

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

***Relazione per la prova finale
«Studio preliminare del sottosistema di
controllo termico di un CubeSat 2U»***

Tutor universitario: Prof. Alessandro Francesconi

Laureando: *Mattia Martello 1222361*

Padova, 20/09/2024

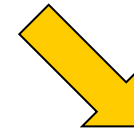
Cos'è il controllo termico

Il sottosistema di controllo termico (TCS) è un elemento essenziale del segmento spaziale che garantisce il mantenimento della temperatura operativa di ogni componente per tutta la durata della missione.



Attivo

- Riscaldatori elettrici
- Sistemi utilizzanti fluidi
- Refrigerazione criogenica
- Refrigeratore di Stirling



Passivo

- Solar absorbers
- Flat absorbers
- Solar reflectors
- Flat reflectors

Obiettivo del lavoro di tesi

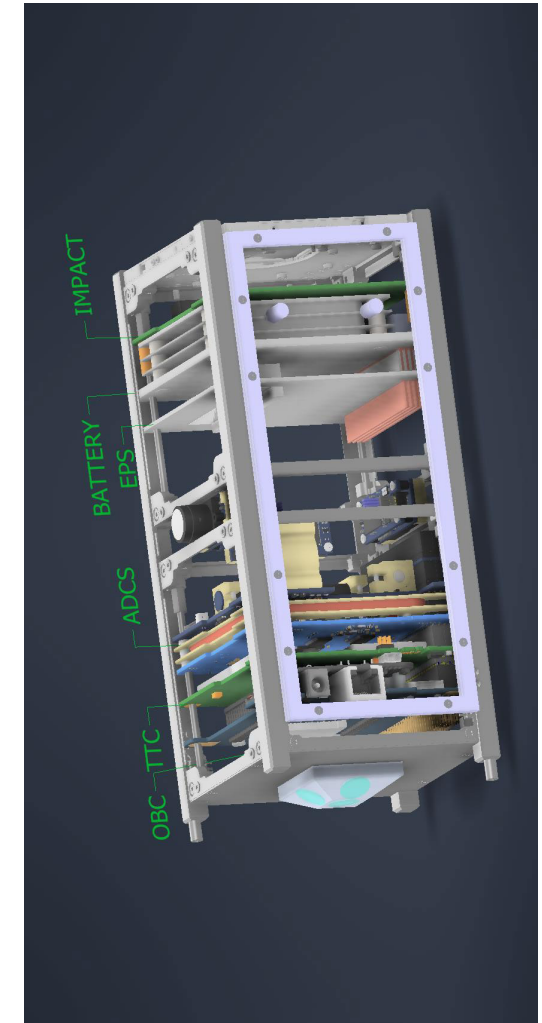
L'obiettivo del lavoro è lo studio preliminare del sottosistema di controllo termico di un CubeSat 2U in LEO.

Alba CubeSat UniPd

Alba CubeSat UniPD è un team di studenti dell'Università di Padova con lo scopo di partecipare al programma Fly Your Satellite! dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e di lanciare per la prima volta un CubeSat progettato dagli studenti dell'università.

La missione ha tre obiettivi:

- Effettuare misurazioni dell'ambiente detritico sub-mm in-situ in LEO
- Studiare le micro-vibrazioni durante le fasi della missione
- Ottenere la determinazione precisa dell'orbita mediante misure di laser ranging

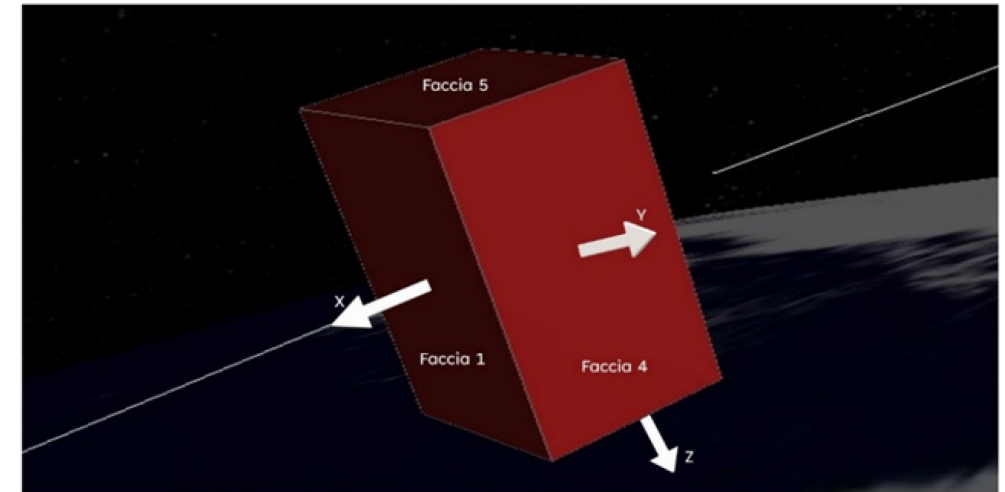


Modello CAD di Alba CubeSat

Orbita operativa

L'orbita designata alla missione è una LEO sunsincrona con:

- Semiasse maggiore: 6878,14 km
- Eccentricità: 0°
- Longitudine nodo ascendente: 45°
- Inclinazione: $97,7^\circ$
- Data inizio missione: 23/03/2024



Cinematica ed orientazione delle facce del CubeSat

Il CubeSat è disposto in maniera tale da possedere l'asse z puntato in direzione nadir, l'asse x nel verso del vettore della velocità orbitale e l'asse y a completamento della terna cartesiana.

La durata attesa della missione è di circa un anno



Studiare l'andamento della potenza incidente e la variazione della temperatura **sulle pareti esterne** del CubeSat



Simulazione di un'orbita il giorno 23 dei mesi di marzo, giugno, settembre e dicembre

A seconda della data di riferimento presenta i seguenti periodi di eclisse:

23/03/2024

Orbita	Ora
Inizio Rivoluzione	00:00:00
Inizio Penombra	00:05:13
Inizio Eclissi	00:05:25
Fine Eclissi	00:36:51
Fine Penombra	00:37:03
Fine Rivoluzione	01:34:40

23/06/2024

Orbita	Ora
Inizio Rivoluzione,	00:00:00
Penombra Ed Eclisse	
Fine Eclissi	00:10:13
Fine Penombra	00:10:23
Inizio Penombra	01:12:23
Inizio Eclisse	01:12:35
Fine Penombra,	01:34:40
Eclisse E Rivoluzione	

23/09/2024

Orbita	Ora
Inizio Rivoluzione	00:00:00
Inizio Penombra	00:32:43
Inizio Eclisse	00:32:59
Fine Eclisse	01:00:17
Fine Penombra	01:00:33
Fine Rivoluzione	01:34:40

23/12/2024

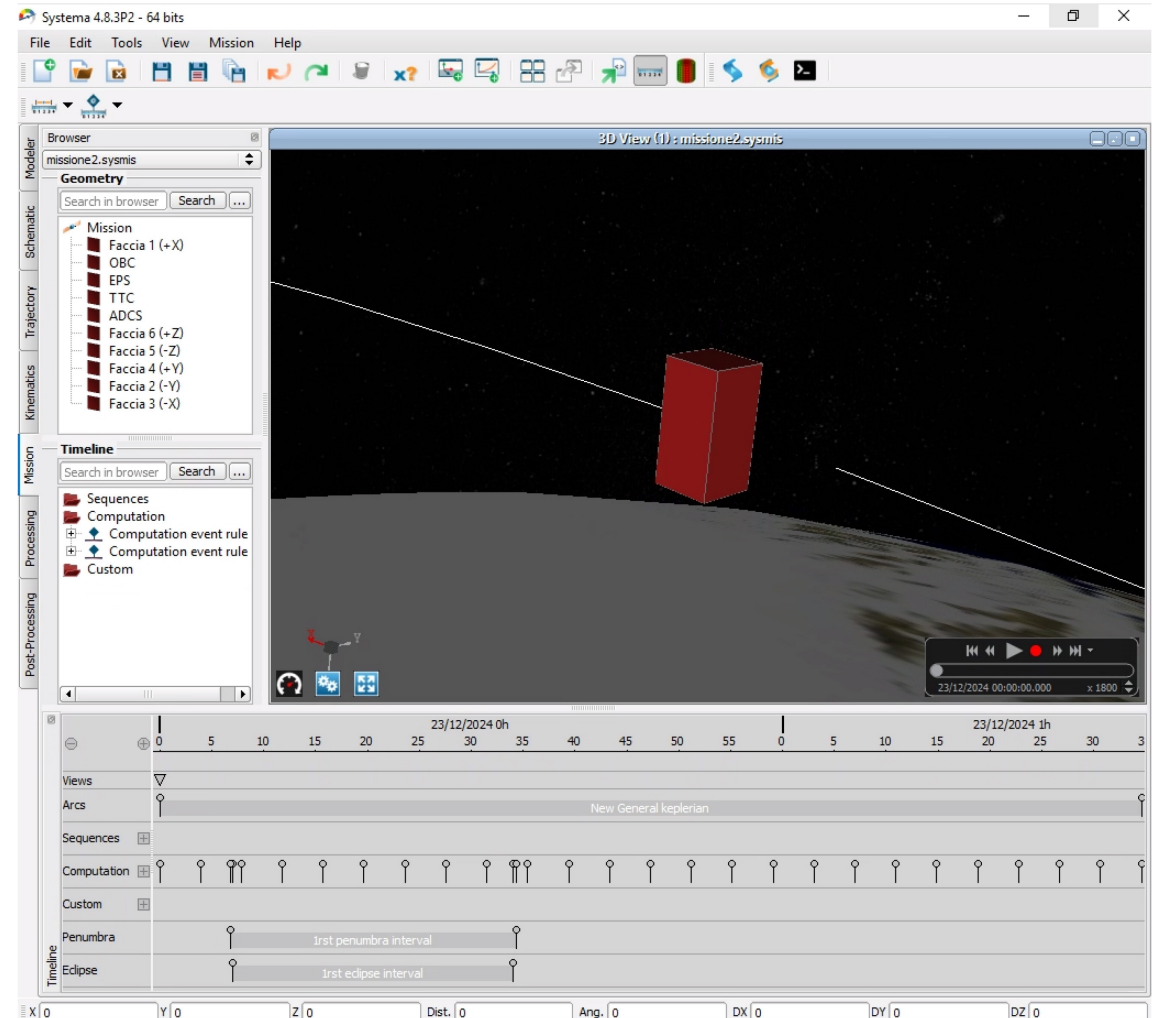
Orbita	Ora
Inizio Rivoluzione	00:00:00
Inizio Penombra	00:06:47
Inizio Eclisse	00:07:04
Fine Eclisse	00:34:04
Fine Penombra	00:34:21
Fine Rivoluzione	01:34:40

Software Systema di Airbus

Systema è un software sviluppato da Airbus per l'ingegneria di sistema che offre un ampio campo di applicazioni per lo studio di una missione spaziale.

Il programma è formato da una serie di moduli:

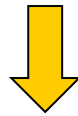
- Radiazioni;
- Detriti;
- Controllo termico (Thermica e Thermisol)



Interfaccia del programma Systema di Airbus

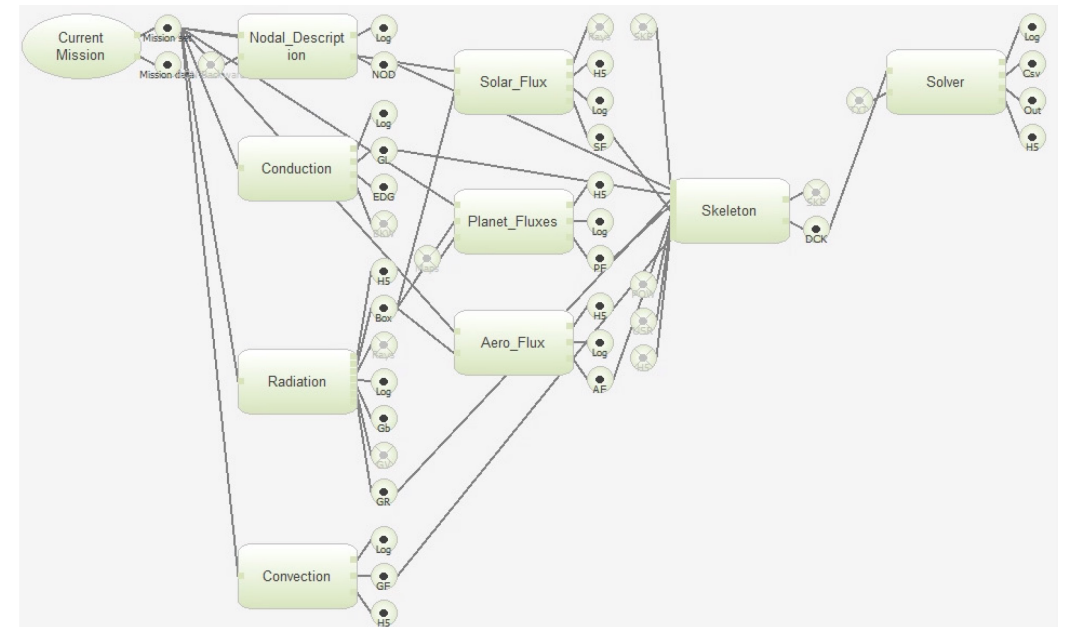
Moduli Thermica e Thermisol

Nei moduli Thermica e Thermisol è possibile simulare una missione spaziale ed ottenere un modello termico del satellite.



- Temperature delle superfici;
- Flussi ambientali;
- Potenze assorbite

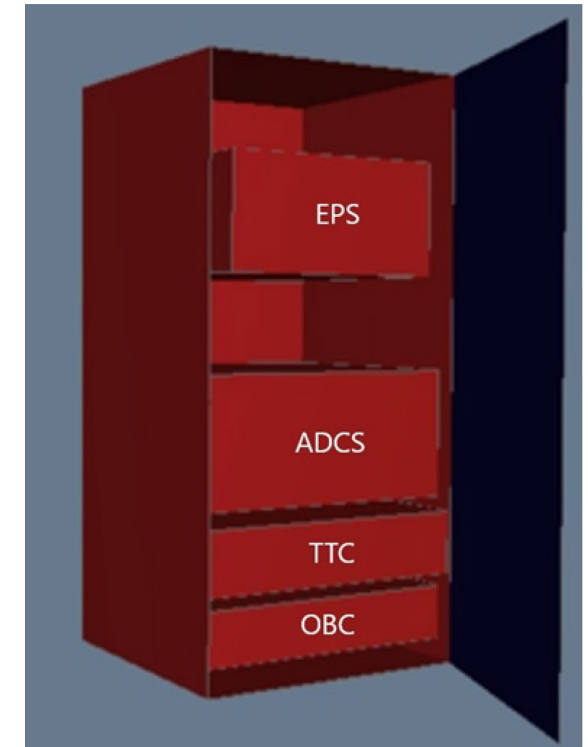
Per poter funzionare è necessario un modello tridimensionale rappresentativo del satellite, una serie di dati specifici dei materiali e tutti i parametri dell'orbita da simulare.



Albero di calcolo dei moduli Thermica e Thermisol

Modello

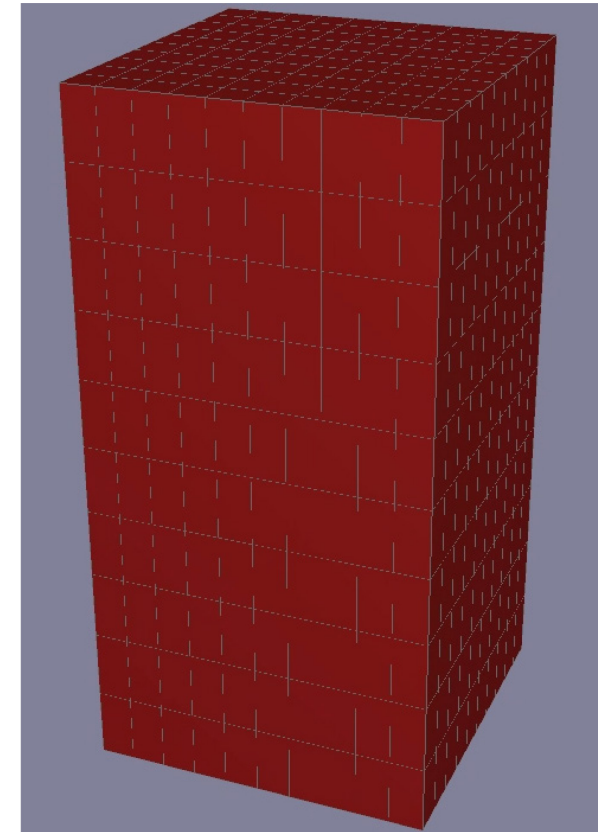
	Materiale	Dimensioni	Spessore
Faccia 1 (+X)	Rame	10x20 cm	3 mm
Faccia 2 (-Y)	Honeycomb	10x20 cm	2,5 mm
Faccia 3 (-X)	Honeycomb	10x20 cm	2,5 mm
Faccia 4 (+Y)	Honeycomb	10x20 cm	2,5 mm
Faccia 5 (-Z)	Honeycomb	10x10 cm	2,5 mm
Faccia 6 (+Z)	Alluminio 7075	10x10 cm	2,5 mm
EPS	Alluminio 7075	96x81x38 mm	2 mm
ADCS	Alluminio 7075	90x95x43 mm	2 mm
TTC	Alluminio 7075	98x98x21	2 mm
OBC	Alluminio 7075	90x96x18 mm	2 mm



Modello Alba CubeSat

Mesh

La mesh utilizzata per la simulazione è una 10x10, cioè ogni faccia del CubeSat viene suddivisa 10 volte verticalmente e 10 orizzontalmente, formando così un totale di 600 nodi che caratterizzano il nostro satellite.



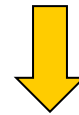
Mesh 10x10 del modello

Simulazioni e risultati

In tutte le simulazioni è stata considerata solo un'orbita, la cui durata è 5680 s.

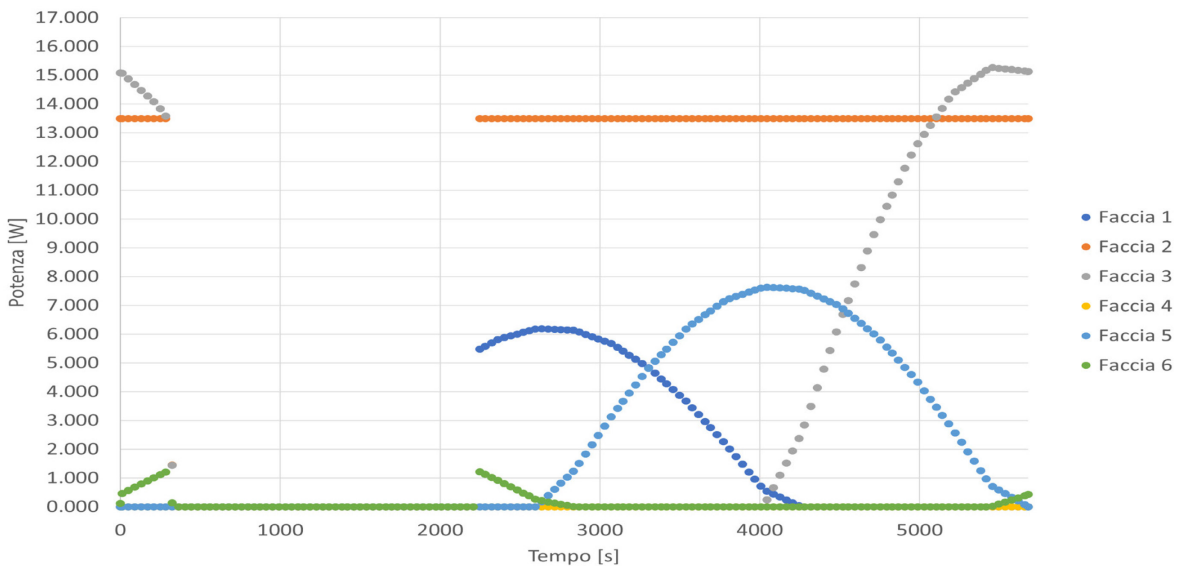


Discretizzazione temporale dell'orbita in 150 punti

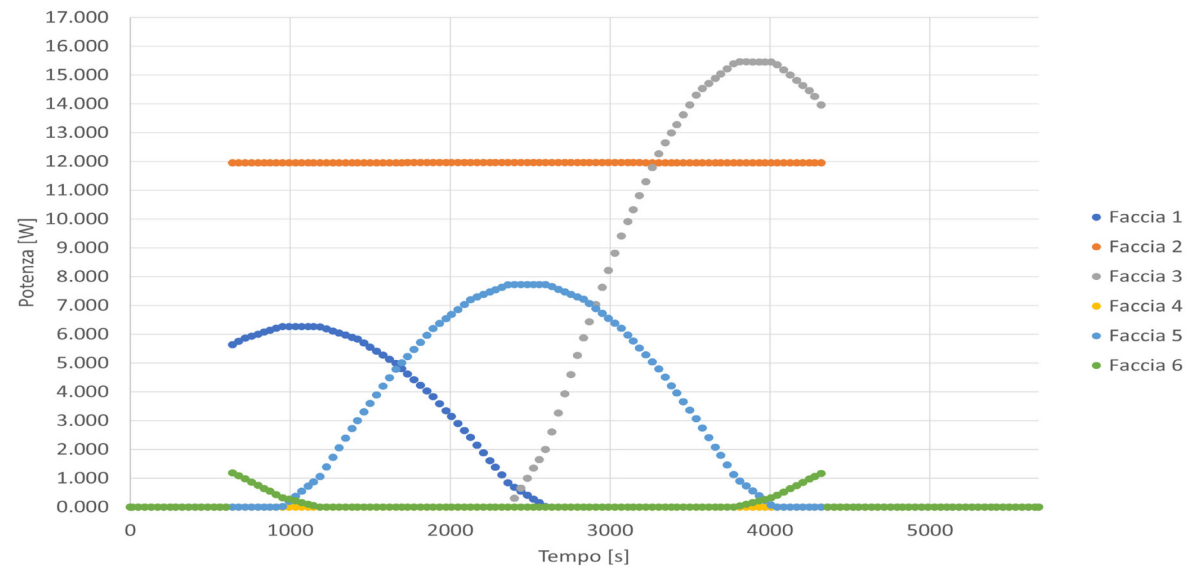


Grafici sono ottenuti mediando tutti i valori dei nodi per ogni faccia.

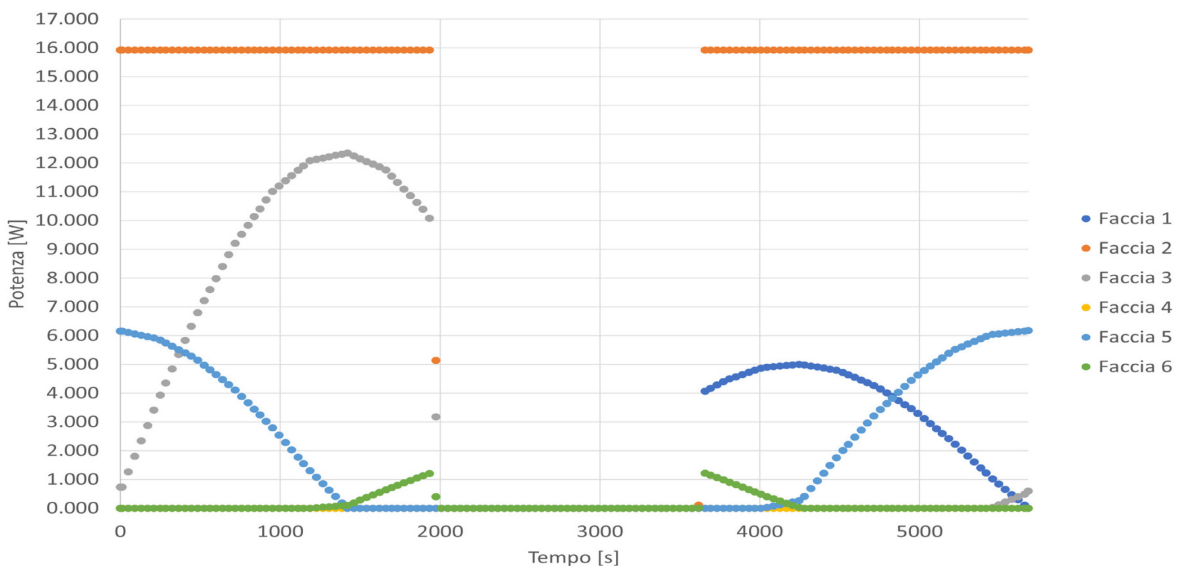
Potenza Flusso Solare 23/03/2024



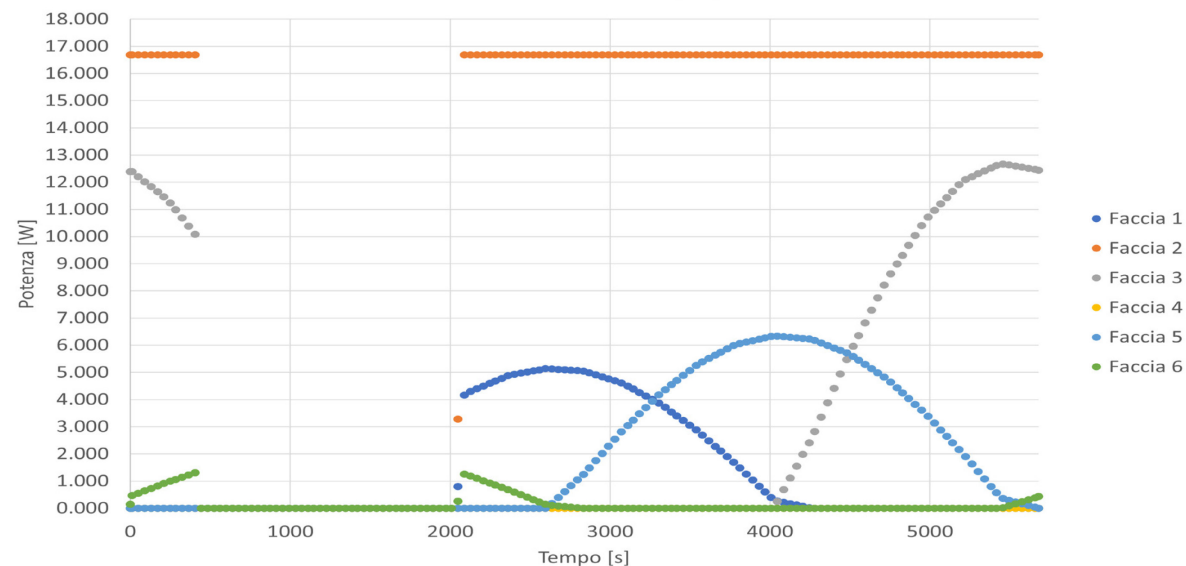
Potenza Flusso Solare 23/06/2024



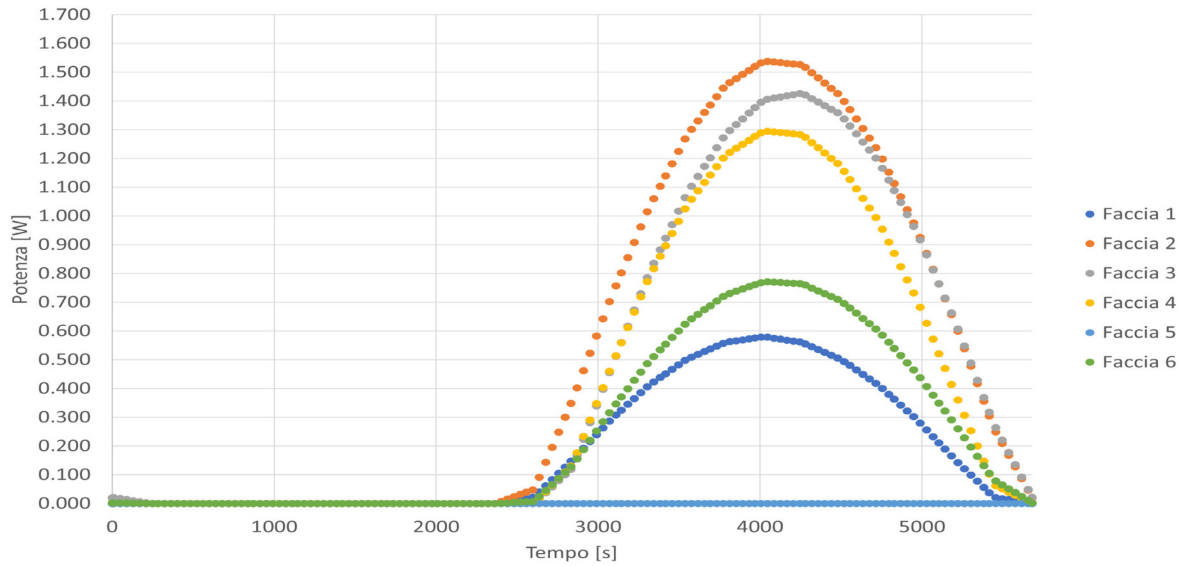
Potenza Flusso Solare 23/09/2024



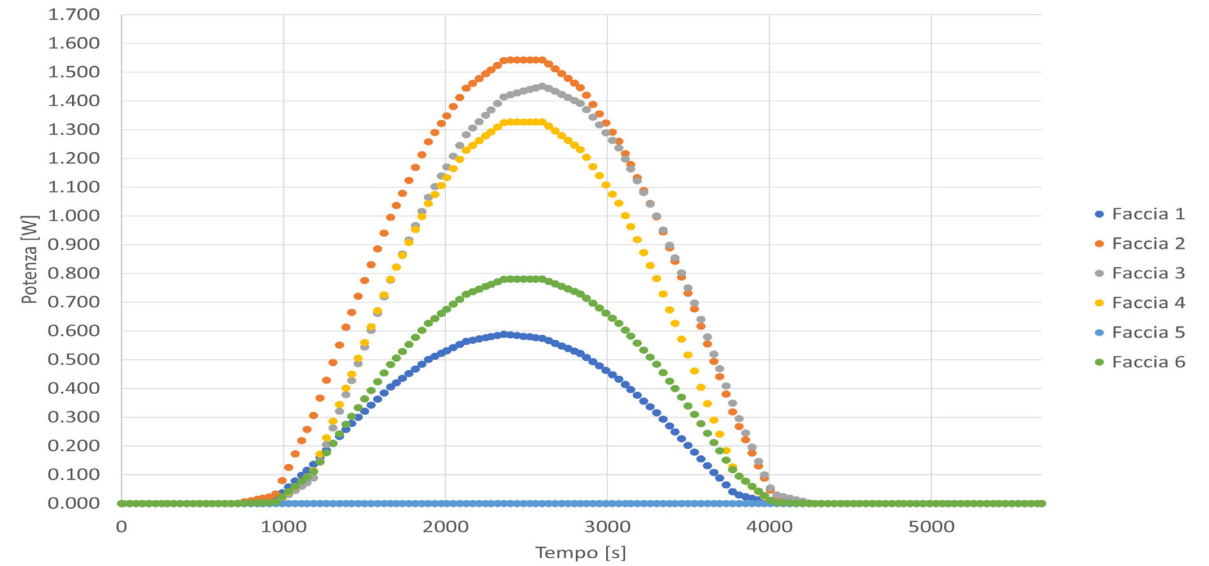
Potenza Flusso Solare 23/12/2024



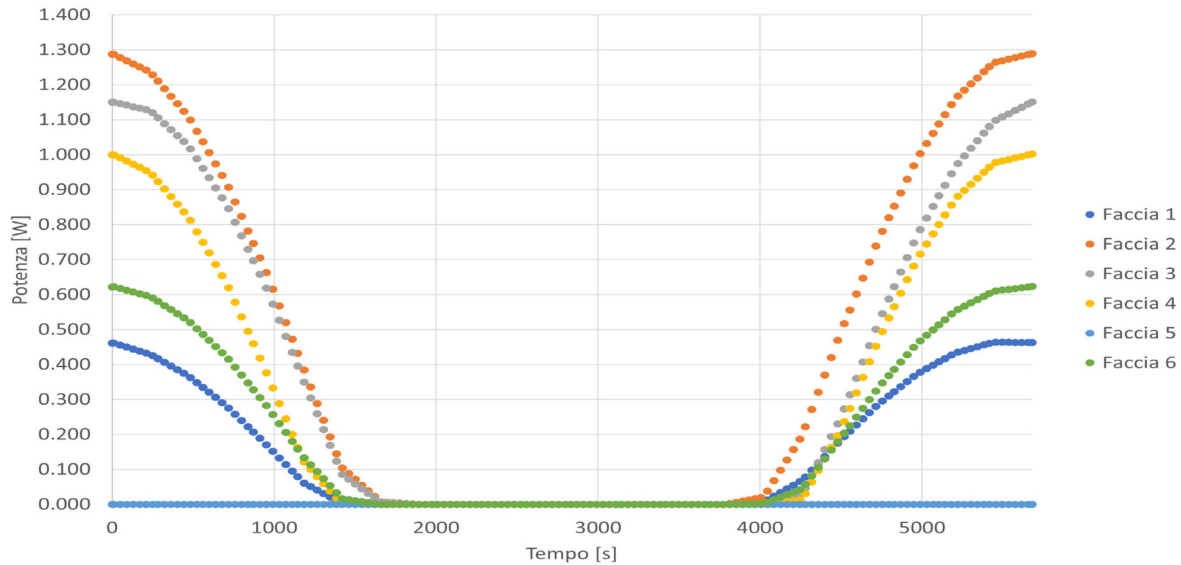
Potenza Flusso Albedo 23/03/2024



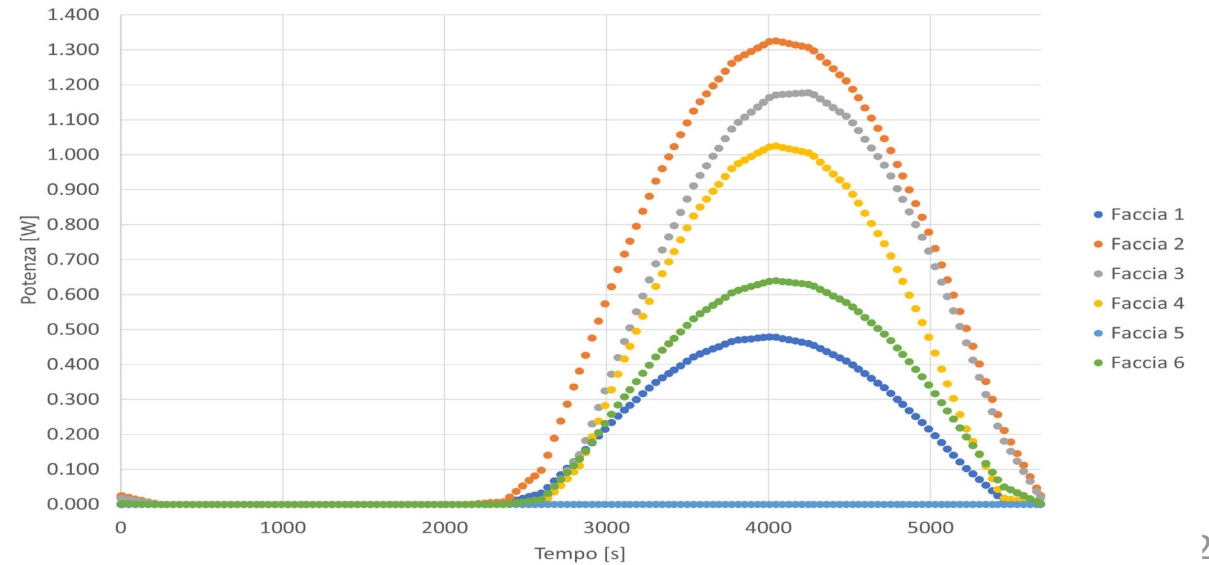
Potenza Flusso Albedo 23/06/2024



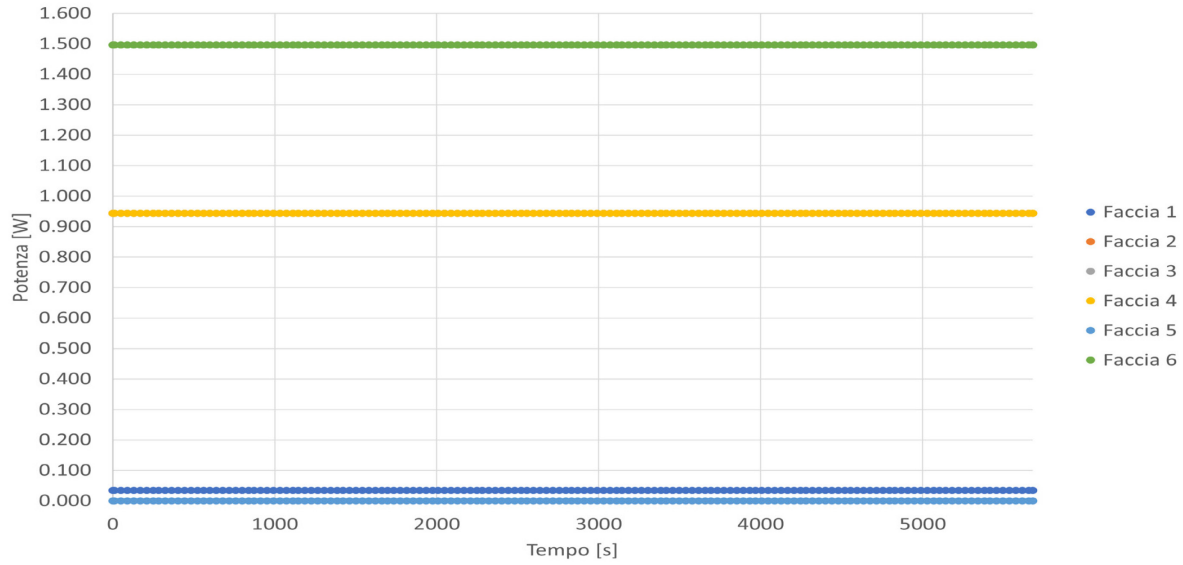
Potenza Flusso Albedo 23/09/2024



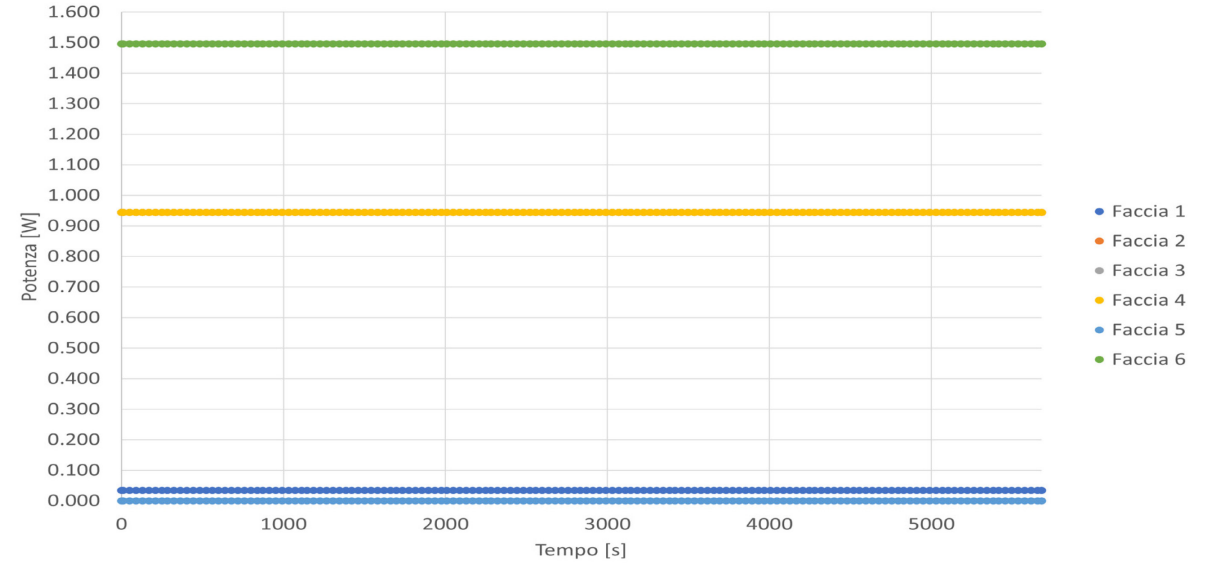
Potenza Flusso Albedo 23/12/2024



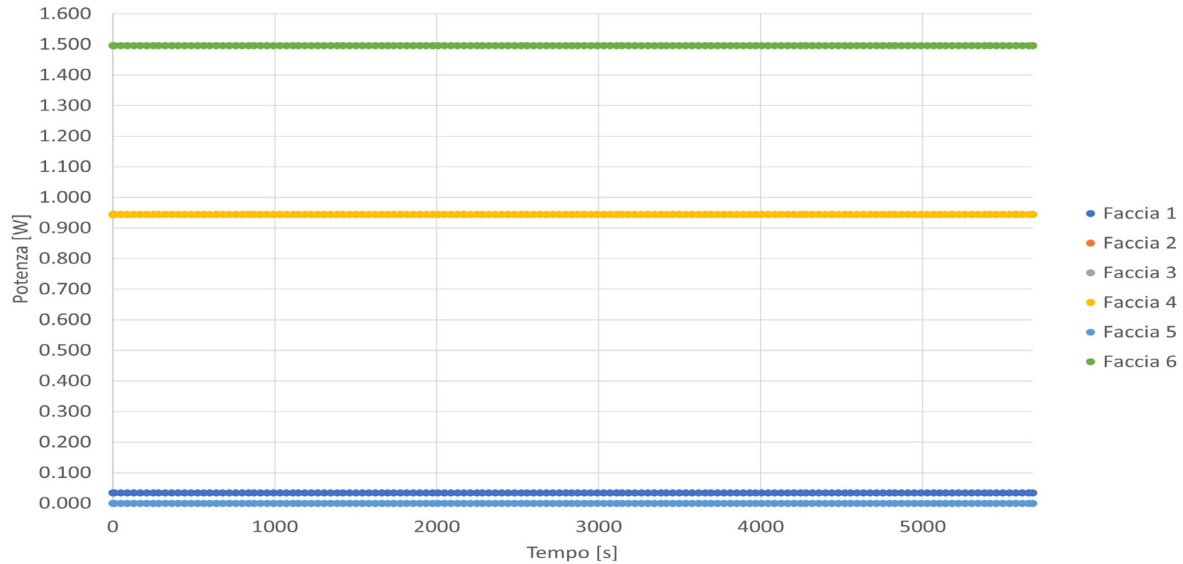
Potenza Flusso Planetario 23/03/2024



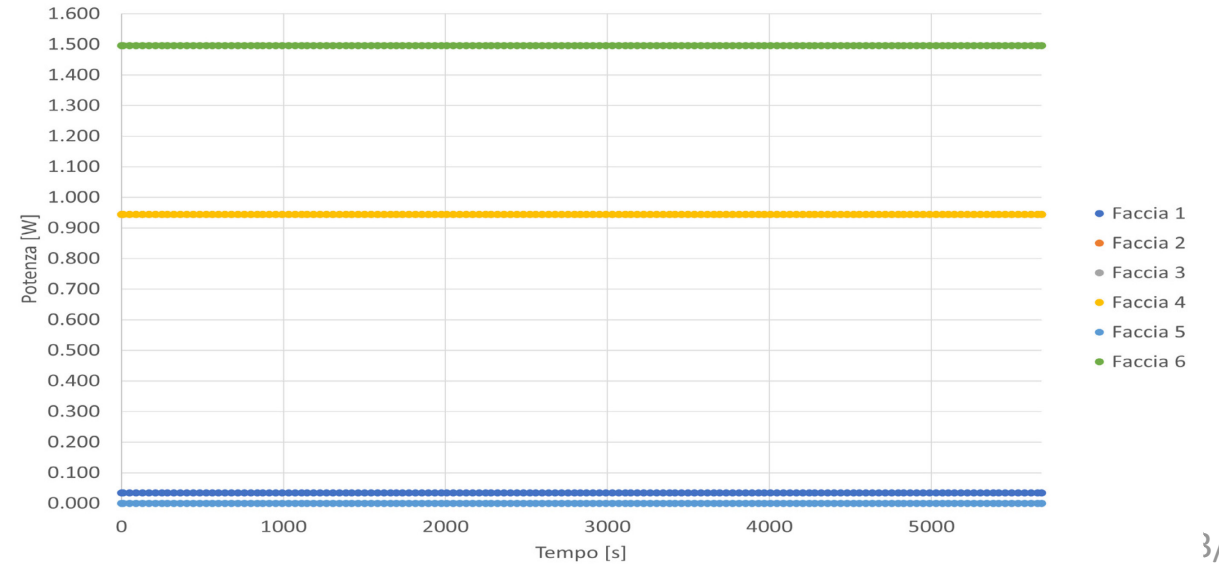
Potenza Flusso Planetario 23/06/2024



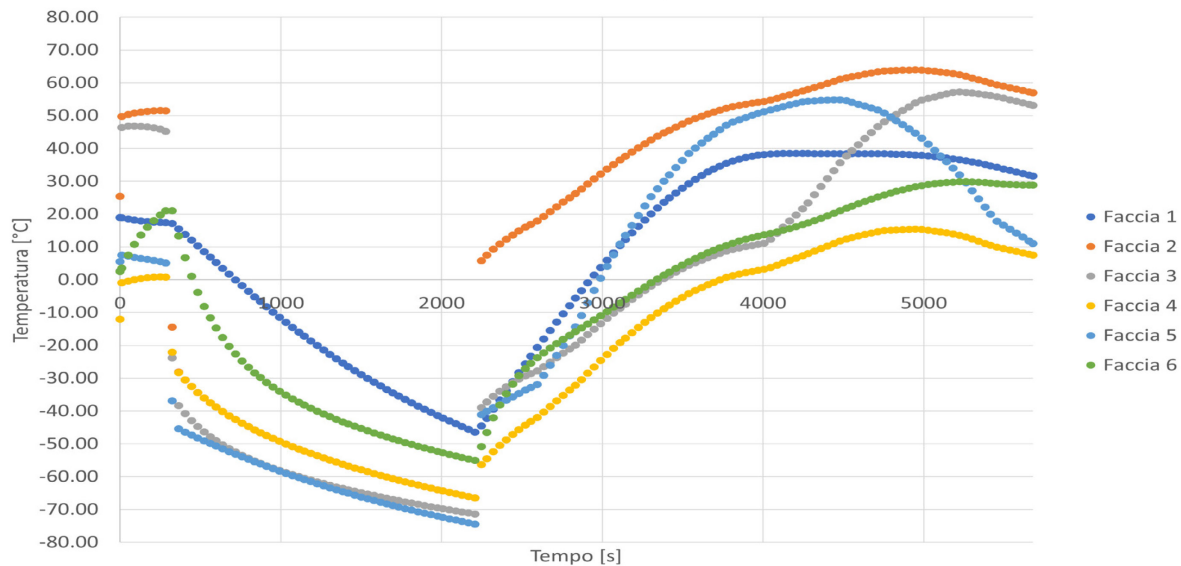
Potenza Flusso Planetario 23/09/2024



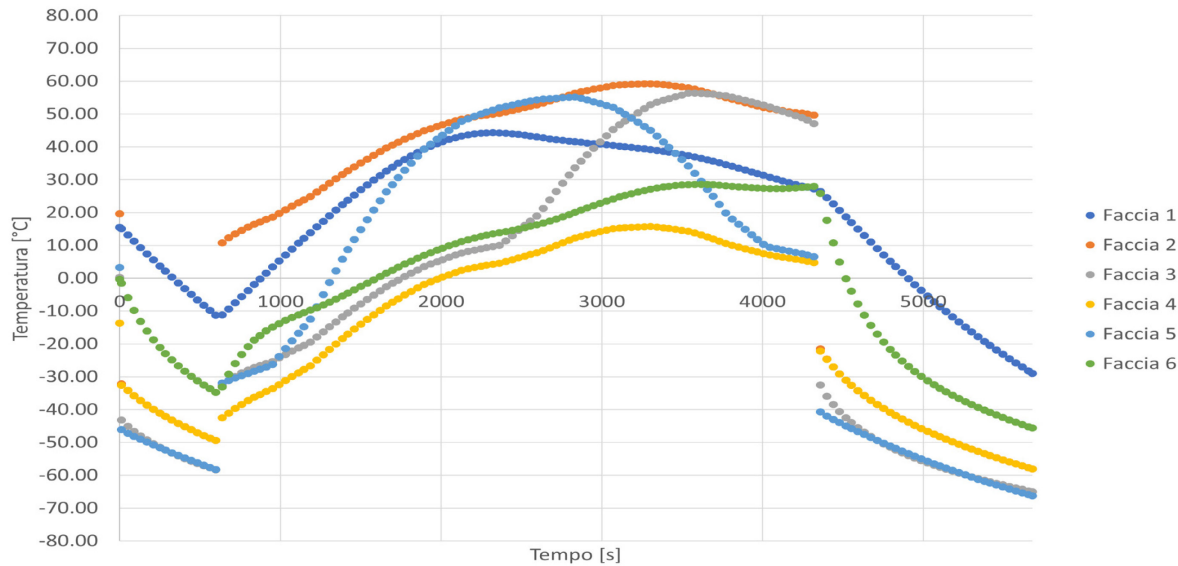
Potenza Flusso Planetario 23/12/2024



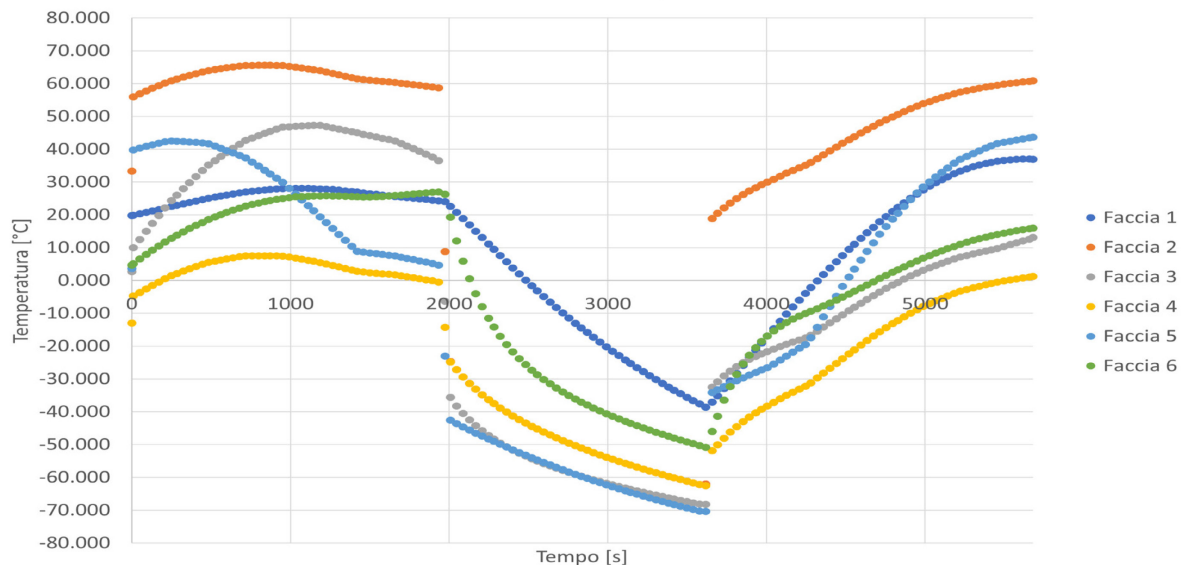
Temperature 23/03/2024



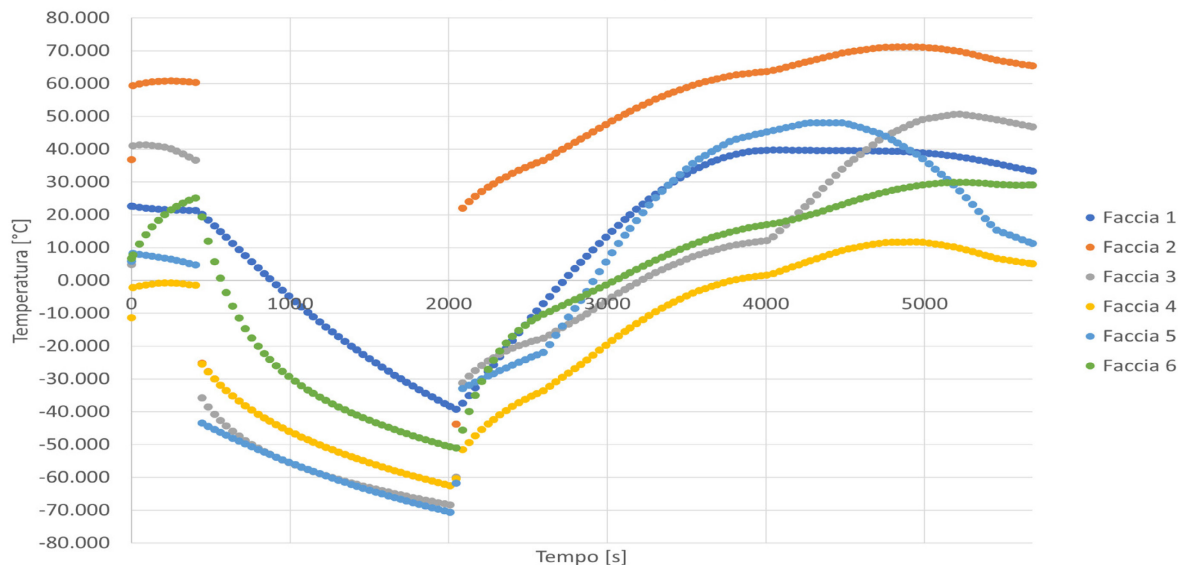
Temperature 23/06/2024



Temperature 23/09/2024



Temperature 23/12/2024



Analizzando le temperature ottenute



WCC:

- Orbita 23/03/2024
- Temperatura minima: -75 °C



WHC:

- Orbita 23/12/2024
- Temperatura massima: +72 °C

Sarà necessario procedere con ulteriori simulazioni che dovranno tener conto di eventuali generazioni interne da parte delle componenti elettroniche e verificare che le temperature superficiali interne restino entro gli intervalli di tolleranza specifici, nel peggior caso caldo (WHC) e nel peggior caso freddo (WCC).