

IL VOLANTE NELLE COMPETIZIONI AUTOMOBILISTICHE

***DALLA FORMULA 1 ALLA FORMULA STUDENT
ATTRAVERSO PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE***

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria del Veicolo



LAUREANDO:

ANTONIO MARIA MACRIPÒ

A.A. 2022/2023

RELATORI:

CHIAR.MO PROF. MATTEO GIACOPINI

CHIAR.MO PROF. VALERIO MANGERUGA

INDICE

- 1 MODELLI PER LO SVILUPPO DI VOLANTI DA COMPETIZIONE***
- 2 EVOLUZIONE DEL VOLANTE NEL MOTORSPORT***
- 3 IL VOLANTE NELLA FORMULA STUDENT***
- 4 REALIZZAZIONE DEL VOLANTE***
- 5 ANALISI DEI CARICHI***
- 6 ANALISI DEI COSTI***
- 7 CONCLUSIONI***



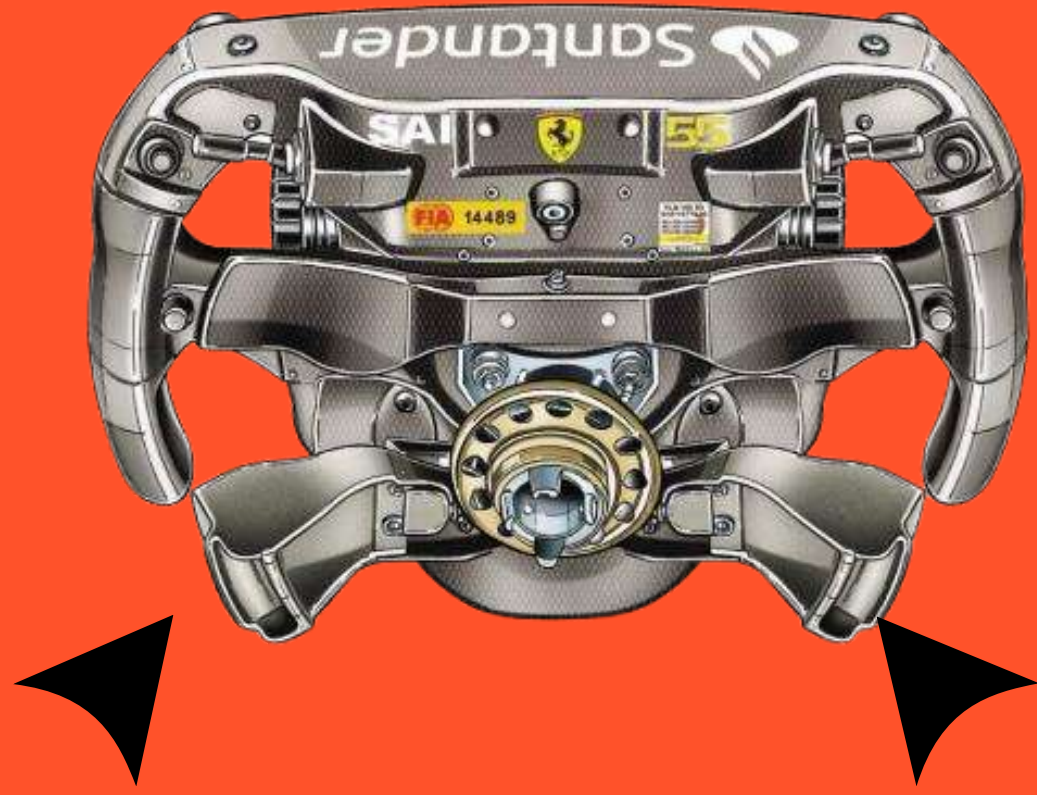
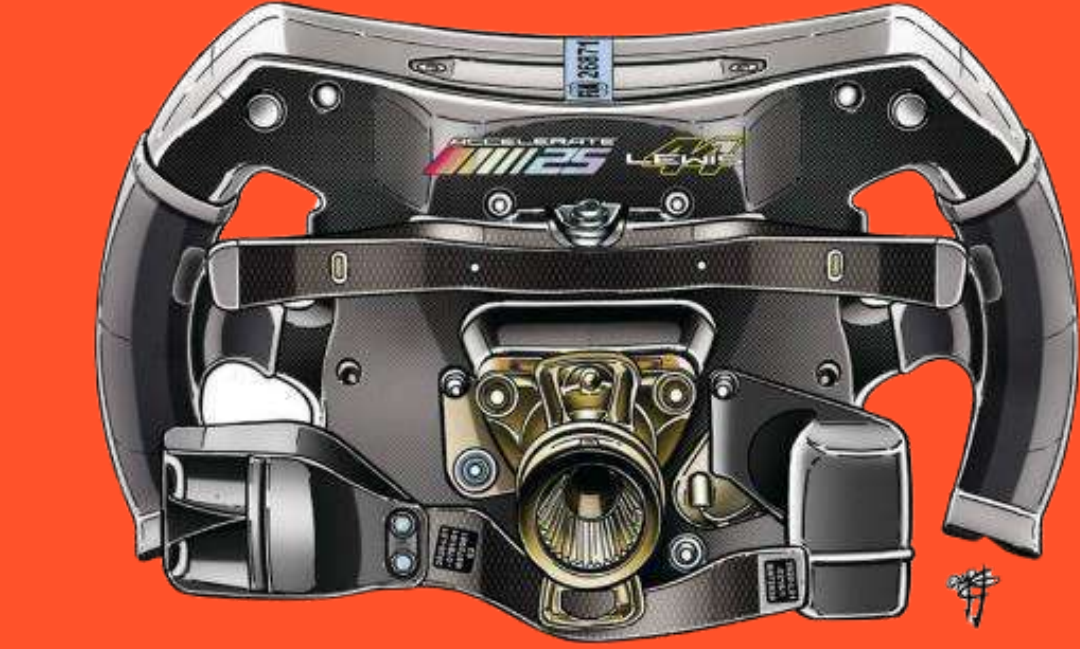
1 **MODELLI PER LO SVILUPPO DI VOLANTI DA COMPETIZIONE**

PER IL VOLANTE DELLA VETTURA DI FORMULA SAE, LO SVILUPPO HA PRESO SPUNTO DAI VOLANTI DELLA FORMULA 1.

COME IL VOLANTE F1, LA COMPONENTE DELLA FORMULA SAE INCORPORA NUMEROSE FUNZIONI, QUALI PADDLE CAMBIO, PULSANTI VARI E L'INNOVATIVO SGANCIO RAPIDO SNAP-OFF. (ANALISI DI "REVERSE ENGINEERING")



RETRO



VOLANTI FORMULA 1

2 *EVOLUZIONE DEL VOLANTE NEL MOTORSPORT*



FERRARI 375



1951



MCLAREN M7C



MCLAREN M23



MCLAREN MP4/4



FERRARI 640/F1



1999

MCLAREN MP4/14



2008

MCLAREN MP4/23



2023

FERRARI SF-23

VOLANTI GRAN TURISMO



2023

BMW M4 GT3



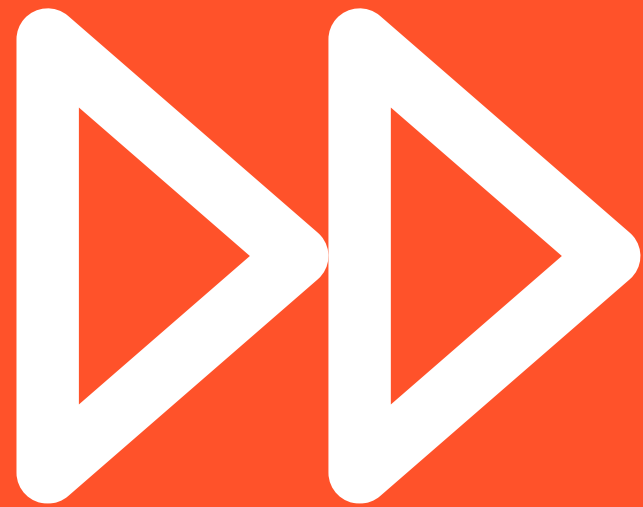
2023

PORSCHE 992 GT3 R

3 *IL VOLANTE NELLA FORMULA STUDENT*

*PROTOTIPO M23-L
A SILVERSTONE 2023*





VOLANTI FORMULA S

1.

RIDEFINIZIONE DELLE DIMENSIONI

FORMA RIVISITATA E OVALIZZATA. DIAMETRO INVARIATO (250 *mm*), SPESSORE VARIATO DA 30 A 36 *mm*.

RISULTATO: MIGLIORAMENTO DELLA GUIDA.

2.

IMPUGNATURE QUADRATE

PRESENTANO UNA SEZIONE DI BASE 36X36 *mm* CON RACCORDI VARIABILI.

RISULTATO: ERGONOMIA MIGLIORATA.

NOVITÀ DEL VOLANTE 2023



3.

POSIZIONE DELLE RAZZE

LE RAZZE SONO PIÙ ALTE, QUINDI È MIGLIORATA LA POSIZIONE DELLE MANI.

4.

SEMPLIFICAZIONE ELETTRONICA

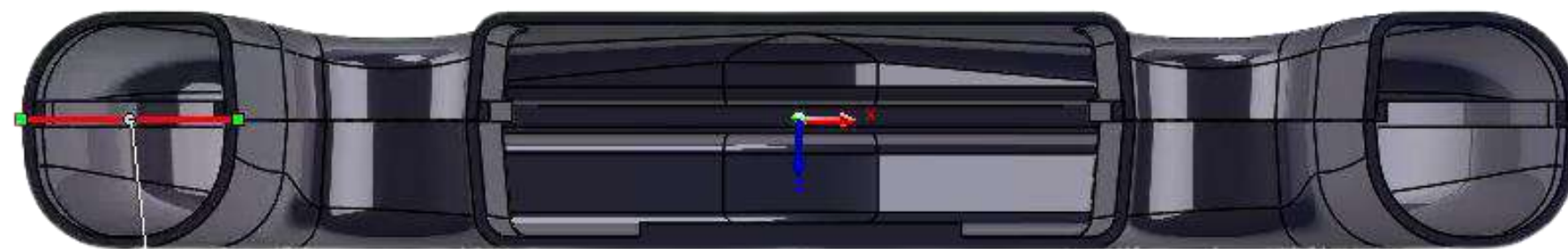
SI ELIMINA LA SCHEDA ELETTRONICA, RIPORTANDO GRAN PARTE DELLE FUNZIONI SUL CRUSCOTTO.

5.

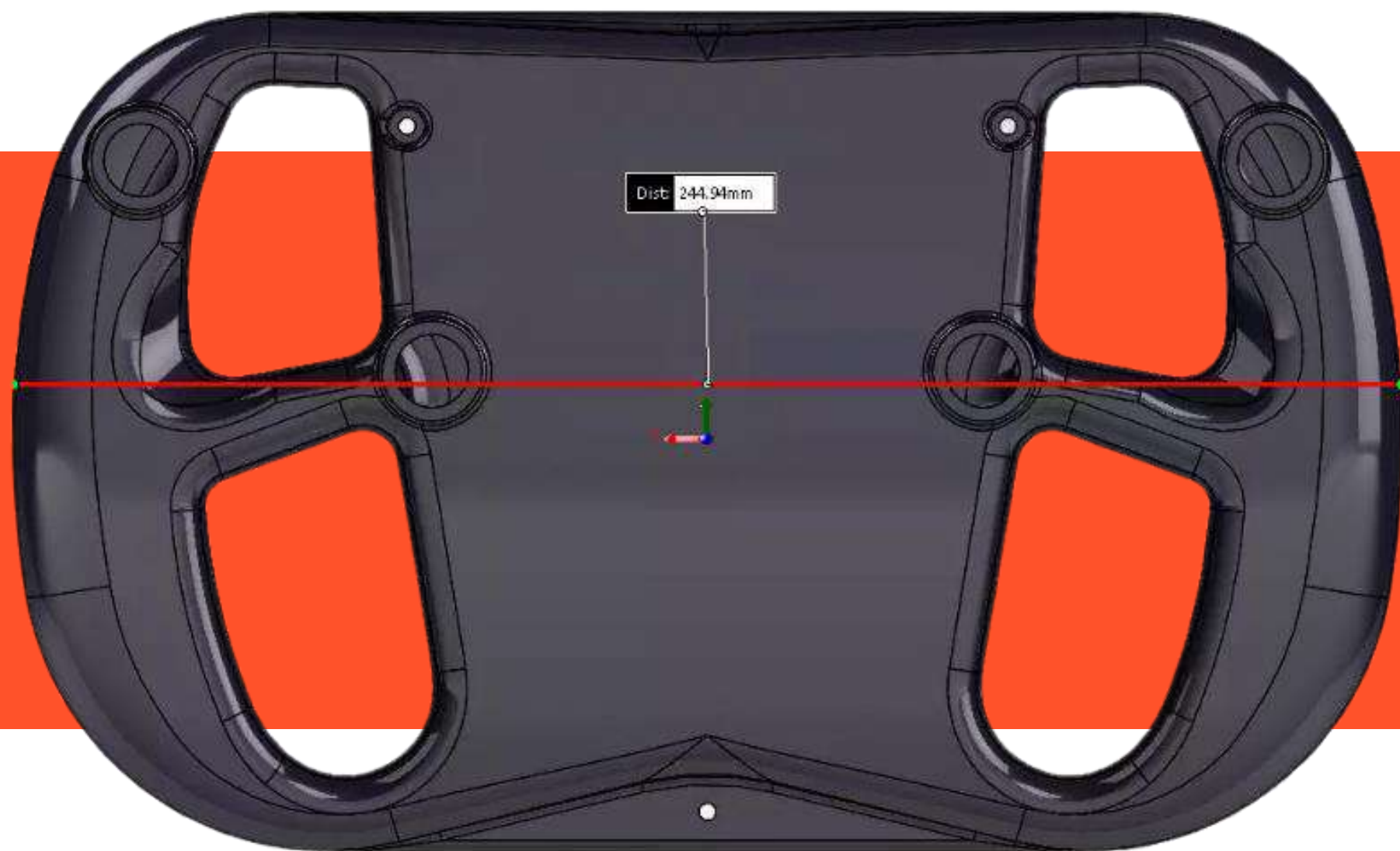
FRIZIONE IDRAULICA

PER RIDURRE PESO E RISCHIO DI ROTTURA, LA LEVA DELLA FRIZIONE È STATA RIPORTATA VICINO AL PIANTONE.

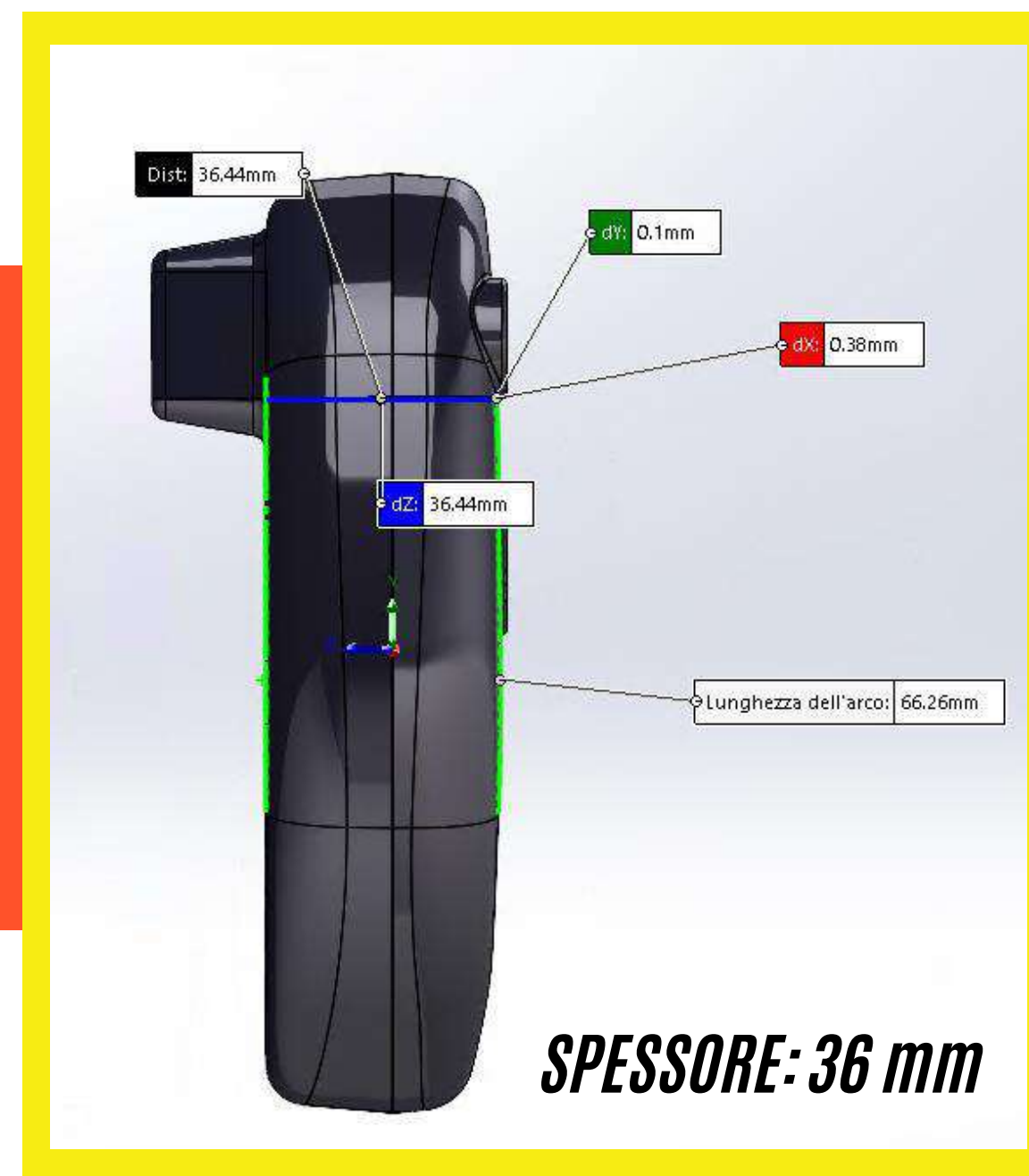
STUDIO DELLA FORMA



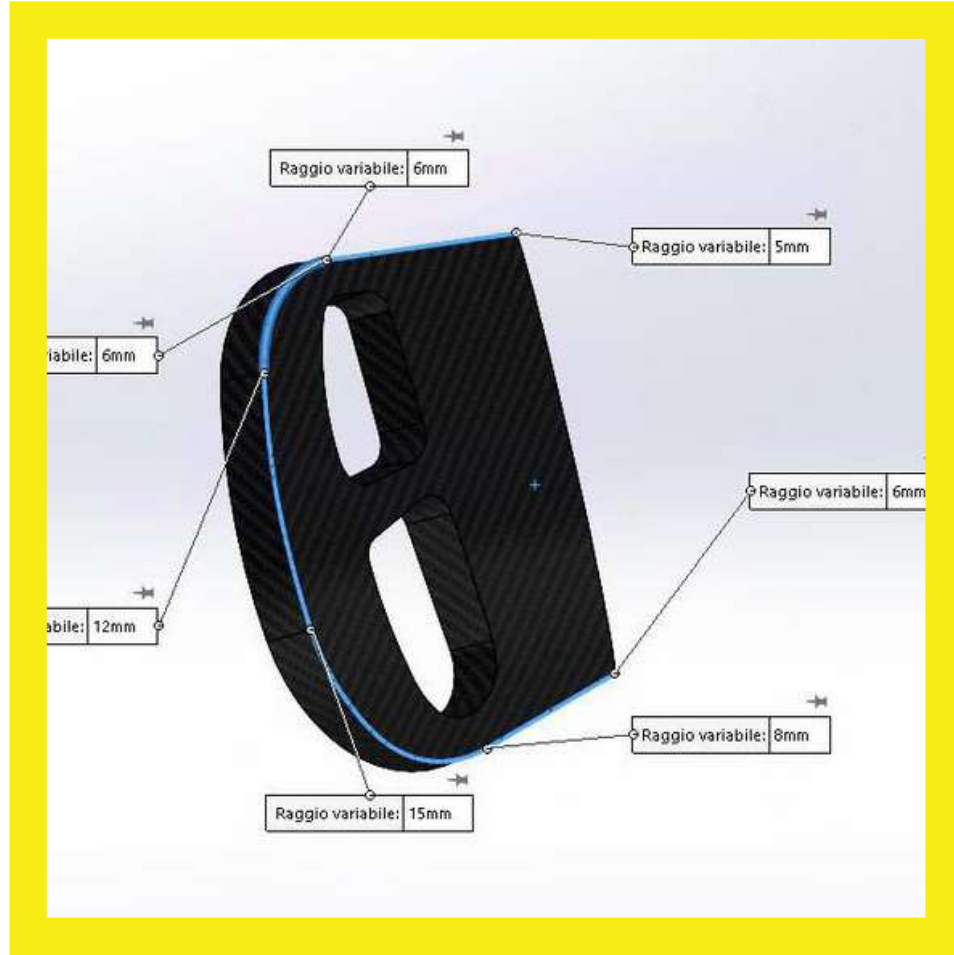
SPESSORE IMPUGNATURA: 36 mm



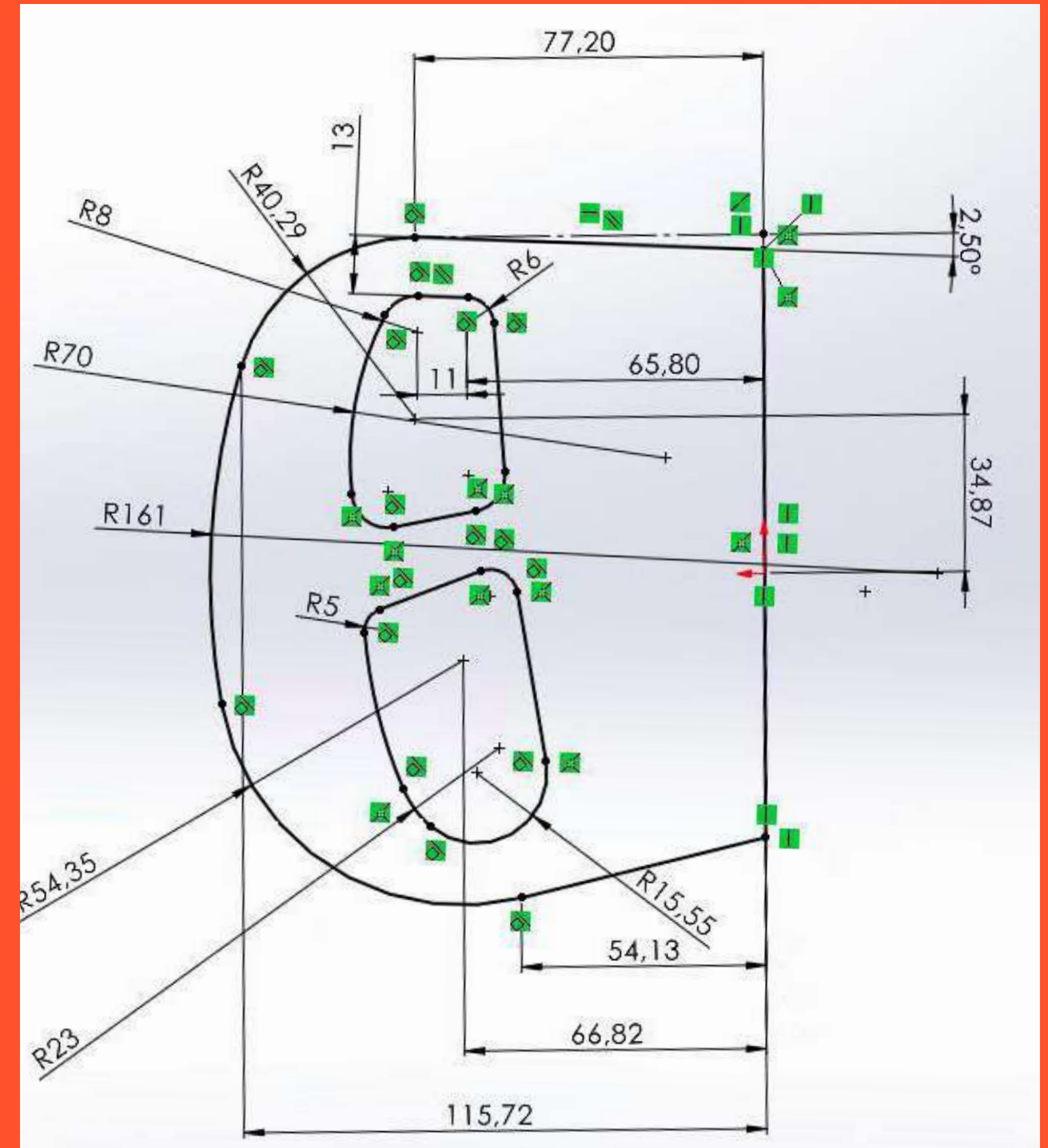
DIAMETRO ESTERNO: 245 mm



SPESSORE: 36 mm



RAGGI DI RACCORDO SU IMPUGNATURE

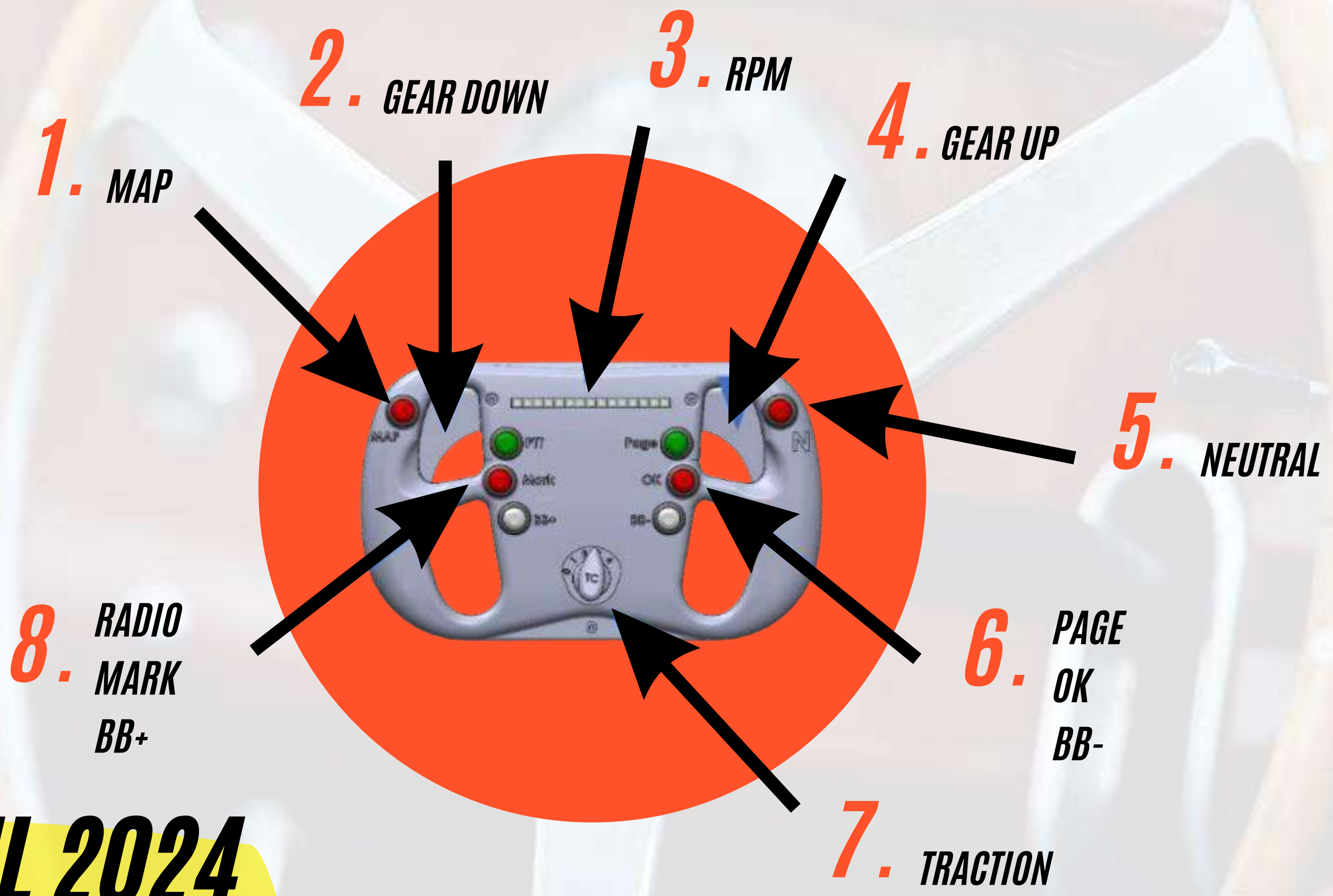


PRIMA BOZZA

INTEGRAZIONI COMPONENTI

***IL TEAM UNIVERSITARIO È
SPECIALIZZATO IN QUESTA ATTIVITÀ
E GARANTISCE UNA PERFETTA
INTEGRAZIONE DEI COMPONENTI
DEL SISTEMA.***

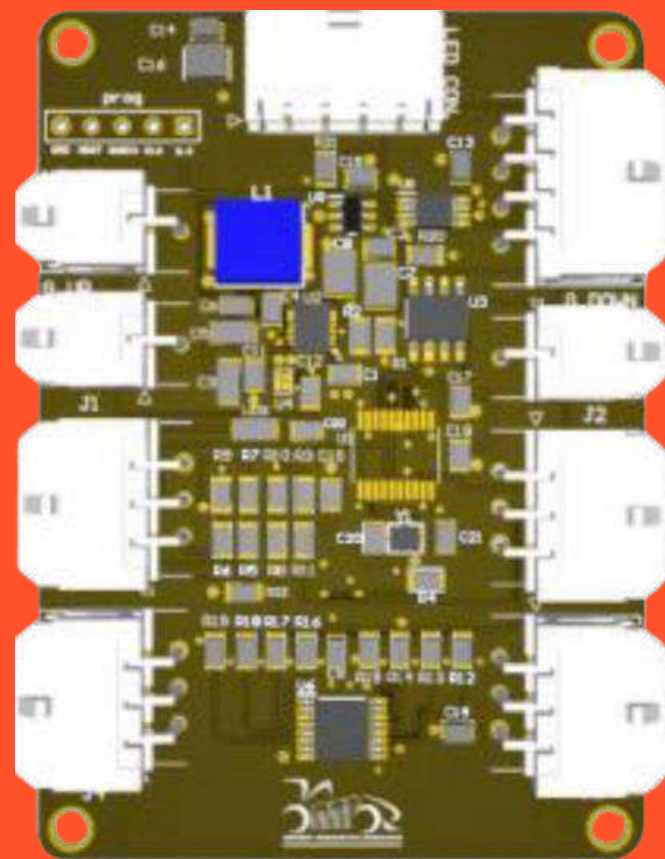




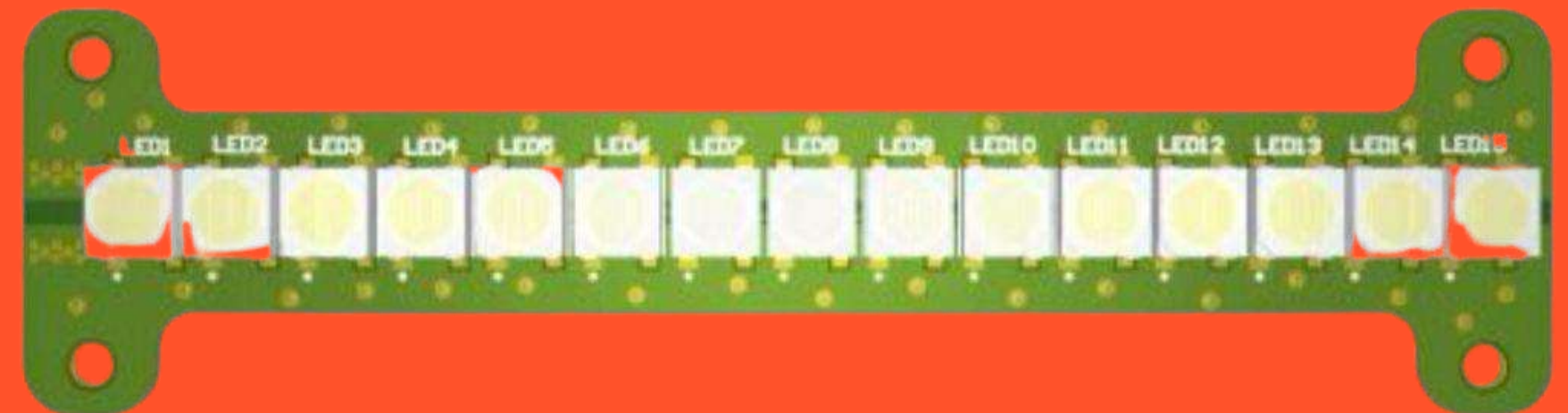
VERSO IL 2024

INTEGRAZIONI COMPONENTI

IL PROGETTO CONSISTE IN DUE SCHEDE ELETTRONICHE: UNA GESTISCE L'ELETTRONICA DEL VOLANTE, MENTRE L'ALTRA CONSISTE IN UNA BARRA DI LED RGB UTILIZZATA PER INVIARE MESSAGGI AL PILOTA E VISUALIZZARE I GIRI AL MINUTO IN MODO PIÙ AGEVOLE.



SCHEDA ELETTRONICA PRINCIPALE



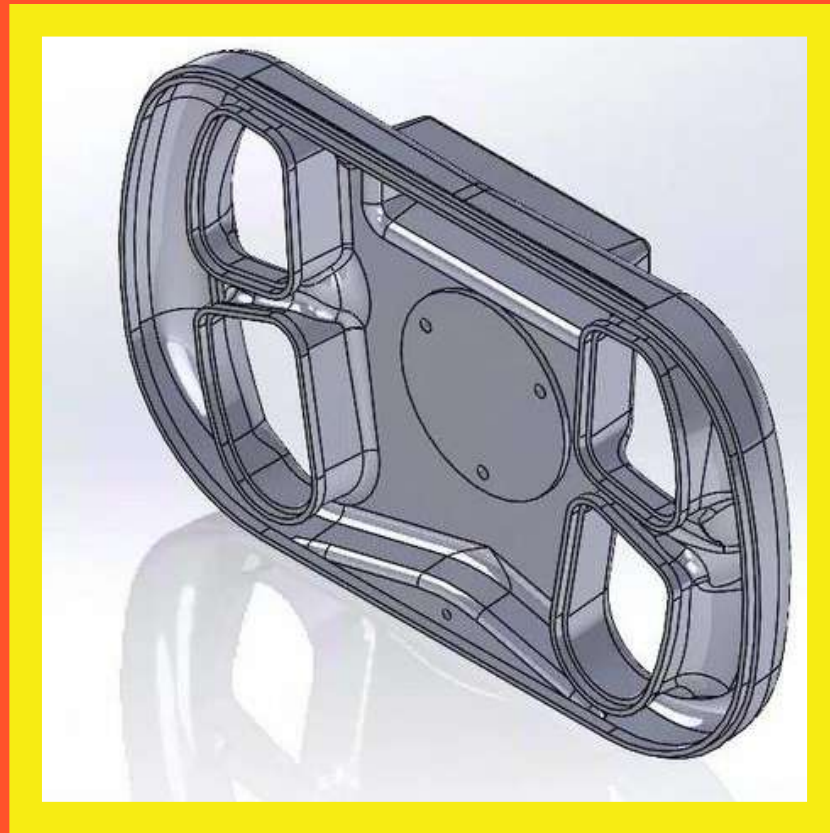
SCHEDA ELETTRONICA SECONDARIA

4 **REALIZZAZIONE DEL VOLANTE**

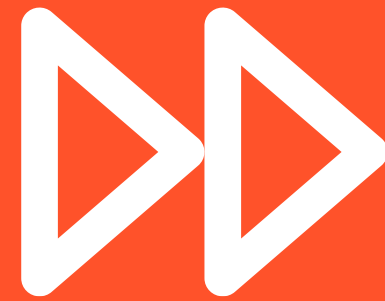
*IL VOLANTE È REALIZZATO CON UNA
COSTRUZIONE A GUSCIO COMPOSTA
ESCLUSIVAMENTE DI PELLI DI
CARBONIO SENZA CORE CENTRALE.*

VOLANTE “SHELL”

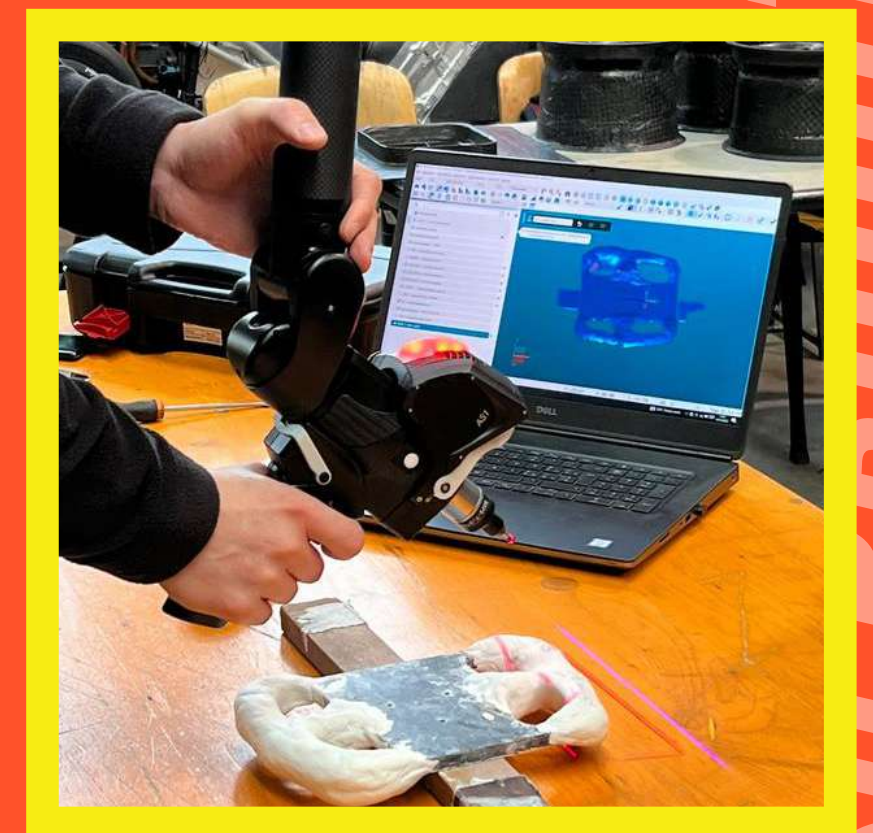
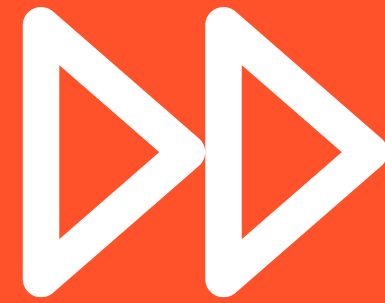




***PROGETTAZIONE CAD DEI
SEMIGUSCIE E ANALISI FEM***



***REALIZZAZIONE DEL
MODELLO IN PASTA DAS***

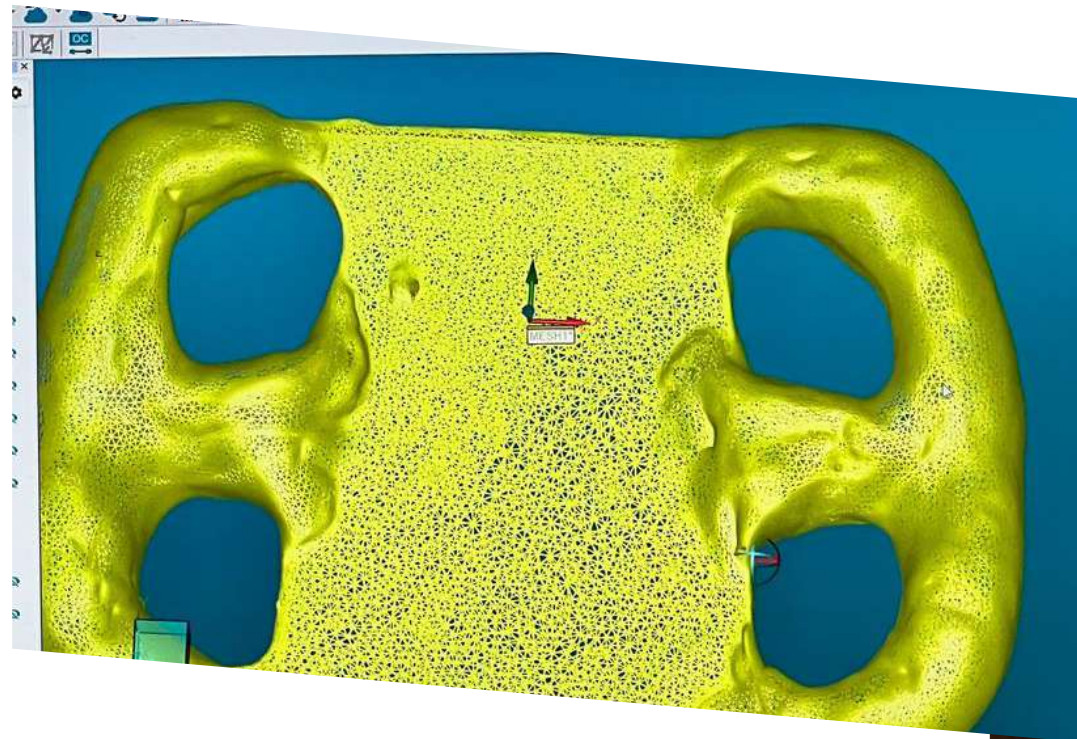


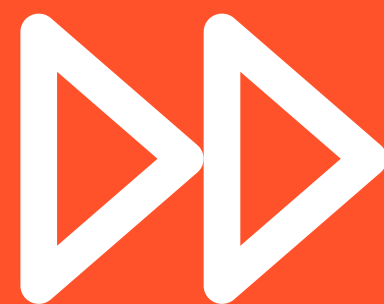
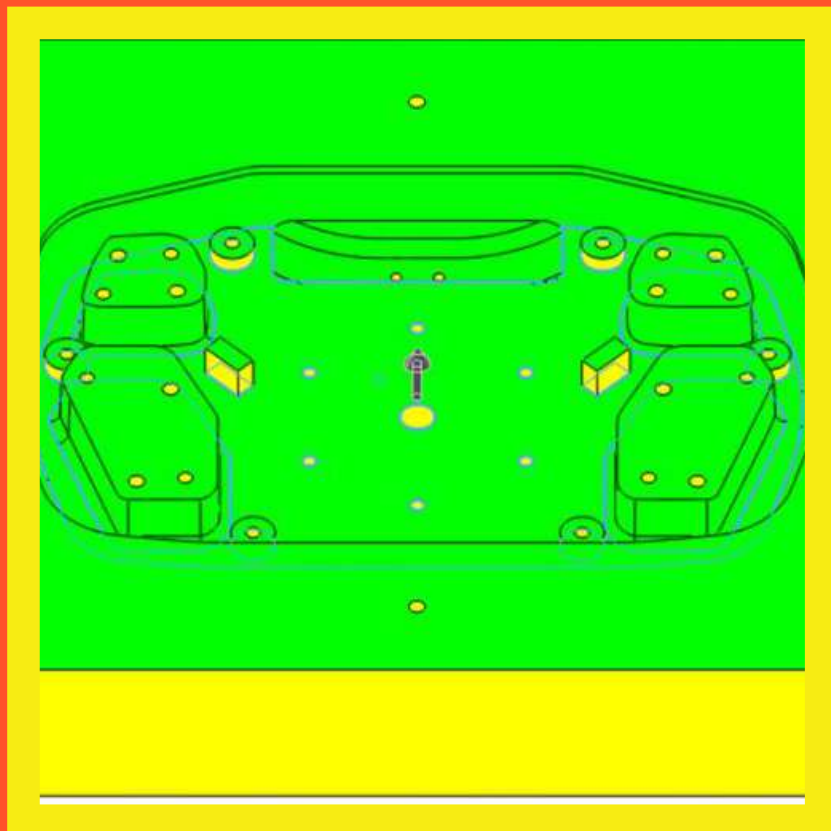
FOTOGRAMMETRIA



ABSOLUTE ARM A 7 ASSI

ABSOLUTE SCANNER AS1

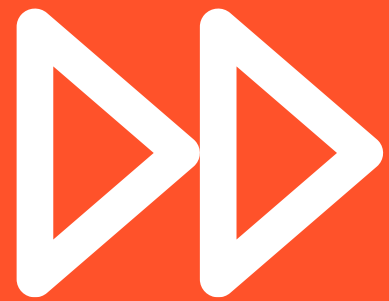




***PROGETTAZIONE CAD DEGLI
STAMPI (DESIGN FOR
MANUFACTURING)***

***REALIZZAZIONE STAMPI IN
MATERIALE POLIURETANICO
(UREOL)***

***"VACUUM BAG-MOLDING"
IN AUTOCLAVE CON PELLI
GG200TH DT120 A
0°/45°/0°, 90 MIN, 6
BAR, 135 °C***



PRODOTTO FINITO E REDAZIONE PLYBOOK (ANALISI FEA)

PROGRESSO PRODUTTIVO

5 ANALISI DEI CARICHI

DOPO AVER PROGETTATO IL CORPO PRINCIPALE DEL VOLANTE SU CAD, SI POSSONO CONDURRE STUDI SULLA RESISTENZA E AFFIDABILITÀ DEL COMPONENTE MEDIANTE UNA SIMULAZIONE REALISTICA DEL COMPORTAMENTO DEL VOLANTE SOTTO CARICO TRAMITE FEM.



SISTEMA DI STERZO CON CARICHI APPLICATI

CASO 1.

STERZATA SOLO CON MANO DESTRA

LA COPPIA DI STERZO RAGGIUNGE I 23 Nm;

LA FORZA SUL VOLANTE È CONCENTRATA SUL POLLICE CHE AGISCE DIRETTAMENTE SULLA RAZZA DEL VOLANTE, IN UNA PICCOLA AREA SITUATA A UNA DISTANZA DI 123 mm DAL

PIANTONE DELLO STERZO. TALE FORZA CORRISPONDE A 178 N.

CASO 2.

STERZATA CON ENTRAMBE LE MANI

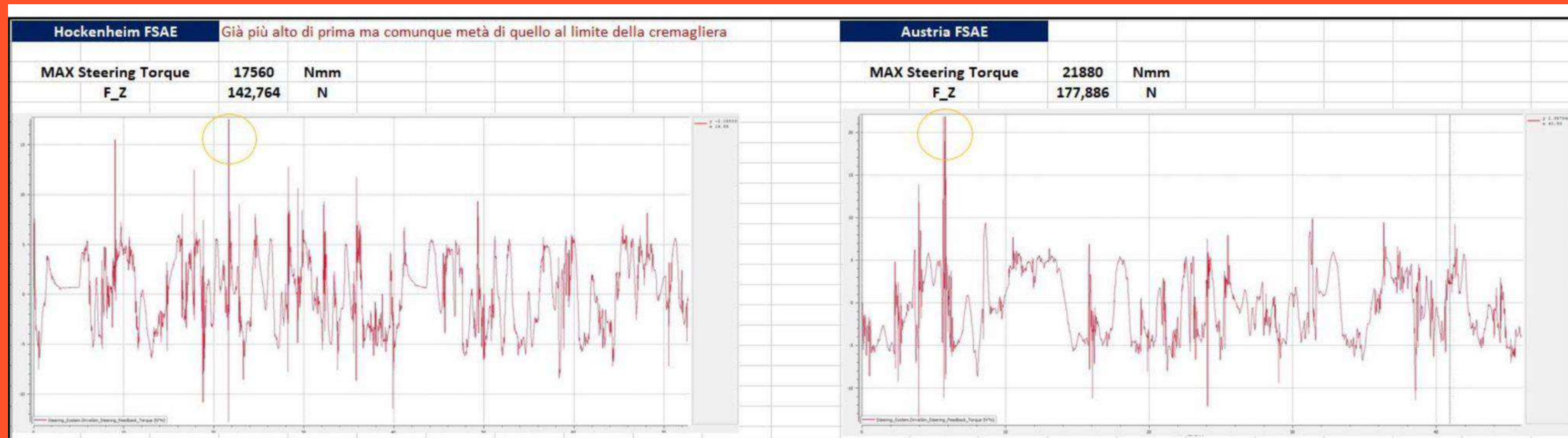
LE SOLLECITAZIONI SUBITE SONO INFERIORI; DISTRIBUENDO IL CARICO TRA LE DUE MANI, IL VOLANTE PUÒ MEGLIO ASSORBIRE LE SOLLECITAZIONI, SFRUTTANDO MAGGIORMENTE IL MATERIALE.



SISTEMA DI STERZO CON CARICHI APPLICATI

	CONFIGURAZIONE $\varphi=0^\circ$	CONFIGURAZIONE $\varphi=90^\circ$
A_1 (Forza su pignone)	90,00993051 N	42,99549963 N
B_1 (Forza su cuscinetto γ)	1104,628125 N	42,99549963 N
A_2 (Forza su cuscinetto α)	2985,206133 N	1195,636166 N
B_2 (Forza su cuscinetto β)	3999,824328 N	1195,636166 N
M_Z1 (Coppia su crociera lato piantone)	16879,14065 Nmm	18208,5941 Nmm
M_Z1 (Coppia su crociera lato alberino)	19647,11436 Nmm	20684,50568 Nmm

FORZE E COPPIE CALCOLATE

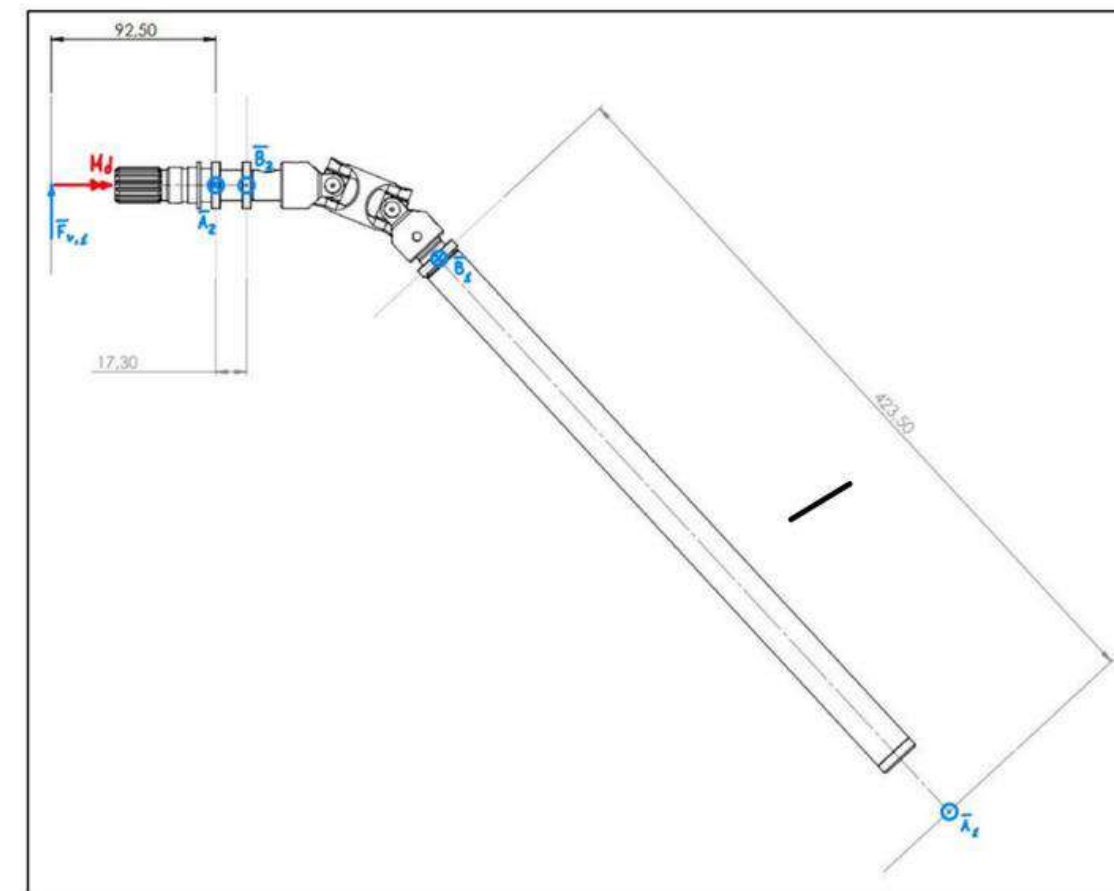
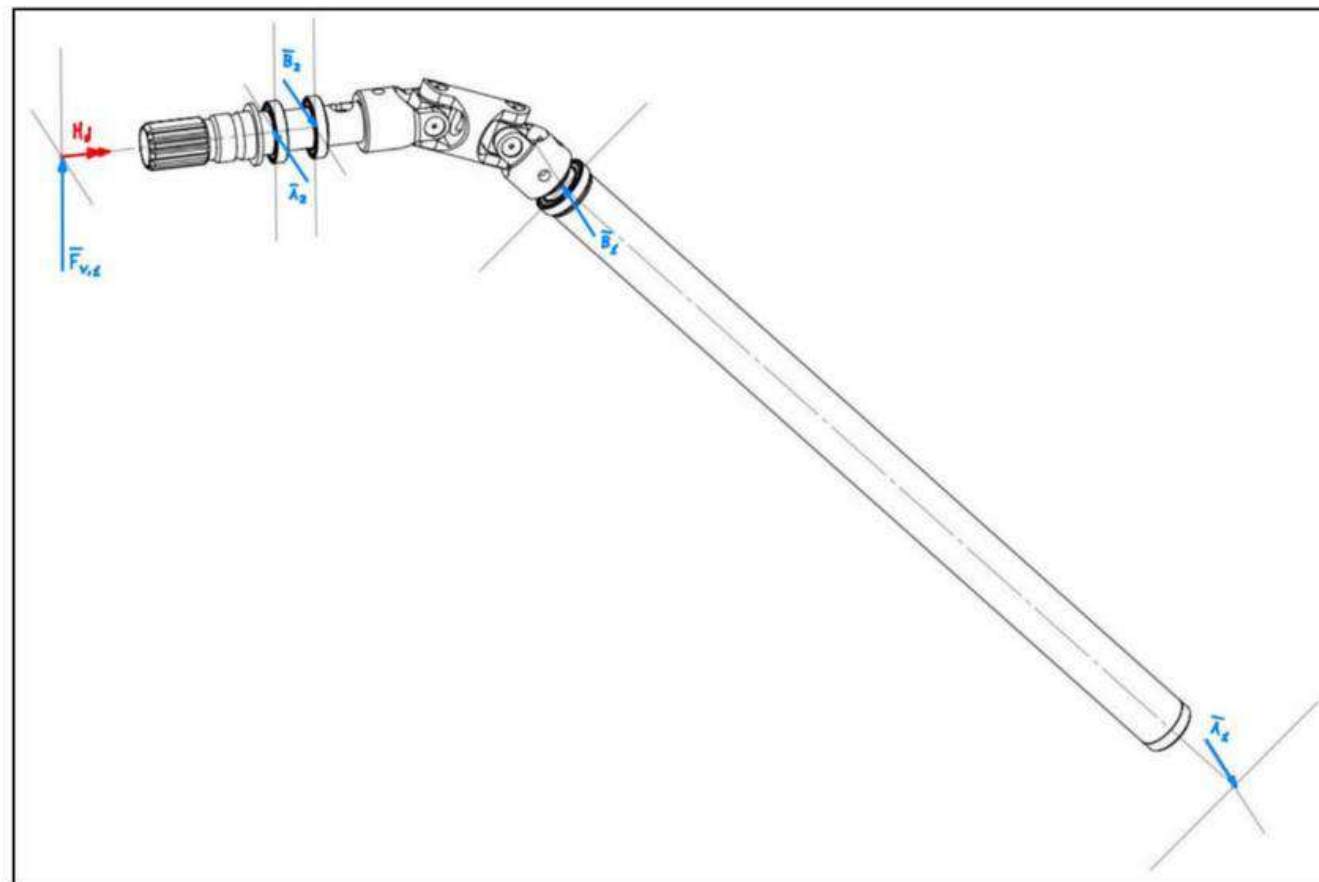


ANDAMENTI DELLA COPPIA DI STERZO REGISTRATI IN GARA NEL 2022

SISTEMA DI STERZO CON CARICHI APPLICATI

CONSIDERAZIONE

IL VOLANTE ATTUALE È SICURO E PRESTANTE MA IN FUTURO SI POTREBBE MODIFICARE IL CORPO CENTRALE FACENDOLO GIACERE NELLO STESSO PIANO DELLA PARTE POSTERIORE PER EVITARE INGOMBAMENTI ANCHE IN CASO DI CARICO CENTRALE TEORICO.



VISTA FRONTALE E LATERALE DEL SISTEMA DI STERZO CON I CARICHI APPLICATI

SISTEMA DI STERZO CON CARICHI APPLICATI

IN CONCLUSIONE, PER VALIDARE LA GEOMETRIA DEL NUOVO SUPPORTO DI STERZO E, QUINDI, COMPRENDERE I CARICHI AGENTI SUL VOLANTE, SI PUÒ ESEGUIRE L'ANALISI FEM STATICA CONSIDERANDO DUE CASI DI CARICAMENTO:

CARICAMENTO PRINCIPALE

GIÀ DISCUSO PRECEDENTEMENTE, CON RIFERIMENTO ALLA COPPIA DI STERZO DI 23 Nm E ALLA FORZA DI TAGLIO $F_{v,1}$ PARI A 367 N (VALUTATA NEL CASO LIMITE);

CARICAMENTO A COMPRESSIONE

IN CUI IL SUPPORTO È SOTTOPOSTO A UNA FORZA COMPRESSIVA DI 500N DIRETTA LUNGO L'ASSE DELL'ALBERINO DEL VOLANTE, A SIMULARE UNA SPINTA DA PARTE DEL PILOTA IN TALE DIREZIONE.

6 ANALISI DEI COSTI

*NELLO SPIRITO DEL REGOLAMENTO, LA VETTURA DEVE ESSERE ASSUNTA COME UN'AUTO PREDISPOSTA ALLA PRODUZIONE IN SERIE, DUNQUE, QUANDO SI ANALIZZANO I COSTI DELLE PARTI, SOPRATTUTTO DI QUELLE FABBRICATE CON PROCESSI ESCLUSIVI, VANNO APPLICATE **APPROPRIATE FORMULE CORRETTIVE, CHE PREVEDANO IL COSTO CONSIDERANDOLE PROIETTATE IN UNA PRODUZIONE IN SERIE.***

COSTO VOLANTE 2023
2.833,53€



ST	Steering System	Steering Wheel			2.833,53 €		ST-03	0
Assembly Processes			Make	1	64,36 €	64,36 €	ST-03-AP	0
Material	Wiring	Cables for push button		10	0,01 €	0,10 €	CEF A.1	22
Material	Glue	Structural glue		1	1,22 €	1,22 €	CEF A.1	15
Fastener	Bolt	M3x40 bolt		2	0,14 €	0,28 €	CEF A.5	10
Fastener	Bolt	M3x30 bolt		2	0,11 €	0,22 €	CEF A.5	10
Fastener	Bolt	M3x15 bolt		1	0,09 €	0,09 €	CEF A.5	10
Fastener	Bolt	M3x10 bolt		2	0,08 €	0,16 €	CEF A.5	10
Fastener	Bolt	M4x20 bolt		3	0,12 €	0,36 €	CEF A.5	10
Fastener	Washer	M3 washer		14	0,03 €	0,42 €	CEF A.5	9
Fastener	Washer	M4 A17075-T6 washer		3	0,80 €	2,40 €	CEF A.5	19
Fastener	Nut	M3 Self-locking nut		7	0,25 €	1,75 €	CEF A.5	19
Fastener	Nut	M4 Self-locking nut		3	0,35 €	1,05 €	CEF A.5	19
Fastener	Seeger	Seeger A 28 DIN471		1	0,10 €	0,10 €	CEF A.5	
Process	Assemble	Mount spring for paddle feedback		1	1,62 €	1,62 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	32 0,1
Process	Assemble	Mount magnet for paddle feedback		1	1,62 €	1,62 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	32 0,1
Process	Assemble	Insert quick release spl. into sl. part		1	1,62 €	1,62 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	39 0,1
Process	Fastener install (every)	Lock with seeger		1	1,62 €	1,62 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	
Process	Assemble	Place spacer on rear shell		1	1,62 €	1,62 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	26 0,1
Process	Fastener install (every)	(x3)Tighten M4 b.(q. release-rear shell)		1	1,62 €	1,62 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	40 0,1
Process	Fastener install (every)	(x2)Tighten M3 b.(p. support-rear shell)		1	1,62 €	1,62 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	40 0,1
Process	Surface preparation	Prepare paddle & support surfaces		1	4,38 €	4,38 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	33 0,2
Process	Gluing	(x2) Gluing paddle to support		1	4,38 €	4,38 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	29 0,2
Process	Gluing	(x2) Gluing magnet to support		1	2,19 €	2,19 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	29 0,1
Process	Fastener install (every)	(x2) Tighten M3 b.(p. backplate-support)		1	1,62 €	1,62 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	40 0,1
Process	Assemble	(x10) Mount button on steering wheel		1	4,38 €	4,38 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	36 0,2
Process	Assemble	Mount led bar & board on steering wheel		1	4,38 €	4,38 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	39 1,2
Process	Soldering	Soldering wire on button & connector		1	21,92 €	21,92 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	36 1
Process	Fastener install (every)	(x3) Tighten M3 b. (front & rear shell)		1	1,62 €	1,62 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	39
Steering wheel rear shell			Make	1	694,79 €	694,79 €	ST-03-001	0
Material	Fluid	Release agent on the mold		1	3,01 €	3,01 €	CEF A.1	25
Material	Composite, 1 Ply	T800 prepreg, 450x300x0,31mm		4	7,13 €	28,52 €	CEF A.1	28
Material	Other: Pre-cure	Release Film		1	0,08 €	0,08 €	CEF A.1	12
Material	Other: Pre-cure	Breather Cloth		1	0,17 €	0,17 €	CEF A.1	14
Material	Other: Pre-cure	Butyl Rubber		1	0,54 €	0,54 €	CEF A.1	12
Material	Other: Pre-cure	Vacuum bag		1	0,44 €	0,44 €	CEF A.1	11
Tooling	Lamination mold	WB700 rear shell mold		1	370,20 €	370,20 €	CEF A.3	21
Process	Surface preparation	Release agent on the mold surface		1	9,70 €	9,70 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	33 0,5
Process	Lamination	Skin lamination		1	51,38 €	51,38 €	SW [€/h]*Time [h]*Q.ty	15 2
Process	Other: Pre-cure process	Vacuum bag setup		1	19,27 €	19,27 €	SW [€/h]*Time [h]*Q.ty	16 0,75
Process	Cure	Autoclave, 6bar for 4h @ 135°C		1	171,18 €	171,18 €	CEF A.4	30
Process	Component extraction	Extract component from mold		1	1,94 €	1,94 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	27 0,1
Process	Other: Drilling	(x13) Drill holes (buttons & fasteners)		1	21,92 €	21,92 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	39 1
Process	Hand finish	Cut excess with dremel, sand the surface		1	16,44 €	16,44 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	40 0,75
Steering wheel front shell			Make	1	691,83 €	691,83 €	ST-03-002	0
Material	Fluid	Release agent on the mold		1	2,26 €	2,26 €	CEF A.1	25
Material	Composite, 1 Ply	T800 prepreg, 450x300x0,31mm		4	7,13 €	28,52 €	CEF A.1	28
Material	Other: Pre-cure	Release Film		1	0,06 €	0,06 €	CEF A.1	12
Material	Other: Pre-cure	Breather Cloth		1	0,17 €	0,17 €	CEF A.1	14
Material	Other: Pre-cure	Butyl Rubber		1	0,54 €	0,54 €	CEF A.1	12
Material	Other: Pre-cure	Vacuum bag		1	0,44 €	0,44 €	CEF A.1	11

GOSTED BILL OF MATERIAL

Tooling	Lamination mold	WB700 front shell mold	1	370,20 €	370,20 €	CEF A.3	22	
Process	Surface preparation	Release agent on the mold surface	1	9,70 €	9,70 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	33	0,5
Process	Lamination	Skin lamination	1	51,38 €	51,38 €	SW [€/h]*Time [h]*Q.ty	15	2
Process	Other: Pre-cure process	Vacuum bag setup	1	19,27 €	19,27 €	SW [€/h]*Time [h]*Q.ty	16	0,75
Process	Cure	Autoclave, 6bar for 4h @ 135°C	1	171,18 €	171,18 €	CEF A.4	30	
Process	Component extraction	Extract component from mold	1	1,94 €	1,94 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	27	0,1
Process	Other: Drilling	(x11) Drill holes (buttons & fasteners)	1	19,73 €	19,73 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	39	1
Process	Hand finish	Cut excess with dremel, sand the surface	1	16,44 €	16,44 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	40	0,75
Paddle support								
Additive printed support			Make	1	43,44 €	43,44 €	ST-03-003	0
Material	Aluminium	AlSi10Mg powder	1	1,28 €	1,28 €	CEF A.1	15	
Process	Machine setup	SLM printing machine setup	1	5,48 €	5,48 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	26	0,25
Process	Additive Manufacturing	LPBF Additive manufacturing	1	9,92 €	9,92 €	CEF A.4	27	
Process	Machine setup	3-axis CNC machine setup	1	5,48 €	5,48 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	24	0,25
Process	Milling	CNC machine finishing	1	21,28 €	21,28 €	CEF A.4	21	
Paddle backplate								
Additive printed backplate			Make	2	42,37 €	84,74 €	ST-03-004	0
Material	Aluminium	AlSi10Mg powder	1	1,16 €	1,16 €	CEF A.1	15	
Process	Machine setup	SLM printing machine setup	1	5,48 €	5,48 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	26	0,25
Process	Additive Manufacturing	LPBF Additive manufacturing	1	8,98 €	8,98 €	CEF A.4	27	
Process	Machine setup	3-axis CNC machine setup	1	5,48 €	5,48 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	24	0,25
Process	Milling	CNC machine finishing	1	21,27 €	21,27 €	CEF A.4	21	
Paddle								
CFRP paddle			Make	2	411,90 €	823,80 €	ST-03-005	0
Material	Fluid	Release agent on the mold	1	12,67 €	12,67 €	CEF A.1	25	
Material	Composite, 1 Ply	T800 prepreg, 150x70x0,31mm	8	0,21 €	1,68 €	CEF A.1	27	
Material	Other: Pre-cure	Release Film	1	0,21 €	0,21 €	CEF A.1	12	
Material	Other: Pre-cure	Breather Cloth	1	0,01 €	0,01 €	CEF A.1	14	
Material	Other: Pre-cure	Butyl Rubber	1	0,18 €	0,18 €	CEF A.1	12	
Material	Other: Pre-cure	Vacuum bag	1	0,02 €	0,02 €	CEF A.1	11	
Tooling	Lamination mold	WB700 paddle mold	1	130,05 €	130,05 €	CEF A.3	17	
Process	Surface preparation	Release agent on the mold surface	1	9,70 €	9,70 €	UW [€/h]*Time [h]*Q.ty	33	0,5
Process	Lamination	Skin lamination	1	51,38 €	51,38 €	SW [€/h]*Time [h]*Q.ty	15	2
Process	Other: Pre-cure process	Vacuum bag setup	1	16,44 €	16,44 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	16	0,75
Process	Cure	Autoclave, 6bar for 4h @ 135°C	1	171,18 €	171,18 €	CEF A.4	30	
Quick release spacer								
Aluminium spacer			Make	1	24,69 €	24,69 €	ST-03-006	0
Material	Aluminium	Al 1050, 3mm plate	1	0,01 €	0,01 €	CEF A.1	18	
Process	Machine setup	Laser cut machine setup	1	5,48 €	5,48 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	23	0,25
Process	Laser cut	Laser cut profile	1	19,20 €	19,20 €	CEF A.4	17	
Quick release splined								
Quick release internal part			Make	1	120,44 €	120,44 €	ST-03-007	0
Material	Aluminium	Al7075-T6 round, ø65x60mm	1	6,03 €	6,03 €	CEF A.1	25	
Process	Cut billet	Get rough material from bar	1	10,96 €	10,96 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	27	0,5
Process	Machine setup	Lathe machine setup	1	5,48 €	5,48 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	19	
Process	Turning	Turning profile	1	33,37 €	33,37 €	CEF A.4	15	
Process	Machine setup	5-axis CNC machine setup	1	5,48 €	5,48 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	24	0,25
Process	Milling	Milling profile	1	31,66 €	31,66 €	CEF A.4	15	
Process	Machine setup	5-axis CNC machine setup	1	5,48 €	5,48 €	OW [€/h]*Time [h]*Q.ty	24	0,25
Process	Broaching	Broaching profile	1	21,98 €	21,98 €	CEF A.4	17	
Quick release snap off								
Integrated 8-pin connector			Buy	1	285,44 €	285,44 €	ST-03-008	0

7 CONCLUSIONI

POSSIBILI MIGLIORAMENTI PER IL VOLANTE



INTEGRAZIONE SCHEDA ELETTRONICA

QUESTO COMPORTEREBBE UNA MAGGIORE DIFFICOLTÀ NEL CABLAGGIO DEL VOLANTE, MA SPOSTARE TUTTE LE COMPONENTI DI INTERFACCIA PILOTA SUL VOLANTE RENDEREBBE LA FRUIZIONE PIÙ FACILE, ESSENDO LE COMPONENTI TRA LE MANI DEL PILOTA. IN QUESTO MODO, SI POTREBBE INCLUDERE UNO SCHERMO CHE FORNISCA AL PILOTA I DATI IN TEMPO REALE SULLA VETTURA, FACILITANDO L'AGGIORNAMENTO DEI DATI DEL VEICOLO E PERMETTENDO AL PILOTA DI REGOLARE LE IMPOSTAZIONI DELL'AUTO TRAMITE PULSANTI PRESENTI SUL VOLANTE INVECE CHE SUL CRUSCOTTO.

INSERIMENTO CONNETTORE ESTERNO

PER APPORTARE PICCOLE MODIFICHE AL SOFTWARE SENZA DOVER APRIRE I DUE SEMIGUSCI. CIÒ CONSENTIREBBE DI RISPARMIARE TEMPO, EVITANDO DI DOVER APPLICARE PIÙ VOLTE IL SIGILLANTE ALLE DUE PARTI.

7 CONCLUSIONI

POSSIBILI MIGLIORAMENTI PER IL VOLANTE



ACQUISTO SGANCIO PIÙ LEGGERO

VALUTAZIONE DELL'ACQUISTO DI UNO SGANCIO RAPIDO PIÙ LEGGERO DISPONIBILE SUL MERCATO, OPPURE PROGETTAZIONE DI UNO PERSONALIZZATO (MAKE OR BUY DECISION).

RIDUZIONE DEL PESO DEL LAMINATO

POSSIBILITÀ DI VARIARE IL LAY-UP O IL PREPREG PER RIDURRE IL PESO DEL LAMINATO, CON CONSEGUENTE STESURA DI UN PLYBOOK.

OTTIMIZZAZIONE IMPUGNATURE

MEDIANTE L'UTILIZZO DI PASTA MODELLABILE E FOTOGRAMMETRIA.

FRIZIONE A VOLANTE

STUDIO DETTAGLIATO DELLA POSIZIONE DEL PADDLE APPOSITO PER RIPORTARE LA FRIZIONE SUL VOLANTE.

***GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!***



LAUREANDO:

ANTONIO MARIA MACRIPÒ

A.A. 2022/2023

RELATORI:

CHIAR.MO PROF. MATTEO GIACOPINI

CHIAR.MO PROF. VALERIO MANGERUGA