

Progetto di costruzione di un modello di razzo per la certificazione L3

Paolo Basso
TRA 12261
www.bt-research.com
info@bt-research.com



Progetto di costruzione di un modello di razzo per la certificazione L3

Autore: Paolo Basso
TRA 12261

Questo progetto ha come obiettivo stabilire le linee generali di costruzione di un modello di razzo per ottenere la certificazione L3 secondo le norme stabilite da **Tripoli Rocketry Association, Inc.**

Il modello scelto è di pura fantasia, anche se devo dire che sul web qualcosa di simile si può trovare.

La forma non è molto comune, in quanto le pinne stabilizzatrici non sono piane, ma sono dei tubi rastremati ai lati.

Il sistema di recupero utilizzato è doppia espulsione da unico vano.

Il missile non ha grandi performance, questo è uno dei motivi che hanno fatto scegliere tale forma (i campi di lancio disponibili dalle mie parti non consentono di raggiungere grandi altitudini).

La vera sfida è nell'elaborazione del progetto data la forma non comune del razzo; la difficoltà sarà ottenere un volo stabile e sicuro.

Il nome scelto per questo progetto è SPARAGAGNA.

Caratteristiche tecniche e dimensioni

STATICHE:

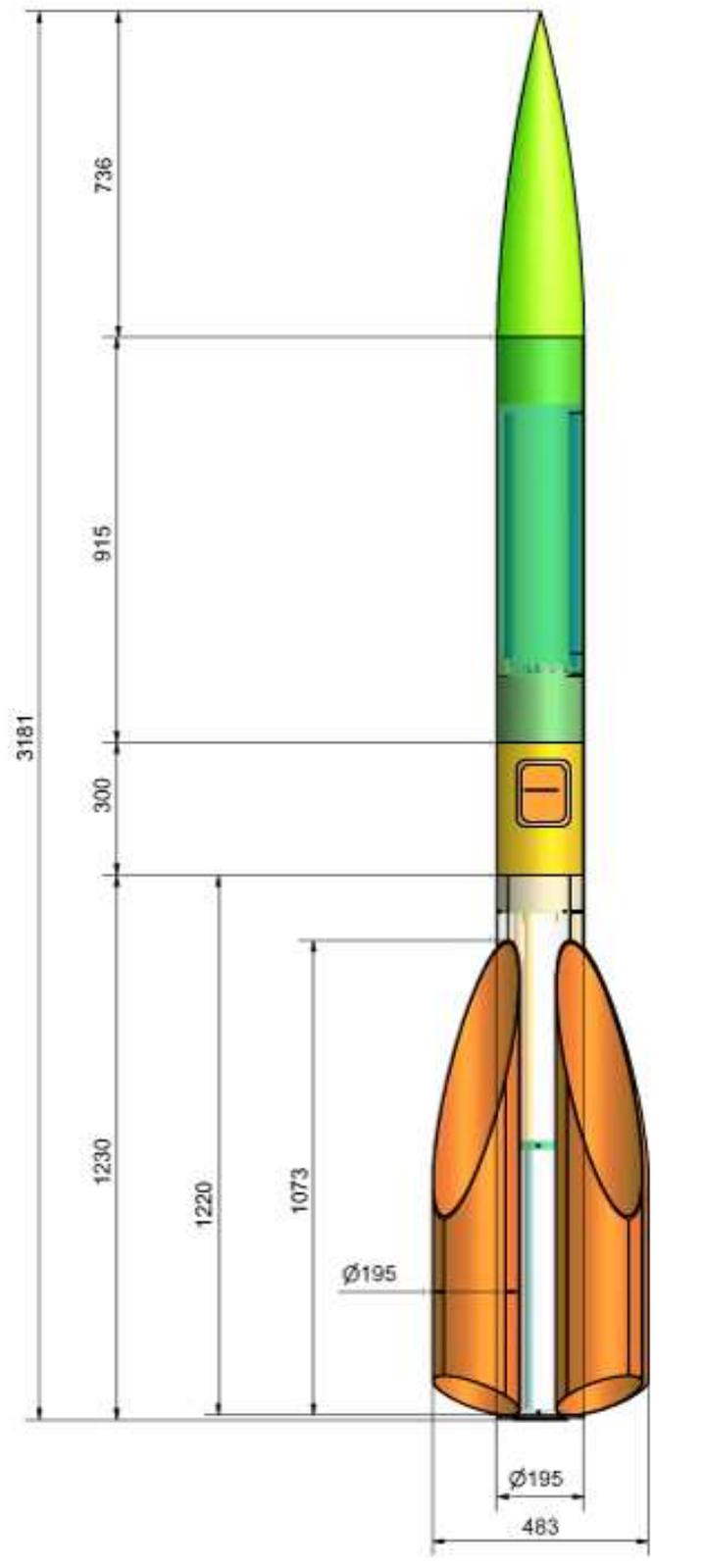
LUNGHEZZA TOTALE	3181 mm.
DIAMETRO	195 mm.
APERTURA ALARE	483 mm.
PESO SENZA MOTORE	21,231 Kg.
MOTORE AEROTECH	M 1297 W
POSIZIONE CG	2021 mm.
POSIZIONE CP	2412 mm.
MARGINE STATICO	2,0

Posizione del CG senza motore
Le misure del CG e del CP riferite all'estremità dell'ogiva

DINAMICHE:

CD	0,79
VELOCITA' USCTA RAMPA	16 m/sec.
VELOCITA' MAX.	162 m/sec.
ALTITUDINE MAX.	1250 m.
ACCELERAZIONE MAX.	7,00 G.

Rampa lunghezza 2500 mm.
Tutti valori simulati con Rocksim 9



Determinazione del centro di gravità e di pressione

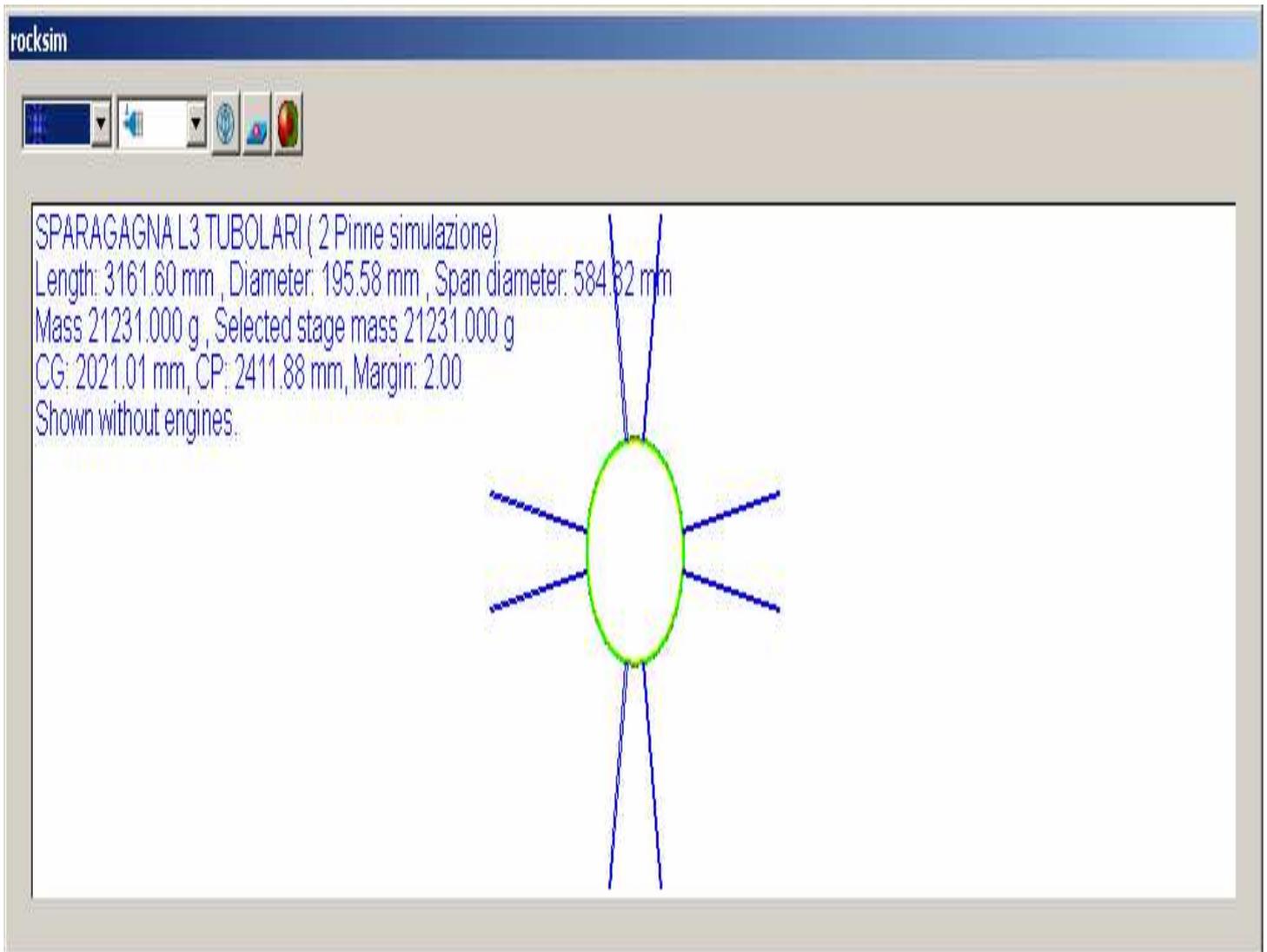
Per il calcolo del centro di pressione (CP) e il centro di gravità (CG) si è utilizzato il software Rocksim 9, usando l'algoritmo di rocksim. Fig2.

Il programma in questione non prevede simulazioni di razzi con pinne tubolari smussate lateralmente, per fare questo ho utilizzato un piccolo artificio.

Ogni pinna è stata rappresentata da 2 pinne sfalsate di 10° (10° , -10°) Fig.1; con profilo laterale pari alla sezione longitudinale della nostra pinna tubolare Fig.8.

Per lo spessore si è fatto in modo che la sezione frontale delle due pinne piatte sia uguale alla sezione frontale della pinna tubolare.

Fig.1 Disposizione Pinne Stabilizzatrici



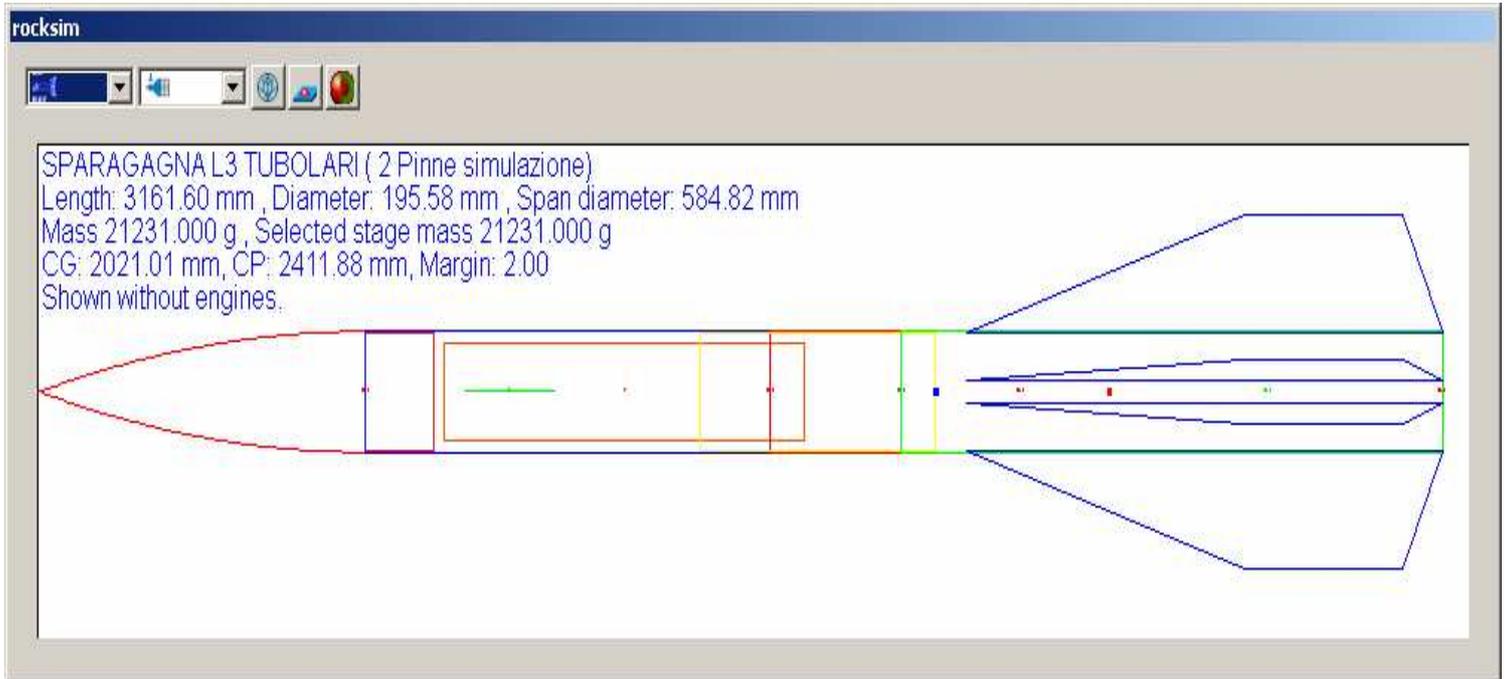


Fig.2 Simulazione del CP e del CG con Rocksim

Profilo di volo con il motore M 1297 W previsto per la certificazione

Per provare la stabilità ho fatto delle simulazioni considerando diverse condizioni ambientali.

Qui di seguito alcuni grafici che indicano diverse situazioni.(Fig.3 ; Fig.4)

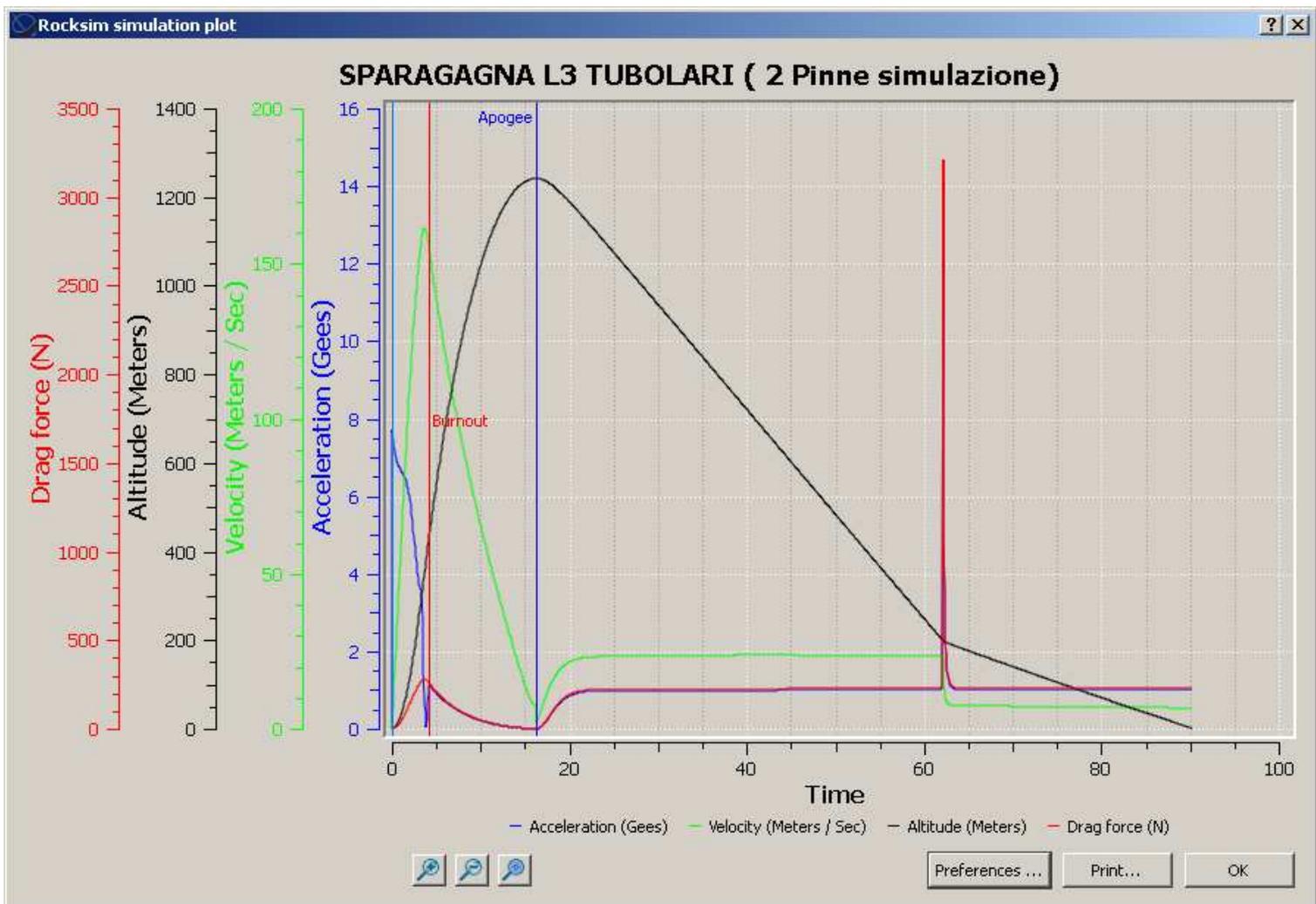


Fig.3 Profilo di volo

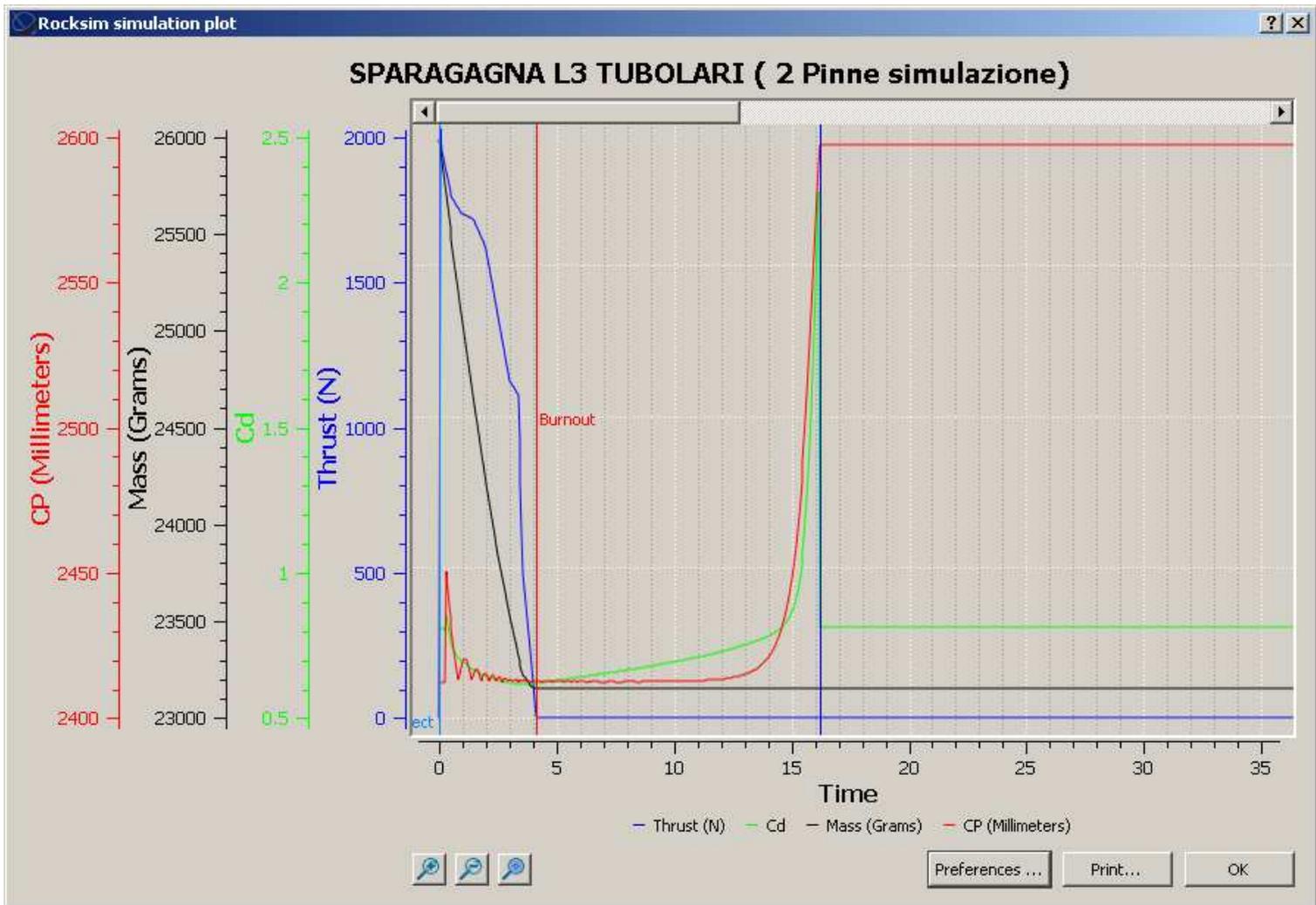


Fig.4 Profilo di volo

Castello Motore

Il castello porta motore può alloggiare un motore di diametro 75 mm.
Costituito da due flangie in alluminio lavorate a CNC e unite tramite tiranti e tubi Fig. 5.

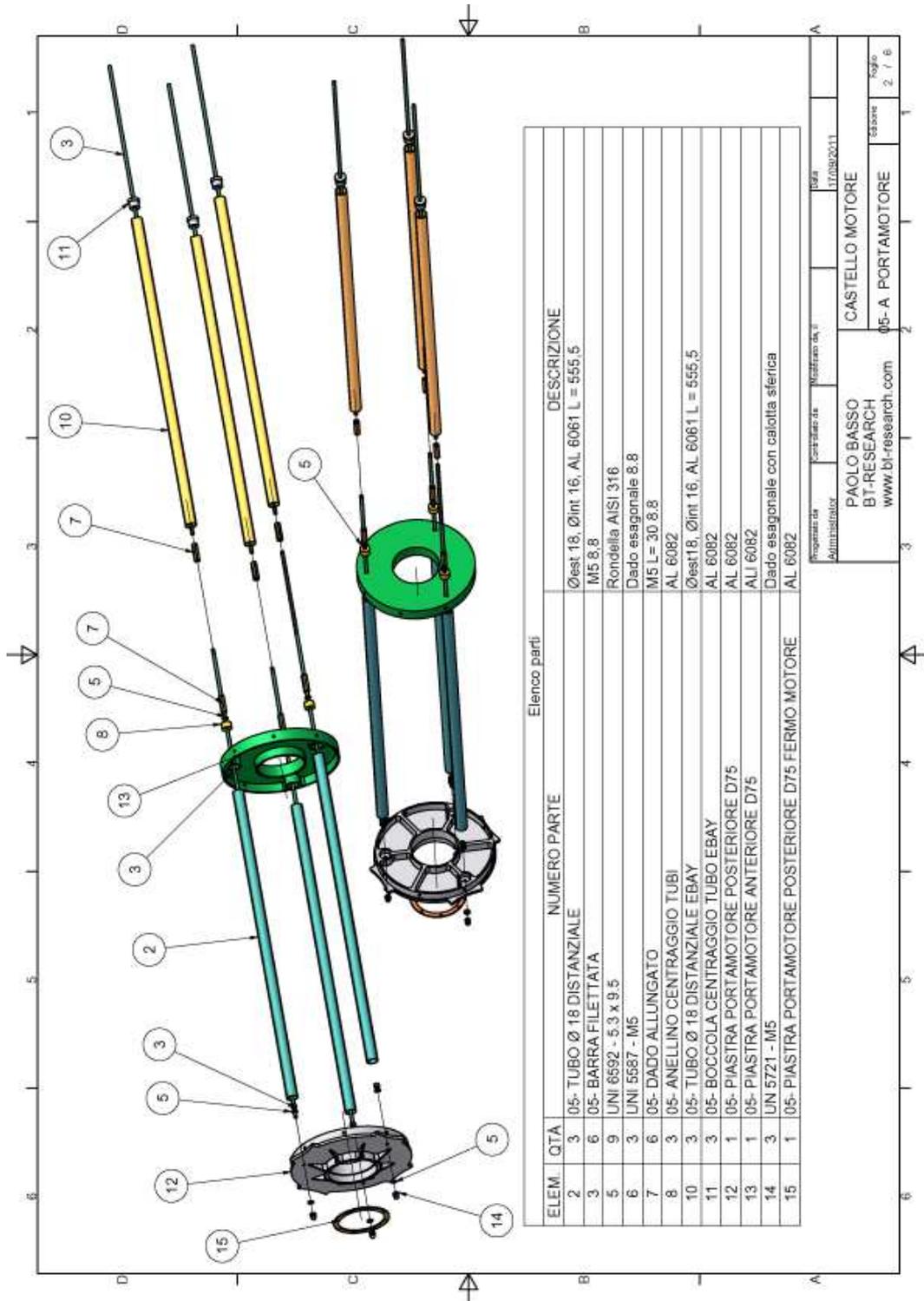


Fig.5 castello porta motore particolari montaggio

Il tutto è fissato al tubo principale della parte posteriore del missile con 16 viti a brugola a testa svasata M5x10 UNI 5933 AISI 316 Fig.6

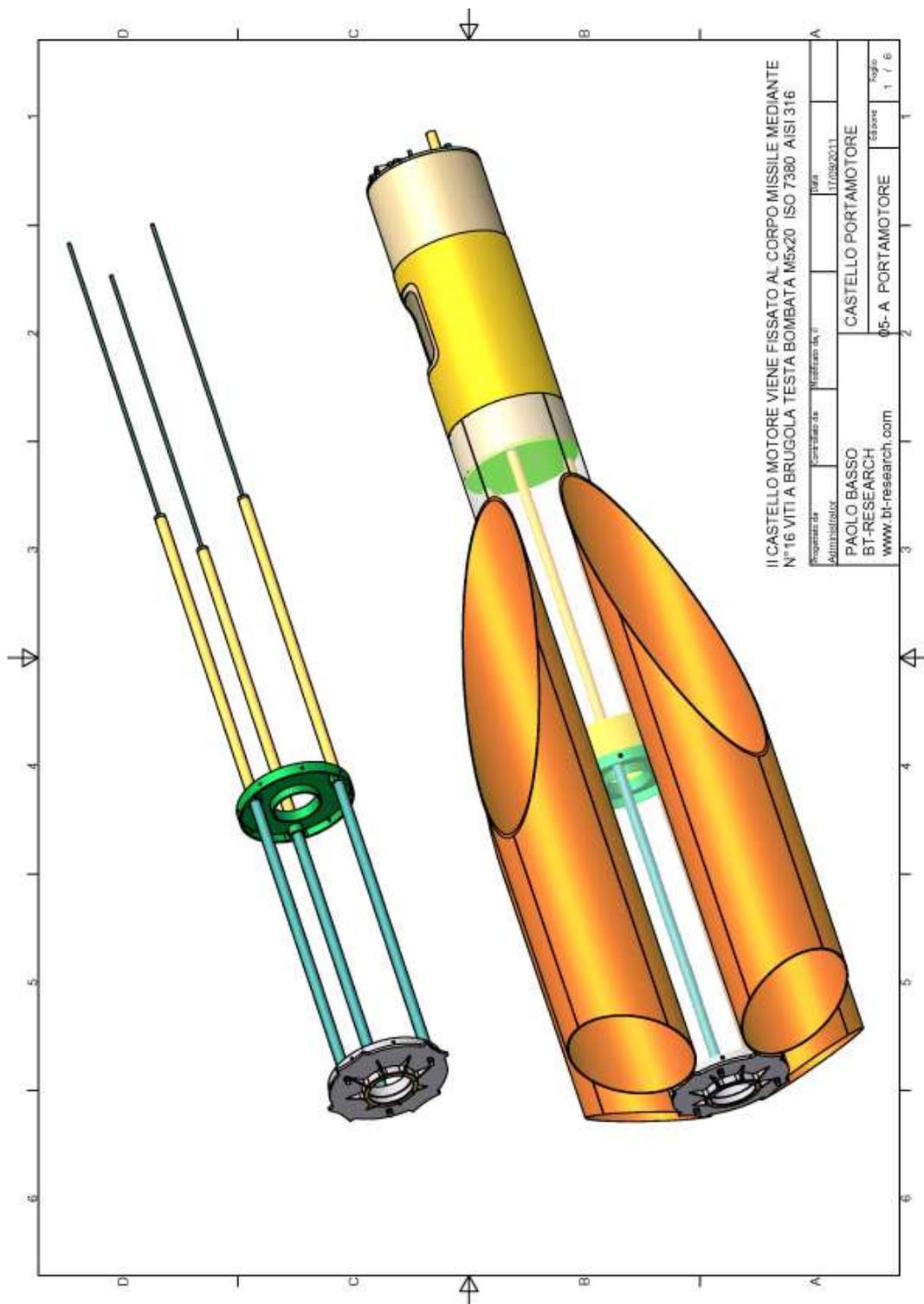


Fig 6 fissaggio al corpo missile

Come si vede dalla figura il castello è fissato al corpo missile ed è provvisto di tre tubi che si prolungano fino ad appoggiarsi al corpo ebay.

Una volta fissato il tutto, la sezione posteriore e l'ebay diventano un corpo unico.

La forza di spinta del motore è scaricata sull'intera struttura così anche la forza d'apertura dei sistemi di recupero che vedremo in seguito.

La flangia posteriore è dimensionata per reggere la spinta massima del motore di 2048 N, ha quattro sporgenze posizionate all'altezza delle pinne Fig.6b che consentono di scaricare la forza di spinta su tutta la lunghezza della sezione tubo-pinna.

Mediante una flangia viene bloccato il motore.

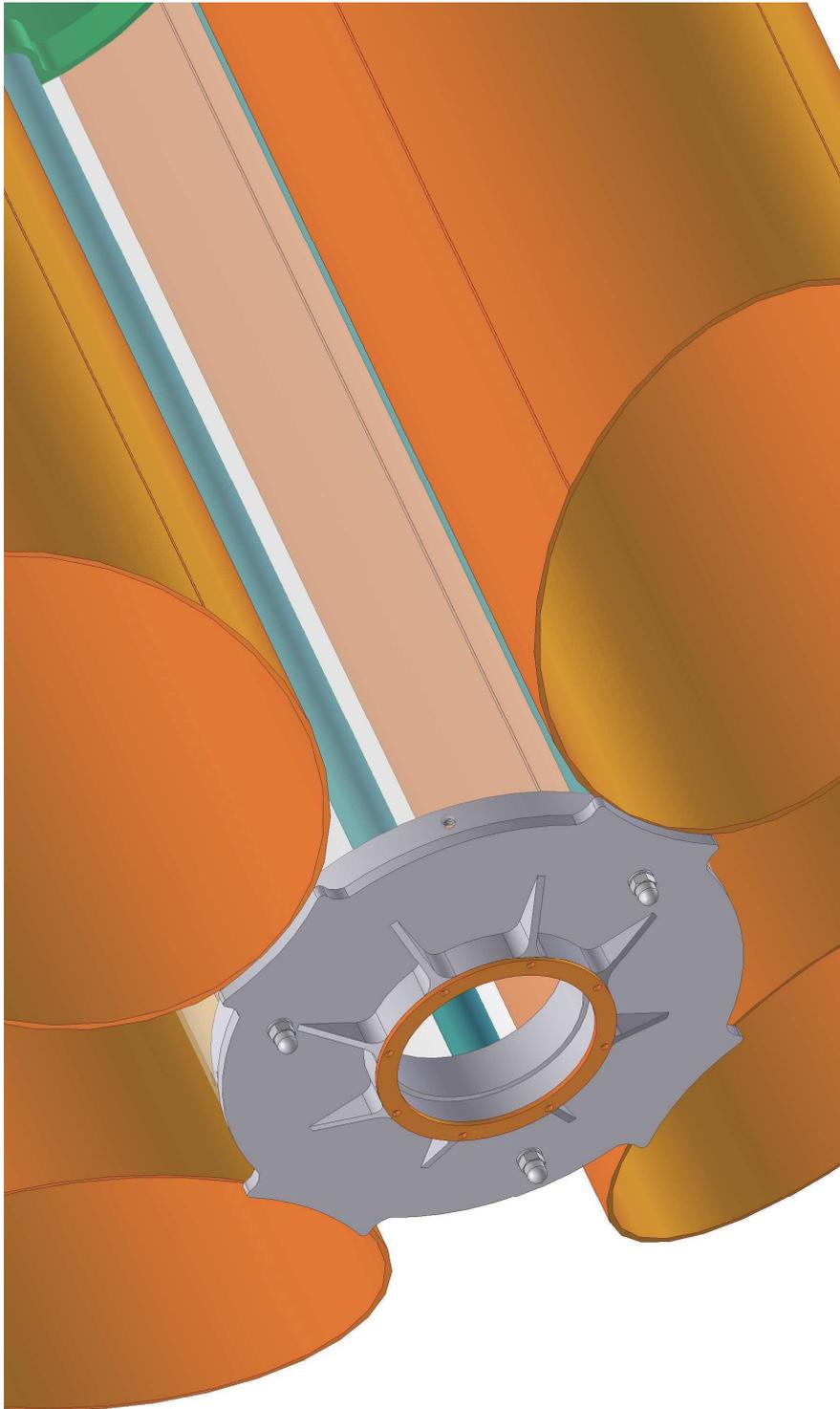


Fig 6b particolare castello porta motore

Sono passato alla realizzazione del castello, costruendo da prima le piastre ottenute tramite cnc da dei pieni in alluminio 6082 e poi al montaggio del tutto. Di seguito alcune foto dell'insieme.



Castello insieme



Piastra anteriore



Particolare della piastra posteriore porta motore: si possono vedere le nervature fatte per ottenere una maggiore rigidità della stessa per poter sopportare la spinta del motore.



Particolare della piastra porta motore dalla parte esterna.

Si possono vedere delle nervature anche queste servono per dare una maggiore resistenza e quindi sopportare la spinta del motore.

Lungo la circonferenza esterna si trovano quattro sporgenze che sono poste all'altezza delle pinne e servono anche queste per scaricare la spinta del motore su tutta la struttura. Si nota anche l'anello fissato con 8 viti M3, che serve per fermare il motore.

Sezione posteriore

La sezione posteriore è composta da un tubo centrale PML da 7.5' in cartone fenolico rivestito in fibra di vetro Fig. 7

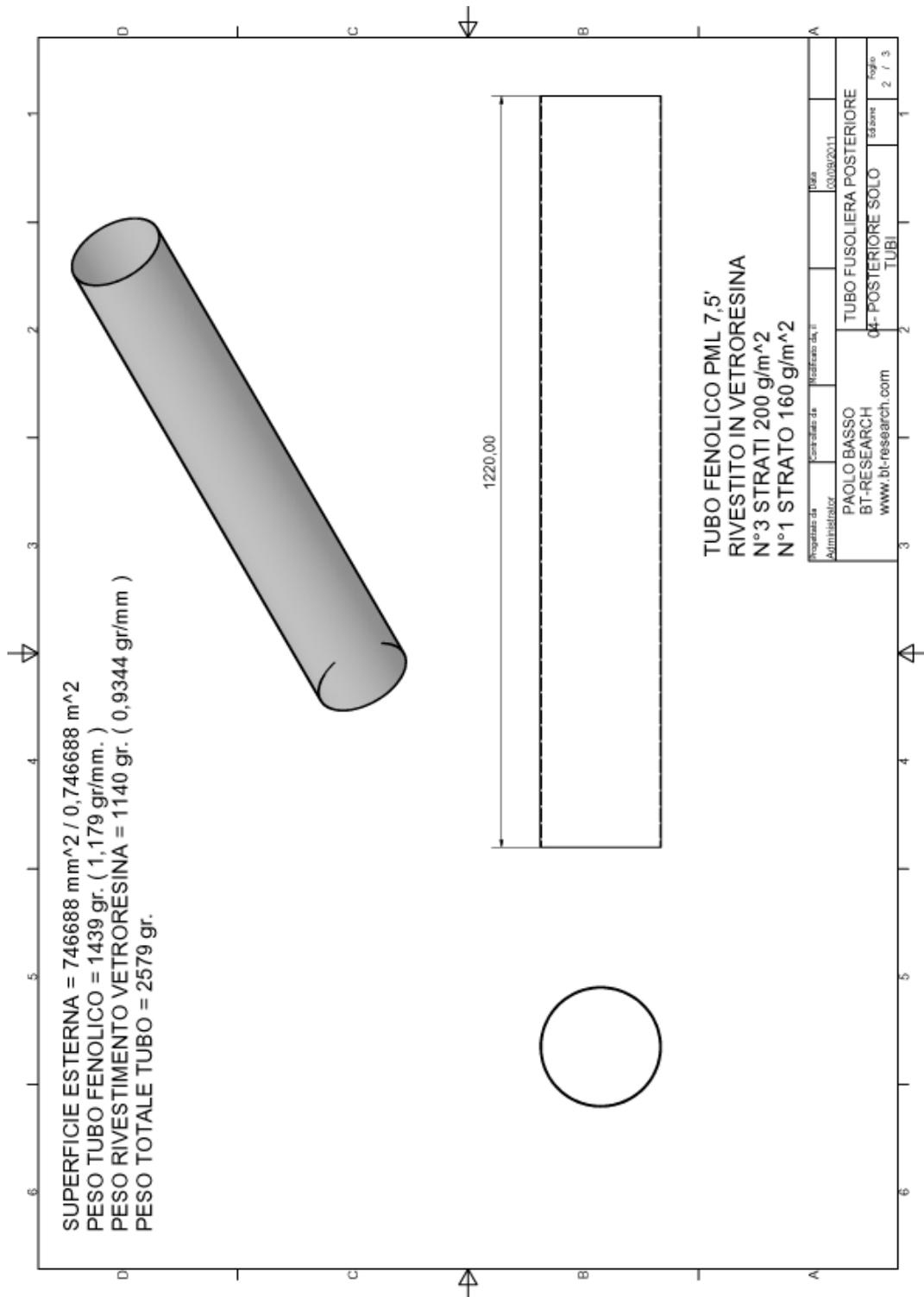


Fig.7 corpo centrale parte posteriore

Le pinne sono 4 costruite con lo stesso tipo di tubo tagliato angularmente e rivestito in fibra di vetro Fig.8.

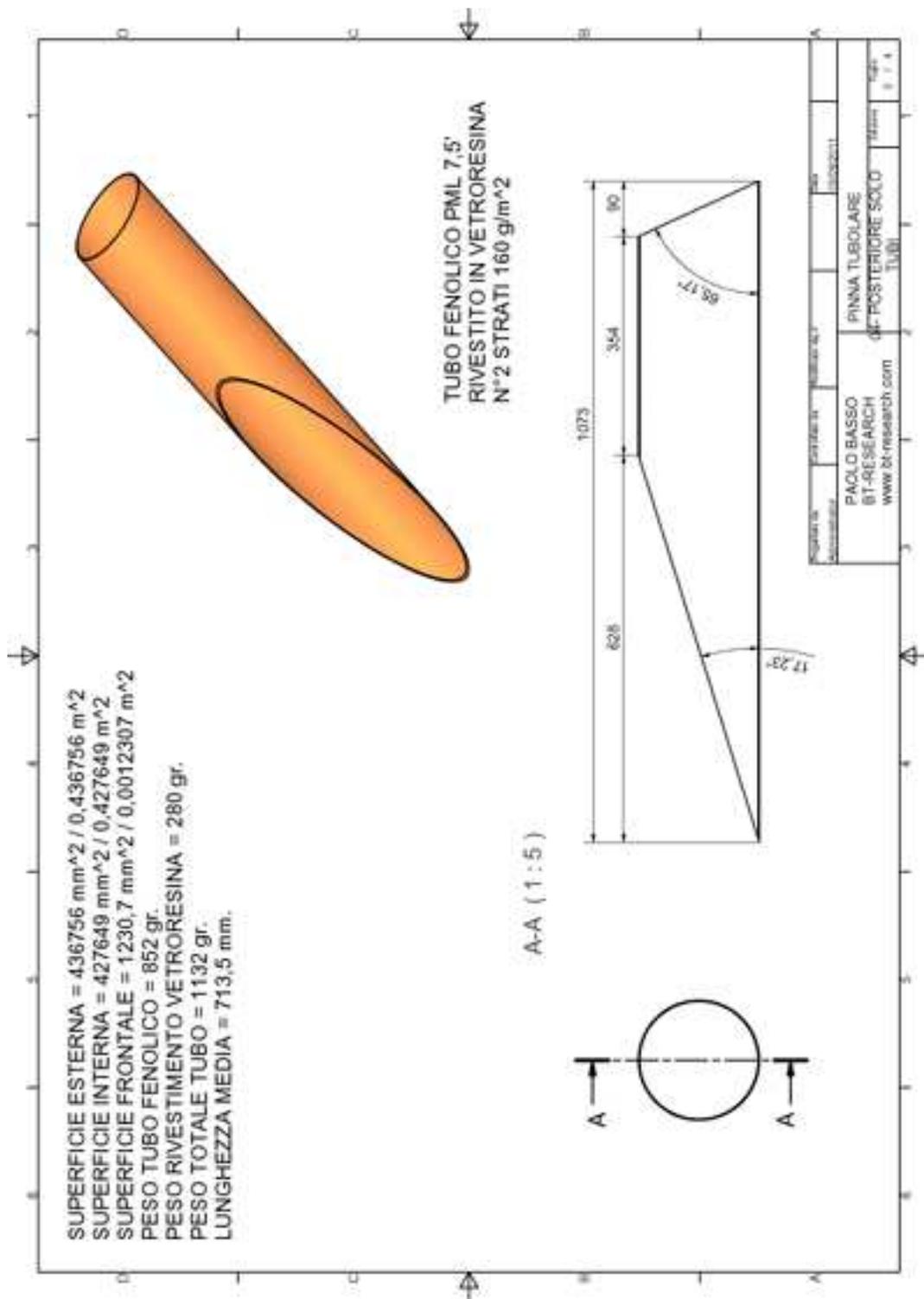


Fig.8 pinna tubolare

Il tubo centrale e le pinne sono fissati tra loro con una colla strutturale. In seguito vengono fatti dei filetti di rinforzo lungo la congiunzione Fig 8a.

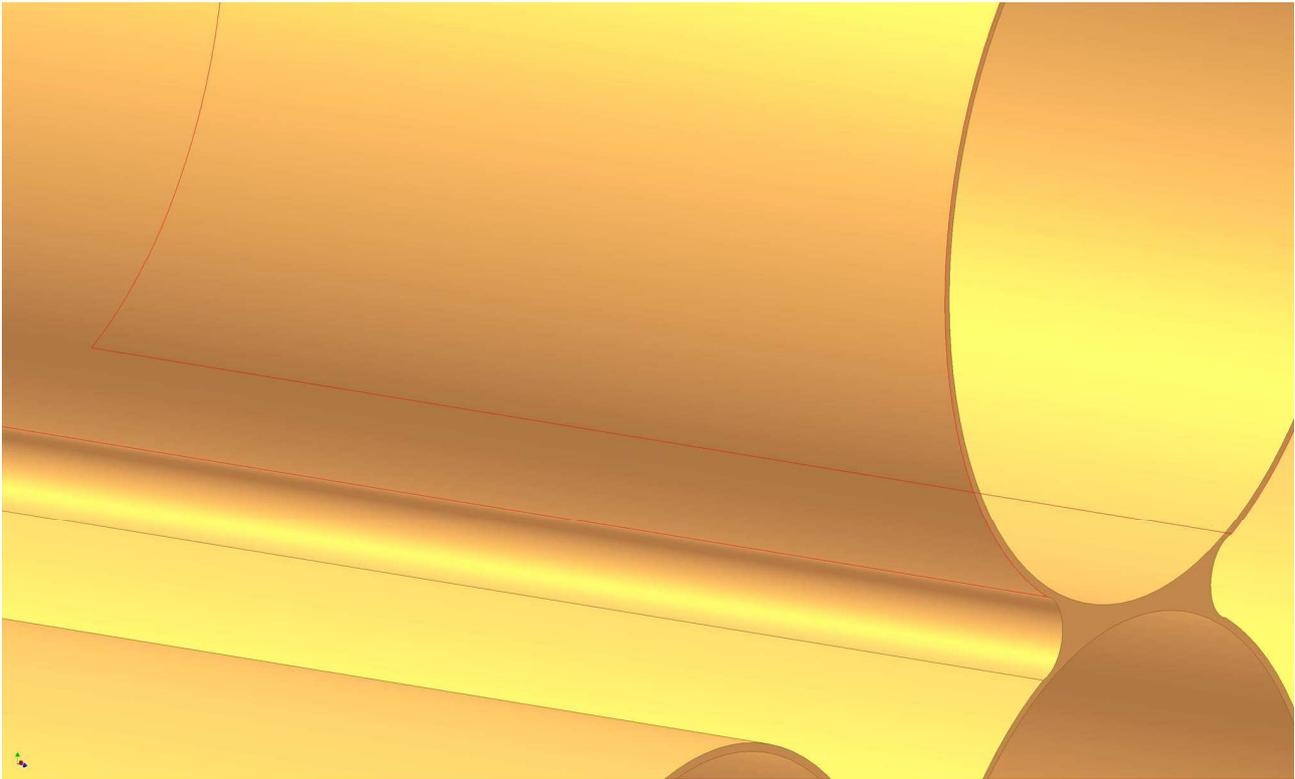


Fig 8a filetti rinforzo pinne.

La parte di giunzione dei due tubi è riempita con colla strutturale fino a formare un filetto di rinforzo con raggio 10mm.

Successivamente viene rinforzato da due strati (160 gr/m²) in fibra di vetro.

Questo oltre ad assicurare la solidità dell'unione tubo centrale / pinne tubolari, contribuisce ad aumentare la resistenza del tubo centrale stesso che deve sopportare la spinta del motore.

All'interno del tubo viene incollato una sezione d' accoppiatore della larghezza di 60mm, il quale viene posto all'altezza della piastra portamotore anteriore(Fig 5 elemento 4).

In questo modo ho creato una battuta per il castello motore.

La forza di spinta del motore viene trasferita al castello motore che la scarica sul tubo centrale in più punti:

- piastra portamotore posteriore
- piastra portamotore anteriore
- piastra ebay posteriore

Le due piastre portamotore sono fissate con delle viti al tubo e alcune cadono al centro delle pinne uno dei posti più rigidi dell'intera struttura.

Ora comincia la costruzione, come prima cosa devo tagliare a misura i tubi per ottenere le pinne profilate.

Per fare questo ho costruito una sagoma di legno che mi faciliti tale operazione.



Sagoma per il taglio delle pinne e pinne tagliate.



Pinne tagliate

La fase successiva consiste nel rivestire i due tubi necessari e le quattro pinne in tessuto in fibra di vetro.

Per le grammature si vada a guardare i disegni precedenti, di seguito delle foto della lavorazione.





Si passa all'unione del corpo centrale con le pinne mediante incollaggio con della colla epossidica ad alta resistenza.

Per fare questo ho costruito una sagoma per tenere in posizione le pinne.

Il raggio di raccordo che raccorda l'unione fra i due tubi ho deciso di farlo 15mm per aumentare la superficie di raccordo.

Riempire questo spazio con della colla strutturale porterebbe un aumento di peso considerevole, quindi ho deciso di incollare degli inserti in materiale espanso ad alta densità.

Questi ultimi sono stati ottenuti tramite CNC taglio a filo caldo.

Nelle immagini seguenti le varie fasi della lavorazione.



Zona unione fra corpo e pinne



Taglio profilo



Profilo ottenuto



Come si presenta il rinforzo



Incollaggio profili



Sagoma per il posizionamento delle pinne, vista di lato



Sagoma vista da dietro

La parte di raccordo è stata rivestita con due pelli di tessuto di vetro da 160 gr/ m².
In questo modo il tubo centrale e le pinne tubolari sono diventati un corpo unico molto resistente.



Rinforzi in tessuto di vetro



Parte posteriore finita

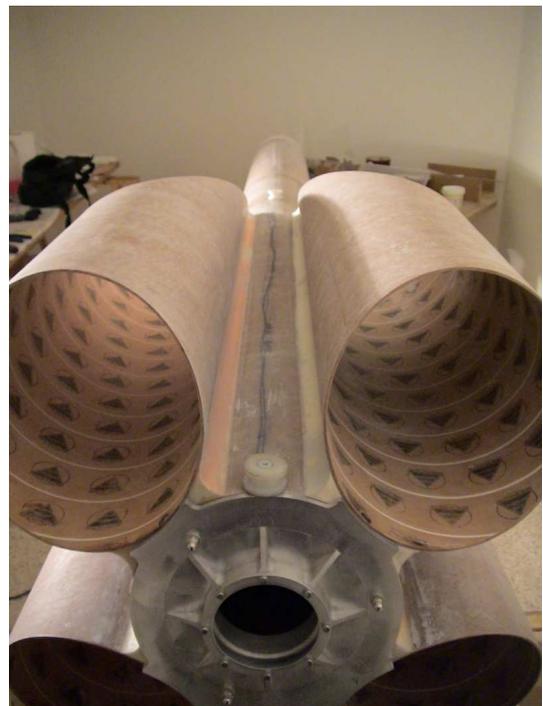
La fase successiva è stata nel fare tutti i fori per le viti di fissaggio del castello motore e dell'ebay.

Ho fissato anche le guide per la rotaia di lancio (rail guide).

Le boccole sono in nylon6.6 ottenute per tornitura.



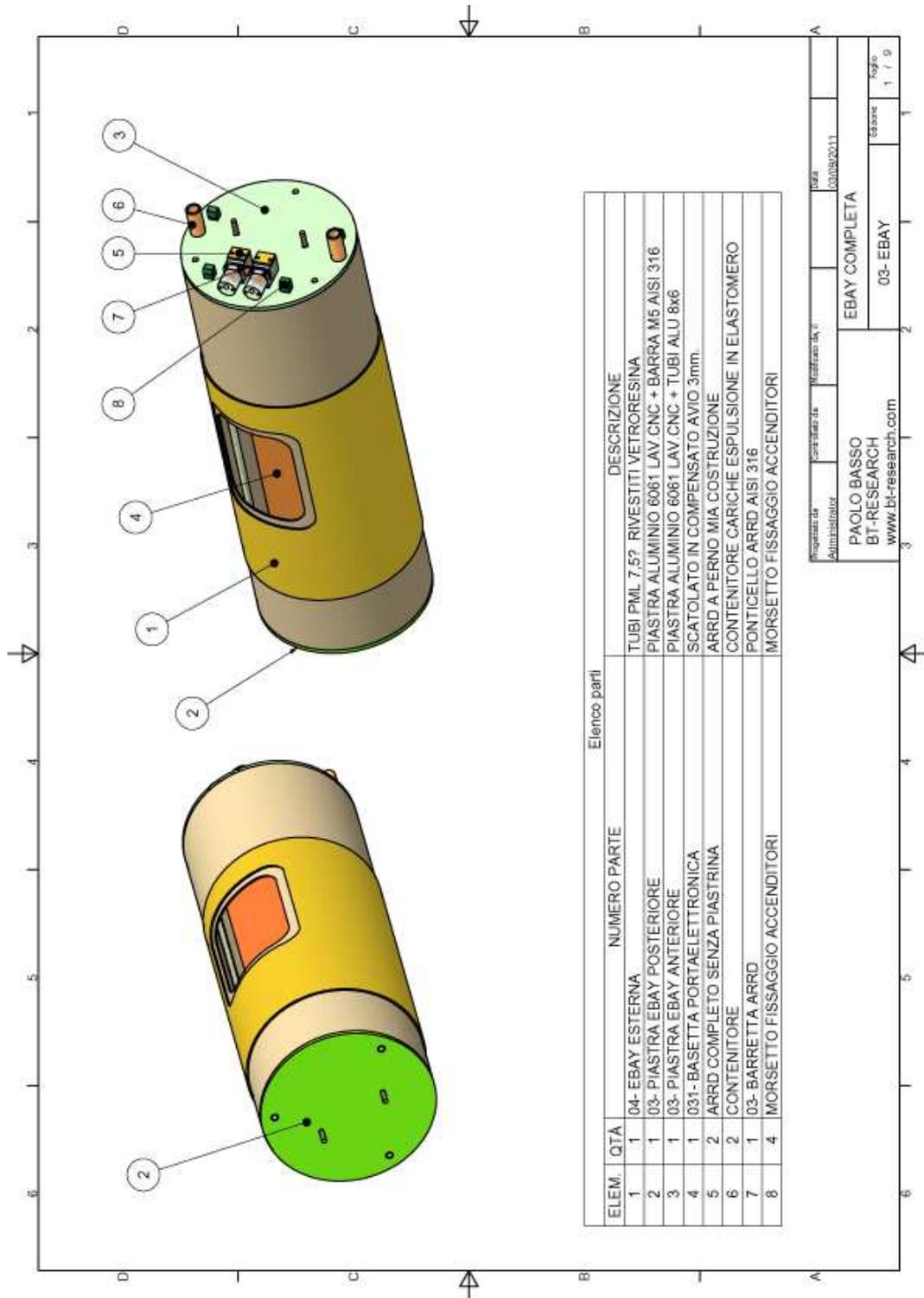
Guida fissata al corpo ebay (vedi pag.35)



Guida fissata al castello motore

Ebay

L'ebay è composta da varie parti che sono assemblate tra loro ottenendo una struttura unica e robusta Fig.9.



ELEM.	QTA	NUMERO PARTE	DESCRIZIONE
1	1	04- EBAY ESTERNA	TUBI PML 7,5? RIVESTITI VETRORESINA
2	1	03- PIASTRA EBAY POSTERIORE	PIASTRA ALLUMINIO 6061 LAV CNC + BARRA M5 AISI 316
3	1	03- PIASTRA EBAY ANTERIORE	PIASTRA ALLUMINIO 6061 LAV CNC + TUBI ALU 8x6
4	1	031- BASETTA PORTAELETTRONICA	SCATOLATO IN COMPENSATO AV/IO 3mm.
5	2	ARRD COMPLETO SENZA PIASTRINA	ARRD A FERNO MIA COSTRUZIONE
6	2	CONTENITORE	CONTENITORE CARICHE ESPULSIONE IN ELASTOMERO
7	1	03- BARRETTA ARRD	PONTICELLO ARRD AISI 316
8	4	MORSETTO FISSAGGIO ACCENDITORI	MORSETTO FISSAGGIO ACCENDITORI

Progettato da Amministratore	Calcolato da Verificato da, /	Data 03/09/2011
EBAY COMPLETA		
PAOLO BASSO BT-RESEARCH www.bt-research.com		Esabene 03- EBAY
		Foglio 1 / 9

Fig.9 ebay completa

La parte esterna è composta da un tubo PML da 7,5' rivestito in vetroresina e reso solidale ad un tubo accoppiatore PML da 7,5' Fig.10.

Nella parte esterna è ricavato un portello per poter accedere all'elettronica durante la preparazione del lancio; il portello è fissato tramite viti.

Nella parte esterna sono presenti dei fori per ventilare l'ebay.

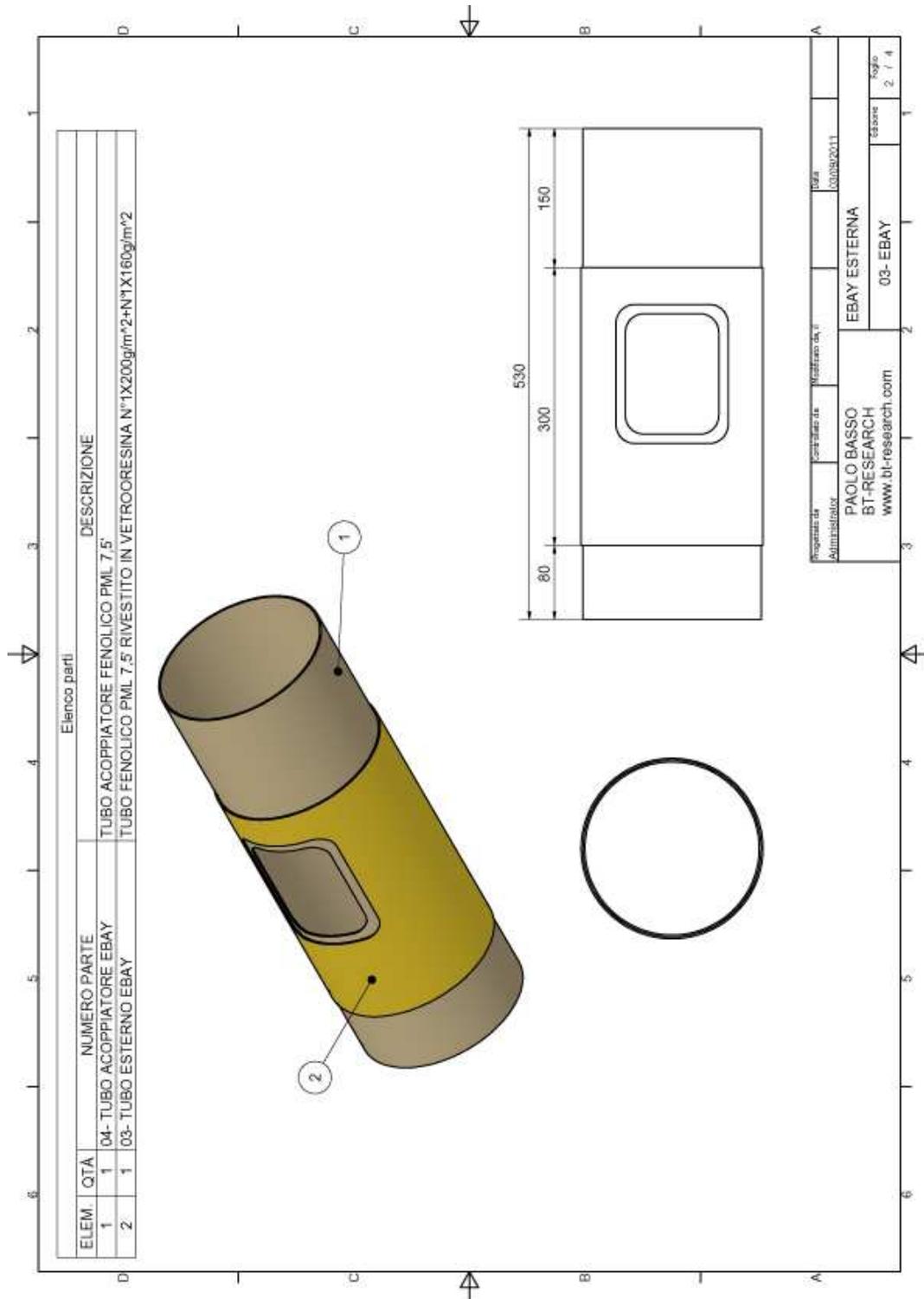


Fig.10 ebay parte esterna

La parte posteriore è ricavata da un pieno in alluminio 6061 tramite lavorazione a CNC.
 A questa parte sono fissate due barre filettate da M5 in AISI 316 che fungono da tiranti e da guide per la chiusura dell'ebay Fig.11.

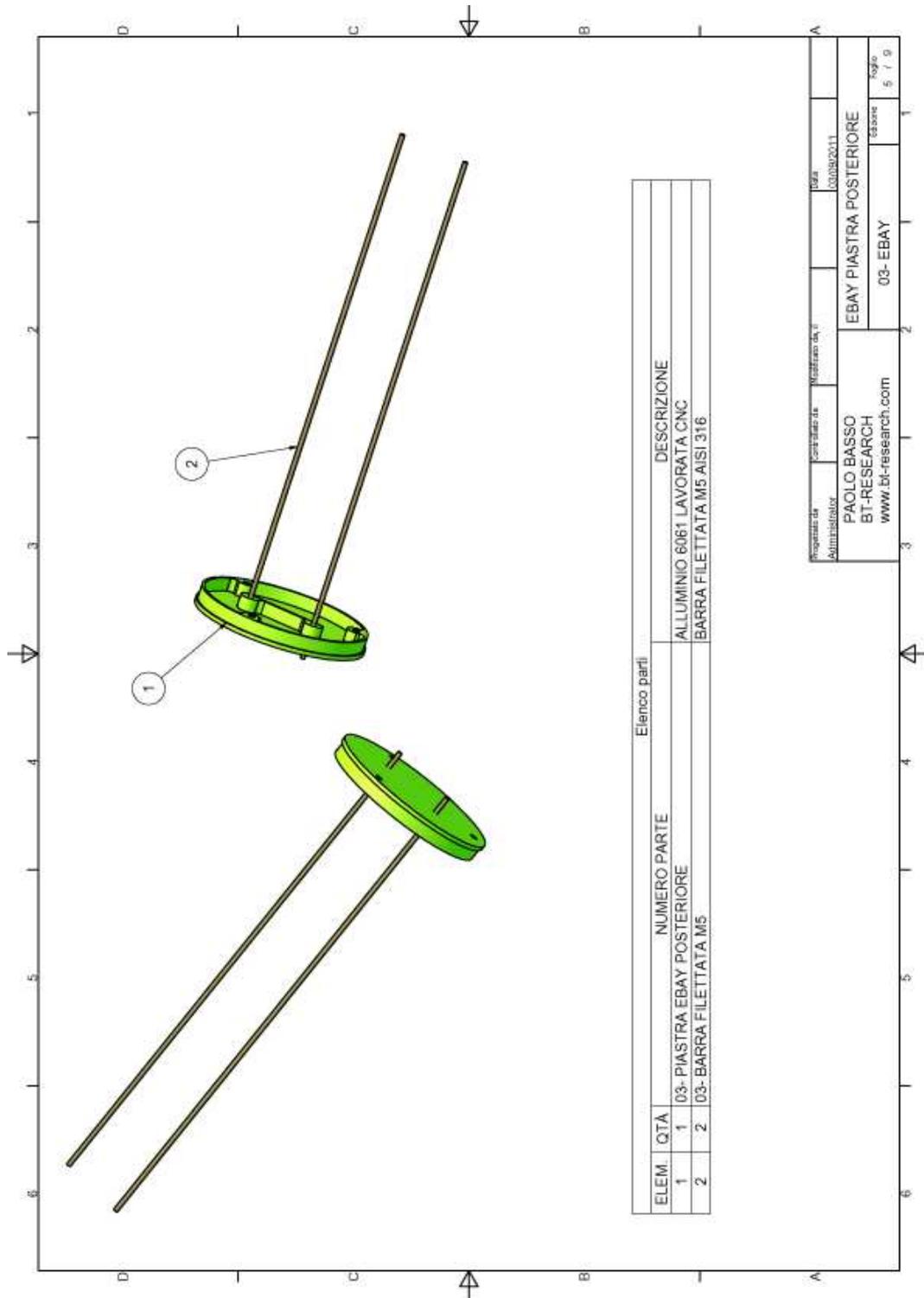


Fig.11 piastra posteriore

La parte anteriore è in alluminio ed è ricavata con lavorazione a CNC.
 A questa sono resi solidali dei tubetti in alluminio 8X6 che servono da guide ai tiranti filettati del castello motore e a quelli dell'ebay Fig12.
 I tubetti centrali fungono inoltre da supporto alla basetta porta elettronica.

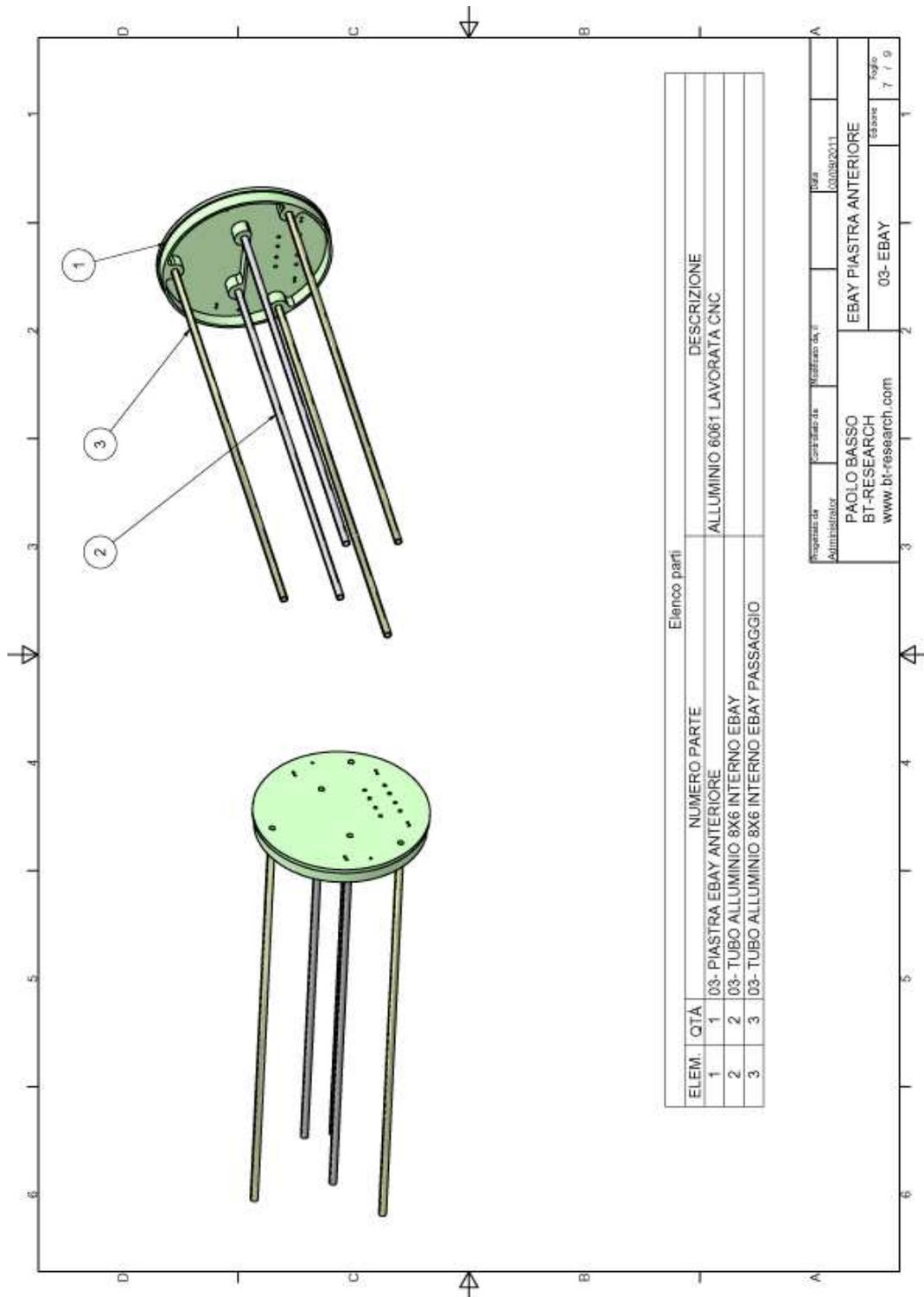


Fig.12 piastra anteriore

Nella piastra sono fissati tutti gli accessori per l'espulsione dei sistemi di recupero: contenitori cariche, sistemi di rilascio, morsetti per cavi, ganci per fissaggio paracadute ecc.

Nella figura 13 si vede com' è assemblata l'ebay.

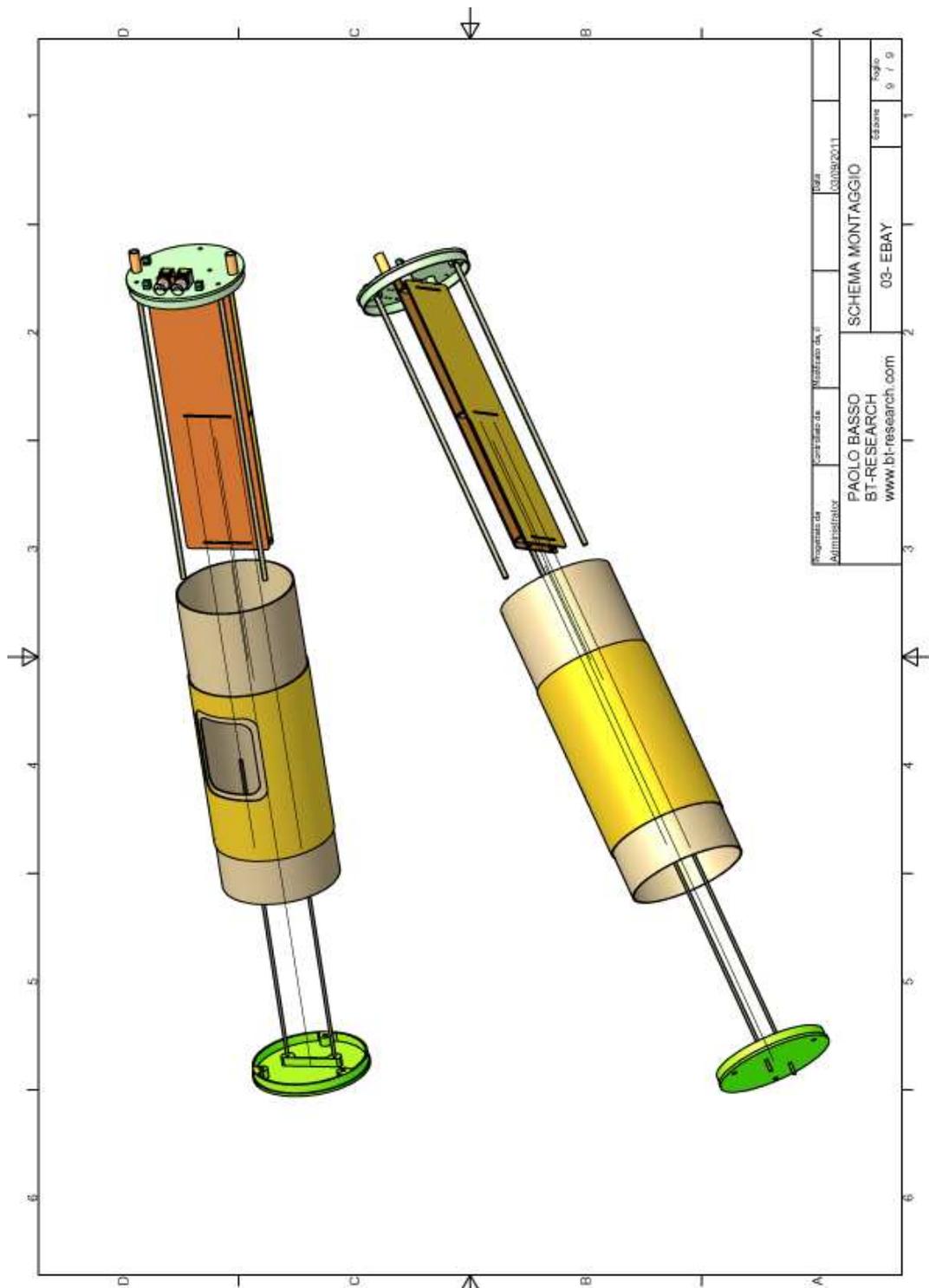


Fig 13 montaggio ebay.

La basetta porta elettronica è fatta con compensato avio spessore 3mm. Si tratta di una costruzione modulare che è resa solidale alla piastra anteriore

La realizzazione dell'ebay è cominciata con la costruzione delle paratie in alluminio 6082 mediante cnc.

Queste parti sono state assemblate ai tubetti in alluminio e alle barre filettate.
Il tutto è stato assemblato con il tubo accoppiatore dell'ebay.
Di seguito alcune foto.



Piastra anteriore, tubo accoppiatore, piastra anteriore

Nella piastra anteriore devono essere ancora installati i contenitori delle cariche d'espulsione, il sistema di rilascio paracadute ARRD, i morsetti per il fissaggio cavetti degli accenditori e gli anelli d'aggancio della shock cord.



Piastra posteriore lato motore vista dall'esterno.



Ebay lato motore



Piastra anteriore lato espulsione vista dall'interno.



Piastra posteriore lato motore vista dall'interno.

Ho realizzato la parte esterna dell'ebay, incollando tra loro il tubo accoppiatore e il tubo esterno e ho ricavato il portello d'ispezione.

Ho ricavato le sedi per le viti di fissaggio parte anteriore/ ebay/ parte posteriore; n° 8 viti M5 per lato.

Mi sono avvalso di inserti in acciaio inox M5 che sono stati fissati mediante espansione e poi rinforzati con della colla epossidica strutturale.

Su una di queste viti è fissato uno dei bottoni guida della rotaia di lancio (rail guide), questo è stato ulteriormente irrobustito da un rinforzo.

Per le viti che fermano il portello è stato usato lo stesso sistema.



Sede portello con inserti per fissaggio M3



Inserti fissaggio M5 in particolare quello rinforzato per fissaggio rail guide

Grande importanza hanno i fori di ventilazione dell'ebay, in quanto io uso dei sistemi elettronici che si basano sul rilevamento dei vari stati del volo in modo barometrico. Per il calcolo mi sono basato sulla regola: foro da ¼ di pollice (6,35 mm.) per un volume di 100 inc^3 (16387 mm^3).

Ho fatto n°8 fori di diametro 6,5 mm egualmente distribuiti sulla circonferenza e posti al centro dell'ebay.

Ho terminato la paratia anteriore fissando i contenitori per le cariche d'espulsione e i relativi morsetti per il collegamento degli accenditori, per avere maggiori dettagli:

<http://www.bt-research.com/generale/SAFEJECT.html>.

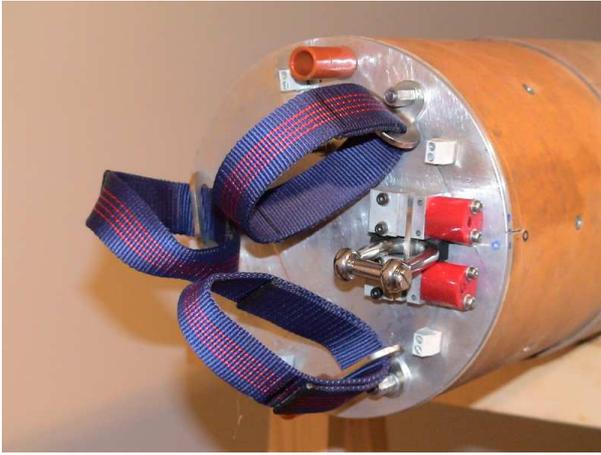
Il sistema di rilascio del paracadute principale ARRD e i relativi morsetti per il fissaggio degli accenditori sono stati installati, per maggiori dettagli:

<http://www.bt-research.com/generale/ARRD.html>.

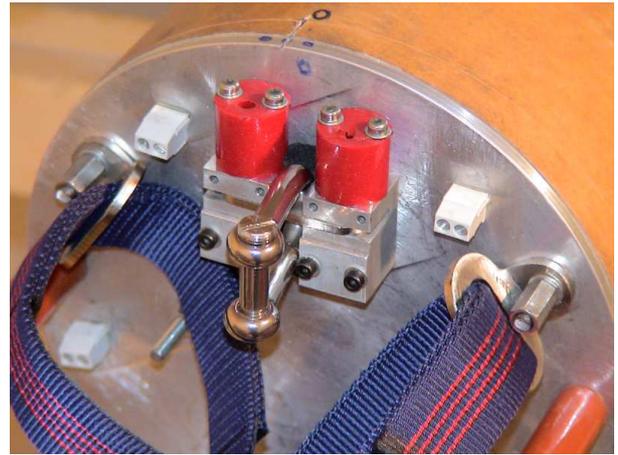
Per completare il tutto ho fatto, in acciaio Aisi 304, gli anelli per l'aggancio della shock cord.



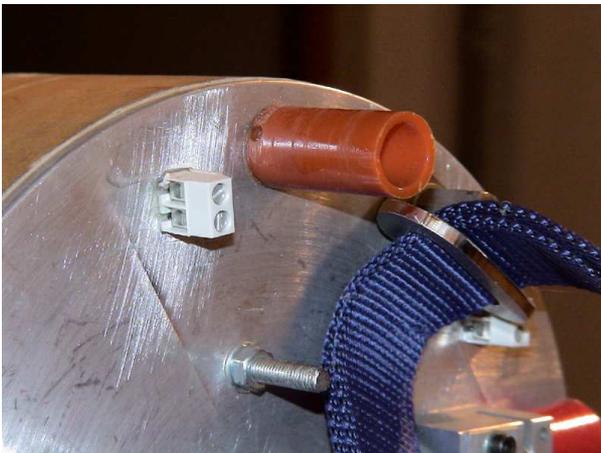
Paratia completa di tutti gli accessori



Paratia con tutti i particolari



ARRD con rispettivi morsetti



Contenitore cariche espulsione



Anello aggancio shock cord

Avionica

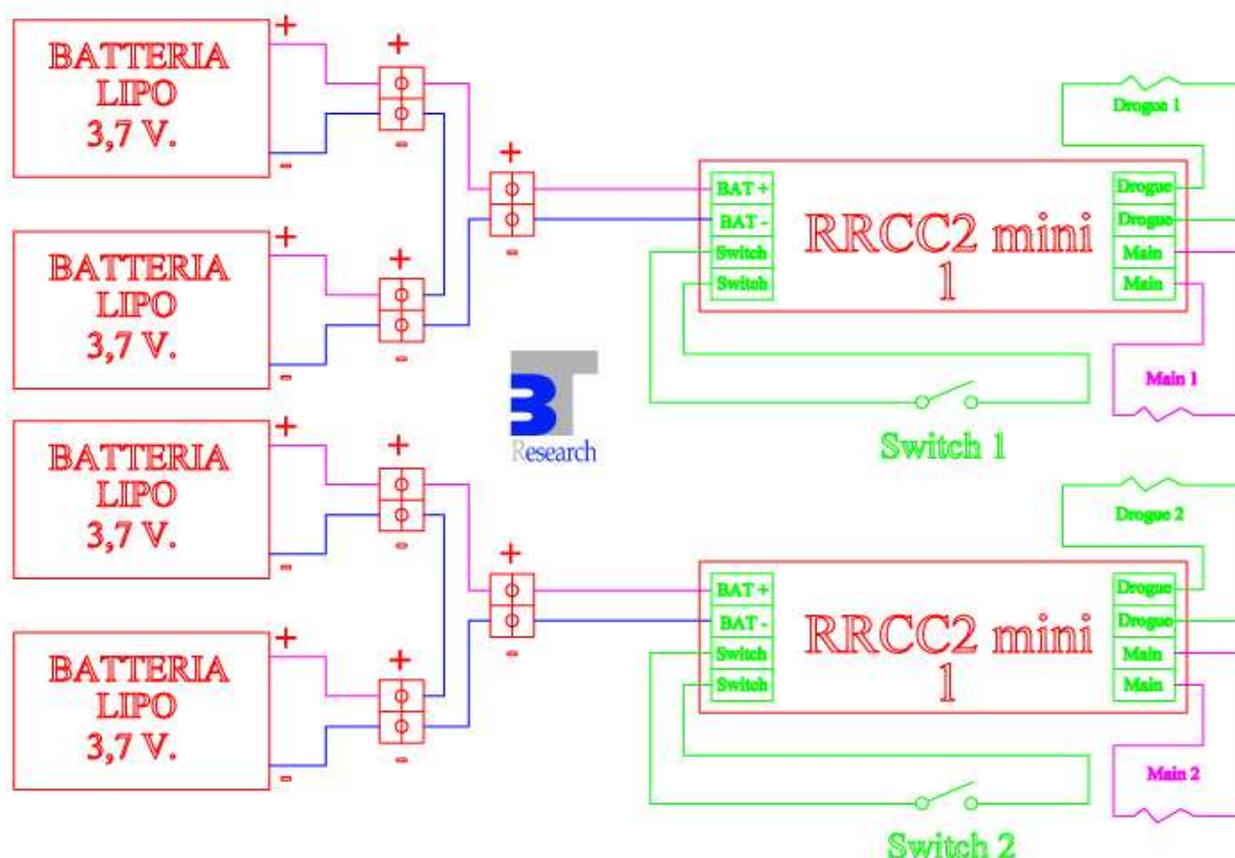
Il razzo è dotato di due computer di bordo RRCC2 mini che servono per comandare le fasi di recupero.

Il primo è il principale e va a comandare la carica 1 del drogue e la carica 1 del main.

Il secondo è il ridondante e comanda la carica 2 del drogue e la carica 2 del main.

L'alimentazione dei due altimetri è separata e ottenuta tramite celle lipo.

Qui sotto lo schema del cablaggio dell'avionica per il recupero.



I due altimetri sono programmati come segue.

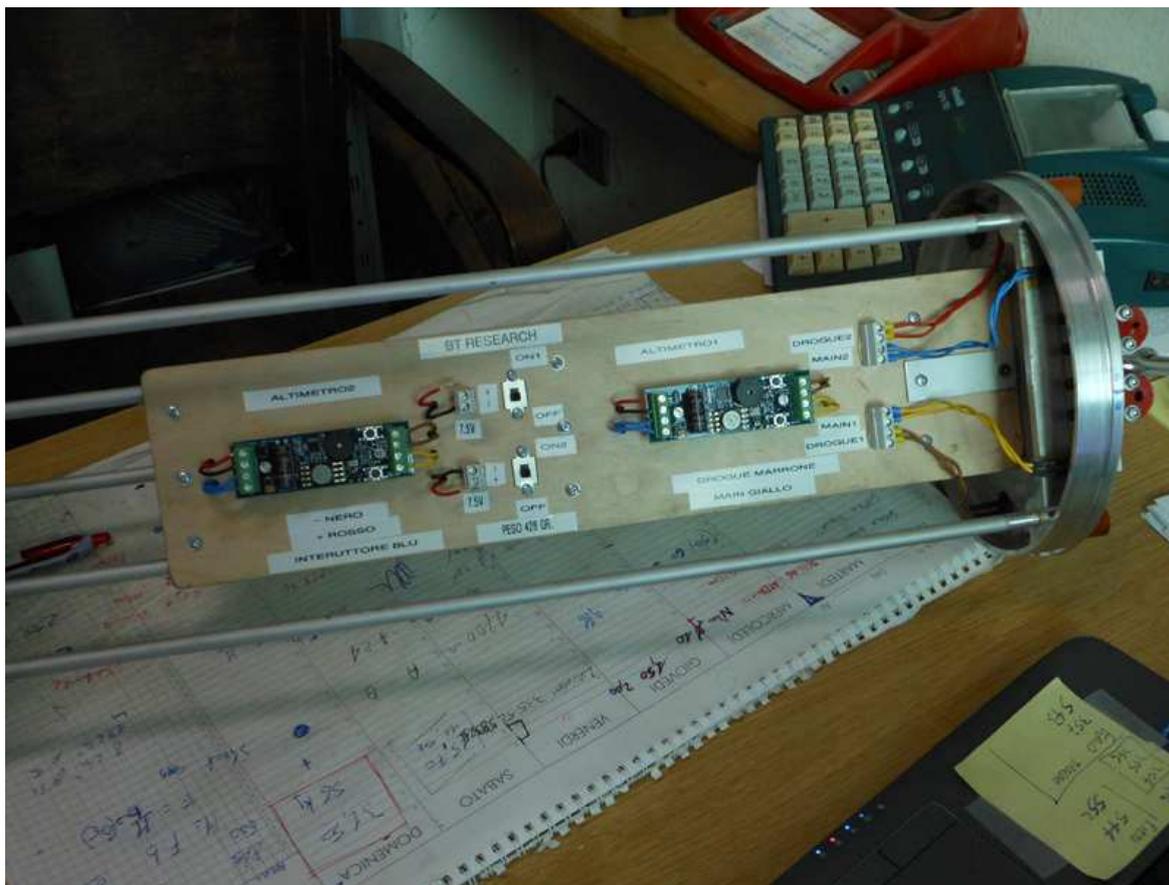
Altmetro 1 principale:

- drogue 1 espulsione apogeo
- main 1 espulsione 1000 ft (304 m.)

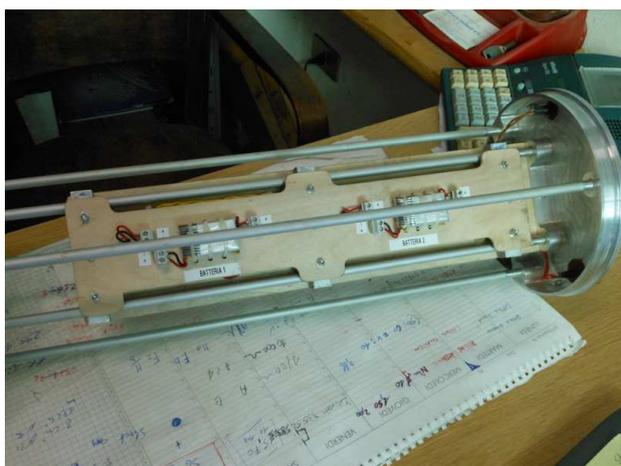
Altmetro 2 ridondante

- drogue 2 espulsione apogeo con un ritardo di 1 sec
- main 2 espulsione 900 ft (274 m.)

Di seguito alcune foto dell'ebay con l'avionica installata.



Vista anteriore basetta avionica si possono vedere i due altimetri



Batterie alimentazione



Assieme vista fianco



Elettronica vista dal portello

Sezione anteriore alloggiamento sistema recupero

Il tutto è ottenuto da un tubo in cartone fenolico PML da 7,5', rivestito esternamente in vetroresina ($3 \times 200 \text{ g/m}^2 + 1 \times 160 \text{ g/m}^2$).

Questo è fissato alla parte anteriore dell'ebay mediante 8 viti a brugola a testa svasata M5x16 UNI 5933 AISI 316; le viti sono fissate a filo tubo in modo che non possano provocare turbolenza nella parte dell'ebay e quindi andare a falsare le letture di pressione degli strumenti in essa alloggiati.

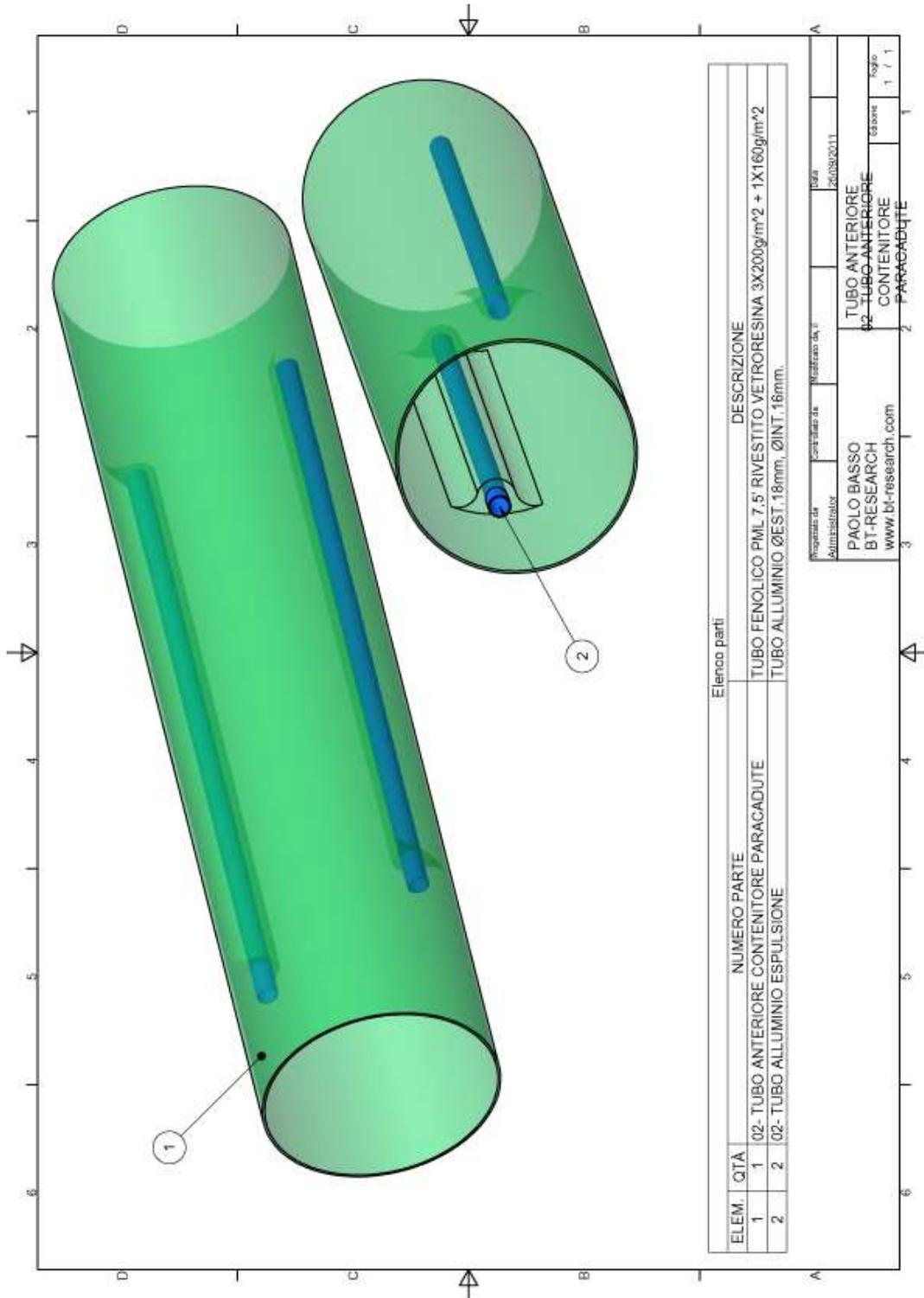


Fig.14 sezione anteriore

Nella parte interna sono ricavati due canali per lo scarico dei gas d'espulsione del drogue. Essi sono ottenuti da una gondola in polistirolo tagliata a CNC; nel suo centro è infilato un tubo in alluminio con diametro esterno 18mm e diametro interno 16mm.

Le gondole sono rivestite e rese solidali al tubo con un rivestimento in vetroresina ($1 \times 160 \text{ g/m}^2$).

Quando è unita l'ebay con la sezione anteriore, i tubi d'alluminio vanno ad infilarsi nei contenitori delle cariche d'espulsione.

I contenitori sono costruiti da un particolare elastomero: quando la carica d'espulsione si accende provoca un aumento di pressione che dilata leggermente il contenitore che va a fare tenuta sul tubo e quindi la pressione è sfogata nella parte alta verso l'ogiva.



Gondola polistirolo



Canali espulsione.



Tubo anteriore unito all'ebay

Ogiva

Ho deciso di usare un'ogiva commerciale FNC-7,5' in fibra di vetro d'alta qualità, finita in gelcoat bianco, robusta e leggera

E' realizzata in un unico pezzo (non due metà unite) con due strati di tessuto:

primo strato da 320 g/m^2 ,

secondo strato da 200 g/m^2 .

Lunghezza parte esterna: 736 mm.

Lunghezza spalla: 150 mm

Peso: 1245 gr.



Ogiva con anello per attacco shock cord

Calcolo paracadute e shock apertura

Il calcolo delle dimensioni dei paracadute, quindi delle velocità di discesa del missile e dello shock d'apertura degli stessi è molto importante.

Dai dati calcolati si va poi a dimensionare tutte le parti che sono interessate dall'espulsione dei paracadute.

Per il calcolo ho usato un foglio di excel che ho fatto tempo fa.

Alcuni dati fissi considerati:

Peso modello = 20 Kg.

Velocità burnot = 175 m/sec

Coefficiente resistenza paracadute = 0,80 ricavato dalle tabelle rocketman

Drogue:

Rocketman 4FT Pro XP

Velocità discesa: 18,60 m/sec

Nella Fig 15 si può vedere la formula usata i dati non sono esatti..

Per il calcolo dello shock d'apertura ho bisogno della velocità all'apogeo, nel migliore dei casi sarà 0 ; se il razzo vola perfettamente verticale.

Devo considerare il peggiore dei casi che voli con un angolo alfa rispetto la verticale e alla velocità di burnot; alfa = 30 gradi.

Velocità apogeo = Velocità burnot * sin (alfa) = $175 \cdot \sin 30^\circ = 88$ m/sec

Quindi si passa al calcolo dello shock di apertura a 88 m/sec

Forza apertura shock = 500 Kg.

Nella Fig 16 si può vedere la formula usata, i dati non sono esatti.

Main:

Rocketman 16FT Standard

Velocità discesa: 4,7 m/sec

Nella Fig 17 si può vedere la formula usata, i dati non sono esatti.

Per il calcolo dello shock di apertura ho considerato la velocità di discesa con il drogue 18,60 m/sec.

Forza apertura shock = 440 Kg.

Nella Fig 18 si può vedere la formula usata, i dati non sono esatti.

In entrambi i casi viene usata una Deployment Bags per avere un'apertura controllata del paracadute.

All'apogeo è espulso un paracadute pilota Rocketman 2FT Standard il quale serve per diminuire la velocità ed estrarre il drogue dalla sua deployment Bags

CALCOLO DIMENSIONI PARACADUTE

Velocità discesa	19,00	m/sec	19,00 - 20 m/sec. Min in 1 - 5 m/sec
Peso modello (m)	20,00	Kg	
Densità atmosferica (r)	1,225	Kg/m ³	1,225 Kg/m ³ al livello del mare. 1,121 Kg/m ³ a 1000 m
Coefficiente resistenza (C)	0,80		Coefficiente resistenza (C) Tipo paracadute Circolare piatto 0,75 - 0,85 Conico 0,75 - 0,90 Cruciforme 0,60 - 0,85
DIAMETRO PARACADUTE (Vd)	1,214	m	Paracadute circolari, conici o piatti $Vd = \text{RADQ}((8 * m * 9,81) / (Vd * 2 * r * C * 3,14))$
DIAMETRO PARACADUTE	1,457	m	Paracadute cruciforme X tipo

VELOCITA' PREVISTA ALL'APOGEO CONSIDERATO UN ANGOLO RISPETTO ALLA VERTICALE

Velocità burnout	200,00	m/sec	
Angolo rispetto la verticale	30,00	gradi	Da considerare nel calcolo dei casi 30°
Velocità prevista all'apogeo	160,00	m/sec	

Fig. 15 calcolo drogue

FORZA APERTURA shock

Coefficiente resistenza (C)	<input type="text" value="0,90"/>									
<table border="0"> <tr> <td colspan="2">Coefficiente resistenza (C)</td> </tr> <tr> <td>Tipo paracadute</td> <td>0,75 - 0,85</td> </tr> <tr> <td>Circolare piatto</td> <td>0,75 - 0,90</td> </tr> <tr> <td>Conico</td> <td>0,80 - 0,85</td> </tr> </table>			Coefficiente resistenza (C)		Tipo paracadute	0,75 - 0,85	Circolare piatto	0,75 - 0,90	Conico	0,80 - 0,85
Coefficiente resistenza (C)										
Tipo paracadute	0,75 - 0,85									
Circolare piatto	0,75 - 0,90									
Conico	0,80 - 0,85									
Coefficiente forza apertura (Cx)	<input type="text" value="1,10"/>									
<table border="0"> <tr> <td colspan="2">Coefficiente forza apertura (Cx)</td> </tr> <tr> <td>Tipo paracadute</td> <td>1,7</td> </tr> <tr> <td>Circolare piatto</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>Conico</td> <td>1,1 - 1,2</td> </tr> </table>			Coefficiente forza apertura (Cx)		Tipo paracadute	1,7	Circolare piatto	1,8	Conico	1,1 - 1,2
Coefficiente forza apertura (Cx)										
Tipo paracadute	1,7									
Circolare piatto	1,8									
Conico	1,1 - 1,2									
<p>Considerare sempre quello per paracadute circolari, conici o piatti anche per paracadute X-tipe</p>										
Diámetro paracadute	<input type="text" value="1,24"/>	m								
Área paracadute (A)	<input type="text" value="1,55"/>	m ²								
Velocità espulsione (v)	<input type="text" value="100,00"/>	m/sec								
Forza apertura - shock - (Fs)	<input type="text" value="692,963"/>	N								
Forza apertura - shock - (Fs)	<input type="text" value="692,96"/>	Kg								
<p>$F_s = C \cdot A \cdot (v/2)^2 \cdot C_x$</p>										
<table border="0"> <tr> <td><input type="text" value=""/></td> <td>Dati da mettere</td> </tr> <tr> <td><input type="text" value=""/></td> <td>Dati calcolati</td> </tr> </table>			<input type="text" value=""/>	Dati da mettere	<input type="text" value=""/>	Dati calcolati				
<input type="text" value=""/>	Dati da mettere									
<input type="text" value=""/>	Dati calcolati									

Fig. 16 shock drogue

CALCOLO DIMENSIONI PARACADUTE

Velocità discesa	9,24	m/sec	Prospetto 10 - 20 m/sec, Min 4 - 5 m/sec
Peso modello (m)	20,00	Kg	
Densità atmosferica (r)	1,225	Kg/m ³	1,225 Kg/m ³ al livello del mare; 1,121 Kg/m ³ a 1000 m
Coefficiente resistenza (C)	0,80		Coefficiente resistenza (C) Tipo paracadute Circolare piatto 0,75 - 0,85 Conico 0,75 - 0,90 Cruciforme 0,60 - 0,85
DIAMETRO PARACADUTE (Vd)	6,20	m	Paracadute circolari, conici o piatti $Vd = \text{RADO}((8 \cdot m \cdot 9,81) / (Vd^2 \cdot r \cdot C \cdot 3,14))$
DIAMETRO PARACADUTE	5,114	m	Paracadute quadriforme X tipo

VELOCITA' PREVISTA ALL'APOGEO CONSIDERATO UN ANGOLO RISPETTO ALLA VERTICALE

Velocità burnout	45,00	m/sec	
Angolo rispetto la verticale	0,00	gradi	Da considerare nel calcolo del caal 90°
Velocità prevista all'apogeo	0,00	m/sec	

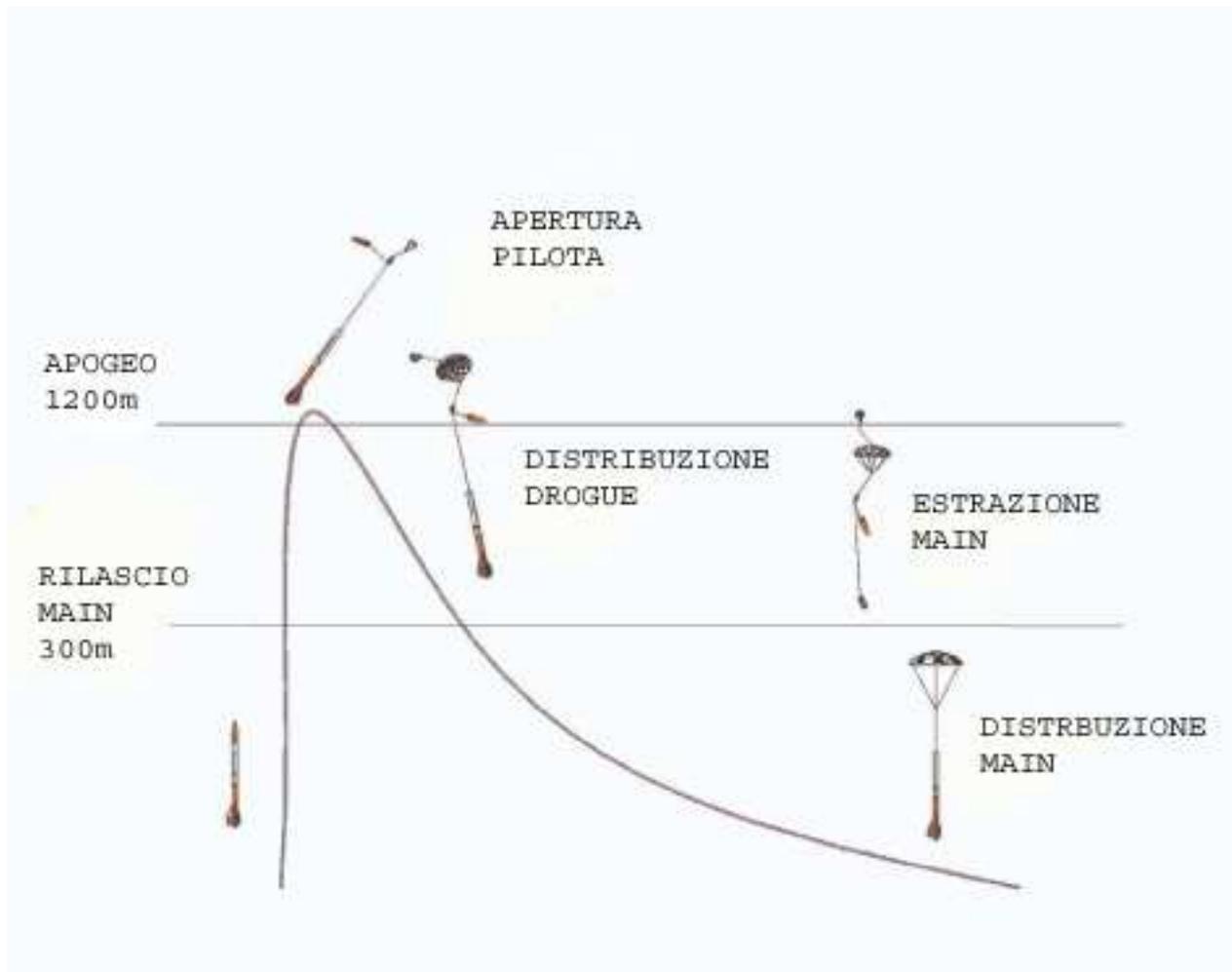
Fig. 17 calcolo main

FORZA APERTURA shock

Coefficiente resistenza (C)	0,80	Coefficiente resistenza (C)	Tipo paracadute Circolare piatto 0,75 - 0,85 Conico 0,75 - 0,90 Cruciforme 0,80 - 0,85
Coefficiente forza apertura (Cx)	1,80	Coefficiente forza apertura (Cx)	Tipo paracadute Circolare piatto 1,7 Conico 1,8 Cruciforme 1,1 - 1,2
Diametro paracadute	4,30	m	Considerare sempre quello per paracadute circolari, conici o piatti anche per paracadute X-type
Area paracadute (A)	15,20	m ²	
Velocità espulsione (v)	16,00	m/sec	
Forza apertura - shock - (Fs)	40000	N	$F_s = C \cdot A \cdot (v/2)^2 \cdot C_x$
Forza apertura - shock - (Fs)	10000	Kg	
Dati da mettere		Dati calcolati	

Fig. 18 shock main

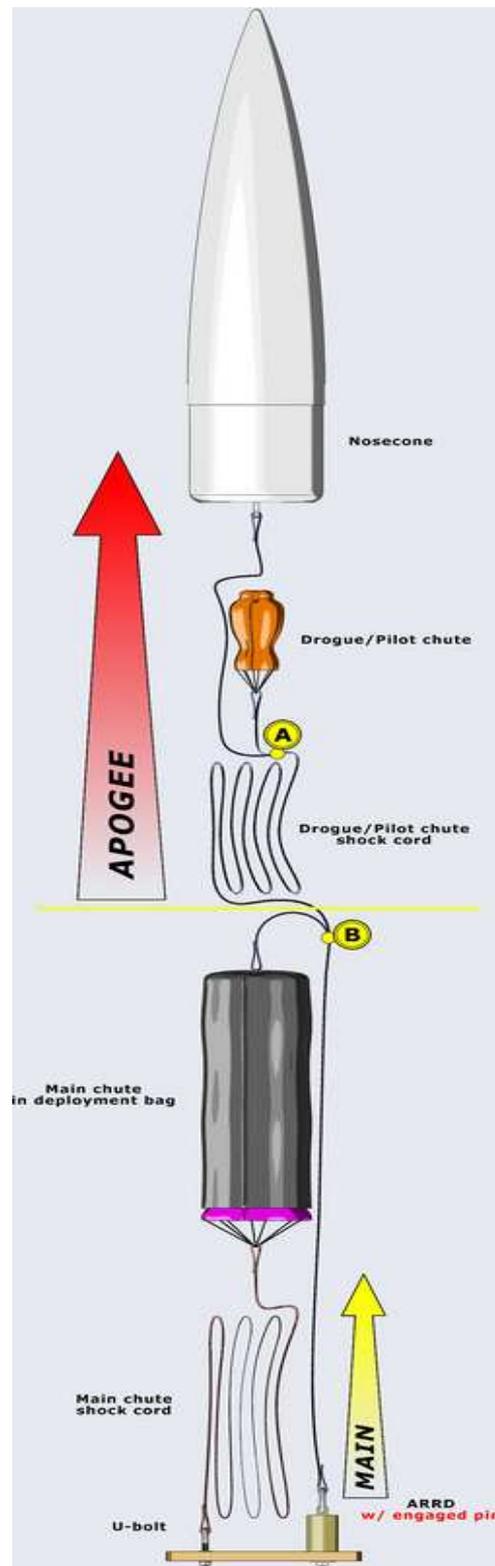
Di seguito lo schema della fase di volo e di recupero.



Le fasi durante il volo sono le seguenti:

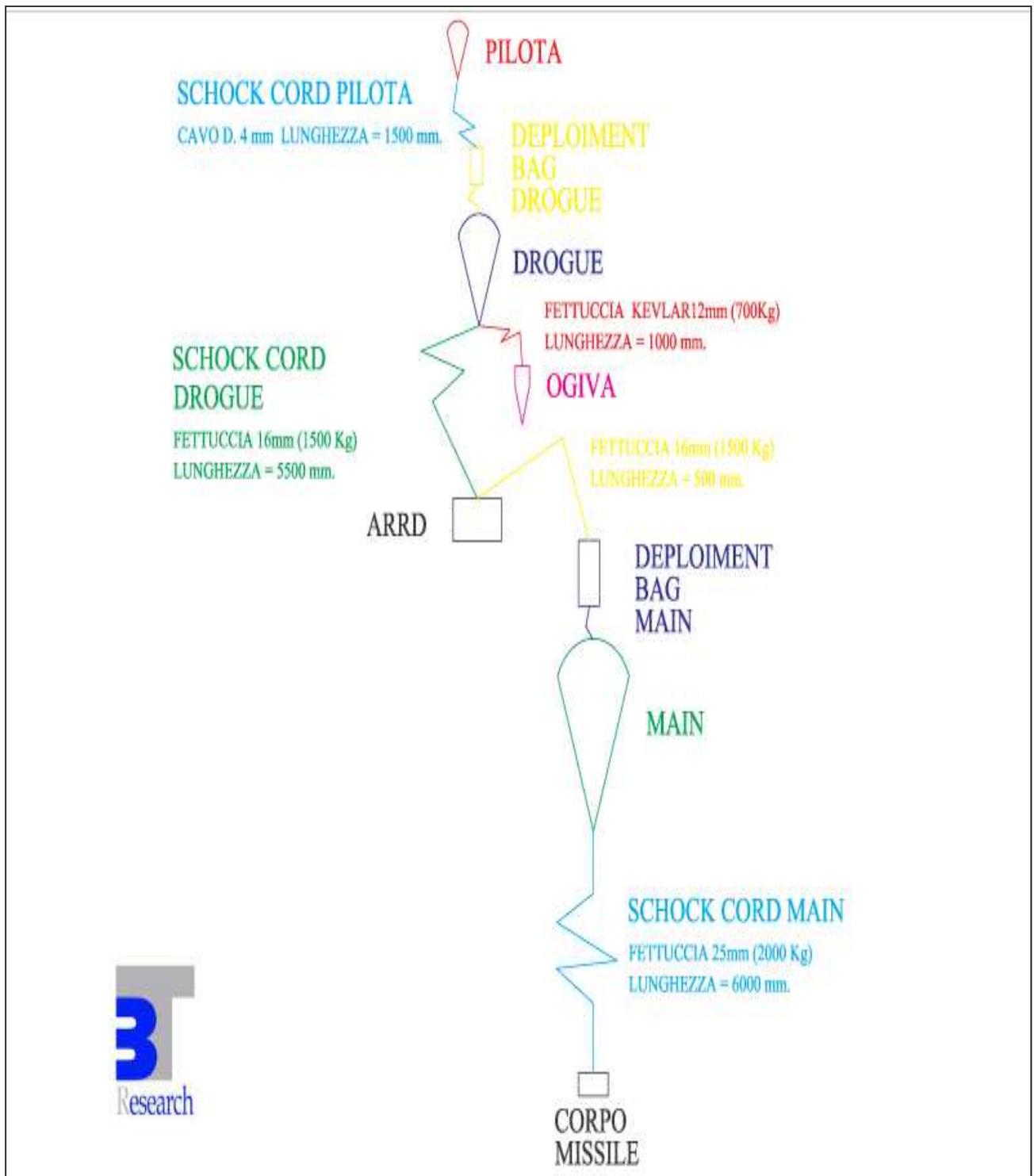
- Spinta motore
- Volo per inerzia
- Raggiungimento apogeo
- Espulsione ogiva apertura paracadute pilota
- Estrazione dalla Deployment Bags del drogue
- Apertura del drogue
- Fase di discesa con il drogue
- L'ARRD rilascia il main (300 mt)
- Estrazione dalla Deployment Bags del main
- Apertura del main
- Fase discesa con il main
- Atterraggio

Di seguito uno schema di come viene stivato il sistema di recupero all'interno del proprio alloggiamento.



Il paracadute pilota è avvolto in una protezione in tessuto ignifugo nomex, per impedire che i gas dell'espulsione possano danneggiarlo.

Nella figura sottostante è rappresentato lo schema del sistema di recupero, con la specifica delle dimensioni delle varie shock cord e i materiali con cui sono costruite.





Parti sistema recupero



Sistema di recupero alloggiato nella parte anteriore del missile.

Calcolo carica espulsione apogeo

La quantità di polvere nera necessaria per l'espulsione dell'ogiva all'apogeo, io l'ho calcolata usando la seguente formula semplificata.

$$m = 0,00045 * F * L$$

m = quantità polvere in gr.

F = forza che si vuole ottenere in Kg.

L = lunghezza compartimento in cm.

Le caratteristiche del vano da pressurizzare:

Diametro = 190 mm. (7,5 ')

Lunghezza = 580 mm.

Da tabella ricavo che per un tubo con D 190mm la pressione ideale da esercitare all'interno del compartimento è 0,34 bar.

La forza corrispondente è di circa 100 Kg.

Tenendo conto che parte della lunghezza del compartimento è occupata dal sistema di recupero; considero la lunghezza del compartimento per il calcolo 290mm.

$$m = 0,00045 * 100 * 29$$

m = 1,3 gr polvere nera

Il filmato della prova di espulsione:

<http://www.youtube.com/watch?v=RtouTVGxtKI&feature=channel&list=UL>

Finitura e verniciatura del modello

Questa operazione è quella che per me è la più ostica da fare e che non mi entusiasma in modo particolare.

Devo dire che è di grande importanza in quanto darà l'aspetto finale del missile e sarà il metro di misura di chi lo guarda.

Io in questa fase cerco d'essere molto leggero e di caricare il minor peso possibile a scapito di una finitura perfetta.

Come prima cosa ho carteggiato il tutto per togliere imperfezioni e ho stuccato eventuali difetti.

Sono passato a dare un fondo poliuretano a due componenti.

La verniciatura finale è stata eseguita con vernice poliuretano bicomponente, scegliendo due colori un bianco Ral 9010 e un arancio Ral 2004

Poi ho applicato decalcomanie e scritte.

Centraggio

Questa operazione consiste nel determinare per via pratica la posizione del centro di gravità CG del modello finito e vedere se rispecchia i calcoli di progettazione.

La prima cosa da fare è montare il modello in tutte le sue parti ad esclusione del motore e poi appenderlo fino a trovare il perfetto equilibrio.



Missile appeso per determinare CG

Sparagagna terminato



Checklist operazioni lancio

N°	OPERAZIONE	COMPONENTI	ES
	Paracadute		
1	Agganciare main alla propria borsa	Rocketman 16 Ft Standard Rocketman borsa 16 Ft	
2	Cospargere borsa e paracadute talco	Talco	
3	Introdurre paracadute nella borsa		
4	Agganciare grillo a paracadute	Grillo M8 Aisi 316	
5	Agganciare drogue alla propria borsa	Rocketman 4 Ft Pro XP Rocketman borsa 4 Ft	
6	Cospargere borsa e paracadute talco	Talco	
8	Introdurre paracadute nella borsa		
9	Agganciare grillo a paracadute	Grillo M6 Aisi 316	
10	Legare shock cord pilota anello sacca drogue	Fettuccia kevlar 12 mm lunghezza 1500mm.	
	Ogiva		
11	Legare ogiva alla propria shock cord	Fettuccia kevlar 12 mm	
12	Infilare nella shock cord fazzoletto nomex per protezione pilota	Fazzoletto nomex	
13	Legare shock cord a pilota	Rocketman 2 Ft Standard	
	Montaggio parte coda		
14	Assemblare castello motore come da figura 5	Vedi figura 5	
15	Infilare castello assemblato parte posteriore missile (controllare allineamento)		
16	Fissare castello con viti a brugola testa svasata	N°15 M5x10 UNI 5933 Aisi 316	
17	Fissare la boccia rail guide posteriore	Boccia nylon	
	Ebay		
18	Controllare carica batteria1 (7,50 volt min) (8,20 volt OK)	Tester	
19	Controllare carica batteria2 (7,50 volt min) (8,20 volt OK)	Tester	
20	Fare prova accensione Altimetro 1	Ricordarsi di spegnere	
21	Fare prova accensione Altimetro 2	Ricordarsi di spegnere	
22	Chiudere Ebay	N° 2 dadi M5 Aisi 316	
23	Droghe 1 installare accenditore nell'apposito contenitore e collegare a morsetto	accenditore	
24	Controllare continuità	tester	
25	Mettere BP e chiudere contenitore	BP=1,3 gr. Tappo gomma	
26	Droghe 2 installare accenditore nell'apposito contenitore e collegare a morsetto	accenditore	
27	Controllare continuità	tester	
28	Mettere BP e chiudere contenitore	BP=1,3 gr. Tappo gomma	

29	Main 1 installare accenditore nell'ARRD e mettere BP	accenditore BP=0,1 gr.	
30	Collegare accenditore a morsetto e provare continuità	tester	
31	Main 2 installare accenditore nell'ARRD e mettere BP	accenditore BP=0,1 gr.	
32	Collegare accenditore a morsetto e provare continuità	tester	
33	Controllare fissaggio fermi spina ARRD	chiave a brugola	
34	Accendere altimetro 1 e controllare se emette beep-beep-beep		
35	spegnere		
36	Accendere altimetro 2 e controllare se emette beep-beep-beep		
37	spegnere		
38	Infilare Ebay su parte posteriore missile controllare allineamento		
39	Fissare con viti a brugola testa svasata	N°7 M5x16 UNI 5933 Aisi 316	
40	Fissare la boccia rail guide ebay posteriormente	Boccia nylon	
41	Fissare shock cord main alle apposite barre filettate (attenzione ai numeri)	shock cord main fettuccia nylon 25 mm assemblata dadi M5 alti	
42	Fissare shock cord drogue al grillo degli ARRD	shock cord drogue fettuccia nylon 16 mm assemblata	
43	Passare entrambe le shock cord attraverso il tubo anteriore missile		
44	Infilare il tubo anteriore nell'ebay assicurandosi che i contenitori delle cariche entrino negli appositi alloggiamenti		
45	Fissare il tubo mediante viti a frugola testa svasata	N°8 M5x16 UNI 5933 Aisi 316	
46	Collegare shock cord main al main	Grillo M8 Aisi 316	
47	Stivare il tutto all'interno del tubo		
48	Collegare shock cord drogue (parte corta) alla sacca del main	Anello M4 Aisi 316	
49	Collegare shock cord drogue al drogue e alla shock cord ogiva	Grillo M6 Aisi 316	
50	Stivare shock cord drogue e drogue all'interno del tubo		
51	Piegare paracadute pilota		
52	Avvolgere il pilota nel fazzoletto in nomex		
53	Stivare il tutto all'interno del tubo		
54	Infilare l'ogiva		
	Motore		
55	Montare il motore M1297W (seguire le istruzioni del produttore).	RMS 75-5120 M-1297W	

	Rampa		
56	Mettere il missile in rampa		
57	Misurare la resistenza elettrica dell'accenditore del motore	Tester	
58	Aprire il portello ebay	Chiave a brugola	
59	Accendere l'altimetro 1 e controllare se emette 3 beep corti		
60	Accendere l'altimetro 2 e controllare se emette 3 beep corti		
61	Bloccare con nastro gli interuttori	Nastro isolante	
62	Chiudere il portello	Chiave a brugola	
63	Introdurre l'accenditore nel motore		
64	Seguire le indicazioni del LCO		