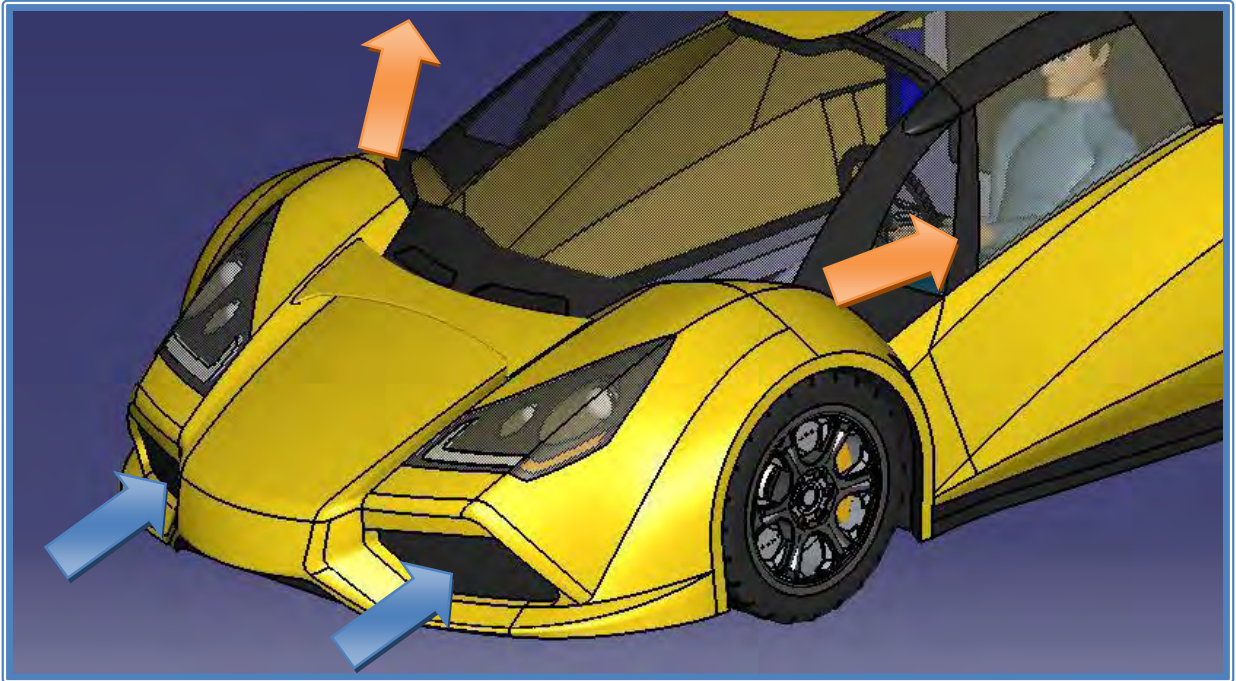
Analisi empirica del flusso d'aria in alcuni punti critici

Diamo un breve sguardo a ciò che presumiamo possa accadere in alcuni punti critici dove abbiamo inserito delle soluzioni aerodinamiche scelte in base all'esperienza, faremo un disegno schematico del flusso in attesa che le singole zone vengano analizzate da una simulazione CFD, in questa tesi non verrà trattato questo aspetto perché seppur strettamente collegato al nostro lavoro esula da quella che è un'impostazione generale e rientra maggiormente come analisi di dettaglio da effettuarsi a monte di altri passaggi fondamentali nella realizzazione di una prima vettura prototipo reale .

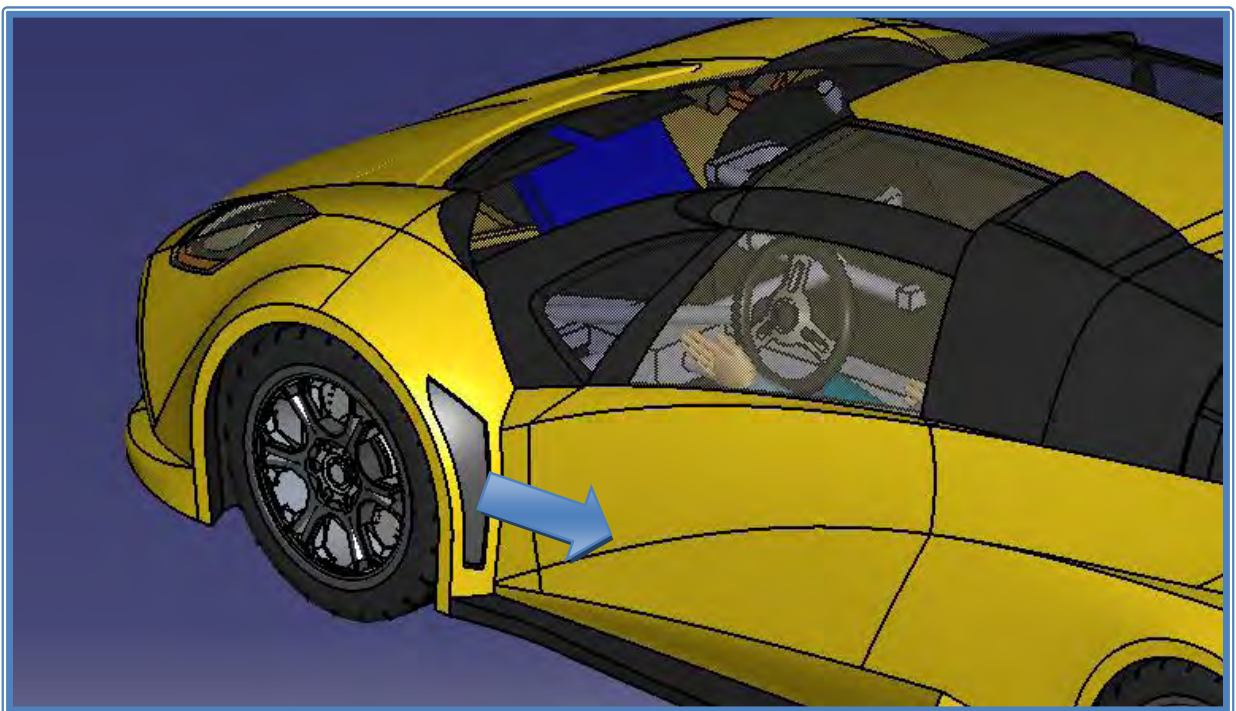
Le zone che andremo ad analizzare sono per lo più delle aperture di alimentazione e degli sfoghi per le camere delle ruote anteriori e posteriori.

Vediamo ora uno alla volta queste zone, il flusso che le attraversa e lo scopo della loro realizzazione.

Prese per radiatori frontali e passaruota anteriori



I radiatori frontali servono il sistema di climatizzazione dell'abitacolo scaricando il flusso all'esterno della vettura per non scaldare il parabrezza e vanificare la climatizzazione.



Lo sfogo dietro il passaruota provvede ad alleggerire la resistenza delle ruote depressurizzando il vano.

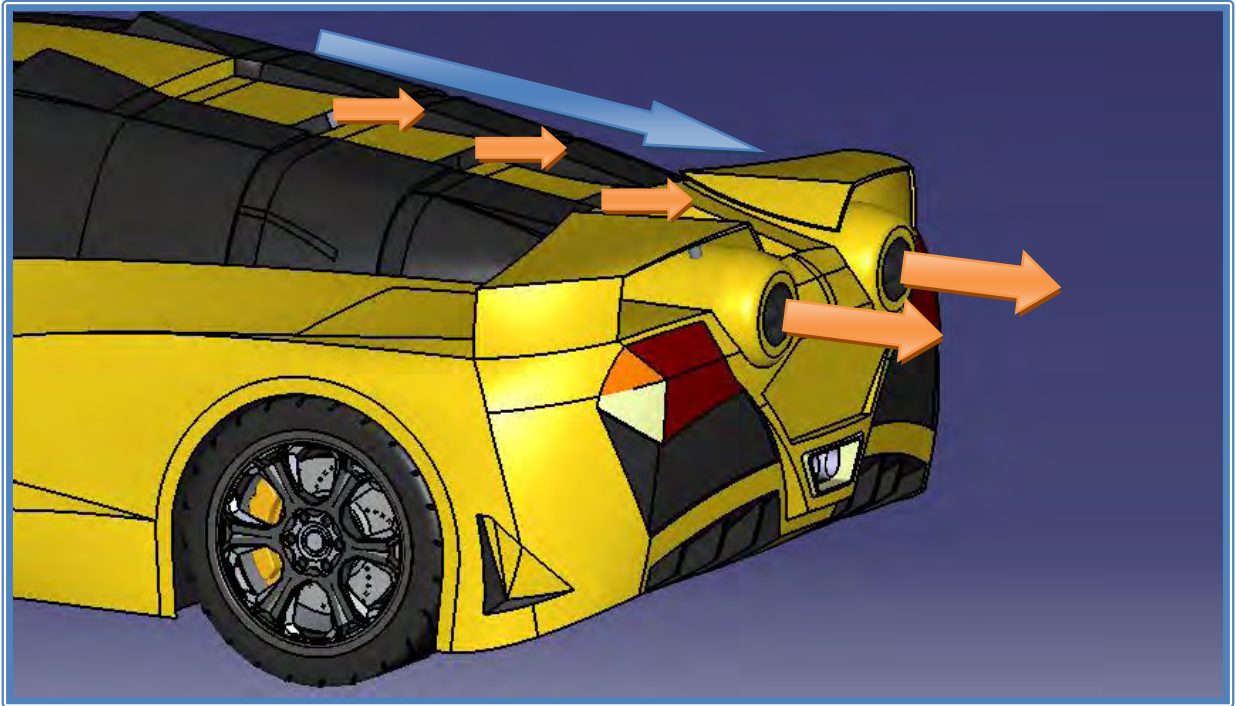
Prese radiatori laterali e passaruota posteriore

Sul fianco della vettura sono posti due radiatori per l'olio il cui flusso è scaricato all'interno del vano motore, viene adottata la stessa soluzione dell' anteriore per scaricare la pressione dal vano ruote posteriore.



Cofano posteriore e vano motore

Nella zona posteriore, sulle componenti del cofano posteriore sono posizionate delle prese statiche per lo scarico del calore e della condensa, nella zona di attacco degli alettoni invece sono state realizzate due aperture cilindriche.



Tali aperture contengono due ventole per l'estrazione del calore in caso di eccessiva temperatura esterna o condizioni di surriscaldamento del vano motore.

Alimentazione Plenum chamber



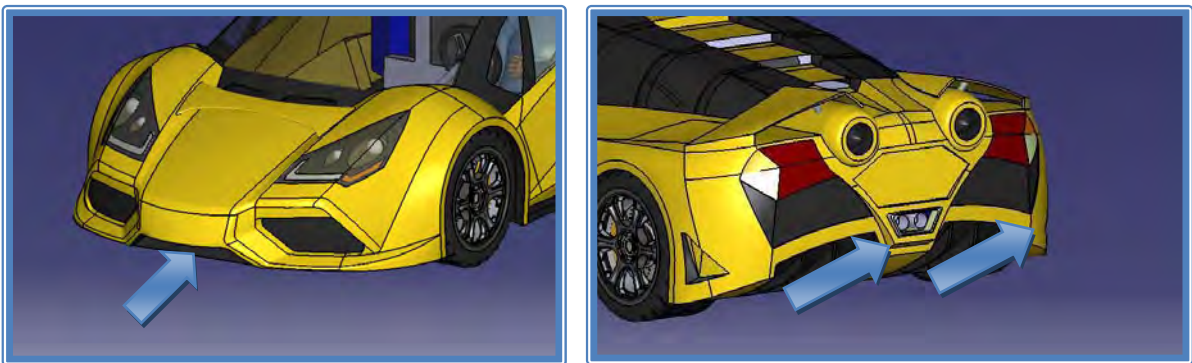
Al fine di fornire un' adeguata quantità d'aria ad un motore di così grande cilindrata vengono inserite sul tetto due prese dinamiche per l'alimentazione del plenum. indispensabile nei motori non sovralimentati di grande potenza che sfruttano gli effetti dinamici dei flussi d'aria.

Ricircolo aria nell'abitacolo



L'aria nell'abitacolo viene pescata vicino al curvano e scaricata nella parte alta con delle bocchette poste sotto la luce di arresto centrale.

Alimentazione del fondo e scivolo estrattore posteriore



L'aria che genera l'effetto suolo, utile a migliorare la tenuta della vettura, è pescata da una presa centrale anteriore e scaricata tramite due scivoli estrattori posteriori.

Applicazione del boat tailing

Al fine di migliorare il coefficiente di resistenza aerodinamica si inseriscono alcuni accorgimenti nella costruzione della zona posteriore, stiamo parlando della tecnica del boat tailing che finora sembra aver portato ottimi benefici nel settore automotive, una sua applicazione l'abbiamo già vista nel tratto precedente quando abbiamo parlato dello scivolo estrattore , è possibile replicare tale sistema anche sui fianchi della vettura come mostrato dalle figure che seguono.

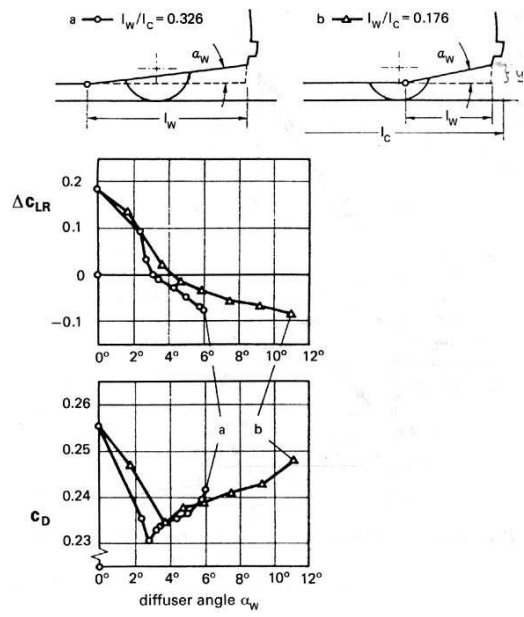
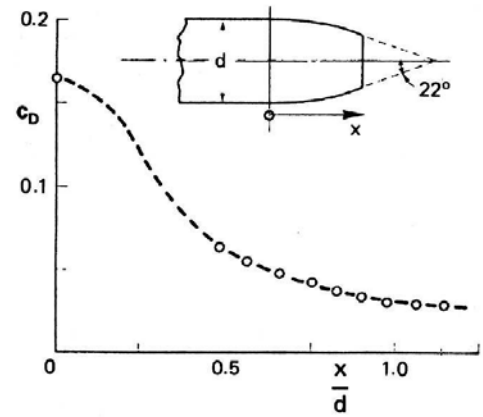
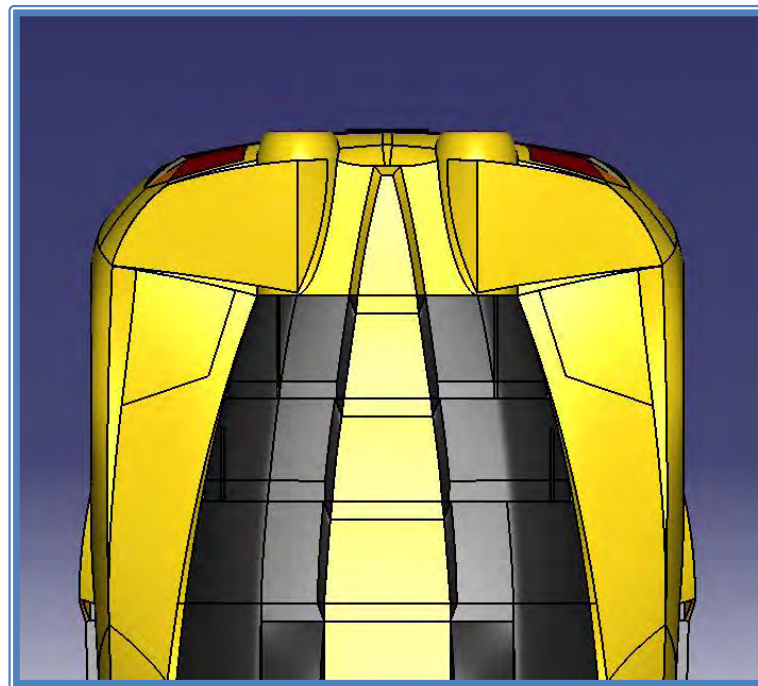


Fig. 4.48 Reducing drag and lift on the rear axle by means of a rear diffuser, after J. POTHOFF [4.45].



Effetto del diffusore posteriore

Effetto del boat tailing laterale



Con quest' ultima parte si conclude il processo di analisi empirica delle soluzioni aerodinamiche adottate sul nostro prototipo di vettura sportiva.

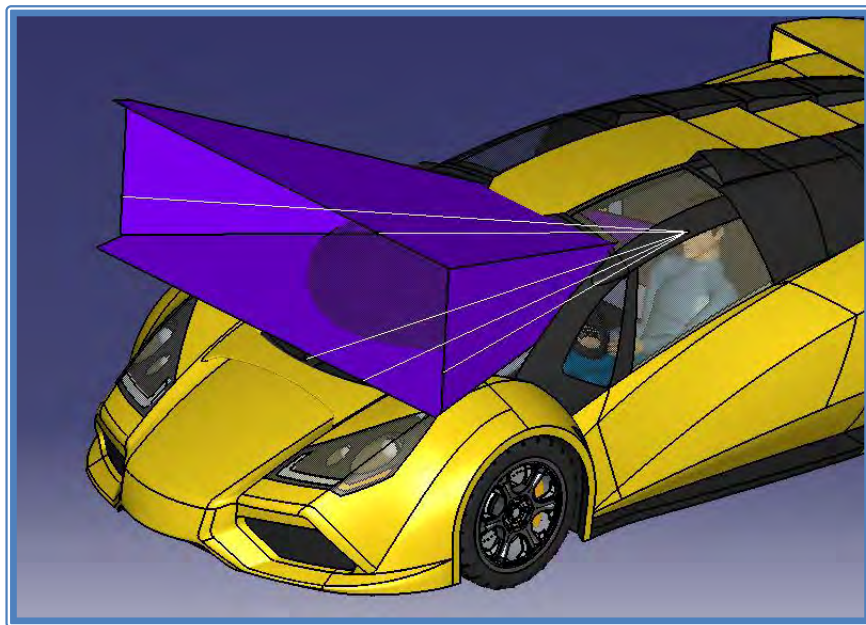
Breve controllo della normativa

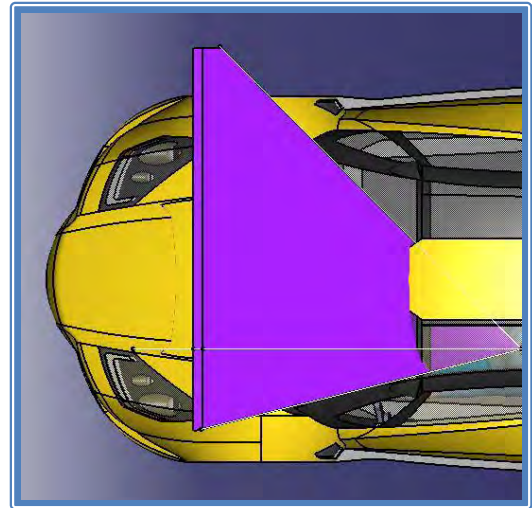
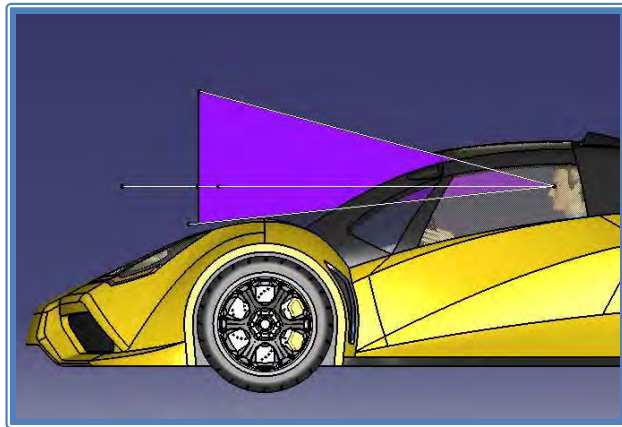
In ultima istanza facciamo un breve controllo del rispetto della normativa, si tenga presente che durante l'embodiment design tale normativa è stata tenuta sotto stretta osservazione al fine di evitare di dover riprendere la modellazione da un livello troppo basso allungando enormemente i tempi di realizzazione. Questo controllo vuole essere solo una dimostrazione della qualità del lavoro svolto, presenteremo infatti solo alcuni dei punti più sensibili della normativa come:

- Il campo visivo del guidatore
- La prova di urto con il pendolo omologato
- Gli specchi retrovisori

Il campo visivo del guidatore

Per analizzare il campo ci è bastato realizzare una forma 3D con gli angoli minimi da normativa da applicare sul punto di vista del guidatore, una volta fatto questo si controlla che non ci siano interferenze visive.

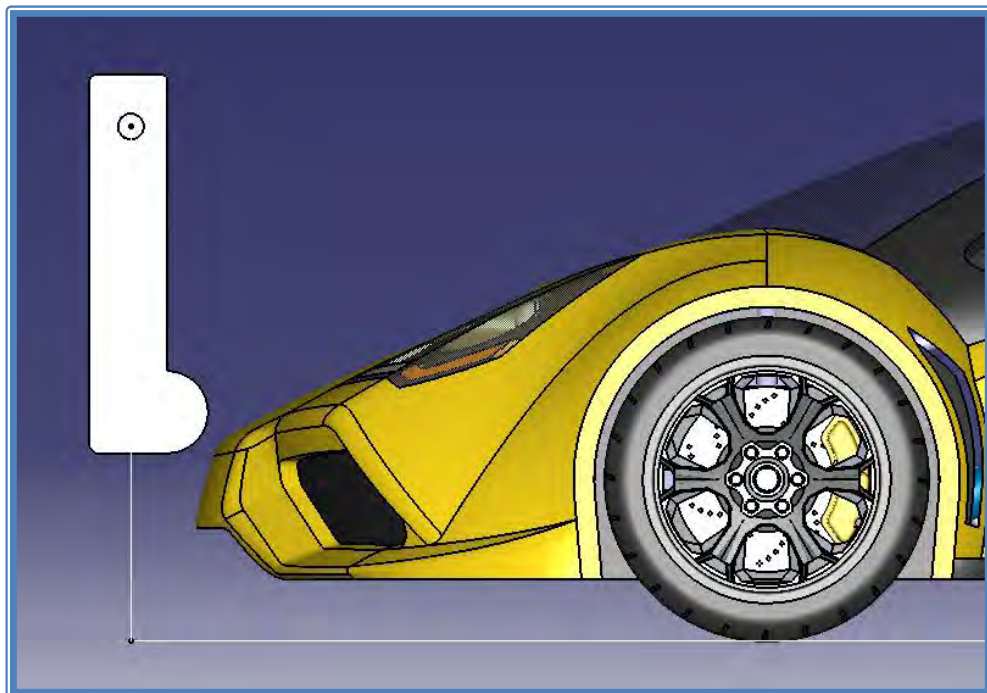




Come è possibile appurare dalle figure sopra realizzate non ci sono gravi ostruzioni al campo visivo minimo e perciò la vettura risulta idonea sul piano della visibilità frontale.

La prova di urto con il pendolo omologato

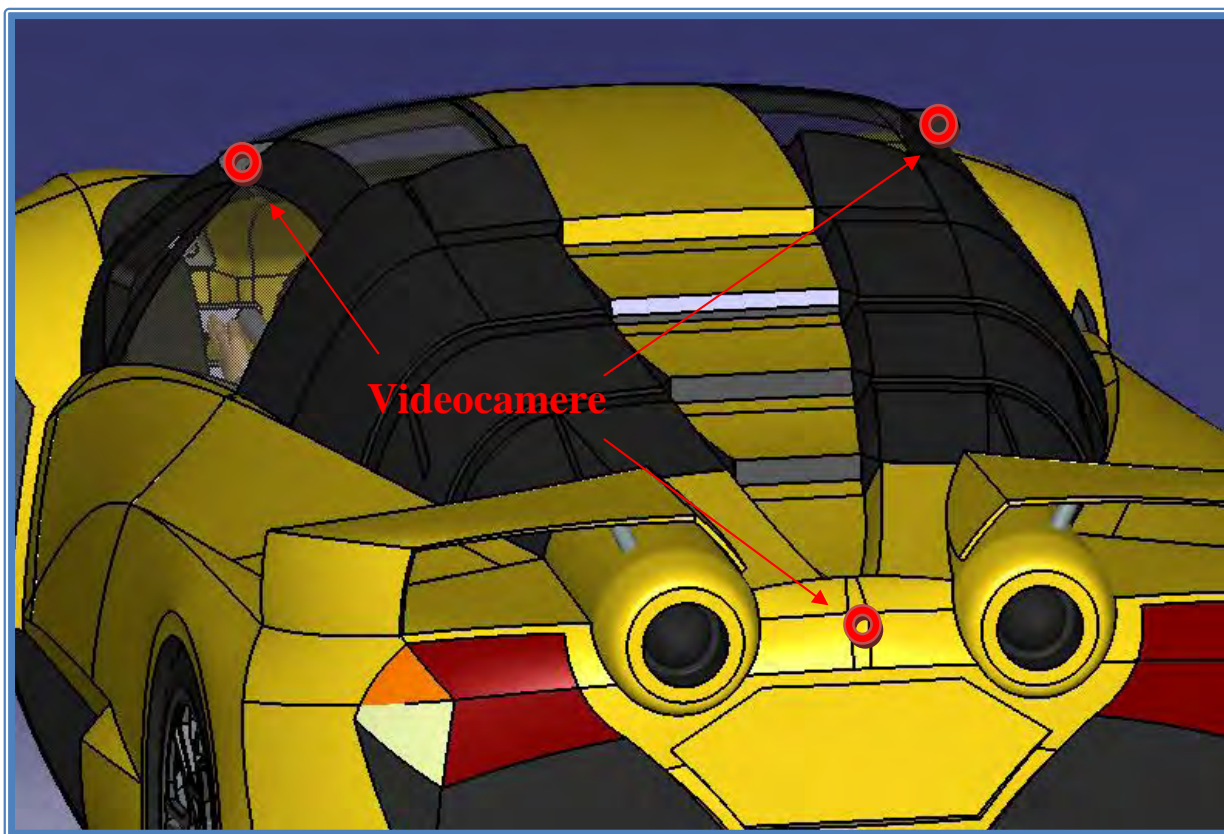
Stessa tecnica per la prova del pendolo, se ne realizza una copia virtuale come da normativa e si procede alla verifica simulando l'urto contro il modello matematico della carrozzeria fermando il pendolo prima che interferisca con la carrozzeria e controllando che non vengano colpite delle parti mobili o i gruppi ottici.



Come si può dedurre dalla figura il pendolo si trova poco sotto la linea dei gruppi ottici e quella del cofano anteriore (non visibile ma ci è noto dalle figure sulla divisione delle parti della carrozzeria che tale linea segue il profilo dei gruppi ottici e si trova quindi alla stessa altezza) è normale per questo tipo di vetture trovarsi molto al limite della normativa a causa dell' altezza da terra estremamente ridotta.

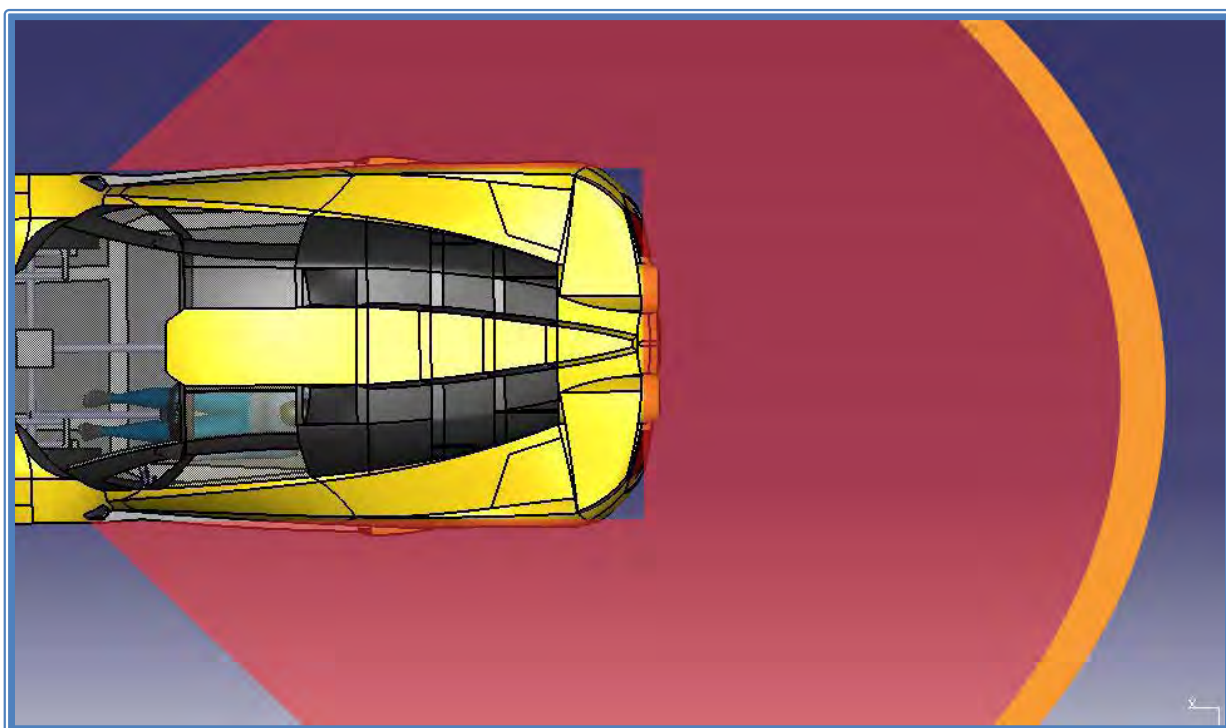
Gli specchi retrovisori

Per gli specchi retrovisori si è adottato un sistema di videocamere digitali , tale sistema risulta essere di ingombro estremamente ridotto e introduce una nuova concezione nel campo della sicurezza su strada.



Come visto in figura le videocamere sono tre e sono posizionate in due supporti laterali agganciati ai montanti e nella parte centrale della zona posteriore appena sopra il porta targa. Queste tre telecamere catturano diverse angolazioni della strada dietro al veicolo coprendo un' area molto simile a quella coperta dai normali specchietti retrovisori, il vantaggio di questa tecnologia risiede nel fatto che al contrario delle immagini riflesse le tre riprese posso

essere rielaborate da un calcolatore per riprodurre un immagine stereoscopica sulla plancia del veicolo.



Nell'immagine possiamo vedere in rosso il campo visivo coperto dalle tre videocamere (solo in ampiezza) e in arancio il cerchio che verrà riprodotto dalla stereoscopia sul monitor (l'immagine è tronca ma dal raggio è possibile intuire i limiti di tale cerchio). Il vantaggio di questa tecnologia è che l'immagine di quello che accade dietro al veicolo può essere riassunta in un solo punto distraendo meno il conducente che normalmente è costretto a ruotare la vista per utilizzare i tre specchietti, inoltre la stereoscopia fornisce una resa realistica eliminando completamente gli angoli ciechi e con un attento studio dell'elaborazione software impedisce di commettere errori di valutazione della distanza (si possono implementare ogni genere di tecniche di misura virtuale delle distanze, valutazione di rischio automatico, ecc).

6.4 RENDER DI PRESENTAZIONE

In questa ultima sezione del detail design presentiamo alcuni render foto realistici della vettura realizzati in ambiente CAD al fine di valutare l'impatto visivo della vettura in un contesto cittadino.





7.1 CONSIDERAZIONI SUL LAVORO SVOLTO

Questa tesi è il frutto del lavoro svolto durante i mesi di tirocinio svolti presso un'azienda che produce prototipi di qualsiasi dimensione per il settore automotive, macchine motrici agricole e navale. Le esperienze fatte durante il corso della sua stesura sono state molteplici ed hanno aggiunto al mio bagaglio culturale tutta una serie di nozioni di tipo pratico che andranno a favorire la fase di inserimento in un ambiente lavorativo. La possibilità di concretizzare un'idea nata da un percorso sia tecnico che artistico mi ha permesso di prendere parte a quello che è il reale processo di ingegnerizzazione di un prototipo, dalla realizzazione della matematica, alla programmazione e alle problematiche che si riscontrano sulle MU in fase di produzione, fino al lavoro manuale in fase di assemblaggio nel quale si viene a contatto con tutta una serie di problematiche che in ambito teorico non posso essere apprezzate e risolte.

Con la speranza che questa tesi sia un trampolino di lancio per altre iniziative o quantomeno uno spunto per nuovi argomenti di ricerca, passo ora a ringraziare tutte le persone che hanno contribuito insieme a me alla produzione di questo testo.

8.1 RINGRAZIAMENTI

Prima di tutto vorrei ringraziare il Prof. Fabrizio Ferrari per l'occasione concessami di mettere in opera le mie capacità e le mie doti con un progetto concreto e altamente formativo, seguendomi passo dopo passo nel periodo di tirocinio e di stesura della tesi con dedizione e interesse , ringrazio la Facoltà di ingegneria "Enzo Ferrari" e il preside Prof. Giuseppe Cantore per la possibilità che da a noi studenti di integrarci con la realtà aziendale del territorio preparandoci al nostro ingresso nel mondo del lavoro. Ringrazio le aziende che hanno attivamente collaborato alla realizzazione della tesi nelle fasi di produzione del prototipo in scala, rispettivamente la Modelleria Modenese s.n.c. per la produzione e l'assemblaggio e la Società Carrozzi Nonantola s.n.c per la finitura e la verniciatura.

Ringrazio poi tutti coloro che mi sono stati vicini durante il percorso universitario e mi hanno sostenuto come i miei genitori Franca e Gioacchino, mia sorella Cecilia ; ringrazio tutti i colleghi dell' università Donato , Luca , il piccolo Stefano ,Emanuele, Mangu .

Ringrazio tutti gli amici che con la loro compagnia mi hanno dato la forza di portare a termine i miei obiettivi e non cedere di fronte alle difficoltà , le Camelias (Fabrizio , Giulia , Martina , Lollo , Chiara , Silvia , Virna , Ducky e la Sgo) , gli amici del mare (Marco , Roberto , Eva , Valentina , la Pati) , la mia squadra di football americano i Persiceto Knights , i miei amici Marcello, Donatella e Roberta.