

*PROCEDURA APERTA TELEMATICA PER L’AFFIDAMENTO DI UNA  
FORNITURA DEL PAYLOAD TERZINA DEL SATELLITE NUSES*

*ALLEGATO 3\_ CAPITOLATO TECNICO*

# Indice

1	PREMESSA, OBIETTIVI ED OGGETTO DI GARA	6
2	DESCRIZIONE DELLA FORNITURA	7
3	FORNITURA DEL PAYLOAD TERZINA: PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DELL'INFRASTRUTTURA MECCANICA, OTTICA E INTEGRAZIONE FINALE DEL PAYLOAD	8
4	REQUISITI GENERALI DI PROGETTO	12
4.1	Requisiti di performance	12
4.2	Requisiti ambientali	13
4.3	Requisiti fisici	13
4.3.1	Requisiti di interfaccia	14
4.3.2	Requisiti orbitali	14
5	DETTAGLI FORNITURA	16
5.1	Optical telescope assembly	16
5.1.1	Point spread function	16
5.1.2	Configurazione ottica	17
5.1.3	Mitigazione luce diretta	21
5.1.4	Specifiche sistema ottico	23
5.1.5	Stabilità sistema ottico	25
5.1.6	Bifocalità	26
5.1.7	Trasmissione ottica	27
5.2	Analisi modale	28
5.3	Thermal control assembly	29
5.3.1	Dimensionamento radiatore FPA	31
5.3.2	Requisiti FPA, strap termica, radiatore	36
5.4	Stabilità di puntamento in orbita	37
5.5	Box Electronic Unit	40
6	BUDGET DI MASSA PL TERZINA	42
7	REQUISITI PL RISPETTO ALLO S/C	43
8	CONDIZIONI E TEMPI DELLA FORNITURA	44
8.1	Documentazione fornita al soggetto aggiudicatario	44
8.2	Riunioni di avanzamento (milestones e SAL)	45
8.3	Fornitura a carico del committente	46
8.4	Servizio di progettazione EU ed EH	46
8.5	Servizio di progettazione OHU	53
8.6	Manifattura EU ed assemblaggio EH	59
8.7	Manifattura OHU	64
8.8	Servizio di integrazione del P/L	69

# Indice delle figure

Figure 1: Schema a blocchi del P/L Terzina .....	8
Figure 2: Design del P/L Terzina con telescopio, box EU e radiatore box EU .....	9
Figure 3: Schema a blocchi dell'elettronica di Terzina .....	11
Figure 4: Descrizione parametri orbitali – BoL .....	15
Figure 5: Descrizione parametri orbitali – EoL .....	15
Figure 6: Encircled Energy sul singolo pixel .....	17
Figure 7: Sistema di specchi dell'OTA, dettaglio specchio secondario e sua funzione di lente. ....	17
Figure 8: Configurazione ottica con piano focale piatto secondo le specifiche di progetto. ....	18
Figure 9: OHU layout meccanico – vista interna (non riportati radiatore, MLI e Baffle esterno). ....	19
Figure 10: OHU layout meccanico – vista dei cammini ottici e concept del deflettore esterno. ....	20
Figure 11: OHU layout meccanico – supporto specchio primario con dettaglio della struttura per riduzione peso. ....	20
Figure 12: OHU layout meccanico – vista XY .....	20
Figure 13: OHU layout meccanico – vista ZY. ....	21
Figure 14: Mitigazione luce diretta .....	21
Figure 15: Relazione tra i diametri dei Baffle di M1 e M2 per Aperture fissata a 0.11 m <sup>2</sup> . ....	22
Figure 16: Configurazione di Baffle ottimizzata per riduzione luce diretta. ....	22
Figure 17: Dettaglio dell'area di raccolta fotoni con i tagli evidenziati. ....	23
Figure 18: Area di raccolta fotoni sullo specchio primario. ....	23
Figure 19: Encircled Energy. ....	24
Figure 20: PSF logaritmica. ....	24
Figure 21: Spots di luce su FPA .....	24
Figure 22: Perturbazione del telescopio con Defocus di 4 mm. ....	25
Figure 23: Perturbazioni del telescopio con deformazioni tipiche attese. ....	26
Figure 24: Schema ottica bifocale con specchi anulari. ....	26
Figure 25: EE per le due metà di M1 come in Figura 20 (sinistra parte interna, destra esterna). ....	27
Figure 26: Schema ottica bifocale con giunzione di specchi. ....	27
Figure 27: Riflettanza tipica dell'alluminio per uso spaziale. ....	28
Figure 28: Analisi modale (sinistra) con frazione di massa coinvolta (destra). ....	28
Figure 29: Analisi modale: primo (sinistra) e secondo (destra) modo di vibrazione. ....	29
Figure 30: Analisi modale: terzo modo di vibrazione. ....	29
Figure 31: TRP sull'OTA con due esempi di configurazione degli Heaters. ....	30
Figure 32: TRP sull'FPA con il RER Heater. ....	30
Figure 33: Ricopertura MLI su tutta la OHU, eccetto radiatore FPA e apertura ottica. ....	31
Figure 34: Radiatore dell'FPA – disposizione S/C e orbitale. ....	32
Figure 35: Radiatore dell'FPA – vista dal Sole. ....	32
Figure 36: Radiatore dell'FPA – vista dal radiatore per diverse posizioni orbitali. ....	32
Figure 37: Albedo reale e flusso IR della Terra per analisi termiche spaziali* .....	33
Figure 38: Catena termica del freddo nell'FPA. ....	33
Figure 39: Parametri di riferimento per bilancio termico. ....	34
Figure 40: Bilanciamento termico del radiatore nel BoL (temperatura massima BoL). ....	35
Figure 41: Bilanciamento termico radiatore FPA (temperatura minima EoL). ....	35
Figure 42: Variazioni LoS dovute contrazioni/elongazioni termo-meccaniche. ....	37
Figure 43: Design delle gambe di sostegno. ....	38
Figure 44: Catena conduzione termica dell'OTA in connessione con S/C. ....	38
Figure 45: Distribuzione termica nella struttura di supporto dell'OTA e flussi I/F con S/C. ....	39
Figure 46: Metodo di calcolo della variazione della LoS. ....	39
Figure 47: Stima della variazione di LoS in orbita. ....	39
Figure 48: Vista laterale dell'alloggiamento della box EU con radiatore. ....	40
Figure 49: Disposizione radiatore box EU rispetto allo S/C. ....	41
Figure 50: Vista dal radiatore del box EU per diverse posizioni orbitali. ....	41
Figure 51: Equazioni dimensionamento termico box EU. ....	41
Figure 52: Budget di massa PL Terzina .....	42

## Indice delle tabelle

Table 1: Requisiti di performance.....	12
Table 2: Requisiti ambientali .....	13
Table 3: Requisiti fisici.....	13
Table 4: Requisiti di interfaccia (I/F).....	14
Table 5: Requisiti FPA, strap termica e radiatore.....	36
Table 6: Requisiti PL Terzina rispetto allo S/C.....	43
Table 7: WP servizio di progettazione EU ed EH.....	52
Table 8: WP servizio di progettazione OHU.....	58
Table 9: WP servizio di manifattura EU ed assemblaggio EH.....	63
Table 10: WP servizio di manifattura OHU.....	68
Table 11: WP servizio di integrazione P/L.....	69

## Indice degli acronimi

Acronimo	Descrizione
AR	Acceptance Review
ASI	Agenzia Spaziale Italiana
BoL	Beginning of Life
CAD	Computer Aided Design
CDR	Critical Design Review
CoC	Certificate of Conformity
CFRP	Carbon Fiber Reinforced Polymer
CTE	Coefficient of Thermal Expansion
DAQ	Data Acquisition Unit
DEC	Direttore Esecutivo del Contratto
DPCU	Data Processing and Control Unit
EE	Encircled Energy
EH	External Harness
EoL	End of Life
EPD	Entrance Pupil Diameter
EU	Electronic Unit
FF	Field Flattener
FM	Flight Model
FoV	Field of View
FPA	Focal Plane Assembly
GSSI	Gran Sasso Science Institute
INFN	Istituto Nazionale Fisica Nucleare
KOM	Kick-off meeting
LoS	Line of Sight
LV-DC/DC	Low Voltage DC/DC
LV-CTRL	Low Voltage Control
M1	Primary Mirror
M2	Secondary Mirror
MLI	Multi Layer Insulation
NIMBUS	New Italian Micro BUS
NUSES	Neutrinos and Seismic Electromagnetic Signals
OASIS	Open Architecture for micro-Satellite Integrating Solution

OB	Optical Bench
OHU	Optical Head Unit
OTA	Optical Telescope Assembly
PDR	Preliminary Design Review
P/L	Payload
PSF	Point Spread Function
QL	Qualification Model
RA	Riunione di Avanzamento
RUP	Responsabile Unico del Procedimento
SAL	Stato Avanzamento Lavori
S/C	Spacecraft
SM	Structural Model
TAS-I	Thales Alenia Space – Italia
TCA	Thermal Control Assembly
TEU	Telemetry Electronic Unit
TRB	Test Review Board
TRP	Thermal Reference Point

# 1 PREMESSA, OBIETTIVI ED OGGETTO DI GARA

Nell'ambito degli investimenti pubblici per il rilancio dell'economia dell'Aquila e dei Comuni del cratere sismico 2009, con delibera CIPE n. 20/2019, è stato finanziato il progetto del Gran Sasso Science Institute (GSSI) denominato NUSES (Neutrinos and Seismic Electromagnetic Signals: a technological pathfinder for studying astrophysical neutrinos and electromagnetic signals of seismic origin from space). Accanto alla componente accademica, rappresentata dal GSSI, il progetto NUSES prevede la partecipazione di una controparte industriale che, con un finanziamento dedicato, è stata individuata dal MISE nell'azienda Thales Alenia Space Italia (TAS-I) attraverso accordo per l'innovazione che coinvolge anche la Regione Abruzzo (progetto OASIS – Open Architecture for micro-Satellite & Integrating Solution – basato sulla piattaforma NIMBUS – New Italian Micro BUS).

Il progetto NUSES consiste nella realizzazione di un satellite pronto al lancio. Il satellite è costituito da due Payload (P/L) e dalla piattaforma satellitare. La realizzazione dei due P/L, per entrambi sia lo Structural Model (SM) che il Flight Model (FM), è sotto la responsabilità della componente accademica (GSSI) mentre la piattaforma e l'integrazione finale del satellite (Spacecraft, S/C) pronto al lancio sono sotto la responsabilità della componente industriale del progetto (TAS-I). La missione NUSES è stata riconosciuta dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) come progetto di interesse per l'Agenzia, che ha deliberato un contributo alle spese per il lancio.

Nell'attività di realizzazione dei P/L il GSSI è affiancato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e dall'Università di Ginevra (Svizzera). I P/L sono due strumenti per l'osservazione di fotoni ottici e di particelle cariche di bassa energia denominati: Terzina e Zirè. Obiettivo del progetto NUSES è lo sviluppo, test e validazione di nuove tecnologie per l'osservazione in orbita di luce visibile (emissione Cherenkov) prodotta dall'interazione di raggi cosmici di alta energia ( $E > 1$  PeV) con l'atmosfera terrestre (P/L Terzina) e per l'osservazione di particelle cariche di bassa energia ( $E < 100$  MeV) confinate nelle fasce di Van Allen (P/L Zirè).

Il presente capitolato tecnico si riferisce al solo P/L Terzina e la fornitura di cui è oggetto riguarda attività di progettazione ed ingegnerizzazione finalizzate allo sviluppo e alla realizzazione sia dello SM che del FM del P/L Terzina, le attività riguarderanno sia l'infrastruttura meccanica che ottica del P/L.

## **2 DESCRIZIONE DELLA FORNITURA**

La fornitura oggetto del presente capitolato tecnico riguarda attività di progettazione ed ingegnerizzazione finalizzate allo sviluppo e alla realizzazione sia dello SM che del FM del P/L Terzina della missione NUSES, in particolare le attività riguarderanno progettazione, ingegnerizzazione, sviluppo e realizzazione sia dell'infrastruttura meccanica che ottica del P/L Terzina nonché l'integrazione finale del P/L con i componenti esclusi dal presente capitolato e sotto la responsabilità del GSSI.

Il dettaglio della fornitura con le diverse attività, milestones e deliverables oggetto del presente capitolato sono riassunti nel capitolo 8.

### 3 FORNITURA DEL PAYLOAD TERZINA: PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DELL'INFRASTRUTTURA MECCANICA, OTTICA E INTEGRAZIONE FINALE DEL PAYLOAD

Il P/L Terzina è costituito dai seguenti sottosistemi:

1. Optical Head Unit (OHU)
2. Electronic Unit (EU)
3. External Harness (EH).

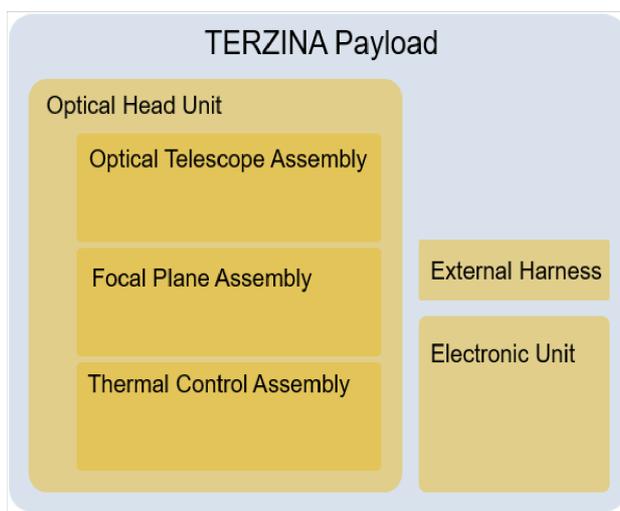


Figure 1: Schema a blocchi del P/L Terzina

La OHU è costituita dai seguenti sottosistemi:

- Optical Telescope Assembly (OTA): è costituita dall'insieme opto-meccanico che consiste nel sistema di specchi e lenti dell'ottica e dalla struttura meccanica di supporto.
- Focal Plane Assembly (FPA): è il detector che rivela i fotoni ottici in uscita dall'OTA con il relativo sistema meccanico di supporto. L'FPA contiene una superficie focale costituita da Silicon PhotoMultipliers (SiPM) e dall'elettronica di prossimità (ASIC ed FPGA) che raccoglie e processa il segnale prodotto dai SiPM.
- Thermal Control Assembly (TCA): è il sistema di controllo della temperatura del P/L, esso è costituito da Thermal Strap che trasportano il calore, da un radiatore che disperde il calore e da Multi-layer Insulation (MLI) per l'isolamento. Il TCA include termistori, che vengono letti come Thermal Reference Points (TRP) dal satellite (S/C) sia sull'OTA che sull'FPA, e da heaters (regolati dal sistema centralizzato dello S/C).

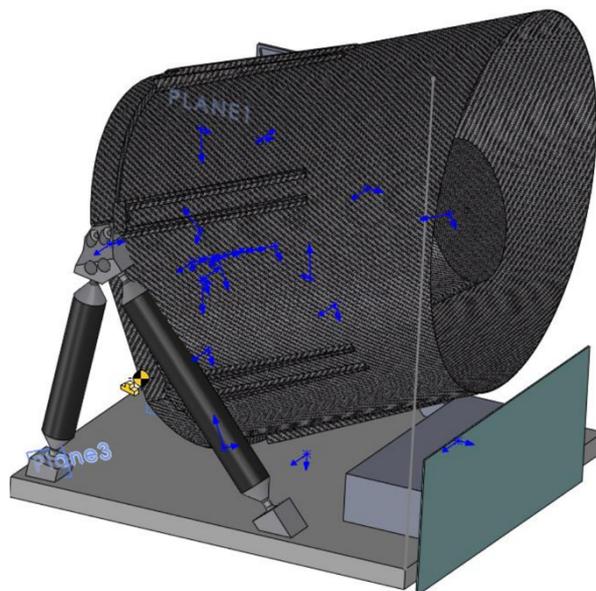


Figure 2: Design del P/L Terzina con telescopio, box EU e radiatore box EU.

La OHU è costituita anche dalla necessaria infrastruttura meccanica di supporto, che può essere schematizzata come segue:

- **Optical Bench (OB):** è l'elemento meccanico che, grazie alla sua rigidità, garantisce il posizionamento/fissaggio/stabilità degli elementi ottici su di esso assemblati. È necessario che questa infrastruttura sia realizzata per evitare deformazioni degli elementi ottici sotto carico dinamico (nessuna deformazione permanente), temperatura (nessuna deformazione elastica fuori budget) o durante il montaggio di altra infrastruttura meccanica (nessuna deformazione/spostamento permanente). L'OB è termicamente conduttivo e termicamente connesso agli elementi ottici.
- **Baffles:** deflettori anneriti che assorbono le luci indesiderate. Sono usati sia esternamente, come ricopertura del telescopio, che internamente su specchi e lenti.
- **Supporti Ottici:** questa famiglia di elementi meccanici permette l'allineamento dell'ottica (traslazione/inclinazione) e il collegamento fisico al Banco Ottico.
- **Isostatic Structure:** il banco ottico è sostenuto da una struttura che vincola il numero minimo di gradi di libertà meccanici quando connesso alla piattaforma S/C. Il comportamento simil-isostatico si ottiene agendo su elasticità locali (sezione trasversale ridotta) che consentono elevate deformazioni al di sotto del limite elastico del materiale. Un esempio tipico sono le flessioni, le lame, i bipiedi. Tali supporti isostatici consentono la contrazione/espansione termica differenziale dei materiali snodati (OB da un lato e piattaforma S/C dall'altro) ed evitano la deformazione dell'OHU, e dei suoi elementi, quando il P/L è integrato su S/C.

L'elevata flessibilità è solitamente efficace anche per il disaccoppiamento termico del P/L (la piccola sezione trasversale offre un'elevata resistività termica).

- Coperture: questi elementi creano un involucro per la contaminazione/protezione dalle particelle, nonché una cavità nera per l'attenuazione della luce diffusa o per l'imbracatura di supporto/MLI.

La EH è l'insieme di cavi che realizzano la connessione elettrica tra la FPA e la EU.

La EU, descritta nello schema a blocchi in Figura 3, è costituita dai seguenti sottosistemi:

- Un contenitore (box) in alluminio nel quale sono alloggiato le seguenti schede elettroniche:
  - Motherboard: tale fornitura è ancora in fase di sviluppo, i dettagli della motherboard non sono comunque rilevanti ai fini della fornitura oggetto del presente capitolato;
  - LV-DC/DC (Low Voltage DC/DC): una scheda elettronica contenente il DC/DC converter che converte il power bus del satellite a 28 V in un ramo di alimentazione a 12 V;
  - LV-CTRL (Low Voltage Control) board: una scheda elettronica che distribuisce tutte le alimentazioni ai sottosistemi dell'apparato e gestisce telecomandi e telemetrie discreti con il satellite;
  - DPCU (Data Processing and Control Unit): una scheda elettronica per la gestione e monitoraggio dell'intero payload Terzina e responsabile dell'acquisizione dati dalla FPA, lo storage e la pre-analisi e l'elaborazione on-board dei dati nonché della trasmissione dei dati scientifici al satellite.
- Un radiatore per il controllo termico della EU.

Oggetto del presente capitolato è la sola box EU con il relativo sistema di controllo termico, sono escluse le schede elettroniche che verranno alloggiato all'interno della EU box.

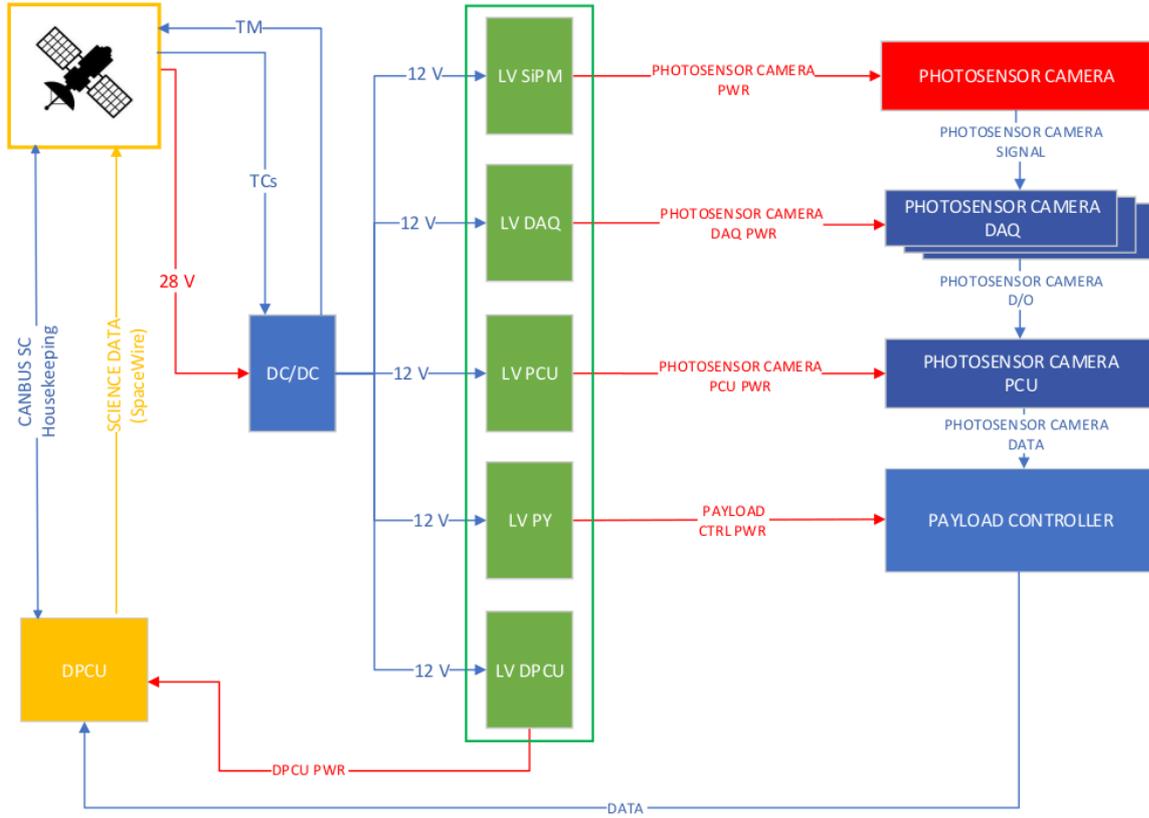


Figure 3: Schema a blocchi dell'elettronica di Terzina

## 4 REQUISITI GENERALI DI PROGETTO

In questo capitolo vengono specificati i requisiti generali di progetto, che vanno intesi come obiettivi realizzativi della fornitura. I requisiti possono essere distinti nelle seguenti categorie:

- Requisiti di performance: fissano le capacità di rivelazione del detector
- Requisiti ambientali: fissano le condizioni di lavoro ambientali del detector
- Requisiti fisici: fissano le caratteristiche fisiche generali del P/L Terzina, dell'interfaccia con lo S/C e le caratteristiche orbitali

Nei paragrafi che seguono si elenca il dettaglio dei singoli requisiti organizzati per tabelle con ogni requisito individuato da un ID, cui poi verrà fatto riferimento nel prosieguo del documento.

### 4.1 REQUISITI DI PERFORMANCE

ID Requisito	Titolo	Descrizione	Commenti
REQ0001	Banda spettrale	350-850 nm	Ottimizzazione ottica attraverso coating non discussa.
REQ0002	Area raccolta fotoni	>0.1 m <sup>2</sup>	
REQ0003	Efficienza ottica	>75% in media su tutta la banda spettrale	
REQ0004	Lunghezza focale telescopio	925 mm	
REQ0005	Campo di vista complessivo (FoV)	3° x 7.4°	
REQ0006	Stabilità di puntamento (LoS)	La LoS del telescopio deve essere stabile all'interno di 1°. Si considera ±0.7° per il telescopio e ±0.7° per lo S/C.	
REQ0007	Geometria superficie focale	Superficie focale piatta	
REQ0008	Dimensioni detector	Piano dei sensori: 131.30 x 58.20 mm. Il volume della camera non può eccedere 160 mm di diametro e 70 mm di spessore.	
REQ0009	Encircled Energy	100% all'interno del pixel	
REQ0010	Pixel size	3x3 mm <sup>2</sup>	

Table 1: Requisiti di performance.

## 4.2 REQUISITI AMBIENTALI

ID Requisito	Titolo	Descrizione	Commenti
REQ0101	Interface Operational Temperature	-20 °C (cold), +45 °C (hot), -45 °C (safe)	
REQ0102	Vuoto	Pressione < 10 <sup>-6</sup> Torr	
REQ0103	Radiazioni	10 krad dose totale	Nel presente capitolato tecnico sono considerati i vetri per le lenti trattati per resistenza alle radiazioni. Tuttavia, si evidenzia che, usando dati di NASA ed ESA, l'utilizzo di vetri non trattati non compromette sensibilmente le proprietà di trasmissione, sull'intero ciclo di vita del satellite.
REQ0104	Ciclo di vita satellite	3 anni	

Table 2: Requisiti ambientali

## 4.3 REQUISITI FISICI

ID Requisito	Titolo	Descrizione	Commenti
REQ0201	Massa complessiva PL Terzina	≤ 35 Kg	
REQ0202	Involuppo complessivo (incluse ricoperture)	≤ 600x600x660 mm	
REQ0203	Orientazione asse ottico	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'asse ottico del telescopio deve giacere sul piano YZ dello S/C (vedi REQ0307 per sistema coordinate S/C).</li> <li>L'asse ottico deve disegnare un angolo nominale di 22.5° rispetto al piano XY.</li> </ul>	
REQ0204	Prima frequenza risonante	≥ 75 Hz	

Table 3: Requisiti fisici

### 4.3.1 REQUISITI DI INTERFACCIA

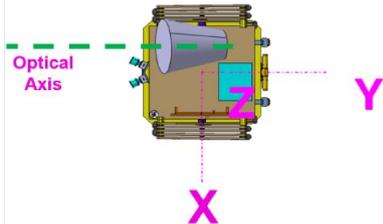
ID Requisito	Titolo	Descrizione	Commenti
REQ0301	Accoppiamento termico	Isolamento termico sia radiativo che conduttivo con uso di MLI	
REQ0302	Flusso termico conduttivo I/F - SC	1 W	
REQ0303	Proprietà termo-ottiche rivestimento	Kapton MLI: <ul style="list-style-type: none"> <li>• assorbimento 0.44 (BoL), 0.70 (BoL)</li> <li>• emissività 0.77 (BoL), 0.77 (EoL)</li> </ul>	
REQ0304	Collocazione radiatore FPA	Per massimizzare il fattore di vista del cielo, la superficie del radiatore FPA deve essere parallela al piano YZ dell'S/C orientato verso +X e posizionato sul bordo dell'involuppo (vedere REQ-0307 per il sistema di coordinate S/C).	
REQ0305	Collocazione EU	Collocata sul top del tray S/C con box separato	
REQ0306	Involuppo box EU	70 x 150 x 350 mm <sup>3</sup>	
REQ0307	Sistema di riferimento S/C		
REQ0308	Dissipazione FPA	4 W – dissipate sul radiatore (REQ0304)	(ASIC, FPGA) ~ 6 mW/ch x 640 ch
REQ0309	Non-Operational FPA temperature	-40 °C +80 °C	
REQ0310	Operational FPA temperature	-5 °C +20 °C	
REQ0311	Performance FPA temperature	-5 °C +5 °C	

Table 4: Requisiti di interfaccia (I/F).

### 4.3.2 REQUISITI ORBITALI

Nelle Figure 4 e 5 si descrivono le condizioni orbitali del satellite NUSES con i requisiti di puntamento del telescopio del PL Terzina. L'accuratezza del puntamento richiesto dalla missione è di 0.1°, per garantire il rispetto di tale requisito lo S/C sarà dotato di sistema Star Tracker con possibilità di aggiustare il puntamento in orbita con la necessaria risoluzione angolare.

La Figura 4 si riferisce alle condizioni orbitali all'inizio della missione (Beginning of Life, BoL) mentre la Figura 5 alle condizioni a fine missione (End of Life, EoL).

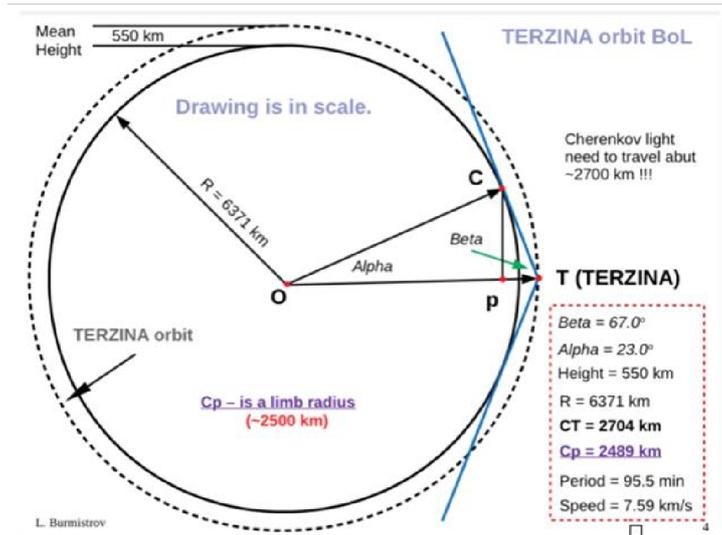


Figure 4: Descrizione parametri orbitali – BoL

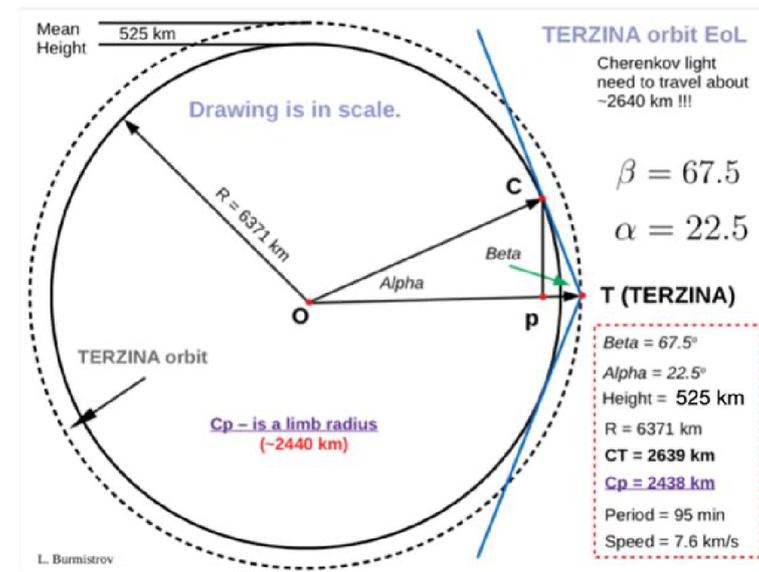


Figure 5: Descrizione parametri orbitali – EoL

## 5 DETTAGLI FORNITURA

La fornitura oggetto del presente capitolato tecnico riguarda attività di progettazione ed ingegnerizzazione finalizzate allo sviluppo e alla realizzazione sia dello SM che del FM del P/L Terzina della missione NUSES, in particolare le attività riguarderanno:

- progettazione, realizzazione e assemblaggio dei due sottosistemi OTA e TCA di OHU con tutte le necessarie infrastrutture meccaniche di supporto,
- progettazione, realizzazione e assemblaggio delle strutture meccaniche facenti parte dell'EU
- l'assemblaggio finale del P/L.

Non sono oggetto di fornitura del presente capitolato tecnico i seguenti sottosistemi o parti di sottosistemi che verranno consegnati da GSSI in conto lavoro alla ditta aggiudicataria per l'assemblaggio del P/L Terzina nella fase di integrazione del FM del P/L con la piattaforma dello S/C.

- Flight Model (FM) FPA
- Flight Model (FM) EH
- Schede elettroniche Flight Model (FM) EU

Sono oggetto di fornitura del presente capitolato tecnico i modelli strutturali destinati allo Structural Model (SM) del payload Terzina.

- Structural Model (SM) FPA
- Structural Model (SM) EH
- Structural Model (SM) EU

### 5.1 OPTICAL TELESCOPE ASSEMBLY

#### 5.1.1 POINT SPREAD FUNCTION

L'immagine di una sorgente puntiforme per il sistema ottico del PL Terzina può essere determinata attraverso la Point Spread Function (PSF) che può essere definita attraverso la Encircled Energy (EE), ovvero l'energia dei fotoni raccolti dal sistema ottico e racchiusa in un cerchio di raggio  $r$  specificato, centrata sul punto di riferimento del raggio principale, sul baricentro del raggio o sul riferimento di un vertice di superficie. Questa frazione è sempre compresa tra zero e 1, secondo la formula:

$$f = \frac{\int_0^r dr I(r)}{\int_0^\infty dr I(r)}$$

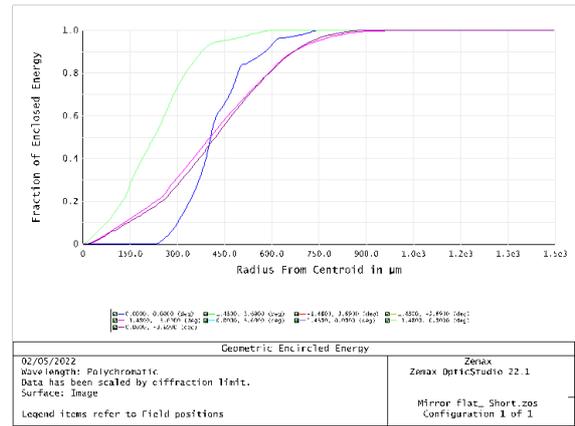
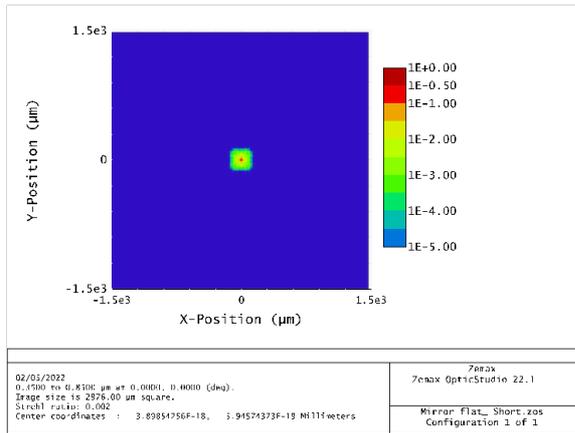


Figure 6: Encircled Energy sul singolo pixel

Come discusso nel paragrafo dedicato ai requisiti di performance, si richiede che il 100% della EE sia contenuta all'interno del pixel di progetto con un'area di 3x3 mm<sup>2</sup>; dunque, la EE deve essere tutta concentrata all'interno di un raggio di 1.5 mm intorno al centroide dello spot su tutto il Field of View (FoV) del detector.

### 5.1.2 CONFIGURAZIONE OTTICA

La configurazione del sistema ottico del PL Terzina si compone di un sistema di lenti e specchi, disegnato per concentrare i fotoni raccolti sulla FPA secondo i requisiti di sistema, i.e. pixel di 3x3 mm<sup>2</sup> con il 100% della EE all'interno del pixel.

Il design del sistema di specchi (Figura 7) è costituito da 2 specchi: lo specchio primario M1 e lo specchio secondario M2. Quest'ultimo è rivestito nella seconda superficie e il suo spessore viene utilizzato come lente, realizzata in Fused Silica. Tale accorgimento permette di ridurre notevolmente la curvatura del piano focale.

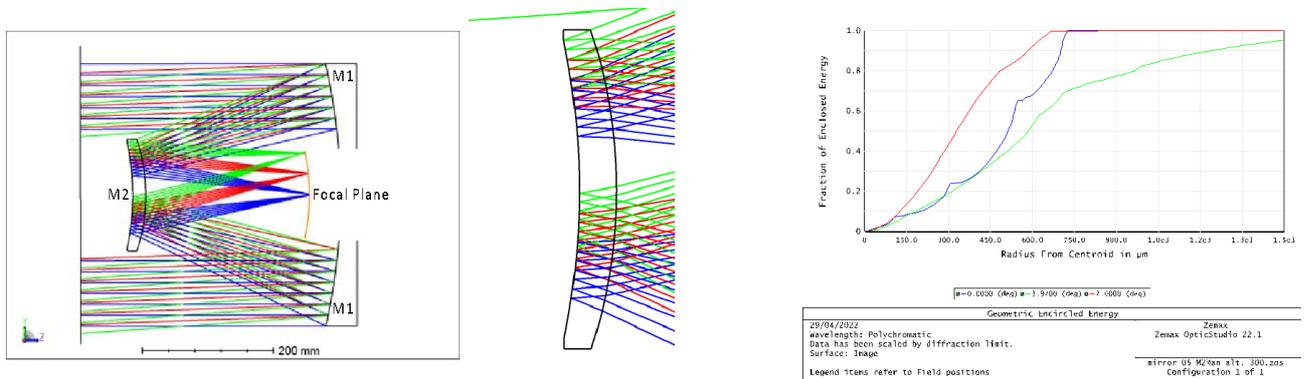


Figure 7: Sistema di specchi dell'OTA, dettaglio specchio secondario e sua funzione di lente.

Questa soluzione ha il vantaggio del ridotto budget di massa: il volume dello specchio secondario viene utilizzato come lente. Inoltre, la superficie conica sul lato concavo dell'obiettivo rende più agevole la produzione dello specchio. Ciononostante, le prestazioni della configurazione ottica in

Figura 7 non raggiungono le specifiche poiché il bordo del FoV mostra un EE < 100% per pixel di 3 mm di lato, ciò a causa della non planarità della superficie focale. Per correggere il campo di curvatura è necessaria una seconda lente che agisca da Field Flattener (FF), rendendo il piano focale perfettamente piatto. Tale lente è inserita a 40 mm dal piano focale come riportato in Figura 8. In questa configurazione M1 è un paraboloide, M2 è un'iperbole e le tre superfici diottriche sono sferiche.

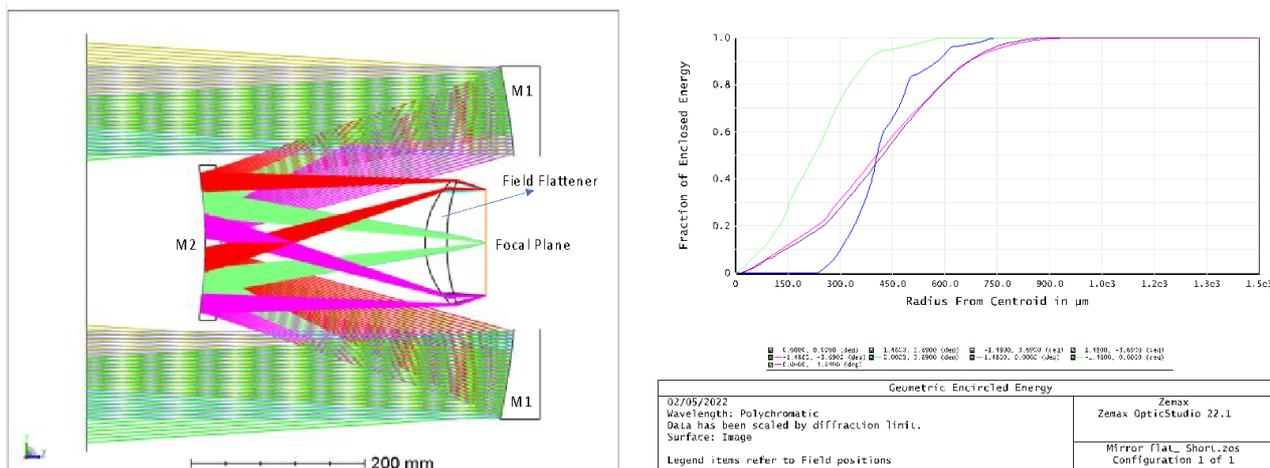


Figure 8: Configurazione ottica con piano focale piatto secondo le specifiche di progetto.

La lente che agisce da FF è una lente tagliata che garantisce un ridotto budget di peso. La lunghezza totale del telescopio nella configurazione di Figura 8 è di 330 mm. La dimensione del piano focale è 50 mm x 126 mm, compatibile con una lunghezza focale di 925 mm, con un FoV complessivo di 3° x 7.4° ed una superficie complessiva di raccolta della luce maggiore di 0.1 m<sup>2</sup> con un diametro di apertura pari a 416 mm, in accordo con le specifiche di progetto. Infine, la configurazione ottica di Figura 8 permette una raccolta di EE al 100% entro un raggio di 1.5 mm in ogni punto della superficie focale piatta.

Nella configurazione di progetto, dunque, L'OTA è composto da uno specchio primario (M1) sostenuto da supporti isostatici (flessibili) (realizzati in Invar36 e Titanio). Questi supporti riducono al minimo la distorsione della superficie riflettente dello specchio. Il banco ottico è realizzato con ricoperture in Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) e alluminio a nido d'ape, per ridurre la massa del PL e minimizzare la contrazione termoelastica dovuta alla variazione di temperatura della posizione orbitale. Inoltre, lo specchio secondario M2 è ospitato nella corretta posizione rispetto a M1 all'interno di una struttura a torre realizzata in CFRP. Lo specchio secondario M2 funge anche da lente (in Fused Silica) ed è integrato all'interno di un supporto realizzato in Invar36. La struttura a torre fornisce anche una superficie di deflessione (Baffle in CFRP) che riduce la contaminazione da luce diretta (vedi 5.1.3).

La Lente Correttiva FF, realizzata in Fused Silica, è fissata alla parte superiore del Baffle su cui poggia M1, in posizione assiale alla Torre, attraverso un anello elastico in Titanio (per la compensazione della dilatazione termica differenziale). L'FPA è installato sul Banco Ottico, o nella Torre, dal lato esterno del telescopio, questo significa che l'FPA dovrà avere forma cilindrica che permetta il passaggio attraverso il foro sul supporto di M1 e il foro centrale del OB. Il telescopio è quindi circondato da un Baffle in CFRP, per la mitigazione della luce diretta e di background.

Sul lato posteriore, l'FPA ha una lunga Strap termica, realizzata in grafite pirolitica che trasporta, per conduzione, il calore generato all'interno dell'FPA al radiatore, posto lateralmente all'esterno del Baffle che avvolge l'OTA.

L'orientazione del telescopio deve essere verso il lato oscuro del limbo della Terra, dunque, assumendo un'orbita alla quota di 550 km (BoL), con un angolo di 22.5 gradi rispetto allo Zenith. Tale orientamento è ottenuto con una struttura realizzata con terminali (testa e piedi) in Titanio Grade5 a sezione ridotta (per elasticità e isolamento termico) che collegano assi in CFRP.

Infine, l'OTA deve essere completamente ricoperto con MLI (stimato tra 15 e 20 strati) per il disaccoppiamento termico radiativo verso l'ambiente spaziale (Cielo, Sole, Terra, Albedo) e riflessioni S/C.

Nelle Figure 9-13 si riporta il dettaglio del OHU sia dal punto di vista meccanico che ottico.

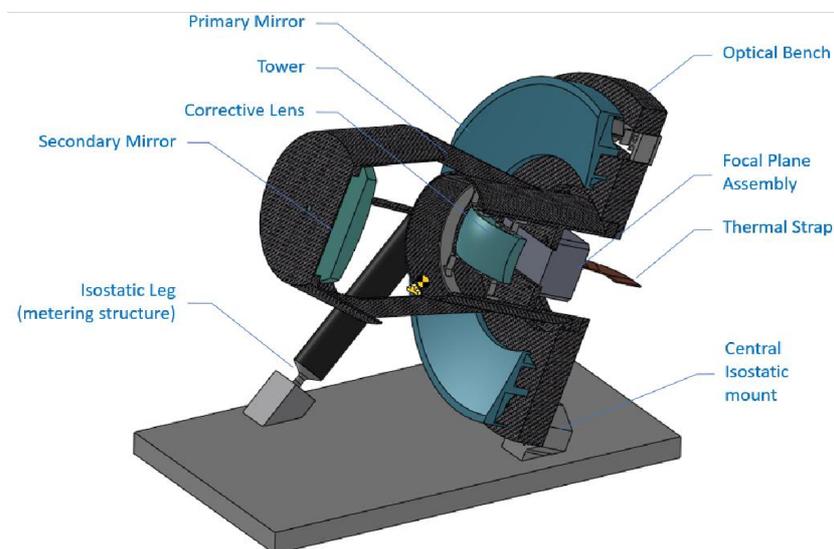


Figure 9: OHU layout meccanico – vista interna (non riportati radiatore, MLI e Baffle esterno).

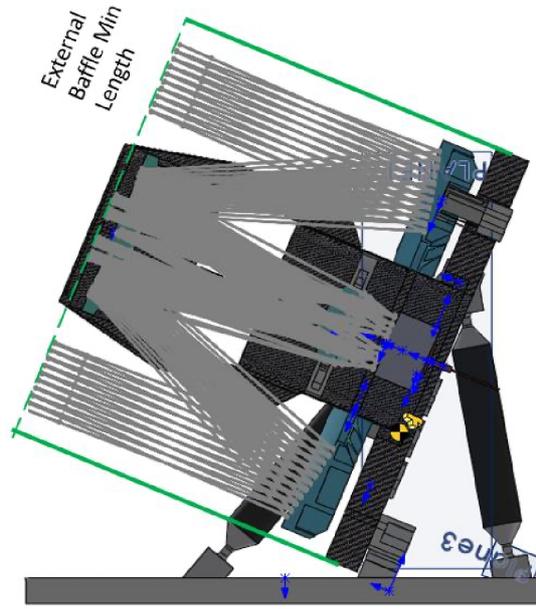


Figure 10: OHU layout meccanico – vista dei cammini ottici e concept del deflettore esterno.

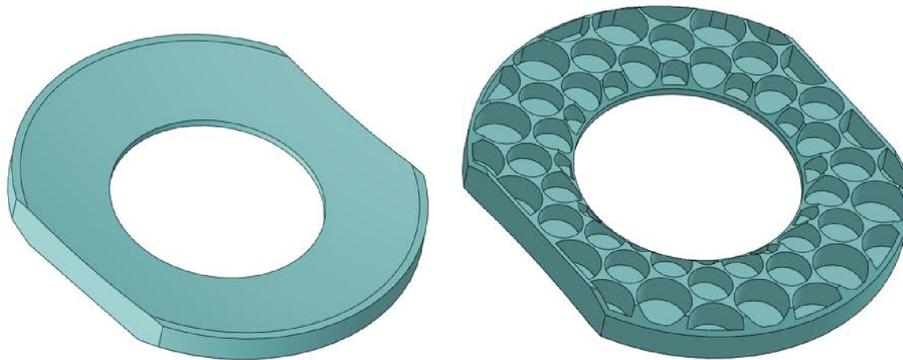


Figure 11: OHU layout meccanico – supporto specchio primario con dettaglio della struttura per riduzione peso.

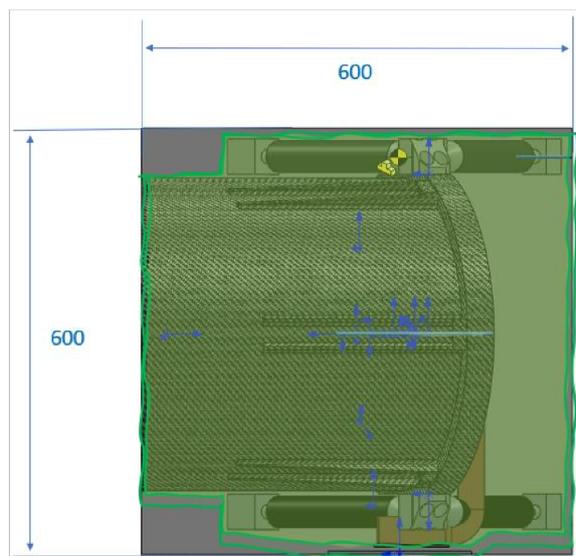


Figure 12: OHU layout meccanico – vista XY.

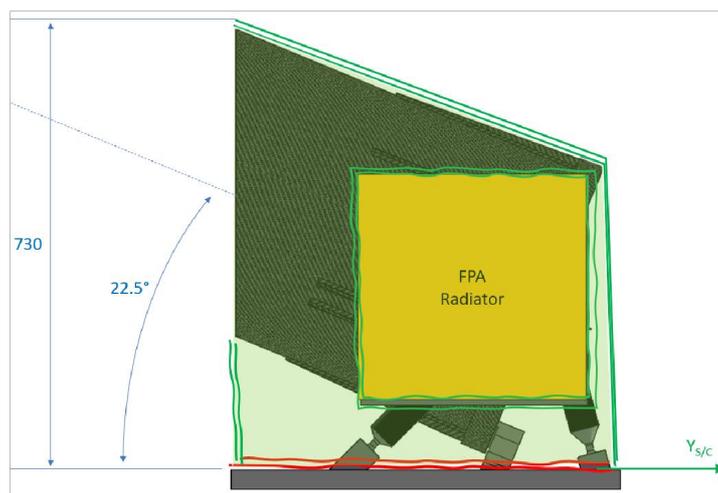


Figure 13: OHU layout meccanico – vista ZY.

### 5.1.3 MITIGAZIONE LUCE DIRETTA

L'ottimizzazione della riduzione della luce diretta è intesa come deflessione dalla superficie focale e dalla Lente Correttiva (FF) della luce che, senza passare attraverso il sistema ottico (M1, M2, FF) arriva direttamente sulla superficie focale. Non è considerata in questa discussione la riduzione della luce parassita prodotta internamente all'OTA da riflessioni, ghost e rugosità ottica.

La riduzione della luce diretta si ottiene dal dimensionamento dei 3 Baffles: Baffle M1, Baffle M2 e Baffle esterno, come in Figura 14. Nell'immagine di destra si mostra l'effetto senza il Baffle esterno, mentre nell'immagine di sinistra si osserva come un controllo della luce diretta basato sul solo Baffle esterno non sia sufficiente. Per risolvere questo problema è necessario allargare l'oscuramento del telescopio per creare spazio per i Baffle M1 e M2 senza causare vignettatura e senza ridurre l'area di raccolta della luce come da specifiche di progetto ( $>0.1 \text{ m}^2$ ). Per ottenere tale risultato è necessario accrescere il diametro di M1. In Figura 15 si riporta l'andamento del diametro del Baffle M1 (Aperture) in funzione del diametro del Baffle M2 mantenendo l'area di raccolta dei fotoni al valore di  $0.11 \text{ m}^2$ .

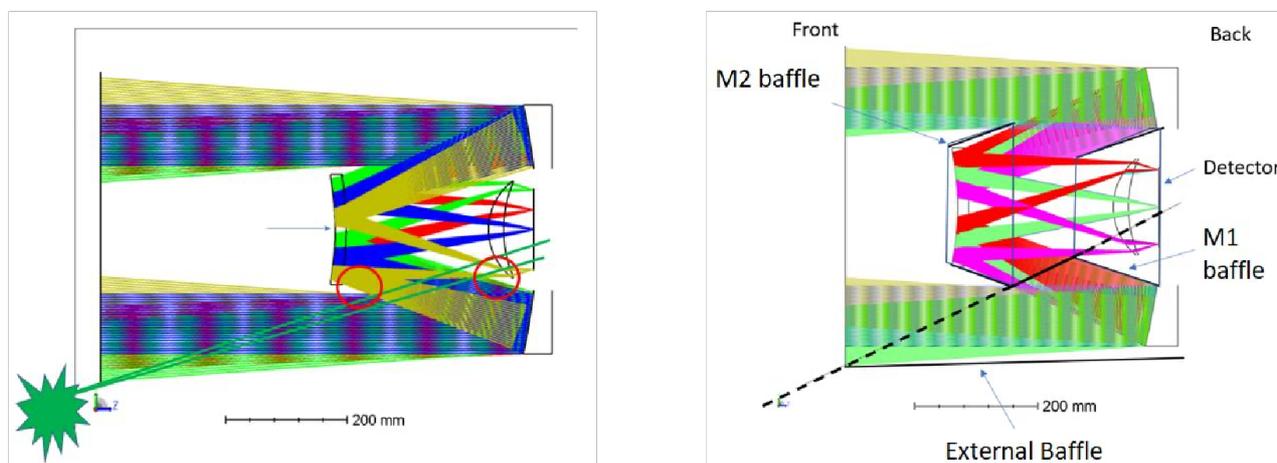


Figure 14: Mitigazione luce diretta.

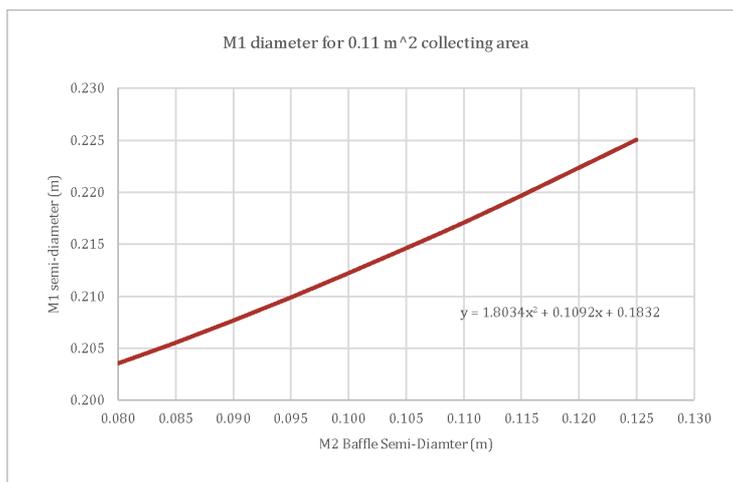


Figure 15: Relazione tra i diametri dei Baffle di M1 e M2 per Aperture fissata a  $0.11 \text{ m}^2$ .

La configurazione che minimizza la luce diretta attraverso l'uso dei tre Baffle M1, M2 ed esterno comporta un aumento del diametro dello specchio primario (M1) a 470 mm con un oscuramento che è fissato a 280 mm, le performance di questa configurazione rimangono conformi alle prescrizioni di progetto, pixel di 3 mm su tutto il FoV dello strumento, non si hanno fenomeni di vignettatura.

In Figura 16 la configurazione di Baffle che minimizza la luce diretta: il Baffle esterno è stato ridotto, rispettando i requisiti di involuppo dello S/C, i Baffle interni sono cresciuti in diametro per fermare l'illuminazione laterale.

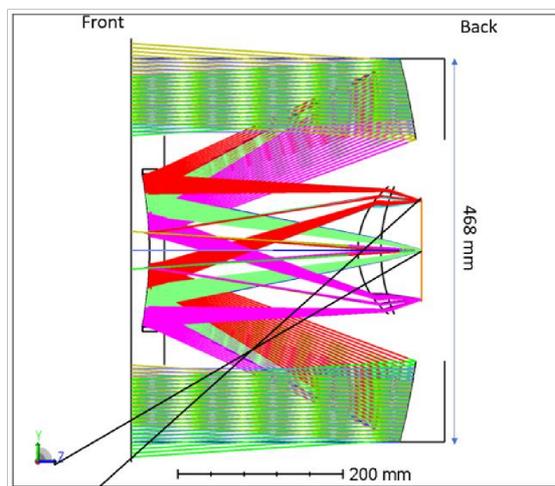


Figure 16: Configurazione di Baffle ottimizzata per riduzione luce diretta.

Con la configurazione di Baffle di Figura 16, per rispettare le dimensioni laterali dello S/C, è necessario adattare la forma dello specchio primario. Lo specchio deve essere tagliato come in Figura 17 ed in Figura 11. Ciò comporta un'apertura non circolare, essendo lo specchio primario la superficie di raccolta dei fotoni.

Nel caso di sistemi ottici con prestazioni prossime al limite di diffrazione, la presenza di una pupilla non circolare causa asimmetria della PSF. Tuttavia, il disegno ottico in esame ha un raggio dello spot distribuito con RMS maggiore di 500 micron, dunque, molto maggiore del raggio di Airy del sistema pari a 1.4 micron. Il sistema è quindi lontano dalla condizione di diffrazione ed una pupilla asimmetrica non produce effetti significativi sulla PSF.

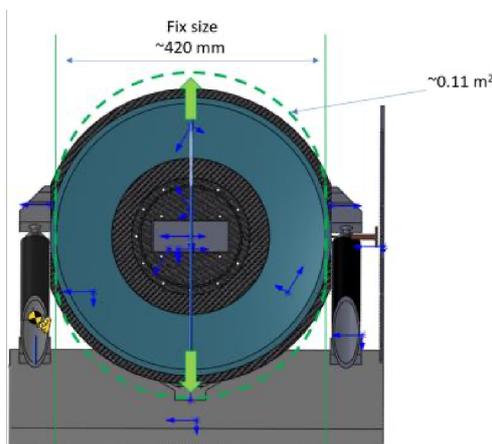


Figure 17: Dettaglio dell'area di raccolta fotoni con i tagli evidenziati.

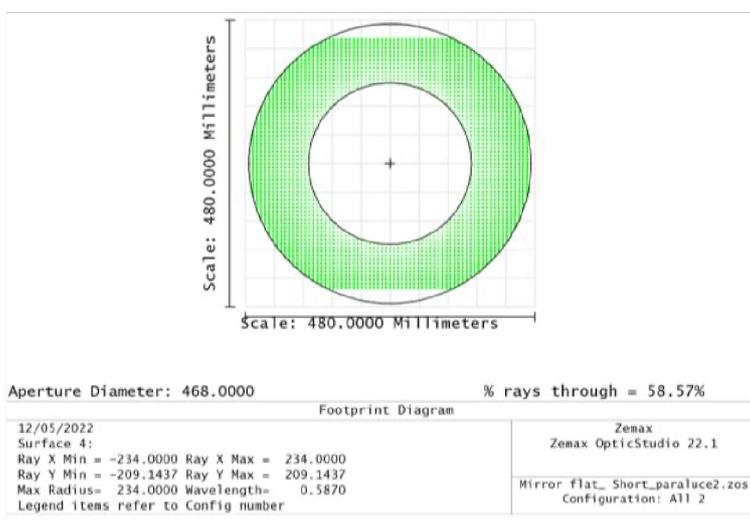


Figure 18: Area di raccolta fotoni sullo specchio primario.

#### 5.1.4 SPECIFICHE SISTEMA OTTICO

Nelle Figure che seguono si riporta il dettaglio del sistema ottico del PL Terzina, costituito da M1, M2 e FF (con il sistema di Baffle per la mitigazione della luce diretta). Il telescopio ha una lunghezza focale di 925 mm, con un Entrance Pupil Diameter (EPD) di 468 mm, un'area complessiva di raccolta dei fotoni di 0.11 m<sup>2</sup>, ottimizzato per la banda di lunghezze d'onda tra 0.35 μm e 0.85 μm, con un FoV di 2.96° x 7.38° ed il 100% della EE concentrata in un raggio nominale di 1 mm.

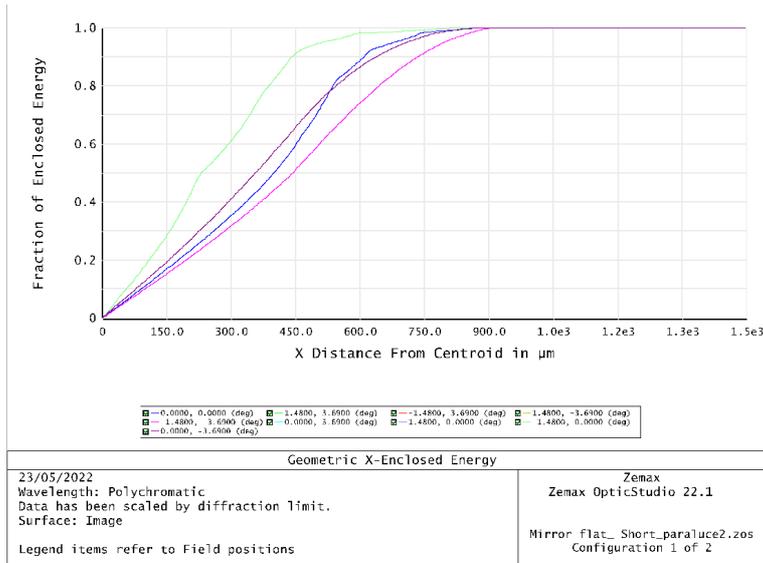


Figure 19: Encircled Energy.

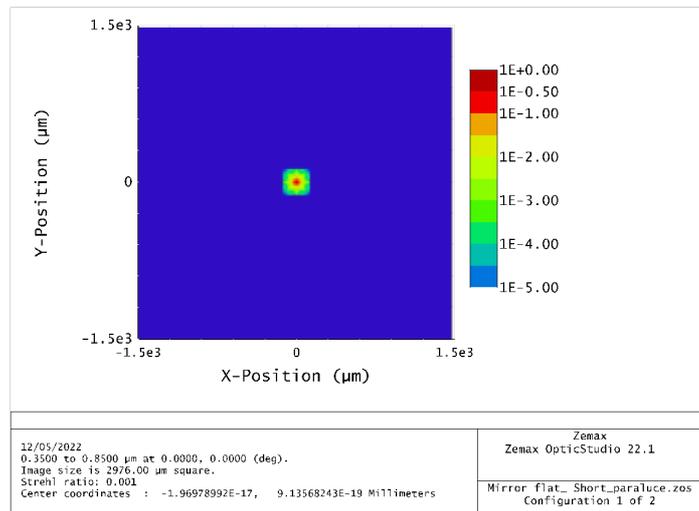


Figure 20: PSF logaritmica.

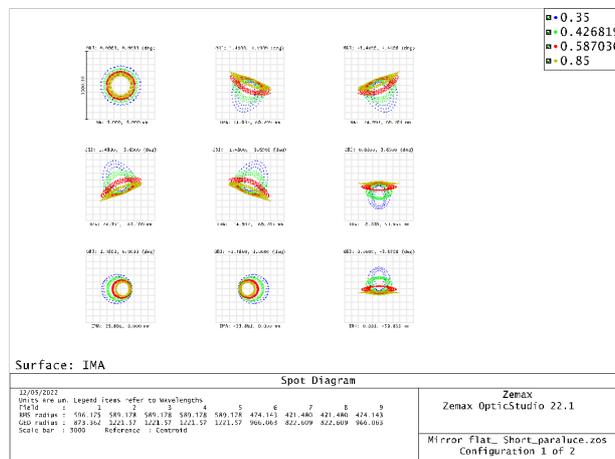


Figure 21: Spots di luce su FPA.

### 5.1.5 STABILITÀ SISTEMA OTTICO

Per caratterizzare la stabilità del sistema ottico occorre tenere presente le principali cause che contribuiscono all'errore nella rilevazione del fronte d'onda. I fattori che, tipicamente, incidono sulla stabilità del sistema ottico sono: errori di produzione, allineamento, disallineamento dopo test ambientali, deformazioni dovute all'escursione termica. A tale proposito sono stati eseguiti alcuni studi preliminari per la caratterizzazione della stabilità del sistema ottico. In particolare:

**Defocus:** la sfocatura massima che il sistema può sopportare pur mantenendo la conformità dell'EE ai requisiti di sistema è di 4 mm (Figura 22).

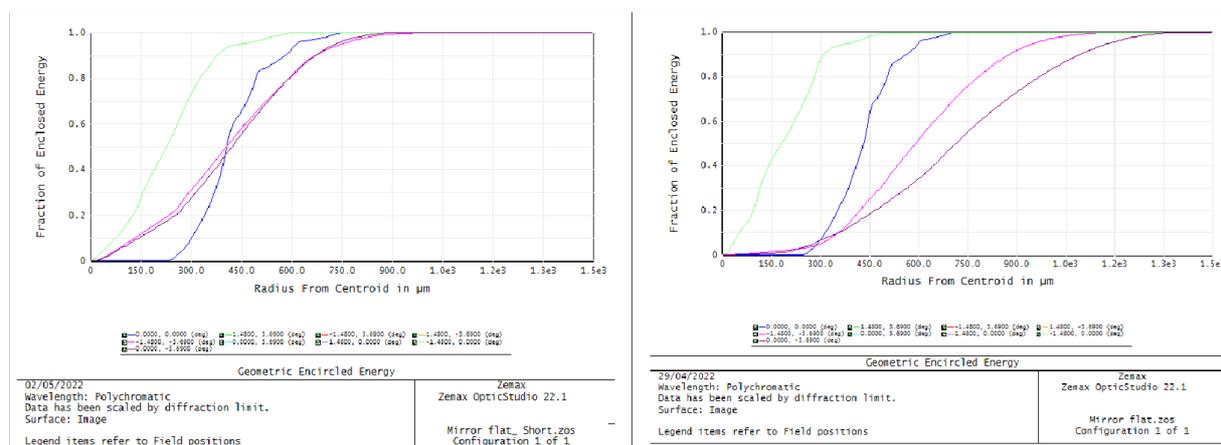


Figure 22: Perturbazione del telescopio con Defocus di 4 mm.

**Distanza M1 - M2:** una perturbazione della distanza M1-M2 di  $\pm 0,25$  mm equivale a una sfocatura del piano focale di 1 mm (ovvero 1/4 del range di Defocus massimo compatibile con la EE secondo i requisiti di sistema).

**Lente FF:** una perturbazione nell'allineamento assiale della lente FF deve essere recuperato con uno spostamento del piano focale. Il sistema ottico in esame tollera spostamenti di 1 mm della lente FF che corrispondono a spostamenti del piano focale di 0.3 mm nella stessa direzione, tale variazione lascia il sistema, comunque, all'interno dei requisiti di sistema. Stesse stime riguardano le tolleranze per spostamenti angolari e di decentramento che possono essere rispettivamente dell'ordine di 1 mm ed  $1^\circ$ . Questi ampi margini uniti alle buone pratiche di fabbricazione meccanica per satelliti rendono l'implementazione della FF nel sistema ottico particolarmente flessibile dal punto di vista costruttivo, ad esempio la FF potrebbe essere ancorata indifferentemente al FPA o all'OTA.

**Deformazione:** La sensibilità alla deformazione dello specchio primario va considerata ai fini della progettazione meccanica del sistema, soprattutto ai fini della determinazione delle tolleranze del sistema. Tenendo conto delle condizioni tipiche di funzionamento in orbita, ed assumendo deformazioni tipiche il risultato in termini di EE è un deterioramento delle prestazioni accettabile date le specifiche di sistema (100% EE all'interno di 1.5 mm).

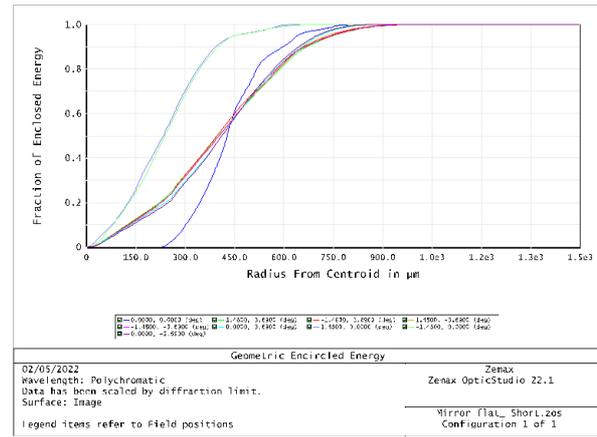
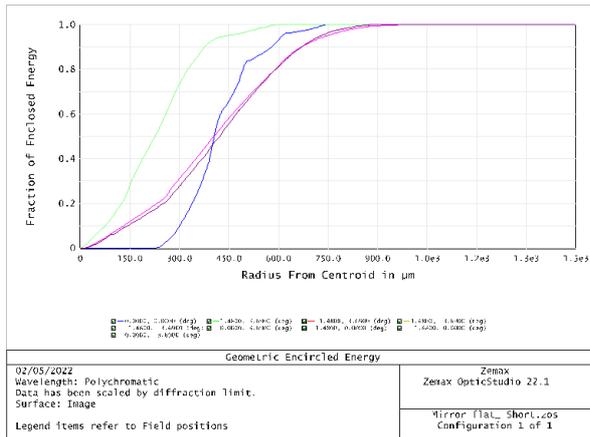


Figure 23: Perturbazioni del telescopio con deformazioni tipiche attese.

### 5.1.6 BIFOCALITÀ

La necessità di ridurre il fondo costituito dal Night Glow Background (NGB) può essere perseguita implementando un'ottica bifocale nel telescopio. Per costruire il sistema ottico bifocale è necessario separare lo specchio primario in due metà di uguale area. Le 2 metà sono entrambe decentrate rispetto all'asse meccanico di 1.7 mm. Questo crea 2 diverse immagini separate da 1 pixel vuoto, considerando pixel di 3 mm di lato. Entrambe le immagini conteranno metà della potenza all'apertura. Questo permette di stimare la sensibilità dell'adattamento alle prestazioni bifocali. Inoltre, nel caso in cui la separazione richiesta sia maggiore di 1 pixel lo scostamento degli assi dello specchio aumenta linearmente con pendenza 3.4/6 mm/mm. In Figura 24 si riporta lo schema del sistema bifocale.

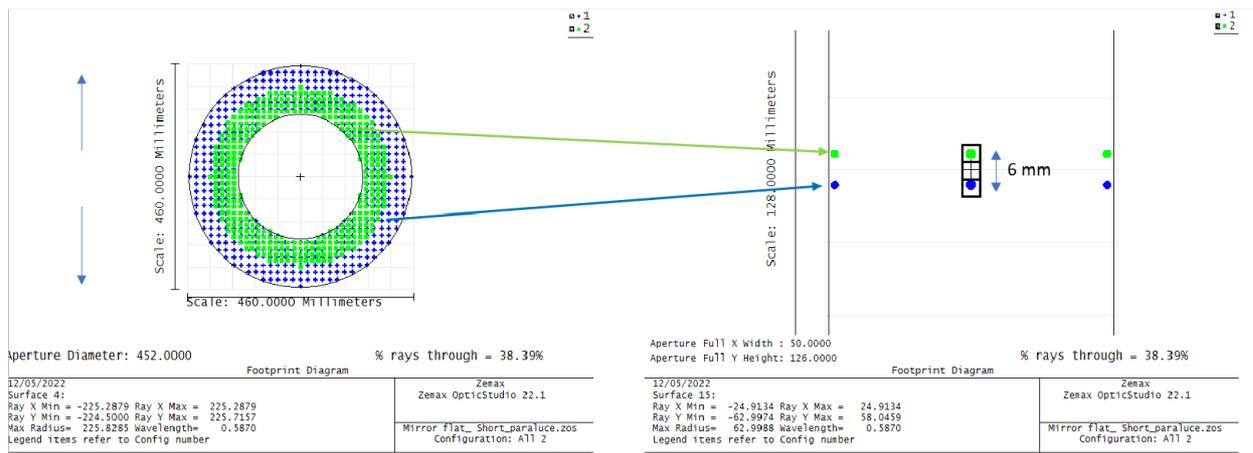


Figure 24: Schema ottica bifocale con specchi anulari.

Con questa configurazione bifocale il numero  $F\#$  del telescopio ( $F\# = \text{focal length} / \text{EPD}$ ) non è costante e cambia a seconda della metà di specchio considerata. La configurazione interna (verde in Figura 24) ha un  $F\#$  maggiore rispetto a quella esterna. Le prestazioni ottiche per le 2 metà sono simili, come segue da Figura 25.

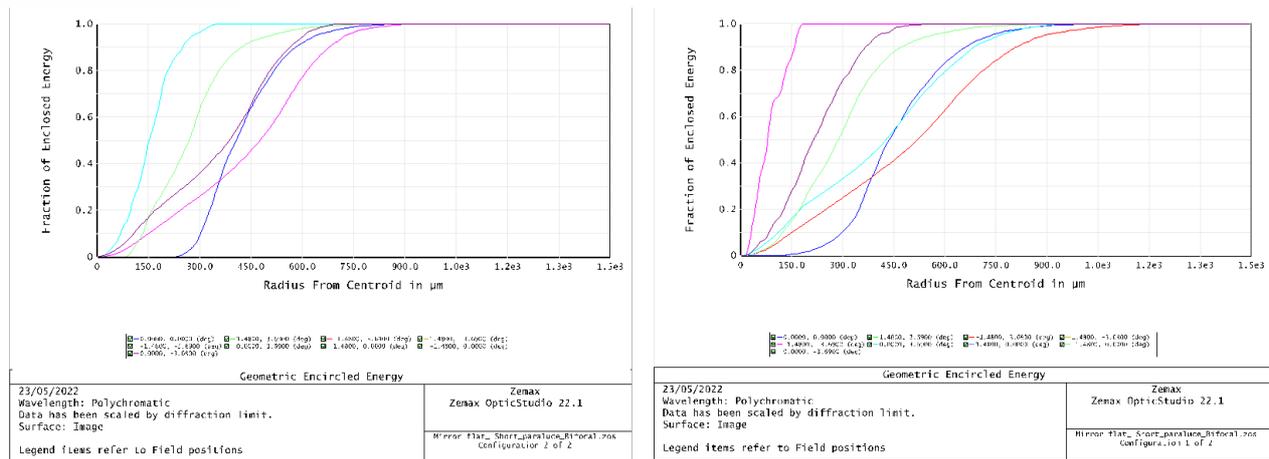


Figure 25: EE per le due metà di M1 come in Figura 20 (sinistra parte interna, destra esterna).

Dal punto di vista della realizzazione dello specchio primario bifocale possono essere seguite due procedure alternative: realizzare le due superfici decentrate lavorando un singolo specchio grezzo, produrre due specchi anulari distinti ed installandoli decentrati.

Un'altra possibilità, alternativa rispetto alla configurazione anulare, consiste nel separare le due metà attraverso un taglio lungo il raggio, come mostrato nella Figura 26. In questo caso le prestazioni sono paragonabili alla configurazione anulare. Tuttavia, il numero F# del telescopio rimane costante nelle 2 metà ma la PSF non è più simmetrica. La separazione tra le 2 metà segue la stessa regola: 3.4 mm per 6 mm di separazione tra le immagini sul piano focale. L'implementazione realizzativa in questo caso può essere la giunzione meccanica di due specchi separati.

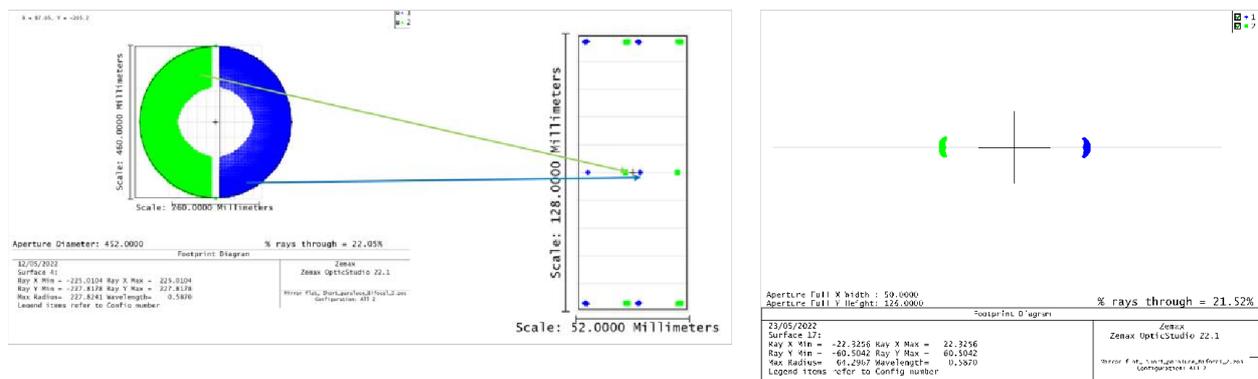


Figure 26: Schema ottica bifocale con giunzione di specchi.

### 5.1.7 TRASMISSIONE OTTICA

La trasmissione ottica dipende dalla lente FF, dai rivestimenti degli specchi e dalla lente dello specchio M1. I rivestimenti con cui sono realizzati gli specchi sono in alluminio per applicazioni spaziali, opportunamente configurato per il range di frequenze rilevanti. Come budget preliminare può essere assunta una perdita dell'ordine del 2% per ogni superficie a specchio del sistema.

Le lenti devono essere rivestite con rivestimento Anti Reflective. Il rivestimento Silicone Resin nell'intervallo spettrale di riferimento (350 -850 nm) deve essere progettato per l'osservazione di fotoni Cherenkov, e qualificato per applicazioni spaziali.

Le perdite interne prodotte dalla Fused Silica sono trascurabili nel budget totale. La trasmissione è mediamente dell'ordine di 99,9% per 10 mm di spessore. Lo spessore complessivo di Fused Silica dell'ottica del PL Terzina è di 45 mm.

Relativamente alle sole perdite per rivestimento e trasmissione ottica, il sistema ottico ha un'efficienza totale stimata superiore al 75% in media, secondo quanto stabilito nei requisiti di performance (REQ0003).

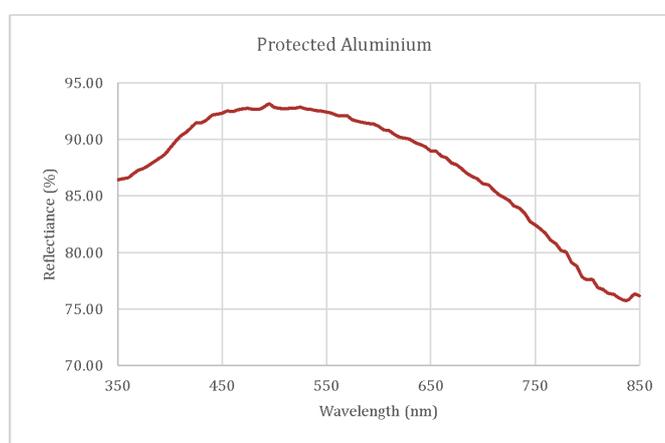


Figure 27: Riflettanza tipica dell'alluminio per uso spaziale.

## 5.2 ANALISI MODALE

Nelle figure che seguono, viene proposta un'analisi agli elementi finiti effettuata con lo strumento Solidwork Simulation, sulla base del Mass Budget complessivo del PL Terzina, secondo quanto specificato in 4.5. La prima frequenza risonante è 86 Hz e soddisfa la richiesta di frequenze risonanti superiori a 75 Hz, come da requisiti fisici del sistema.

Mode No.	Freq (Hertz)	X direction	Y direction	Z direction
1	85.589	0.00062946	0.013544	0.46057
2	90.911	0.0058417	0.063519	0.16398
3	104.78	6.6353e-08	8.1924e-07	1.7292e-05
		Sum X = 0.0066712	Sum Y = 0.077064	Sum Z = 0.62456

Modes	Out of	
	In Plane	Plane
1 <sup>st</sup> – 86 Hz	46%	1%
2 <sup>nd</sup> – 91 Hz	16%	6%
3 <sup>rd</sup> – 105 Hz	0%	0%

Figure 28: Analisi modale (sinistra) con frazione di massa coinvolta (destra).

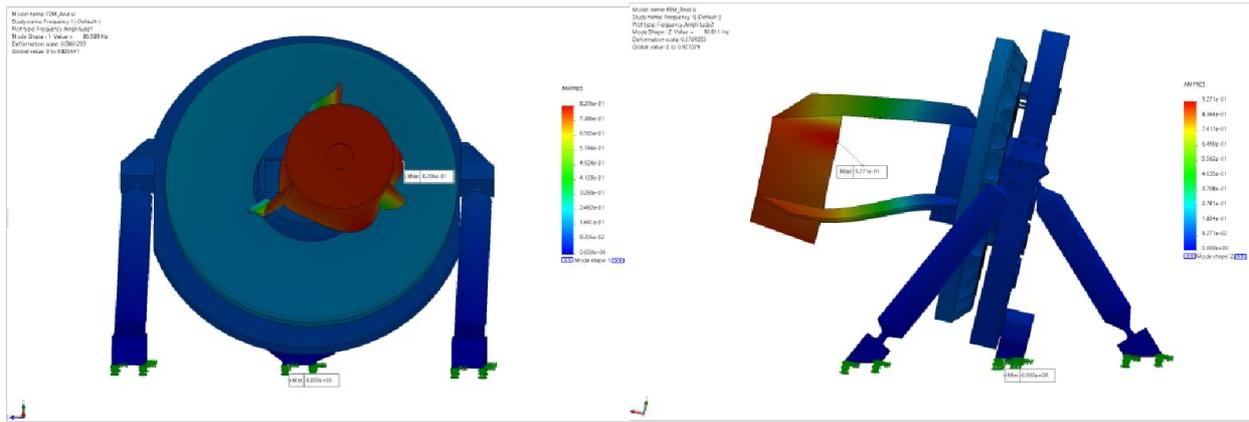


Figure 29: Analisi modale: primo (sinistra) e secondo (destra) modo di vibrazione.

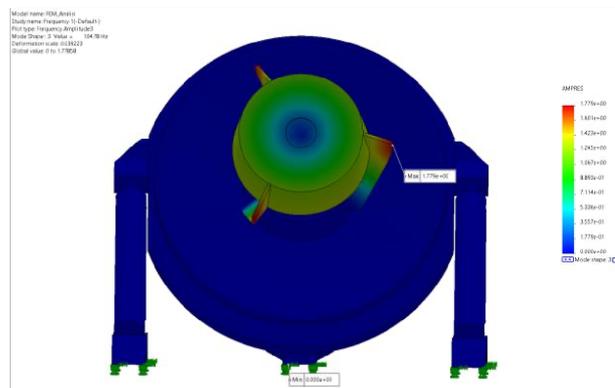


Figure 30: Analisi modale: terzo modo di vibrazione.

### 5.3 THERMAL CONTROL ASSEMBLY

Come nel caso di satelliti per osservazione della Terra che volano su orbite LEO, il range tipico di temperature cui si troverà la OHU del PL Terzina, una volta coperta da MLI ed isolata dallo S/C, rimane in un intervallo di temperatura compreso tra  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Questo range di temperature verrà utilizzato come riferimento sia per il dimensionamento del radiatore FPA che per la valutazione della Stabilità di Puntamento.

Non ci sono ragioni specifiche per limitare la temperatura dell'OTA al di sotto della massima temperatura operativa ( $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) l'unica necessità è legata al flusso di calore parassitario che dall'OTA si propaga al FPA, tipicamente a temperatura più bassa dell'OTA. Per controllare la temperatura dell'FPA, oltre agli opportuni accorgimenti per limitare la propagazione del calore dall'OTA, è necessario prevedere un sistema che, attraverso Strap termiche e radiatore, massimizzi la dispersione del calore.

Per quanto riguarda il limite inferiore dell'intervallo di temperature di riferimento ( $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) è necessario prevedere un minimo di temperatura dell'OTA a temperature maggiori  $T_{\text{freddo}} > -30^{\circ}$ , questo per limitare al minimo le distorsioni ottiche e le sollecitazioni alle giunzioni adesive.

Qualunque sia la temperatura minima dello strumento, è necessario prevedere un sistema di controllo termico per limitare la temperatura fredda sia operativa che non operativa di OTA ed FPA, rispettando i requisiti di temperatura operativa e prestazionale fissati per l’FPA nei requisiti di interfaccia. Il sistema sarà alimentato dalla piattaforma S/C e si richiedono due Thermal Reference Point (TRP), in corrispondenza dei TRP il sistema deve iniettare potenza (tramite Heaters) per il riscaldamento alle temperature minime richieste per i modi di funzionamento: Non Operativo, Operativo e di Prestazione. Le potenze necessarie nei due TRP sono

- TRP #OTA: 10 W
- TRP #FPA: 5 W

In questa fase di progettazione non si discutono eventuali ridondanze del sistema, che si rimandano alla fase di sviluppo esecutivo del progetto. Il tipo di regolazione previsto deve essere  $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ , con logica on-off, per l’OTA e per l’FPA  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  (con le modalità di rilassamento da definire con il progetto dell’FPA), con logica on-off o Proportional-Integral-Derivative (PID). Il TRP può essere monitorato tramite due o più sonde di temperatura (PT1000).

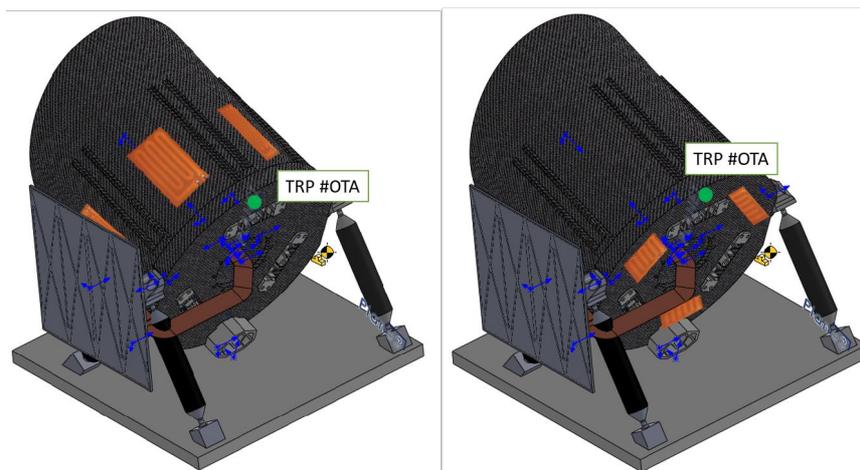


Figure 31: TRP sull’OTA con due esempi di configurazione degli Heaters.

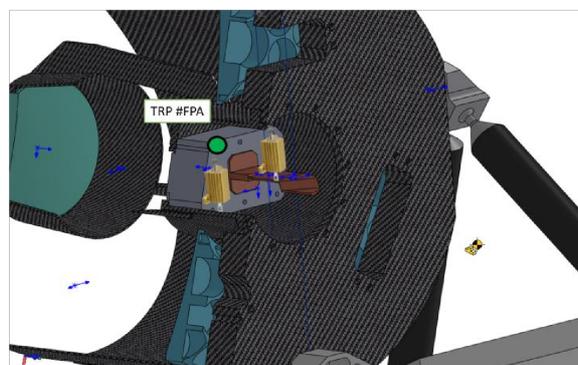


Figure 32: TRP sull’FPA con il RER Heater.

L'MLI si propone di coprire l'intero strumento OHU Terzina collegandosi direttamente al Top Panel dell'S/C, e sovrapponendosi all'S/C MLI.

Questa soluzione semplificherà la geometria MLI, massimizzando il rapporto Area/Perimetro per le massime prestazioni di isolamento. Semplificherà inoltre l'installazione dello strumento su S/C. L'unica parte scoperta sarà la parte anteriore del radiatore FPA (la parte posteriore sarà coperta).

Si richiede a S/C di mantenere il proprio MLI sul pannello superiore, per il disaccoppiamento radiativo.

L'MLI può essere facilmente fissato tramite Sand Off + Rondella in Vespel incollata su Fibra di Carbonio.

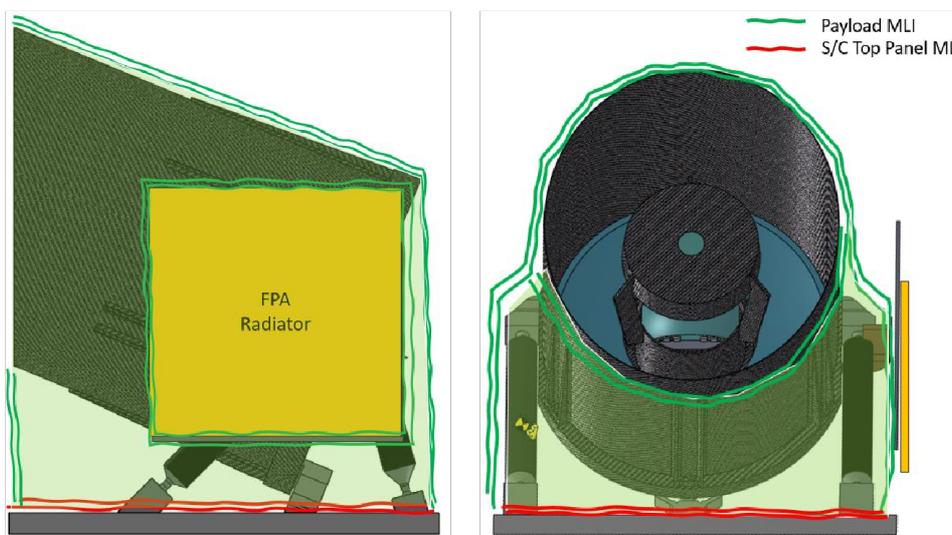


Figure 33: Ricopertura MLI su tutta la OHU, eccetto radiatore FPA e apertura ottica.

### 5.3.1 DIMENSIONAMENTO RADIATORE FPA

Per dimensionare correttamente il radiatore dell'FPA sono necessarie diverse specifiche, sia per ridurre l'area del radiatore che per definire l'architettura termica. La maggior parte delle specifiche è raccolta come requisito di progettazione per FPA, Thermal Strap e MLI, nel seguito.

Come si vede in Figura 34, il PL Terzina è progettato per puntare al lato oscuro del Limbo della Terra, in orbita sincrona solare. Il radiatore FPA è orientato come da requisiti di interfaccia, è in ombra dal Sole (grazie all'effetto di schermo prodotto da OTA e MLI). Ciononostante, il radiatore durante l'orbita può guardare parte della superficie terrestre, che è una superficie di scambio IR e assorbimento di Albedo. I pannelli solari dello S/C sono perpendicolari al radiatore; dunque, è possibile trascurare il loro effetto.

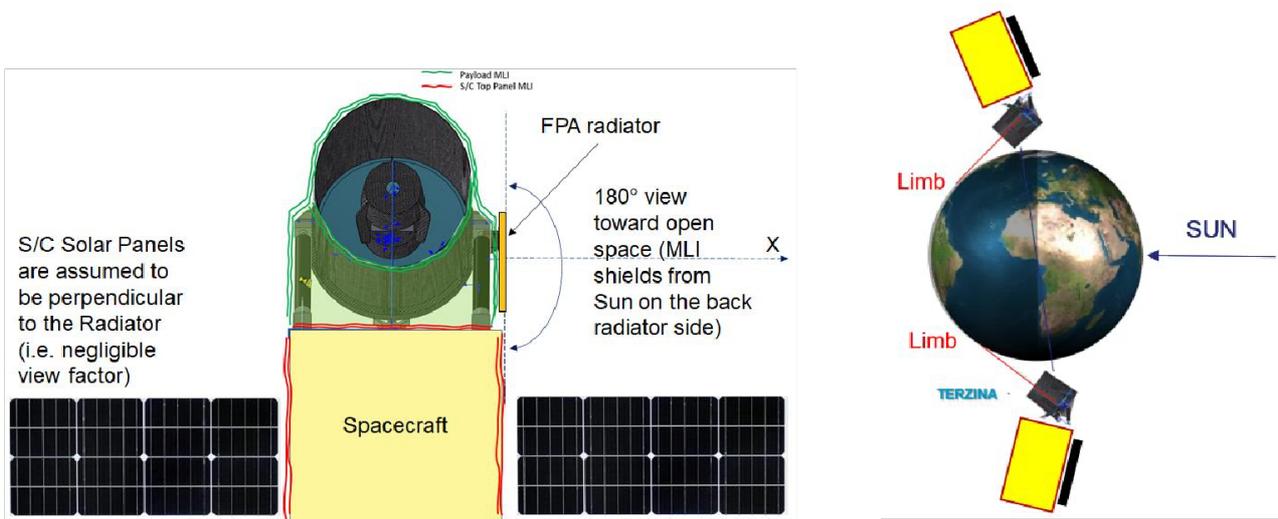


Figure 34: Radiatore dell'FPA – disposizione S/C e orbitale.

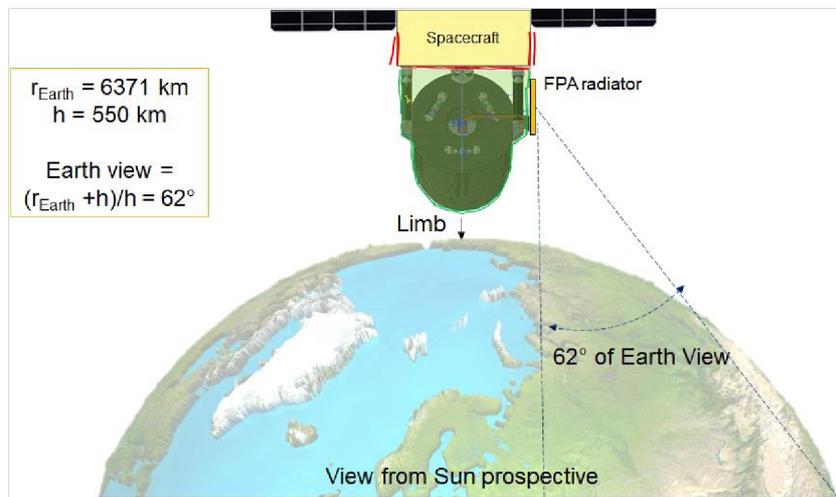


Figure 35: Radiatore dell'FPA – vista dal Sole.

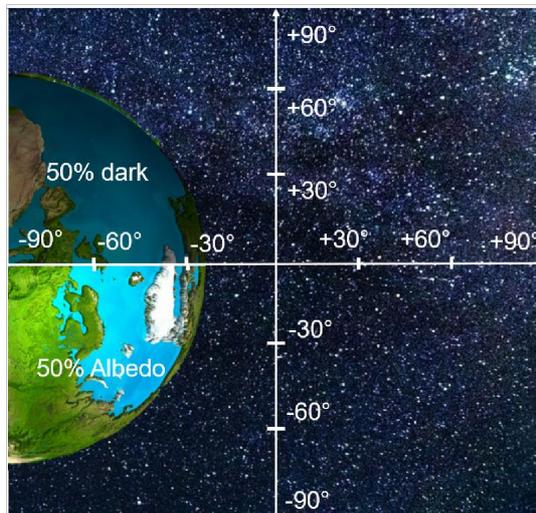


Figure 36: Radiatore dell'FPA – vista dal radiatore per diverse posizioni orbitali.

La temperatura IR del cielo è  $T_{SKY} = 4 \text{ °K}$ . La temperatura IR terrestre e il valore di Albedo dipendono dalla posizione stagionale dell'orbita terrestre (durante la rivoluzione dell'anno attorno al Sole). Riferendosi alle stime più recenti<sup>1</sup> (Figura 37) si possono fissare i seguenti range:

- $T_{Earth} \text{ Max/Min} = 256/216 \text{ °K}$
- $\text{Albedo Max/Min} = 574/329 \text{ W/m}^2$

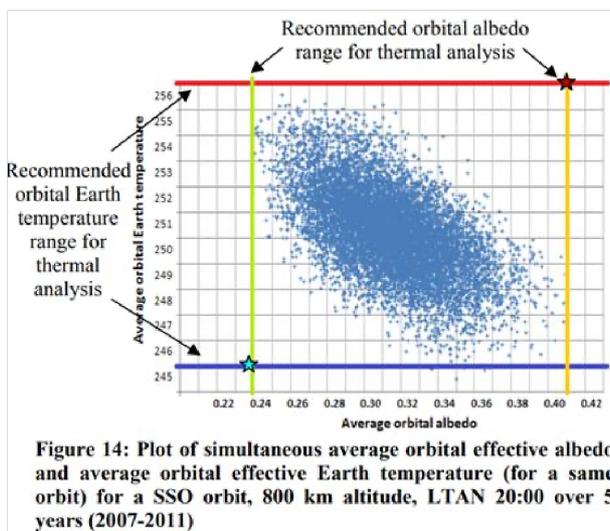


Figure 37: Albedo reale e flusso IR della Terra per analisi termiche spaziali\*.

Nel seguito si discute il modello termico che descrive la catena completa del freddo dell’FPA.

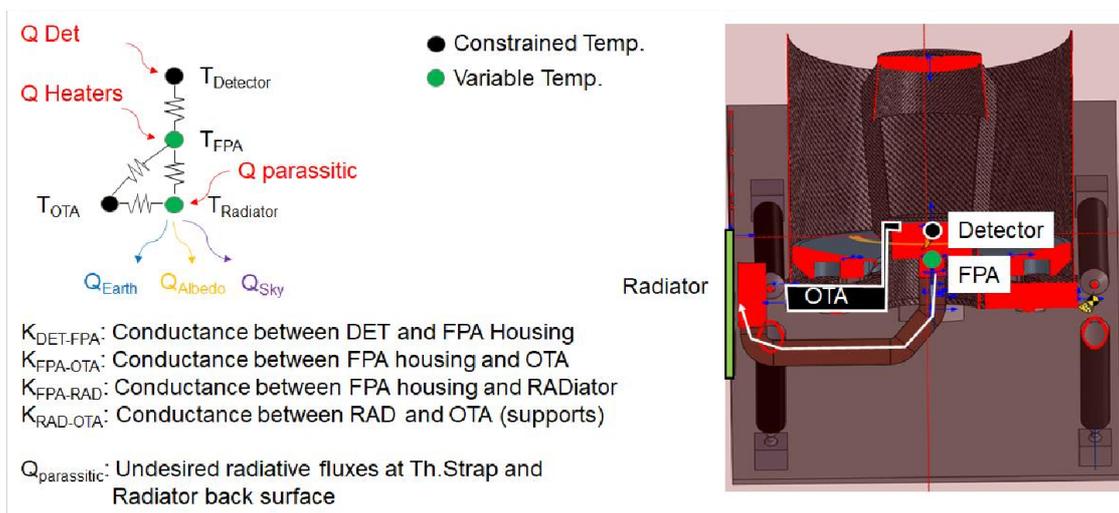


Figure 38: Catena termica del freddo nell’FPA.

\* “Using real Earth Albedo and Earth IR Flux for Spacecraft Thermal Analysis”, Romain Lauga, ESA, ESTEC, 47th International Conference of Environmental Systems, 2017, Charleston, South Carolina (USA).

Le equazioni termiche da utilizzare per il dimensionamento del radiatore FPA sono le seguenti:

- Bilancio termico al nodo del Rilevatore (rivelatori dei fotoni SiPM) per ottenere la temperatura  $T_{FPA}$

$$Q_{DET} + K_{DET-FPA}(T_{FPA} - T_{DET}) = 0$$

- Bilancio termico al nodo dell'FPA per ottenere la temperatura del radiatore  $T_{RAD}$

$$Q_{Heaters} + Q_{DET} + K_{FPA-OTA}(T_{OTA} - T_{FPA}) + K_{FPA-RAD}(T_{RAD} - T_{FPA}) = 0$$

- Bilancio termico al nodo del radiatore per ottenere l'area

$$\varepsilon A_{RAD}(F_E(T_{RAD}^4 - T_{EARTH}^4) + F_{SKY}(T_{EARTH}^4 - T_{SKY}^4)) - \alpha A_{RAD} F_E ALBEDO - K_{RAD-OTA}(T_{OTA} - T_{RAD}) - Q_{PARASSITIC} - K_{FPA-RAD}(T_{FPA} - T_{RAD}) = 0$$

I due parametri  $F_E$  ed  $F_{SKY}=(1-F_E)$  sono i fattori di vista del radiatore rispetto alla Terra, che nel caso dei requisiti orbitali del PL Terzina sono pari a  $F_E=0.26$  e  $F_{SKY}=0.74$ .

Assumptions

$Q_{FPA}$ : FPA power (Detector + Proximity Electronics): 4W

$K_{DET-FPA}$ : Conductance between Detector and Th.Strap attachment: 0.2 [W/K]

$K_{FPA-OTA}$ : Conductance between FPA and OTA: 0.09 [W/K] (i.e. Fiberglass ring  $\Phi_{EXT}$ : 150mm,  $\Phi_{INT}$ : 150mm, thk:5mm)

$K_{FPA-RAD}$ : Conductance between FPA and RAD:  $1/(1/K_{Th.Strap} + 2/K_{contact})$ : 0.71 W/K

where:

$K_{Th.Strap}$ : Pyrolytic Graphite Strap by ADS NL (Hyperlink): 1.0 [W/K]

$K_{contact}$ : Surface contact 50x50mm con 2000 W/m<sup>2</sup>

$K_{RAD-OTA}$ : Undesired conductance between RAD and OTA structure: 0.02 W/K (i.e. 12 fiberglass 20x12x2mm)

$Q_{parassitic}$ : Undesired fluxes at Th.Strap and Radiator back surface: 0.5W



Figure 39: Parametri di riferimento per bilancio termico.

Il radiatore dell'FPA si assume ricoperto con un Second Surface Mirror Polymide da 127 micron rivestito con alluminio (Sheldhal). In tal caso si può assumere il range tra inizio (BoL) e fine missione (EoL), durata nominale 3 anni, dei due parametri  $\varepsilon$  ed  $\alpha$  pari a:  $\varepsilon_{EOL}=0.9$ ,  $\varepsilon_{BOL}=0.8$  ed  $\alpha_{EOL}=0.2$ ,  $\alpha_{BOL}=0.15$ .

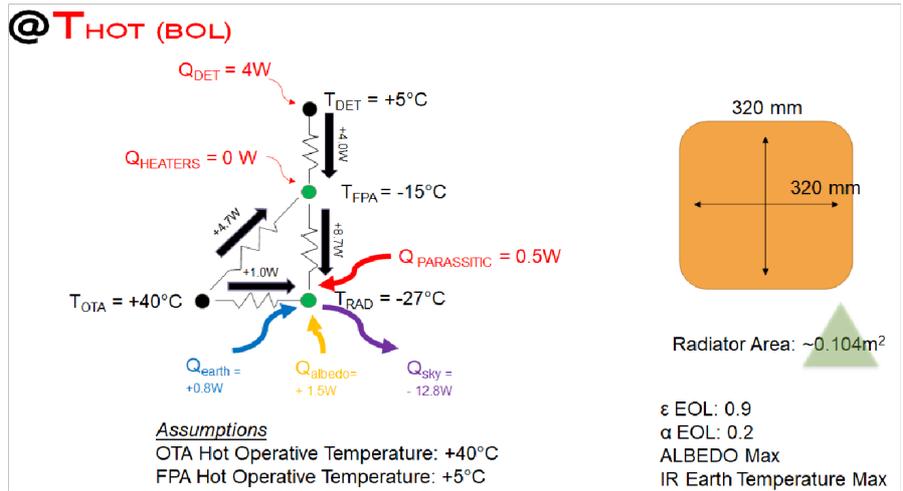


Figure 40: Bilanciamento termico del radiatore nel BoL (temperatura massima BoL).

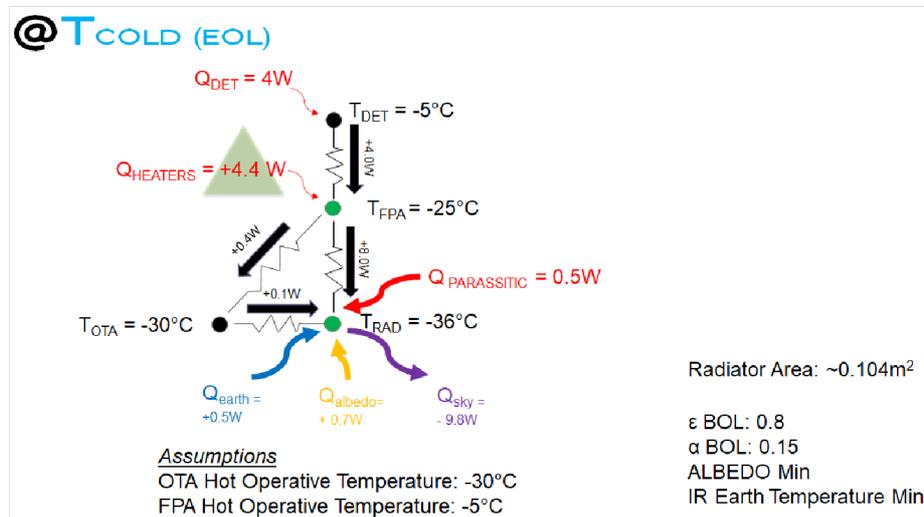


Figure 41: Bilanciamento termico radiatore FPA (temperatura minima EoL).

Si sottolinea che per mantenere l'FPA alla temperatura come da specifiche di prestazione/operativa quando l'OTA è alla temperatura minima, è necessaria una linea elettrica che inietti calore nel TRP #FPA. Si stimano  $+4.4 \text{ W}$ , è ragionevole richiedere  $5 \text{ W}$  come budget di potenza complessivo.

### 5.3.2 REQUISITI FPA, STRAP TERMICA, RADIATORE

Nella tabella che segue si evidenziano le assunzioni fatte nel dimensionamento della catena del freddo dell’FPA. Tali assunzioni rappresentano dei requisiti che il responsabile della realizzazione dell’FPA deve rispettare.

ID Requisito	Titolo	Descrizione	Commenti
REQ0401	Isolamento termico esterno FPA	La conduttanza termica tra l’involucro di FPA e l’interfaccia OTA (superficie di contatto) deve essere $< 0.09$ W/K.	Requisito per responsabile FPA
REQ0402	Connessione termica interna FPA	La conduttanza termica tra la fonte di calore di REQ-0307 (ASIC e FPGA) e la superficie di connessione al dissipatore di calore (strap termica) sull’alloggiamento dell’FPA deve essere $> 0.2$ W/K.	Si assume che tale connessione sia in prossimità dell’elettronica del FPA. Requisito per responsabile FPA.
REQ0403	Connessione termica FPA e strap termica	La conduttanza termica dovuta al contatto superficiale tra l’alloggiamento dell’FPA e la strap termica deve essere $> 5$ W/K.	Superficie necessaria circa $50 \times 50$ mm <sup>2</sup> con 2000 W/m <sup>2</sup> K.
REQ0404	Connessione termica radiatore strap termica	La conduttanza termica dovuta al contatto superficiale tra il radiatore e la strap termica deve essere $> 5$ W/K.	Superficie necessaria circa $50 \times 50$ mm <sup>2</sup> con 2000 W/m <sup>2</sup> K.
REQ0405	Strap termica	Conduttanza termica ad esclusione delle connessioni $> 1$ W/K.	
REQ0406	Isolamento termico radiatore	La conduttanza termica tra Radiatore e OTA deve essere $< 0.02$ W/K	
REQ0407	Emittanza/Assorbanza radiatore	Le caratteristiche termo-ottiche del radiatore devono essere: $\epsilon_{EOL}=0.9$ , $\epsilon_{BOL}=0.8$ , $\alpha_{EOL}=0.2$ , $\alpha_{BOL}=0.15$	Superficie radiatore $320 \times 320$ mm <sup>2</sup>
REQ0408	Isolamento termico strap termica	La strap termica deve essere isolata in modo conduttivo e radiativo per scambiare $< \pm 0.5$ W	
REQ0409	Involuppo FPA	L’FPA deve essere contenuto in un volume cilindrico: $\Phi 170 \times 60$ mm	Requisito per responsabile FPA.
REQ0410	Interfaccia termica FPA	Il lato dell’FPA opposto alla posizione del sensore ottico deve consentire l’installazione di una strap termica.	Requisito per responsabile FPA.

Table 5: Requisiti FPA, strap termica e radiatore.

## 5.4 STABILITÀ DI PUNTAMENTO IN ORBITA

In questo paragrafo vengono studiate le possibili variazioni della Line of Sight (LoS) del telescopio dovute alla deformazione meccanica causata dalla variazione di temperatura dal suolo all'orbita, i.e. variazioni al primo ordine. Questo tipo di deformazione è, tipicamente, un ordine di grandezza superiore rispetto al disallineamento degli elementi ottici interni (decentramento/inclinazione relativo dello specchio primario e secondario o della lente FF).

Quindi, la variazione LoS dipende da:

- Distribuzioni di temperatura OTA
- Espansione/contrazione materiali OTA

Come segue da Figura 42 e Figura 43, la struttura è fissata sul pannello superiore in CFRP dello S/C, che mostra un Coefficient of Thermal Expansion (CTE) di  $\sim 1$  ppm [1/K]. In modo che i piedi del PL Terzina siano sempre alla stessa distanza, con la posizione Fulcrum che non cambia per variazioni di temperatura. Tutto il telescopio, dunque la LoS, ruotano attorno al fulcro. Si sottolinea che il fulcro è flessibile nella direzione dello S/C fuori dal piano, lasciando la possibilità all'OTA di espandere/contrarre o traslare senza opposizione.

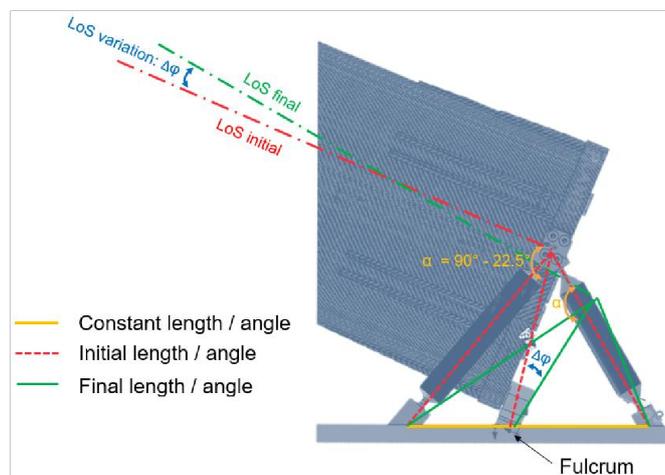


Figure 42: Variazioni LoS dovute contrazioni/elongazioni termo-meccaniche.

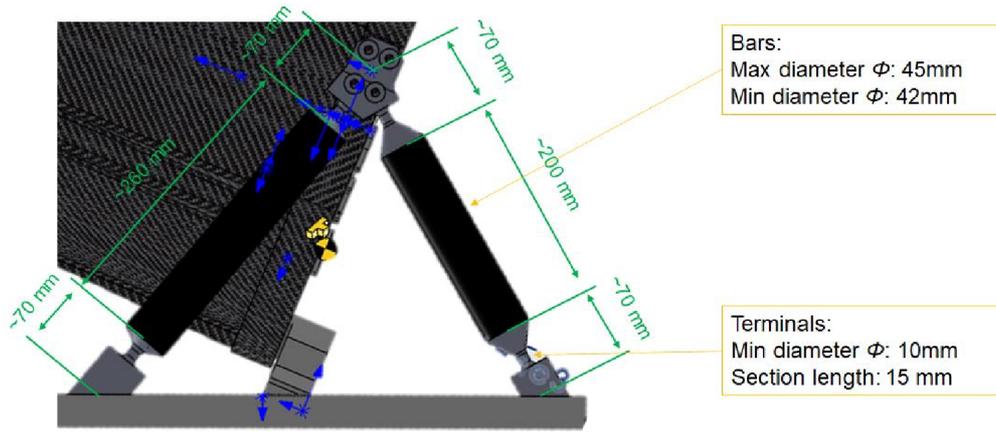


Figure 43: Design delle gambe di sostegno.

La distribuzione della temperatura è ottenuta mediante un'analisi termica semplificata, prendendo come riferimento il range di Interface Operational Temperature (come da requisiti ambientali, -20/+45 °C) e la temperatura ipotizzata per l'OTA del PL Terzina in orbita di -30/+30 °C.

Nel seguito si considerano le variazioni termiche del sistema di supporto considerando le gambe in CFRP e variando il materiale dei Terminali da Titanio ad Alluminio (che richiede un minor budget di massa). Le caratteristiche termiche di questi materiali sono:

- Laminato CFRP [0°/90°]: conduzione termica lungo la direzione del tubo 5 W/m·K (non unidirezionale altrimenti 40 W/m·K) e CTE ~1 ppm [1/K].
- Titanio: conduzione termica 6,8 W/m·K e CTE 8.6 ppm [1/K].
- Alluminio Al7075: conduzione termica 170 W/m·K e CTE 24.0 ppm [1/K].

Il sistema in esame corrisponde ad una catena termica conduttiva come mostrato in Figura 44 (in blu la conduzione dei terminali nel caso di Titanio, mentre in rosso in Alluminio).

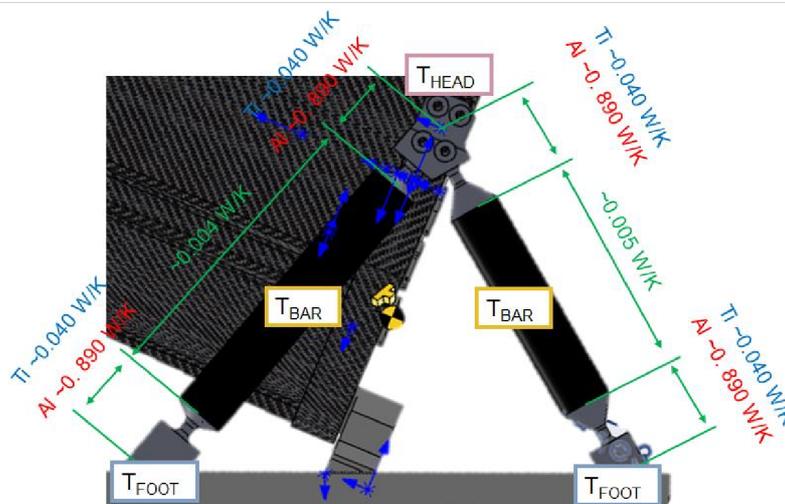
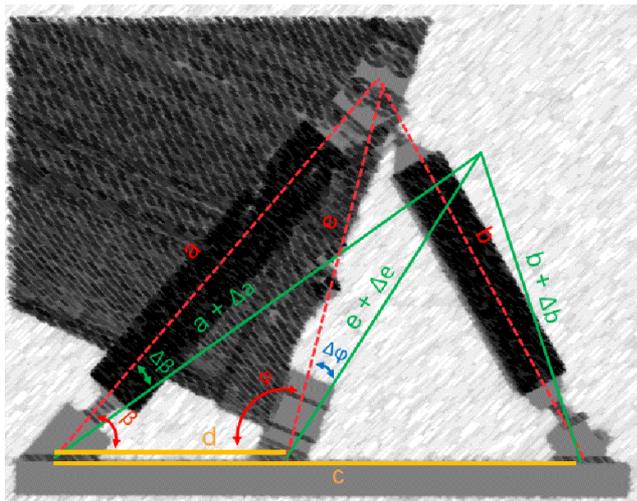


Figure 44: Catena conduzione termica dell'OTA in connessione con S/C.

Case (Titanium)	S/C: +35°C OTA: -30°C	S/C: -10°C OTA: +30°C
Flux to S/C [W]	-0.9	+0.6
T <sub>HEAD</sub> [°C]	-30	+30
T <sub>FOOT</sub> [°C]	35	-10
T <sub>BARS</sub> (avg) [°C]	2.5	10

Case (Aluminum)	S/C: +35°C OTA: -30°C	S/C: -10°C OTA: +30°C
Flux to S/C [W]	-1.2	+0.7
T <sub>HEAD</sub> [°C]	-26	+27
T <sub>FOOT</sub> [°C]	31	-7
T <sub>BARS</sub> (avg) [°C]	2.5	10

Figure 45: Distribuzione termica nella struttura di supporto dell'OTA e flussi I/F con S/C.



Where, a = longest leg, b = shortest leg, c = feet distance, d = fulcrum distance, e = distance from fulcrum and OTA terminal.  
 $\Delta$  quantity on length is the thermal contraction/expansion that can be calculated knowing geometry, temperature and material properties.

Using three times the cosine theorem:

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos(\beta), \text{ for both } \beta \text{ and } \beta + \Delta\beta$$

then:

$$e^2 = a^2 + d^2 - 2ad \cdot \cos(\beta), \text{ for both } e \text{ and } e + \Delta e$$

and last:

$$a^2 = e^2 + d^2 - 2ed \cdot \cos(\varphi), \text{ for both } \varphi \text{ and } \varphi + \Delta\varphi$$

Figure 46: Metodo di calcolo della variazione della LoS.

La variazione LoS calcolata per Terminali in Titanio/Alluminio e gambe in CFRP è ben al di sotto del requisito stabilito di +/- 0,7°, come indicato nel capitolo relativo ai requisiti di missione.

Case (Titanium)	S/C: +35°C OTA: -30°C	S/C: -10°C OTA: +30°C
LoS variation ( $\Delta\varphi$ ) [°]	-0.0008	+0.0005

Case (Aluminum)	S/C: +35°C OTA: -30°C	S/C: -10°C OTA: +30°C
LoS variation ( $\Delta\varphi$ ) [°]	-0.0022	+0.0013

Figure 47: Stima della variazione di LoS in orbita.

Le variazioni di LoS attese sono, dunque, sufficientemente piccole da non avere impatto anche nel caso in cui sia necessario modificare la lunghezza delle gambe a causa di eventuali aggiustamenti strutturali. In modo del tutto analogo, la LoS non risente di variazioni di temperatura dell'OTA anche superiori all'intervallo fiduciale utilizzato -30/+30 °C.

La scelta di Terminali in Al7075 appare la più naturale per ridurre la massa; tuttavia, in questo caso, è necessario verificare se la giunzione adesiva tra le gambe in CFRP e il terminale resiste alle sollecitazioni dovute alla variazione di temperatura e se il collo in alluminio del terminale è in grado

di sopportare i necessari carichi meccanici. Inoltre, il flusso di interfaccia a S/C deve essere discusso perché è superiore al requisito (REQ-0301).

## 5.5 BOX ELECTRONIC UNIT

La box della EU per l'alloggiamento delle schede di elettronica, con il relativo sistema di dissipazione termica (radiatore) è riportato in Figura 48

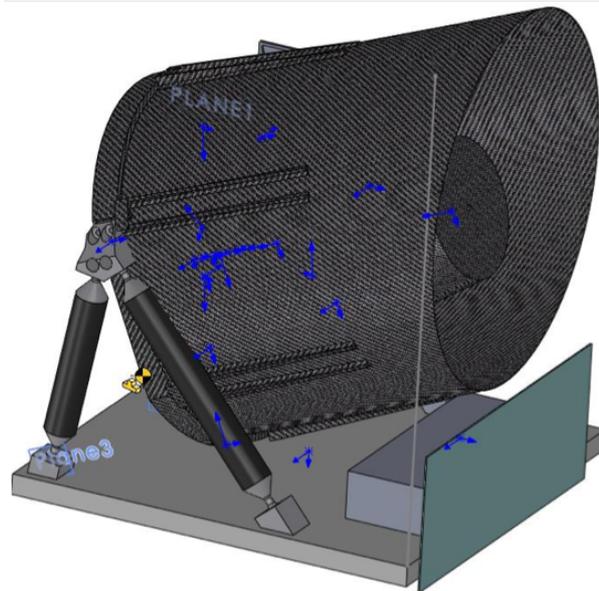


Figure 48: Vista laterale dell'alloggiamento della box EU con radiatore.

La box della EU deve essere termicamente isolata dallo S/C e, come si vede in Figura 48, deve essere posizionata al di sotto del baffle del telescopio. Pertanto, le dimensioni della box EU devono essere  $70 \times 150 \times 350 \text{ mm}^3$ . Il radiatore per la dissipazione termica della box EU deve avere un'area di  $0.11 \text{ m}^2$  disposto come in Figura 48, il radiatore deve fuoriuscire dall'involucro del satellite (Figura 48) in modo da non interferire con l'apertura ottica del telescopio ( $500 \text{ mm} \times 220 \text{ mm}$ ).

Nelle Figure 49, 50 e 51 il dettaglio del dimensionamento termico del radiatore del box EU.

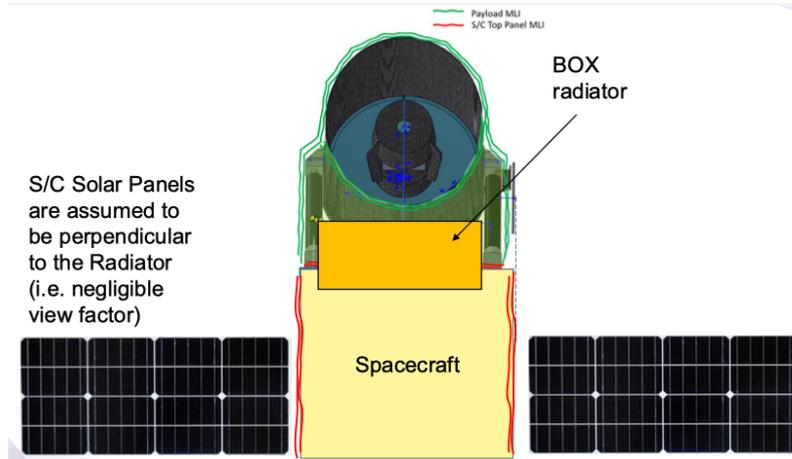


Figure 49: Disposizione radiatore box EU rispetto allo S/C.

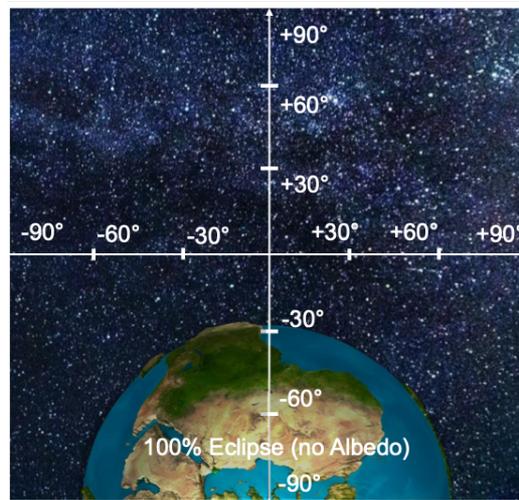


Figure 50: Vista dal radiatore del box EU per diverse posizioni orbitali.

$$\sigma \epsilon A_{RAD} (F_E (T_{RAD}^4 - T_{EARTH}^4) + F_{SKY} (T_{RAD}^4 - T_{SKY}^4)) - Q_{PARASSITIC} - K_{BOX-RAD} (T_{BOX} - T_{RAD}) = 0$$

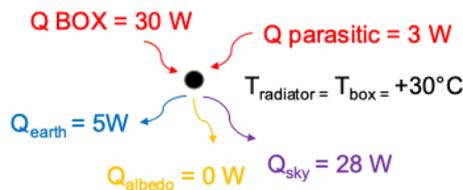


Figure 51: Equazioni dimensionamento termico box EU.

## 6 BUDGET DI MASSA PL TERZINA

Nella tabella che segue si riporta la stima del budget di massa del PL Terzina, assumendo delle contingenze del 10% sugli apparati oggetto del presente capitolato tecnico ed assumendo delle stime di riferimento per i sottosistemi EU, EH ed FPA non discussi in questo documento.

	<i>Main material</i>	Basic Mass [kg]	Contingency	Nominal Mass [kg]
<b>TERZINA PAYLOAD</b>		<b>31.8</b>	<b>10%</b>	<b>35.0</b>
Electronics Unit (EU)*		-	-	5.0
Harness from FPA to EU**		-	-	1.5
Optical Head Unit (OHU)		25.9	10%	28.5
<i>Optical Telescope Assembly (OTA)</i>		21.3	10%	23.4
Lateral IsoMounts (x2)	<i>Al7075 + CFRP</i>	3.6	10%	4.0
Central IsoMount	<i>Titanium</i>	0.5	10%	0.5
Baseplate		2.9	10%	3.2
Pannel	<i>AlHoneycomb + CFRP</i>	1.9	10%	2.1
Inserts	<i>Steel/Potting</i>	1.0	10%	1.1
Baseplate flexures (x3)	<i>Titanium</i>	0.6	10%	0.7
Primary Mirror flexures (x3)	<i>Titanium</i>	0.8	10%	0.9
Primary Mirror	<i>Fused Silica (65% lightweighting)</i>	4.3	10%	4.7
Corrective Lens	<i>Fused Silica</i>	0.6	10%	0.7
Corrective Lens Support	<i>Titanium</i>	0.3	10%	0.3
Tower		1.8	10%	2.0
Tower structure	<i>CFRP</i>	1.6	10%	1.8
Inserts	<i>Steel/Potting</i>	0.2	10%	0.2
Secondary Mirror	<i>Fused Silica</i>	1.5	10%	1.7
Secondary Mirror Cell	<i>Invar36</i>	0.3	10%	0.3
Baffle		2.1	10%	2.3
Tube	<i>CFRP</i>	1.8	10%	2.0
Inserts	<i>Steel/Potting</i>	0.3	10%	0.3
Screws, Washers		1.9	10%	2.1
<b>FPA*</b>		-	-	2.4
<b>Thermal Control System</b>		2.4	10%	2.7
Radiator	<i>Aluminum</i>	0.6	10%	0.7
Radiator Supports	<i>Vespel</i>	0.1	10%	0.1
Thermal Strap	<i>Pyrolytic Graphite</i>	0.7	10%	0.8
Thermal Strap Supports	<i>Vespel</i>	0.1	10%	0.1
MLU	<i>10 layer VDA</i>	0.7	10%	0.8
Heaters & Termistors	-	0.2	10%	0.2

Figure 52: Budget di massa PL Terzina.

## 7 REQUISITI PL RISPETTO ALLO S/C

Nella tabella che segue i requisiti che lo S/C deve garantire per la funzionalità del PL Terzina.

ID Requisito	Titolo	Descrizione	Commenti
REQ0501	Lettura TRP - OHU	Lo S/C deve misurare la temperatura, con relativa telemetria, della OHU sui due TRP: <ul style="list-style-type: none"> <li>1 PT1000 su struttura OTA (#OTA)</li> <li>1 PT1000 sulla meccanica FPA (#FPA)</li> </ul>	
REQ0502	OHU Thermal Control Power and Control SW	Lo S/C deve fornire la potenza di riscaldamento +5W e il software di controllo, per mantenere la temperatura minima non operativa (REQ-0308), operativa (REQ-0309) e prestazionale (REQ-0310) al #FPA. Regolazione con +/- 1°C.	Da definire: logica on-off o PID
REQ0503	Potenza per controllo termico OHU e relativo SW	Lo S/C deve fornire la potenza di riscaldamento +10 W e il software di controllo, per mantenere la temperatura minima non operativa di -30°C e la temperatura operativa di -10°C al #OTA. Regolazione con +/- 2.5 °C.	Logica on-off
REQ0504	Hardware controllo termico OHU	Acquisto ed installazione degli heaters e dei sensori PT1000 (installati nei due TRP). Queste attività sono comprese nel presente capitolato.	Heaters di tipo RER  Heaters di tipo patch 
REQ0505	OHU Multi Layer Insulator	Lo S/C deve fornire agganci di interfaccia per l'MLI del PL sul pannello superiore dello S/C.	
REQ0506	S/C Top Panel MLI	L'S/C deve dotare il pannello dello S/C su cui è agganciato il PL con MLI con strato esterno (rivolto verso il PL) con proprietà VDA (Vacuum Deposit Aluminium) o proprietà termo-ottiche equivalenti.	

Table 6: Requisiti PL Terzina rispetto allo S/C.

## **8 CONDIZIONI E TEMPI DELLA FORNITURA**

In questo capitolo verranno specificati i documenti forniti al soggetto aggiudicatario della gara, le forniture a carico del committente e le forniture oggetto del presente capitolato tecnico con le relative tabelle recanti tempi e deliverables della fornitura.

### **8.1 DOCUMENTAZIONE FORNITA AL SOGGETTO AGGIUDICATARIO**

Alla ditta aggiudicataria sarà fornita la seguente documentazione al momento del Kick-Off Meeting (KOM):

1. Modello CAD preliminare 3D del payload Terzina
2. RQS-NUSES-001 “NUSES - Terzina Requirements”
3. TASI-OAS-ISP-0001 “OASIS Spacecraft to Payload Instruments Interface Requirement Specification”
4. TASI-OAS-SSR-0001 “NIMBUS Platform & Satellite Space Radiation Environment Specification“
5. TASI-OAS-SSR-0002 "OASIS PROJECT Electromagnetic Compatibility Requirements Specification (EMCR)"
6. TASI-OAS-SSR-0003 "OASIS PROJECT Thermal Environment and Test Requirements Specification (THEE)"
7. TASI-OAS-SSR-0004 "OASIS PROJECT Thermal Design and Interface Requirements Specification (TDIS)"
8. TASI-OAS-SSR-0006 "OASIS PROJECT Mechanical Design and Interface Specification (MDIS)"
9. TASI-OAS-SSR-0007 "OASIS PROJECT Spacecraft Mechanical Environment and Test Requirements Specification (MECE)"
10. Procedure di verifica ed accettazione SM
11. Procedure di verifica ed accettazione FM

## 8.2 RIUNIONI DI AVANZAMENTO (MILESTONES E SAL)

Sono previste le seguenti riunioni di avanzamento (milestones) a cui parteciperanno i responsabili scientifici dei P/L, il direttore esecutivo del contratto (DEC) ed il responsabile unico del procedimento (RUP):

- Kick-off meeting (KOM): stabilisce un piano di lavoro preliminare secondo le necessità del progetto.
- Preliminary Design Review (PDR): l'obiettivo primario di questa revisione è la verifica della progettazione preliminare dei concetti e soluzioni tecniche in relazione alle esigenze del progetto e del sistema.
- Structural Model (SM) Test Review Board (TRB): si valutano in maniera critica i risultati dei test effettuati sullo Structural Model (SM) del payload Terzina.
- Critical Design Review (CDR): il risultato di questa revisione è per giudicare lo stato di approntamento del progetto al fine di passare alla fase di produzione. I principali obiettivi di questa fase sono
  - consegna modello CAD
  - consegna dei report con sintesi dell'analisi pesi, analisi delle potenze dissipate e scelte tecniche effettuate, analisi strutturali ed analisi termiche a livello sia di unità che di ciascun sottosistema
  - consegna documentazione costruttiva parti meccaniche effettive comprensiva di disegni e liste parti
- Acceptance Reviews (AR): il risultato di questa revisione dovrà essere usato per accettare tutti i prodotti relativi alla scheda FM.
- Riunioni di Avanzamento (RA): riunioni intermedie tra le milestone principali sopra elencate.

Il lavoro del soggetto aggiudicatario sarà scandito da SAL (stato avanzamento lavori) a valle dei quali verranno eseguiti i pagamenti da parte del GSSI, i SAL previsti sono:

- PDR, entro T0+16 wks, 30% dell'ammontare del contratto;
- SM delivery, entro T0+30 wks, 20% dell'ammontare del contratto;
- CDR, entro T0+40 wks, 20% dell'ammontare del contratto;
- FM delivery, entro T0+64 wks, 30% dell'ammontare del contratto.

### 8.3 FORNITURA A CARICO DEL COMMITTENTE

Il committente fornirà in conto lavoro alla ditta aggiudicataria quanto segue:

- Flight Model FPA
- Flight Model EH
- Schede elettroniche Flight Model EU

### 8.4 SERVIZIO DI PROGETTAZIONE EU ED EH

Il servizio di progettazione di EU e EH riguarda le attività descritte in termini di Work Package (WP) nella tabella seguente.

WP	Titolo	Descrizione	Deliverable	Input/Azioni committente	inizio attività	fine attività	
<b>1 Progetto Esecutivo Box Electronic Unit (EU)</b>							
1	1	Sviluppo sistema EU (box + radiatore) in funzione dello sviluppo preliminare delle schede elettroniche e modello CAD 3D geometrico preliminare (PDR)		Requisiti generali di progetto, specifiche e schema di interconnessione di tutte le schede (LV-DC/DC, LV-CTRL, DPCU), sviluppo preliminare motherboard	T0	T0+16 wks	
1	2	Supporto allo sviluppo della motherboard	Supporto alla società di sviluppo e verifiche disegni prodotti nel loro sviluppo	file .stp; file pdf3d	Informazioni design preliminare schede, sviluppo preliminare motherboard	T0+1 wks	T0+12 wks
1	3	Analisi strutturale EU (box + radiatore)	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con valutazione eventuale della vita a fatica dei componenti elettronici su motherboard sottoposti agli spettri di vibrazione specificati	report .pdf, livelli raggiunti dalle schede		T0+12 wks	T0+16 wks

1	4	Analisi Termica EU (box + radiatore)	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con delle temperature raggiunte alle interfacce termiche dei moduli	report .pdf; livelli raggiunti dalle schede		T0+12 wks	T0+16 wks
1	5	Sviluppo Documentazione Costruttiva Particolari EU SM (box + fresati in alluminio in sostituzione schede + radiatore) comprensiva di lista parti	Documentazione costruttiva, documentazione di integrazione meccanica, liste parti, anagrafica del prodotto, Disegno dimensionale di unità e di interfaccia;	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di unità		T0+16 wks	T0+24 wks
1	6	Finalizzazione sistema EU (box + radiatore) con dimensionamento del radiatore in conformità con i vincoli di S/C (CDR)	Analisi risultati test SM, aggiornamento sistema EU, analisi termica e strutturale		Risultati test EU SM	T0+32 wks	T0+40 wks
1	7	Sviluppo Documentazione Costruttiva Particolari EU FM (box + radiatore) comprensiva di lista parti	Documentazione costruttiva, documentazione di integrazione meccanica, liste parti, anagrafica del prodotto, Disegno dimensionale di unità e di interfaccia;	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di unità ; report .pdf; livelli raggiunti dalle schede		T0+40 wks	T0+48 wks
1	8	Supporto alle definizioni elettriche ed alla wiring list	Definizione esecutiva delle interconnessioni e documentazione cavi interni fra pannello connettori ed elettronica interna	file .stp; file pdf3d	schema elettrico, definizione componenti connettori	T0+32 wks	T0+48 wks
2		<b>LV-DCDC: progetto esecutivo meccanico</b>					
2	1	Supporto allo sviluppo preliminare design elettronico	Riunioni di avanzamento e supporto alle società di sviluppo elettronico coinvolte nel progetto	DWG; file .stp; file pdf3d	Il cliente riceve come input il DD di scheda prodotto in fase di studio preliminare del sistema	T0+1Wks	T0+8 wks

2	2	Sviluppo preliminare layout scheda (dimensioni e spessore PCB, punti di fissaggio, percorsi termici )	Analisi preceduta da verifica CAD della conformità del PCB sviluppato al DD applicabile (componenti attivi modellati ~10tipi)		Piazzamento preliminare principali componenti di scheda, definizione posizione connettori e schema interconnessione, stima potenza dissipata dai componenti critici, potenza totale dissipata dal modulo	T0+8 wks	T0+16 wks
2	3	Supporto allo sviluppo finale design elettronico	Riunioni di avanzamento e supporto alle società di sviluppo elettronico coinvolte nel progetto	DWG; file .stp; file pdf3d	Eventuale aggiornamento layout, punti fissaggio e posizione connettori e componenti critici in fase di sbroglio	T0+16 wks	T0+32 wks
2	4	Analisi strutturale di dettaglio scheda con emissione report in lingua inglese	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con valutazione della vita a fatica dei componenti elettronici sottoposti agli spettri di vibrazione specificati	report .pdf	Piazzamento definitivo componenti di scheda, datasheet componenti, file gerber, potenza dissipata dai singoli componenti, potenza totale dissipata dal modulo	T0+32 wks	T0+40 wks

2	5	Analisi termica di dettaglio con emissione report in lingua inglese	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con valutazione della temperatura di giunzione dei componenti elettronici e definizione dei materiali di interfaccia termica	report .pdf	Datasheet componenti, layup di scheda e materiali impiegati. Disegno di piazzamento dei componenti	T0+32 wks	T0+40 wks
2	6	Sviluppo progetto esecutivo modulo	Documentazione costruttiva, documentazione di integrazione meccanica, liste parti, anagrafica del prodotto	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di modulo		T0+40 wks	T0+48 wks
<b>3 LV-CTRL: progetto esecutivo meccanico</b>							
3	1	Supporto allo sviluppo preliminare design elettronico	Riunioni di avanzamento e supporto alle società di sviluppo elettronico coinvolte nel progetto	DWG; file .stp; file pdf3d	Il cliente riceve come input il DD di scheda prodotto in fase di studio preliminare del sistema	T0+1Wks	T0+8 wks
3	2	Sviluppo preliminare layout scheda (dimensioni e spessore PCB, punti di fissaggio, percorsi termici )	Analisi preceduta da verifica CAD della conformità del PCB sviluppato al DD applicabile (componenti attivi modellati ~10tipi)		Piazzamento preliminare principali componenti di scheda, definizione posizione connettori e schema interconnessione, stima potenza dissipata dai componenti critici, potenza totale dissipata dal modulo	T0+8 wks	T0+16 wks

3	3	Supporto allo sviluppo finale design elettronico	Riunioni di avanzamento e supporto alle società di sviluppo elettronico coinvolte nel progetto	DWG; file .stp; file pdf3d	Eventuale aggiornamento layout, punti fissaggio e posizione connettori e componenti critici in fase di sbroglio	T0+16 wks	T0+32 wks
3	4	Analisi strutturale di dettaglio scheda con emissione report in lingua inglese	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con valutazione della vita a fatica dei componenti elettronici sottoposti agli spettri di vibrazione specificati	report .pdf	Piazzamento definitivo componenti di scheda, datasheet componenti, file gerber, potenza dissipata dai singoli componenti, potenza totale dissipata dal modulo	T0+32 wks	T0+40 wks
3	5	Analisi termica di dettaglio con emissione report in lingua inglese	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con valutazione della temperatura di giunzione dei componenti elettronici e definizione dei materiali di interfaccia termica	report .pdf	Datasheet componenti, layup di scheda e materiali impiegati. Disegno di piazzamento dei componenti	T0+32 wks	T0+40 wks
3	6	Sviluppo progetto esecutivo modulo	Documentazione costruttiva, documentazione di integrazione meccanica, liste parti, anagrafica del prodotto	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di modulo		T0+40 wks	T0+48 wks
4	<b>DPCU: progetto esecutivo meccanico</b>						
4	1	Supporto allo sviluppo preliminare design elettronico	Riunioni di avanzamento e supporto alle società di sviluppo elettronico coinvolte nel progetto	DWG; file .stp; file pdf3d	Il cliente riceve come input il DD di scheda prodotto in fase di studio preliminare del sistema	T0+1Wks	T0+8 wks

4	2	Sviluppo preliminare layout scheda (dimensioni e spessore PCB, punti di fissaggio, percorsi termici )	Analisi preceduta da verifica CAD della conformità del PCB sviluppato al DD applicabile (componenti attivi modellati ~10tipi)		Piazzamento preliminare principali componenti di scheda, definizione posizione connettori e schema interconnessione, stima potenza dissipata dai componenti critici, potenza totale dissipata dal modulo	T0+8 wks	T0+16 wks
4	3	Supporto allo sviluppo finale design elettronico	Riunioni di avanzamento e supporto alle società di sviluppo elettronico coinvolte nel progetto	DWG; file .stp; file pdf3d	Eventuale aggiornamento layout, punti fissaggio e posizione connettori e componenti critici in fase di sbroglio	T0+16 wks	T0+32 wks
4	4	Analisi strutturale di dettaglio scheda con emissione report in lingua inglese	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con valutazione della vita a fatica dei componenti elettronici sottoposti agli spettri di vibrazione specificati	report .pdf	Piazzamento definitivo componenti di scheda, datasheet componenti, file gerber, potenza dissipata dai singoli componenti, potenza totale dissipata dal modulo	T0+32 wks	T0+40 wks

4	5	Analisi termica di dettaglio con emissione report in lingua inglese	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con valutazione della temperatura di giunzione dei componenti elettronici e definizione dei materiali di interfaccia termica	report .pdf	Datasheet componenti, layup di scheda e materiali impiegati. Disegno di piazzamento dei componenti	T0+32 wks	T0+40 wks
4	6	Sviluppo progetto esecutivo modulo	Documentazione costruttiva, documentazione di integrazione meccanica, liste parti, anagrafica del prodotto	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di modulo		T0+40 wks	T0+48 wks
<b>5 Progetto Esecutivo External Harness (EH)</b>							
5	1	Studio 3D cavi e sistema di vincolo		pdf3d, stp	Requisiti generali di progetto, specifiche e schema di interconnessione con FPA e S/C	T0+8 Wks	T0+16 Wks
5	2	Sviluppo Documentazione Costruttiva Supporti Cablaggio comprensiva di lista parti		dwg, pdf, LP		T0+16 wks	T0+24 wks
5	3	Sviluppo Documentazione d'assieme Cablaggio comprensiva di lista parti		dwg, pdf, LP		T0+16 wks	T0+24 wks
5	4	Sviluppo Documentazione costruttiva EH comprensiva di lista parti		stp, dwg, pdf, LP	Wiring List (WL) e tipo di fili	T0+16 wks	T0+24 wks

Table 7: WP servizio di progettazione EU ed EH.

## 8.5 SERVIZIO DI PROGETTAZIONE OHU

Il servizio di progettazione dell'OHU è descritto dalle attività suddivise in termini di Work Package (WP) riassunti nella tabella seguente.

WP	Titolo	Descrizione	Deliverable	Input/Azioni committente	inizio attività	fine attività	
<b>1 Progetto Esecutivo Optical Head Unit (OHU)</b>							
1	1	Recupero geometrie disegno sistema OHU		Requisiti generali di progetto, specifiche e schema di interconnessione FPA	T0	T0+2 wks	
1	2	Supporto e sviluppo disegno dimensionale e di interfaccia FPA	Supporto al team di sviluppo FPA e verifiche disegni prodotti nel loro sviluppo	file .stp; file pdf3d	Conferma DD elementi FPA, definizione interfacce con OHU e potenze dissipate da elementi FPA	T0+1 wks	T0+12 wks
1	3	Sviluppo preliminare disegno sistema OHU (PDR)		Conferma DD FPA ed interfacce	T0+2 wks	T0+16 wks	
1	4	Analisi strutturale di assieme OHU	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con valutazione eventuale della vita a fatica dei componenti elettronici FPA sottoposti agli spettri di vibrazione specificati	report .pdf, livelli raggiunti dai sottosistemi	T0+12 wks	T0+16 wks	
1	5	Analisi Termica di assieme OHU	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con delle temperature raggiunte alle interfacce termiche FPA	report .pdf; livelli raggiunti dai sottosistemi	T0+12 wks	T0+16 wks	

1	6	Sviluppo Documentazione Costruttiva Particolari OHU SM (OHU+FPA+TCA ) comprensiva di lista parti	Documentazione costruttiva, documentazione di integrazione meccanica, liste parti, anagrafica del prodotto, Disegno dimensionale di unità e di interfaccia;	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di unità		T0+16 wks	T0+22 wks
1	7	Finalizzazione sistema OHU in conformità con i vincoli di S/C (CDR)	Analisi risultati test SM, aggiornamento sistema OHU, analisi termica e strutturale		Risultati test EU SM	T0+28 wks	T0+40 wks
1	8	Sviluppo Documentazione costruttiva e di integrazione OHU FM (OHU+FPA+TCA ) comprensiva di lista parti	Documentazione costruttiva, documentazione di integrazione meccanica, liste parti, anagrafica del prodotto, Disegno dimensionale di unità e di interfaccia;	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di unità ; report .pdf; livelli raggiunti dai sottosistemi		T0+40 wks	T0+48 wks
2		<b>OTA: progetto esecutivo meccanico</b>					
2	1	Sviluppo preliminare disegno sistema OHU (PDR)				T0+2 wks	T0+16 wks
2	2	Analisi strutturale di assieme OHU		report .pdf		T0+12 wks	T0+16 wks
2	3	Analisi Termica di assieme OHU		report .pdf		T0+12 wks	T0+16 wks

2	4	Sviluppo Documentazione Costruttiva Particolari OTA (comprensiva di specchi) SM comprensiva di lista parti	Documentazione costruttiva, documentazione di assiemaggio meccanico, liste parti, anagrafica del prodotto, Disegno dimensionale di unità e di interfaccia;	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di unità		T0+16 wks	T0+22 wks
2	5	Finalizzazione sistema OTA in conformità con i vincoli di sistema (CDR)	Analisi risultati test SM, aggiornamento sottosistema OTA, analisi termica e strutturale		Risultati test SM	T0+28 wks	T0+40 wks
2	6	Sviluppo Documentazione costruttiva (comprensiva di specchi) e di assiemaggio OTA FM comprensiva di lista parti	Documentazione costruttiva, documentazione di assiemaggio meccanico, liste parti, anagrafica del prodotto, Disegno dimensionale di unità e di interfaccia;	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di unità ; report .pdf		T0+40 wks	T0+48 wks
<b>3 TCA: progetto esecutivo meccanico</b>							
3	1	Sviluppo preliminare disegno sistema TCA (PDR)			Requisiti Thermal Strap, MLI, termistori (TRP), heaters (regolati dal sistema centralizzato dello S/C).	T0+2 wks	T0+16 wks
3	2	Analisi strutturale di assieme TCA		report .pdf		T0+12 wks	T0+16 wks
3	3	Analisi Termica di assieme TCA		report .pdf		T0+12 wks	T0+16 wks

3	4	Sviluppo Documentazione Costruttiva Particolari TCA SM comprensiva di lista parti	Documentazione costruttiva, documentazione di assiemaggio meccanico, liste parti, anagrafica del prodotto, Disegno dimensionale di unità e di interfaccia;	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di unità		T0+16 wks	T0+22 wks
3	5	Finalizzazione sistema TCA in conformità con i vincoli di sistema (CDR)	Analisi risultati test SM, aggiornamento sottosistema TCA, analisi termica e strutturale		Risultati test SM	T0+28 wks	T0+40 wks
3	6	Sviluppo Documentazione costruttiva e di assiemaggio TCA FM comprensiva di lista parti	Documentazione costruttiva, documentazione di assiemaggio meccanico, liste parti, anagrafica del prodotto, Disegno dimensionale di unità e di interfaccia;	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di unità ; report .pdf		T0+40 wks	T0+48 wks
4		<b>Supporti ed interfacce FPA: progetto esecutivo meccanico</b>					
4	1	Sviluppo sistema meccanico FPA in funzione dello sviluppo preliminare degli elementi del sottosistema e modello CAD 3D geometrico preliminare (PDR)			Requisiti generali di progetto, specifiche e schema di interconnessione di tutti gli elementi del sottosistema (focal plane, sensori, elettronica di prossimità, ...)	T0	T0+16 wks

4	2	Supporto allo sviluppo degli elementi del sottosistema	Supporto alla società di sviluppo e verifiche disegni prodotti nel loro sviluppo	file .stp; file pdf3d	Conferma DD di tutti gli elementi del sottosistema FPA	T0+1 wks	T0+12 wks
4	3	Analisi strutturale FPA	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con valutazione eventuale della vita a fatica dei componenti elettronici su motherboard sottoposti agli spettri di vibrazione specificati	report .pdf, livelli raggiunti dalle schede		T0+12 wks	T0+16 wks
4	4	Analisi Termica FPA	Attività di derisking in conformità alla normativa ISO 9100 con delle temperature raggiunte alle interfacce termiche dei moduli	report .pdf; livelli raggiunti dalle schede		T0+12 wks	T0+16 wks
4	5	Sviluppo Documentazione Costruttiva Particolari meccanica FPA SM (fresati in alluminio o dummy in sostituzione elementi FPA) comprensiva di lista parti	Documentazione costruttiva, documentazione di integrazione meccanica, liste parti, anagrafica del prodotto, Disegno dimensionale di unità e di interfaccia;	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di unità		T0+16 wks	T0+24 wks

4	6	Finalizzazione sistema meccanico FPA con dimensionamento del radiatore in conformità con i vincoli di S/C (CDR)	Analisi risultati test SM, aggiornamento sistema FPA, analisi termica e strutturale		Risultati test FPA SM	T0+32 wks	T0+40 wks
4	7	Sviluppo Documentazione Costruttiva Particolari meccanica FPA comprensiva di lista parti	Documentazione costruttiva, documentazione di integrazione meccanica, liste parti, anagrafica del prodotto, Disegno dimensionale di unità e di interfaccia;	DWG; pdf, file step, xls, pdf 3d di unità ; report .pdf; livelli raggiunti dalle schede		T0+40 wks	T0+48 wks

Table 8: WP servizio di progettazione OHU.

## 8.6 MANIFATTURA EU ED ASSEMBLAGGIO EH

Il servizio di manifattura dell'EU ed assemblaggio dell'EH sono descritte dalle attività suddivise in termini di Work Package (WP) riassunti nella tabella seguente.

WP		Titolo	Descrizione	Deliverable	Input/Azioni committente	inizio attività	fine attività
<b>1 Manufacturing &amp; Assembly Box Electronic Unit (EU)</b>							
1	1	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e minuteria EU SM				T0+24 wks	T0+28 wks
1	2	Realizzazione fresati EU SM (box + radiatore) in alluminio (EN AW 6082 o EN AW 7075)	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+24 wks	T0+28 wks
1	3	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno di tool e chiavi polarizzazione in titanio o alluminio EU SM				T0+24 wks	T0+28 wks
1	4	Consumabili assiemaggio (colle, resine, vernici, nastri, solventi, ...)				T0+24 wks	T0+28 wks
1	5	Fresati in alluminio in sostituzione schede SM				T0+24 wks	T0+28 wks
1	6	Servizio assiemaggio con operatore qualificato e collaudo kit SM		EU SM; CoC		T0+28 wks	T0+30 wks
1	7	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e minuteria				T0+48 wks	T0+52 wks
1	8	Realizzazione fresati EU FM (box + radiatore) in alluminio (EN AW 6082 o EN AW 7075)	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650 + anodizzazione/verniciatura nera conduttiva			T0+48 wks	T0+52 wks
1	9	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno di tool e chiavi polarizzazione in titanio o alluminio EU FM				T0+48 wks	T0+52 wks
1	10	Consumabili assiemaggio (colle, resine, vernici, nastri, solventi, ...)				T0+48 wks	T0+52 wks

1	11	Servizio assiemaggio in camera pulita con operatore qualificato e collaudo kit FM		EU FM; CoC		T0+52 wks	T0+56 wks
<b>2 Manufacturing &amp; Assembly LV-DCDC</b>							
2	1	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno estrattori e morse termiche EU SM				T0+24 wks	T0+28 wks
2	2	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e spine in titanio o acciaio EU SM				T0+24 wks	T0+28 wks
2	3	Realizzazione fresati modulo scheda in alluminio (EN AW 6082 o EN AW 7075) EU SM	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+24 wks	T0+28 wks
2	4	Approvvigionamento materiali interfaccia termica	Gap filler idoneo ad impieghi spaziali			T0+24 wks	T0+28 wks
2	5	Servizio assiemaggio con operatore qualificato e collaudo kit SM	Collaudo primo pezzo a mezzo controllo dimensionale su macchina CMM, integrazione con mock-up scheda			T0+28 wks	T0+30 wks
2	6	Approvvigionamento materiali per incollaggio e coating scheda	Colle e vernici idonei ad impieghi spaziali			T0+48 wks	T0+52 wks
2	7	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno estrattori e morse termiche EU FM				T0+48 wks	T0+52 wks
2	8	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e spine in titanio o acciaio EU FM				T0+48 wks	T0+52 wks
2	9	Realizzazione fresati modulo scheda in alluminio (EN AW 6082 o EN AW 7075) EU FM	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+48 wks	T0+52 wks

2	10	Servizio di verifica scheda, incollaggio, coating ed assiemaggio in camere pulita con operatore qualificato e collaudo kit FM	Collaudo pezzi a mezzo controllo dimensionale su macchina CMM, integrazione con scheda in conto visione		n. 2 schede LV-DCDC FM	T0+52 wks	T0+56 wks
<b>3 Manufacturing &amp; Assembly LV-CTRL</b>							
3	1	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno estrattori e morse termiche EU SM				T0+24 wks	T0+28 wks
3	2	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e spine in titanio o acciaio EU SM				T0+24 wks	T0+28 wks
3	3	Realizzazione fresati modulo scheda in alluminio (EN AW 6082 o EN AW 7075) EU SM	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+24 wks	T0+28 wks
3	4	Approvvigionamento materiali interfaccia termica	Gap filler idoneo ad impieghi spaziali			T0+24 wks	T0+28 wks
3	5	Servizio assiemaggio con operatore qualificato e collaudo kit SM	Collaudo primo pezzo a mezzo controllo dimensionale su macchina CMM, integrazione con mock-up scheda			T0+28 wks	T0+30 wks
3	6	Approvvigionamento materiali per incollaggio e coating scheda	Colle e vernici idonei ad impieghi spaziali			T0+48 wks	T0+52 wks
3	7	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno estrattori e morse termiche EU FM				T0+48 wks	T0+52 wks
3	8	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e spine in titanio o acciaio EU FM				T0+48 wks	T0+52 wks
3	9	Realizzazione fresati modulo scheda in alluminio (EN AW 6082 o EN AW 7075) EU FM	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+48 wks	T0+52 wks

3	10	Servizio di verifica scheda, incollaggio, coating ed assiemaggio in camere pulita con operatore qualificato e collaudo kit FM	Collaudo pezzi a mezzo controllo dimensionale su macchina CMM, integrazione con scheda in conto visione		n. 2 schede LV-CTRL FM	T0+52 wks	T0+56 wks
<b>4 Manufacturing &amp; Assembly DPCU</b>							
4	1	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno estrattori e morse termiche EU SM				T0+24 wks	T0+28 wks
4	2	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e spine in titanio o acciaio EU SM				T0+24 wks	T0+28 wks
4	3	Realizzazione fresati modulo scheda in alluminio (EN AW 6082 o EN AW 7075) EU SM	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+24 wks	T0+28 wks
4	4	Approvvigionamento materiali interfaccia termica	Gap filler idoneo ad impieghi spaziali			T0+24 wks	T0+28 wks
4	5	Servizio assiemaggio con operatore qualificato e collaudo kit SM	Collaudo primo pezzo a mezzo controllo dimensionale su macchina CMM, integrazione con mock-up scheda			T0+28 wks	T0+30 wks
4	6	Approvvigionamento materiali per incollaggio e coating scheda	Colle e vernici idonei ad impieghi spaziali			T0+48 wks	T0+52 wks
4	7	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno estrattori e morse termiche EU FM				T0+48 wks	T0+52 wks
4	8	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e spine in titanio o acciaio EU FM				T0+48 wks	T0+52 wks
4	9	Realizzazione fresati modulo scheda in alluminio (EN AW 6082 o EN AW 7075) EU FM	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+48 wks	T0+52 wks

4	10	Servizio di verifica scheda, incollaggio, coating ed assemblaggio in camera pulita con operatore qualificato e collaudo kit FM	Collaudo pezzi a mezzo controllo dimensionale su macchina CMM, integrazione con scheda in conto visione		n. 2 schede DPCU FM	T0+52 wks	T0+56 wks
5		<b>Assemblaggio External Harness (EH)</b>					
5	1	Approvvigionamento materiale assemblaggio n. 5 cavi	Materiali (connettori, backshell, cavi, fili, schermi EMI/RFI, ...) idonei ad impieghi spaziali			T0+24 wks	T0+28 wks
5	2	Realizzazione jig/tool per assemblaggio cavi				T0+24 wks	T0+28 wks
5	3	Consumabili per assemblaggio cavi (colle, resine, nastri, ...)				T0+24 wks	T0+28 wks
5	3	Assemblaggio in camera pulita n. 3 kit di 5 cavi in conformità con lo standard ECSS-Q-ST-70-08 cat. 3 e ECSS-Q-ST-70-38 cat. 3		n. 3 kit EH		T0+28 wks	T0+32 wks

Table 9: WP servizio di manifattura EU ed assemblaggio EH.

## 8.7 MANIFATTURA OHU

Il servizio di manifattura dell'OHU è descritto dalle attività suddivise in termini di Work Package (WP) riassunti nella tabella seguente.

WP	Titolo	Descrizione	Deliverable	Input/Azioni committente	inizio attività	fine attività
<b>1 Manufacturing &amp; Assembly OHU</b>						
1	1	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e minuteria per assemblaggio OTA SM			T0+24 wks	T0+28 wks
1	2	Consumabili assiemaggio (colle, resine, vernici, nastri, solventi, ...)			T0+24 wks	T0+28 wks
1	3	Servizio assiemaggio OHU SM con operatore qualificato e collaudo	OHU SM; CoC	Baseplate S/C	T0+30 wks	T0+32 wks
1	4	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e minuteria per assemblaggio OTA FM			T0+24 wks	T0+28 wks
1	5	Consumabili assiemaggio (colle, resine, vernici, nastri, solventi, ...)			T0+24 wks	T0+28 wks
1	6	Servizio assiemaggio OHU FM in camera pulita con operatore qualificato e collaudo	OHU FM; CoC	2x Baseplate S/C	T0+56 wks	T0+60 wks
<b>2 Manufacturing &amp; Assembly OTA</b>						
2	1	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e minuteria OTA SM			T0+24 wks	T0+28 wks
2	2	Realizzazione fresati OTA SM (2x Lateral ISO Mount) in alluminio EN AW 7075 T7351	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650		T0+24 wks	T0+28 wks

2	3	Realizzazione particolari OTA SM (Central ISO Mount, 3x Baseplate Flexure, 3x Primary Mirror Flexure, Corrective Lens Support) in titanio Gr. 5	Trattamento di doratura (TBC)			T0+24 wks	T0+28 wks
2	4	Realizzazione particolari OTA SM (Tower, Baffle) in CFRP + inserti				T0+24 wks	T0+28 wks
2	5	Realizzazione particolari OTA SM (Secondary Mirror Cell) in Invar36				T0+24 wks	T0+28 wks
2	6	Realizzazione Primary Mirror OTA SM in fused silica				T0+24 wks	T0+28 wks
2	7	Realizzazione Secondary Mirror OTA SM in fused silica				T0+24 wks	T0+28 wks
2	8	Consumabili assiemaggio (colle, resine, vernici, nastri, solventi, ...)				T0+24 wks	T0+28 wks
2	9	Servizio assiemaggio con operatore qualificato e collaudo OTA SM		OTA SM; CoC		T0+28 wks	T0+30 wks
2	10	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e minuteria OTA FM				T0+48 wks	T0+52 wks
2	11	Realizzazione fresati OTA FM (2x Lateral ISO Mount) in alluminio EN AW 7075 T7351	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+48 wks	T0+52 wks

2	12	Realizzazione particolari OTA FM (Central ISO Mount, 3x Baseplate Flexure, 3x Primary Mirror Flexure, Corrective Lens Support) in titanio Gr. 5	Trattamento di doratura (TBC)			T0+48 wks	T0+52 wks
2	13	Realizzazione particolari OTA FM (Tower, Baffle) in CFRP + inserti				T0+48 wks	T0+52 wks
2	14	Realizzazione particolari OTA FM (Secondary Mirror Cell) in Invar36				T0+48 wks	T0+52 wks
2	15	Realizzazione Primary Mirror OTA FM in fused silica				T0+48 wks	T0+52 wks
2	16	Realizzazione Secondary Mirror OTA FM in fused silica				T0+48 wks	T0+52 wks
2	17	Consumabili assiemaggio (colle, resine, vernici, nastri, solventi, ...)				T0+48 wks	T0+52 wks
2	18	Servizio assiemaggio in camera pulita con operatore qualificato e collaudo OTA FM		OTA FM; CoC		T0+52 wks	T0+56 wks
3		<b>Manufacturing &amp; Assembly TCA</b>					
3	1	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e minuteria TCA SM				T0+24 wks	T0+28 wks
3	2	Realizzazione fresati TCA SM (Radiator) in alluminio EN AW 6082	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+24 wks	T0+28 wks
3	3	Realizzazione particolari TCA SM (Radiator Support, Thermal Strap Support) in titanio Vespel				T0+24 wks	T0+28 wks

3	4	Approvvigionamento Thermal Strap in grafite pirolitica per TCA SM				T0+24 wks	T0+28 wks
3	5	Approvvigionamento MLI (10 layer VDA) per TCA SM				T0+24 wks	T0+28 wks
3	6	Servizio assiemaggio con operatore qualificato e collaudo TCA SM		TCA SM; CoC		T0+28 wks	T0+30 wks
3	7	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e minuteria TCA SM				T0+48 wks	T0+52 wks
3	8	Realizzazione fresati TCA FM (Radiator) in alluminio EN AW 6082	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+48 wks	T0+52 wks
3	9	Realizzazione particolari TCA FM (Radiator Support, Thermal Strap Support) in titanio Vespel				T0+48 wks	T0+52 wks
3	10	Approvvigionamento Thermal Strap in grafite pirolitica per TCA FM				T0+48 wks	T0+52 wks
3	11	Approvvigionamento MLI (10 layer VDA) per TCA FM				T0+48 wks	T0+52 wks
3	12	Servizio assiemaggio in camera pulita con operatore qualificato e collaudo TCA FM		TCA FM; CoC		T0+52 wks	T0+56 wks
4	<b>Manufacturing Supporti &amp; Assembly FPA</b>						
4	1	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e minuteria supporti FPA SM				T0+24 wks	T0+28 wks
4	2	Realizzazione particolari meccanica FPA SM (fresati in alluminio o dummy in sostituzione elementi FPA)	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650 (ove richiesto)			T0+24 wks	T0+28 wks

4	3	Realizzazione fresati in alluminio (EN AW 6082 o EN AW 7075) supporti FPA SM	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+24 wks	T0+28 wks
4	4	Approvvigionamento materiali interfaccia termica	Gap filler idoneo ad impieghi spaziali			T0+24 wks	T0+28 wks
4	5	Servizio assiemaggio con operatore qualificato e collaudo kit SM				T0+28 wks	T0+30 wks
4	6	Approvvigionamento e/o realizzazione a disegno viteria e minuteria supporti FPA FM				T0+48 wks	T0+52 wks
4	7	Realizzazione fresati in alluminio (EN AW 6082 o EN AW 7075) supporti FPA FM	Trattamento di cromatizzazione incolore Surtec 650			T0+48 wks	T0+52 wks
4	8	Approvvigionamento materiali interfaccia termica	Gap filler idoneo ad impieghi spaziali			T0+48 wks	T0+52 wks
4	9	Servizio assiemaggio in camera pulita con operatore qualificato e collaudo FPA FM		FPA FM; CoC	FPA FM assemblato	T0+52 wks	T0+56 wks

Table 10: WP servizio di manifattura OHU.

## 8.8 SERVIZIO DI INTEGRAZIONE DEL P/L

Il soggetto aggiudicatario avrà la responsabilità delle attività di assemblaggio ed integrazione dei modelli SM e FM. Le attività di assemblaggio ed integrazione del payload si svolgeranno presso la sede del soggetto aggiudicatario, o presso altra struttura da definire in sede di presentazione della candidatura. Il soggetto aggiudicatario dovrà garantire l'integrazione finale del FM del P/L ed il relativo invio a TAS-I, responsabile dell'integrazione finale del P/L con lo S/C.

La ditta aggiudicataria avrà la responsabilità di partecipare alle attività di integrazione dei modelli SM e FM sulla piattaforma. Le attività di assemblaggio ed integrazione del payload si svolgeranno presso la sede di TAS-I di Roma.

WP		Titolo	Descrizione	Deliverable	Input/Azioni committente	inizio attività	fine attività
1		<b>Manufacturing &amp; Assembly OHU</b>					
1	1	Servizio integrazione con operatore qualificato e collaudo Terzina SM				T0+32 wks	T0+34 wks
1	2	Servizio integrazione in camera pulita con operatore qualificato e collaudo Terzina FM		FM delivery		T0+60 wks	T0+64 wks

Table 11: WP servizio di integrazione P/L.