

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Corso di Laurea in INGEGNERIA AEROSPAZIALE

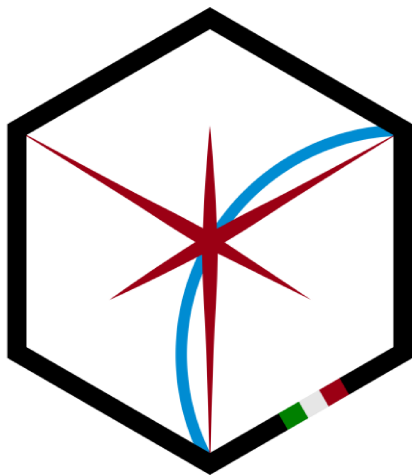
Relazione per la prova finale

DETERMINAZIONE ORBITALE PRECISA PER  
ALBA CUBESAT TRAMITE SATELLITE LASER RANGING

Tutor universitario: Prof. Giacomo Colombatti

Laureanda: Eleonora Zulli  
mat: 2001811

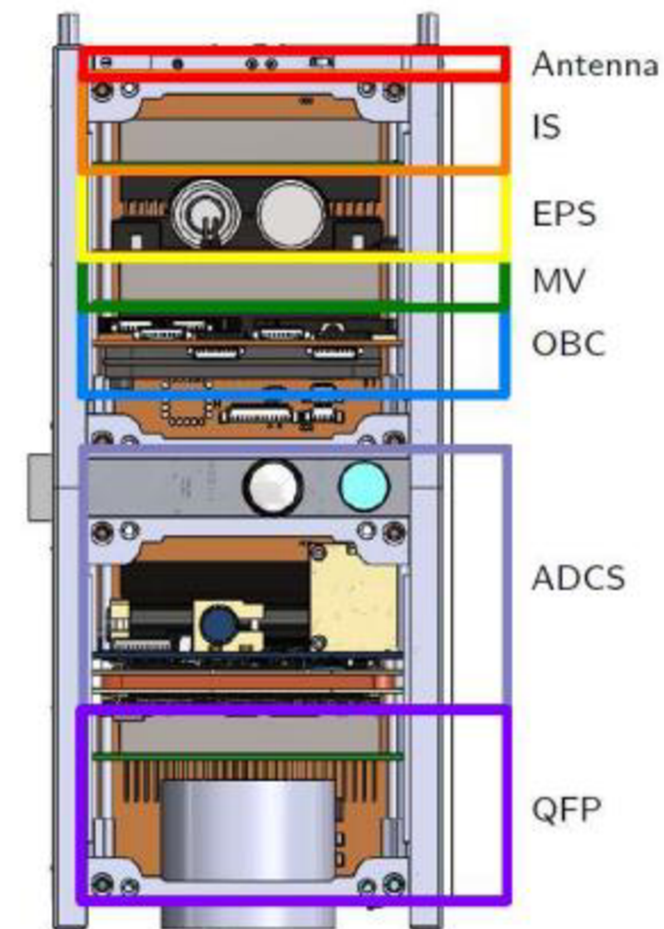
Padova, 21/09/2023



- Partecipazione programma ESA «Fly your satellite! – Design booster»
- Progettazione di un cubesat 2U

### Obiettivi della missione:

- Studio ambiente detriti spaziali in orbita LEO
- Studio micro vibrazioni a bordo del satellite
- Determinazione orbitale precisa tramite laser ranging
- Trovare dei sistemi alternativi per una comunicazione quantistica applicata ai nanosatelliti (Collaborazione con Quantum Future)



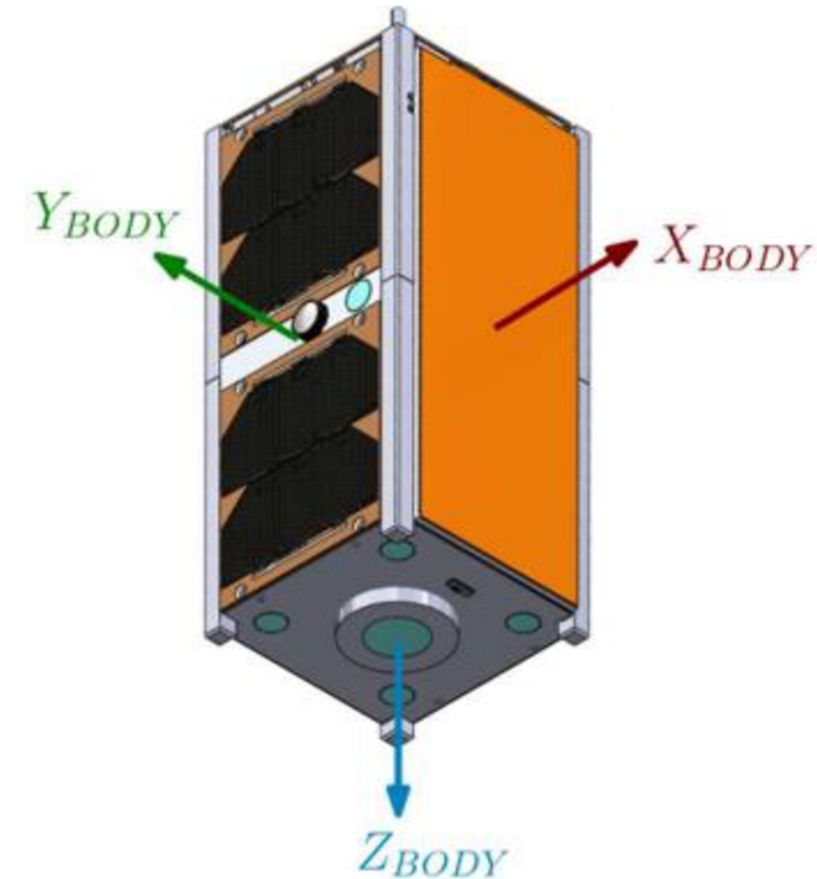
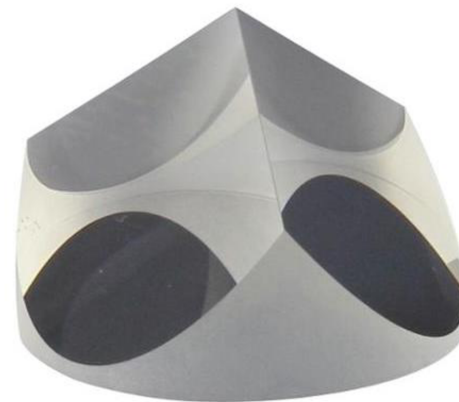
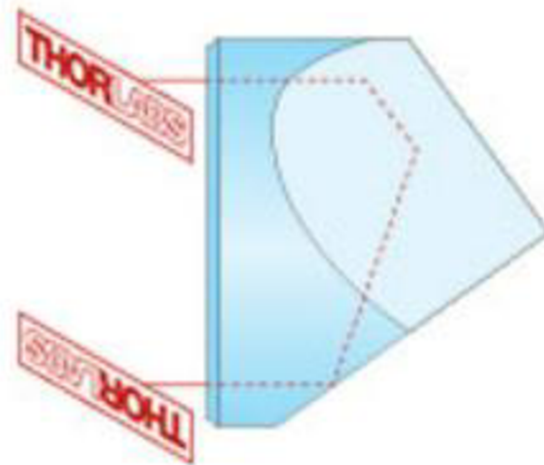


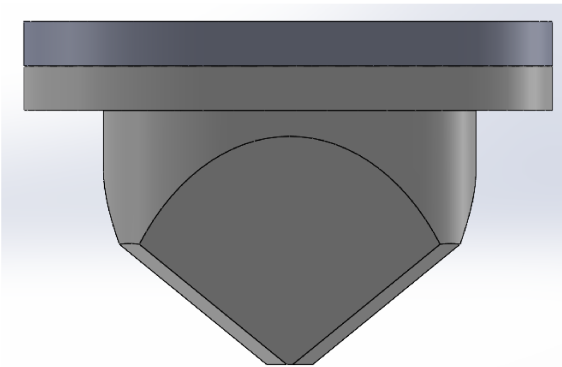
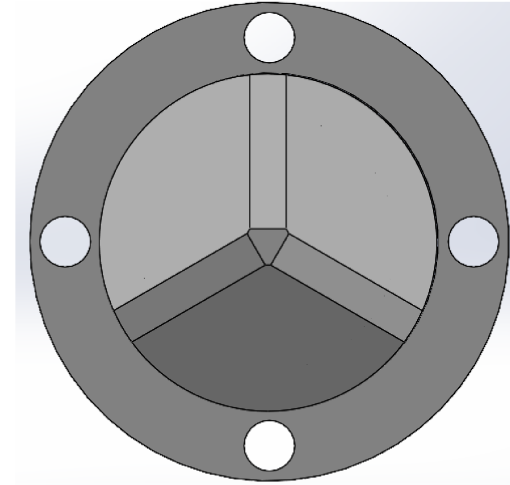
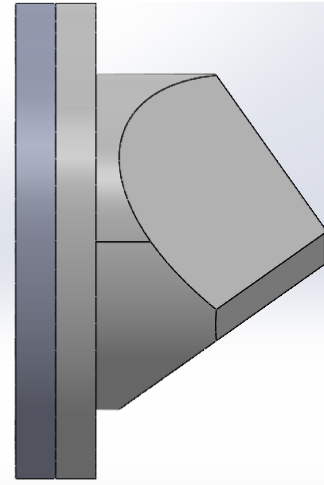
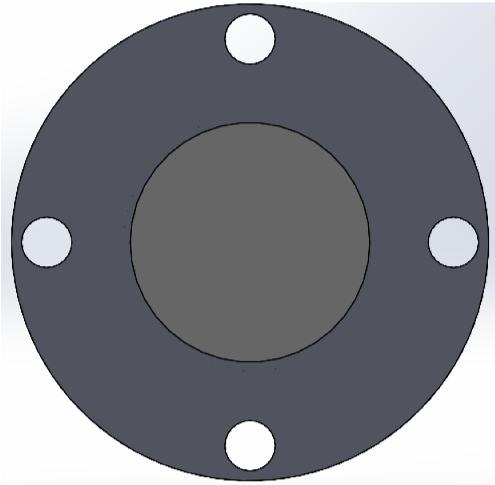


1. Progettazione della struttura di montaggio per i Corner Cube Reflectors
2. Performazione di una determinazione orbitale
3. Stima del numero di Ground Stations necessarie

- CCR prismatico
- $\varnothing$  12.7 mm
- Vetro N-BK7
- Inversione raggio  $180^\circ$

- 7 CCR
- Posizionamento:
  - 4 +Z\_body
  - 1 -Z\_body
  - 1 +Y\_body
  - 1 -Y\_body





Modello realizzato con Solidworks

Materiali scelti per la realizzazione:

- Resina epossidica
- Alluminio, preferibilmente a scelta tra:
  - Lega 2000 (Al-Rame) «Avional»
  - Lega 7000 (Al-Zinco e Manganese) «Ergal»

Viti tipo M2

Descrizione della posizione di un satellite tramite i suoi parametri orbitali caratteristici



Modalità n° 1:

- Propagazione TLE tramite modelli orbitali numerici (Es: SGP-4)
- TLE forniti da NORAD (North America Aerospace Defence Command)



Modalità n°2:

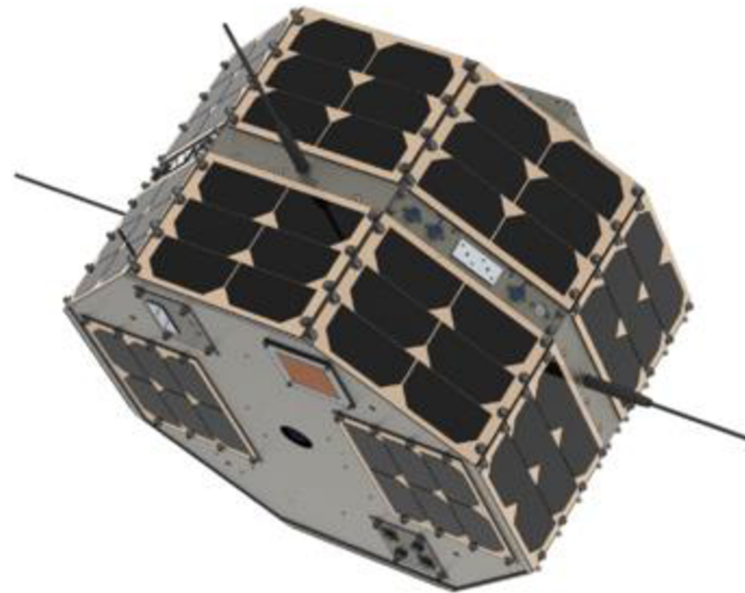
- Ricostruzione orbita tramite dati ricavati tramite ricevitori di bordo
- Banca dati GNSS (Global Navigation Satellite System)  
O ILRS (International Laser Ranging Service)

## Parametri orbitali di **Alba CubeSat**:

- Altitudine: 500 km
- Eccentricità  $e=0$
- Inclinazione  $i=96^\circ$

## Parametri orbitali di **TechnoSat**:

- Altitudine:  $600 \pm 8$  km
- Eccentricità  $e=0 \pm 0.0016$
- Inclinazione:  $i=97.6^\circ$



© Barschke

- Necessità di una stima della qualità della previsione dell'orbita
- Necessità di usare dati reali ricavati da misurazioni con laser ranging
- Similitudine orbitale
- Prima approssimazione determinazione numero stazioni di terra



- Programma scritto in Python
- Utilizzo di Orekit
- Modificato per lo scopo a partire da un codice su GitHub

Il codice in breve:

1. Download di un' orbita di first guess da SpaceTrack
2. Download dati ricavati dal laser ranging
3. Utilizzo dei dati tramite Orekit
4. Propagazione dell'orbita
5. Confronto dell'orbita propagata con la first guess

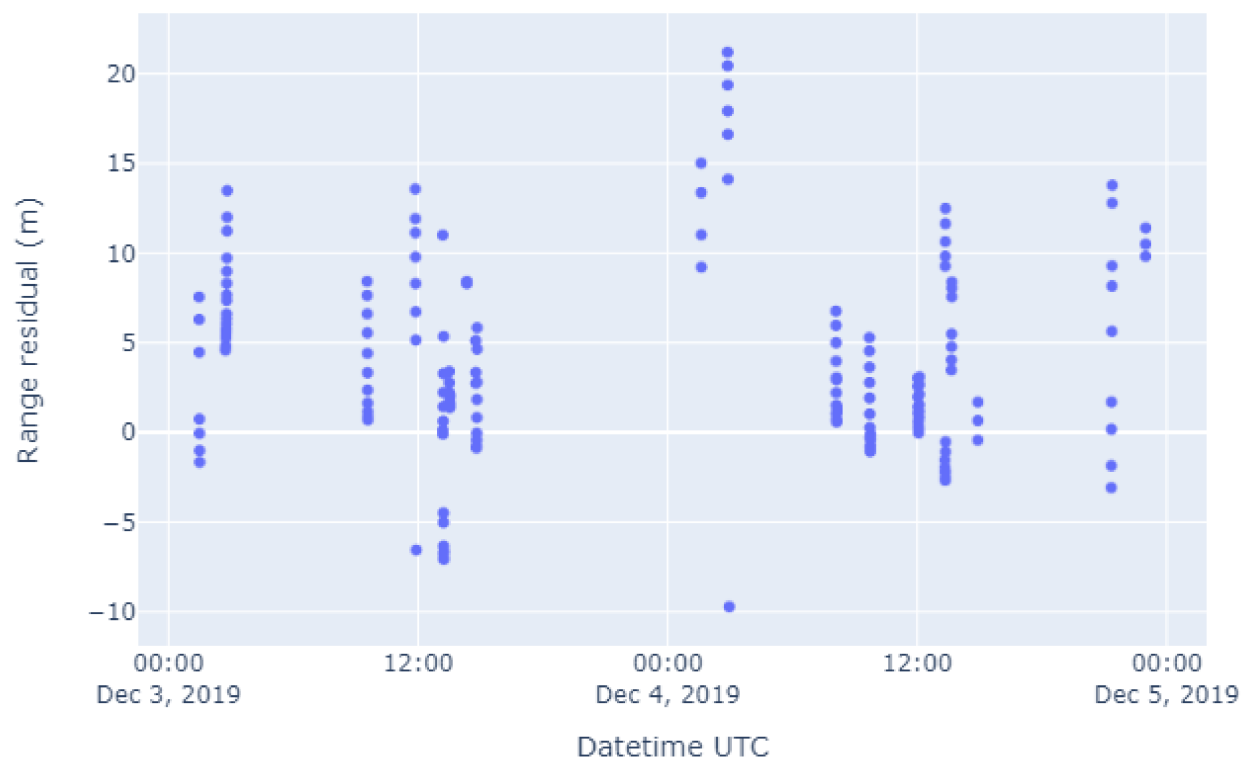


Altre note utili:

- Propagatore SGP4
  - Potenziale gravitazionale
  - Attrazione luni-solare
  - Pressione di radiazione solare
  - Drag atmosferico
- Estimatore Batch
- CPF
- Normal Point Data
- TLE

Position std: cross-track  $9.030e-02$  m, along-track  $3.719e-01$  m, out-of-plane  $2.267e-01$  m  
Velocity std: cross-track  $3.581e-04$  m/s, along-track  $9.809e-05$  m/s, out-of-plane  $2.741e-04$  m/s

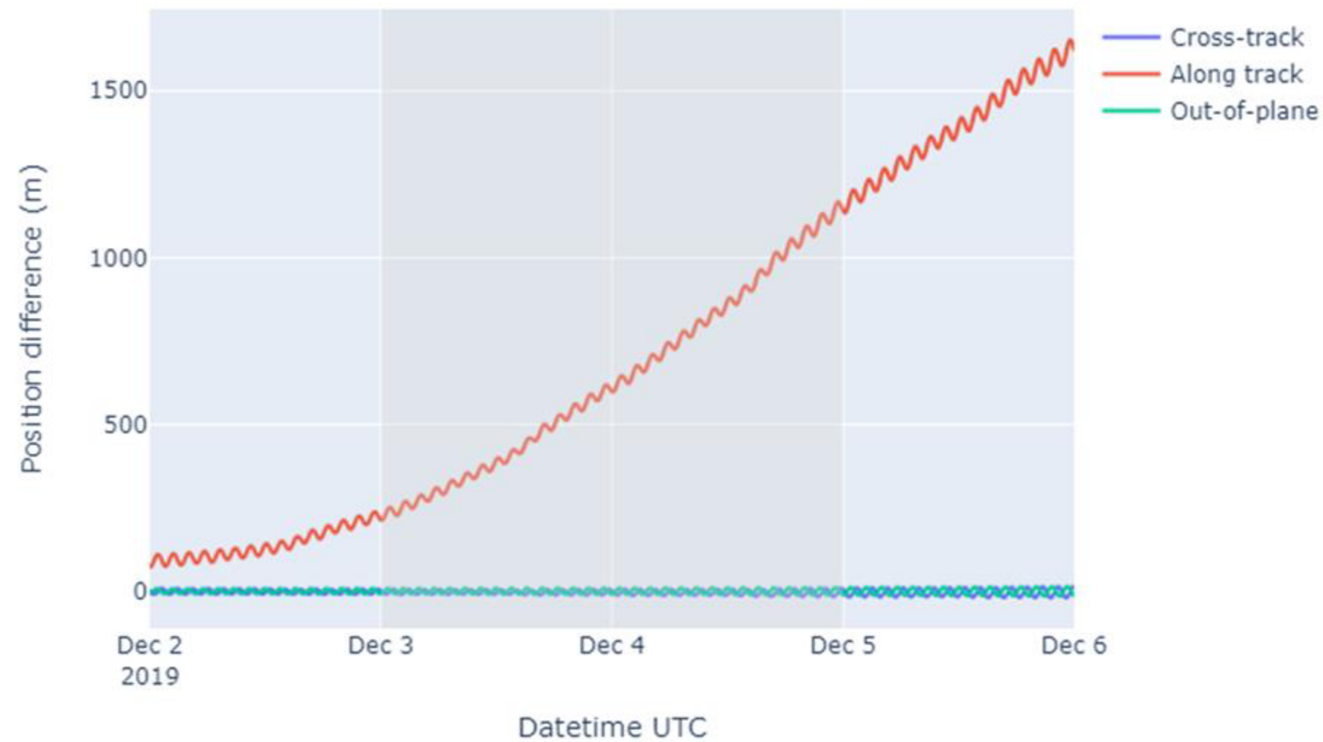
Range residuals



- In alto: standard deviation o «Root Mean Square Error»
- In basso: Range residuals delle misurazioni utilizzati per il calcolo della Standard Deviation

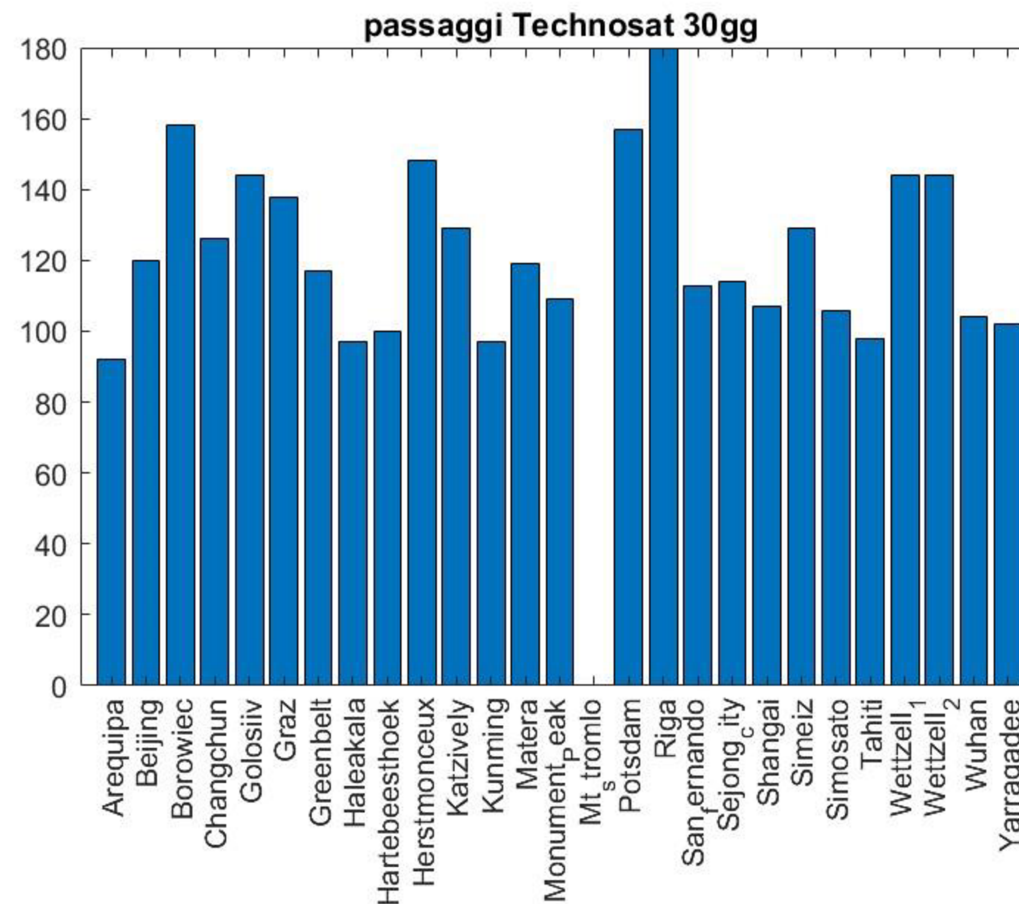
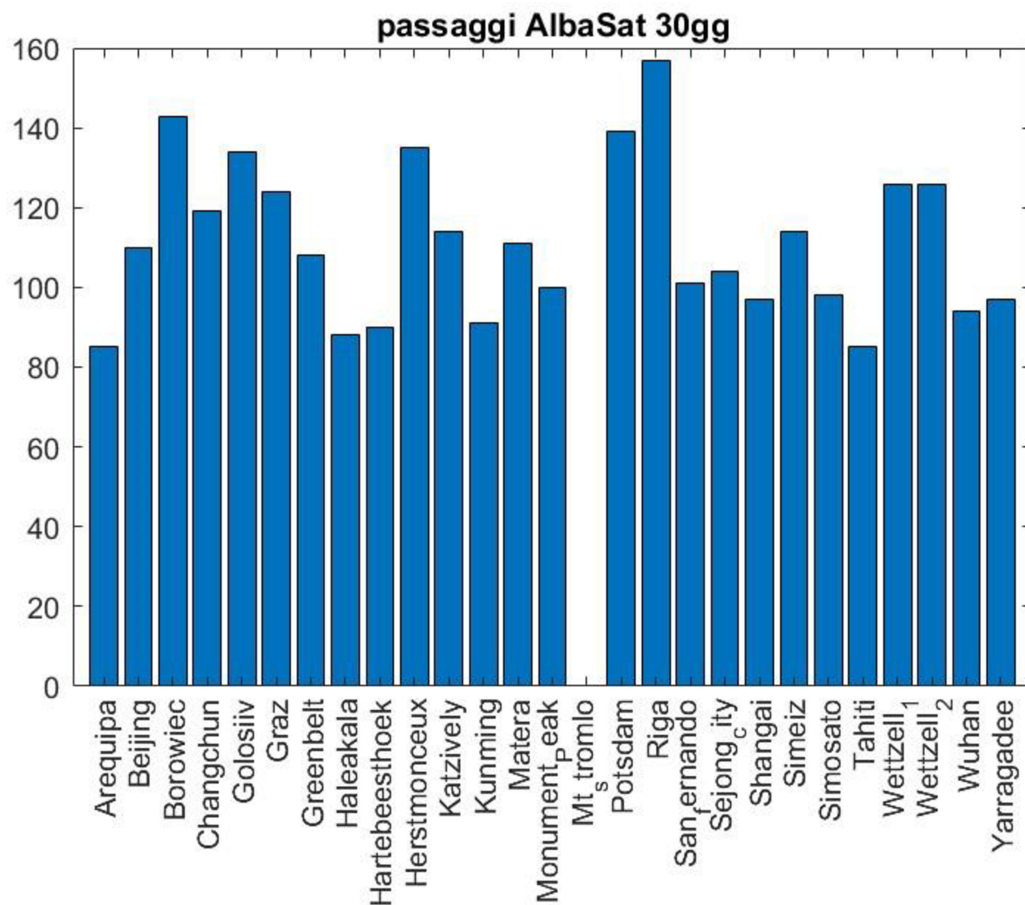


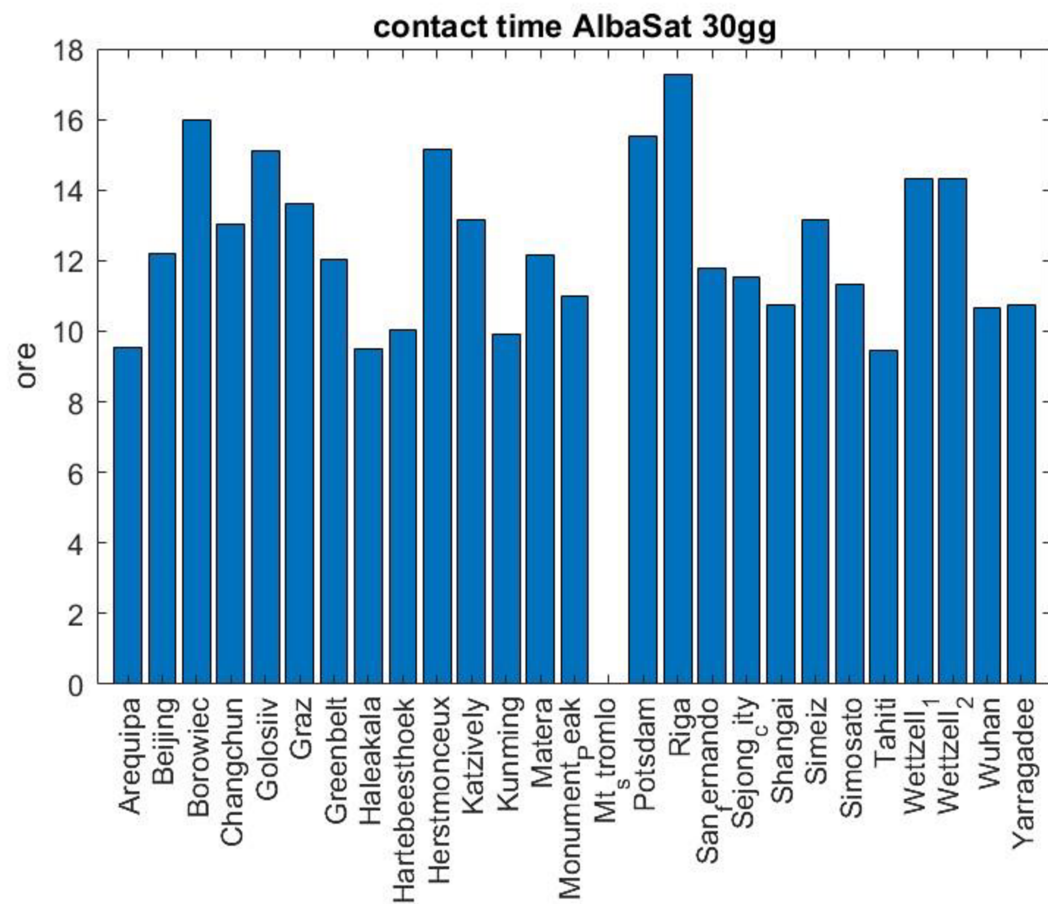
Delta position between CPF and estimation in LVLH frame



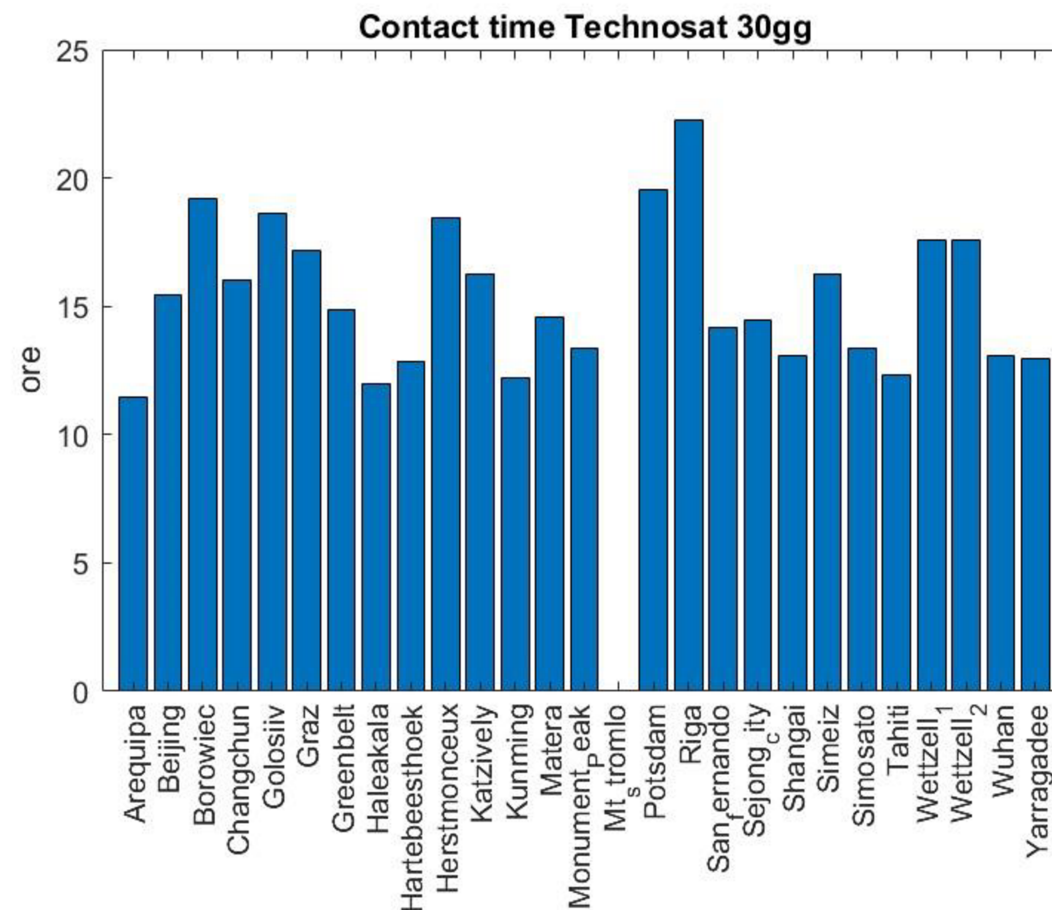
- Differenza tra determinazione nel file CPF antecedente alla prima misurazione di laser ranging usata e la determinazione orbitale effettuata
- La zona evidenziata è quella relativa all'arco temporale a cui risalgono i range data usati per le stime.
- Componente Along track: maggior differenza

I risultati ottenuti su Technosat possono essere considerati analoghi a quelli che potremmo ottenere per AlbaSat?  
Usiamo GMAT ed elaboriamo i dati su Matlab ed Excel





Ore totali AlbaSat: 323.26



Ore totali TechnoSat: 399.18

- Abbiamo una stima di massima del numero di stazioni necessario
- Il tempo di contatto totale di AlbaSat è del 19% inferiore rispetto al tempo di contatto totale di TechnoSat
  - Questo potrebbe portare ad una precisione inferiore nella ricostruzione dell'orbita



Il proseguimento del lavoro consiste nell'effettuare ulteriori analisi che possono portare a diverse conclusioni:



Accettazione del livello di precisione con le Ground Stations considerate



Incremento numero di Ground Stations o scelta di Ground Stations differenti



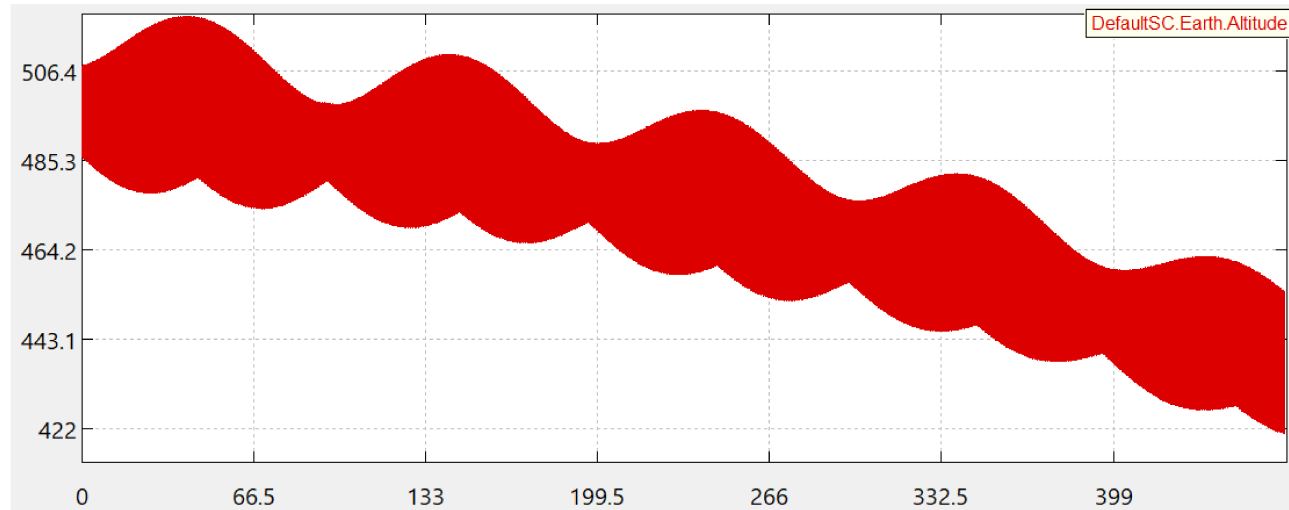
Eventuale decremento del numero di Ground Stations:

- Rispetto della precisione desiderata
- Rispetto budget economico

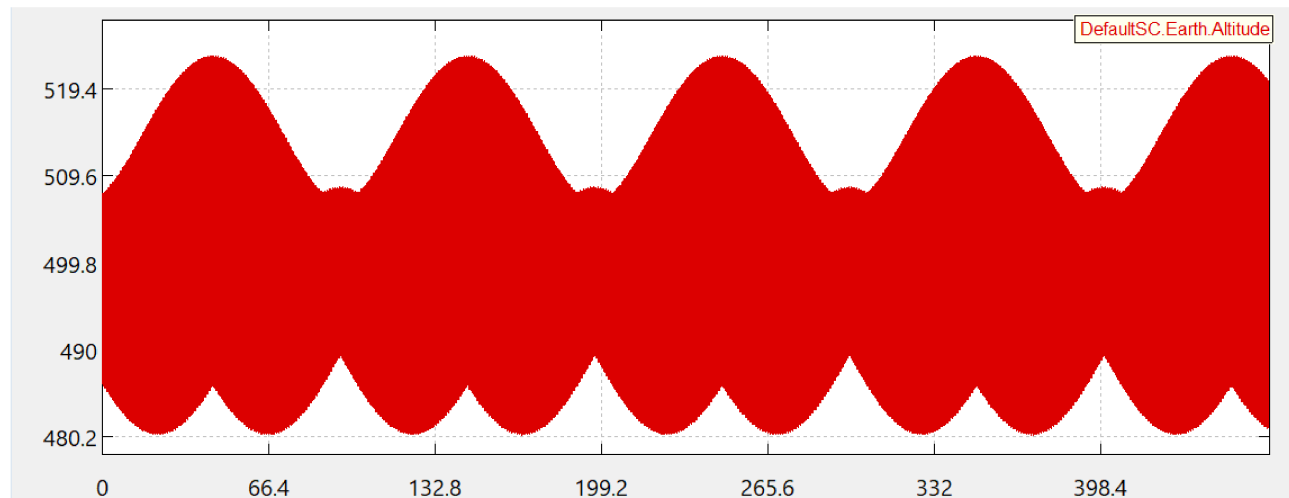


Simulazione  
effettuata su GMAT

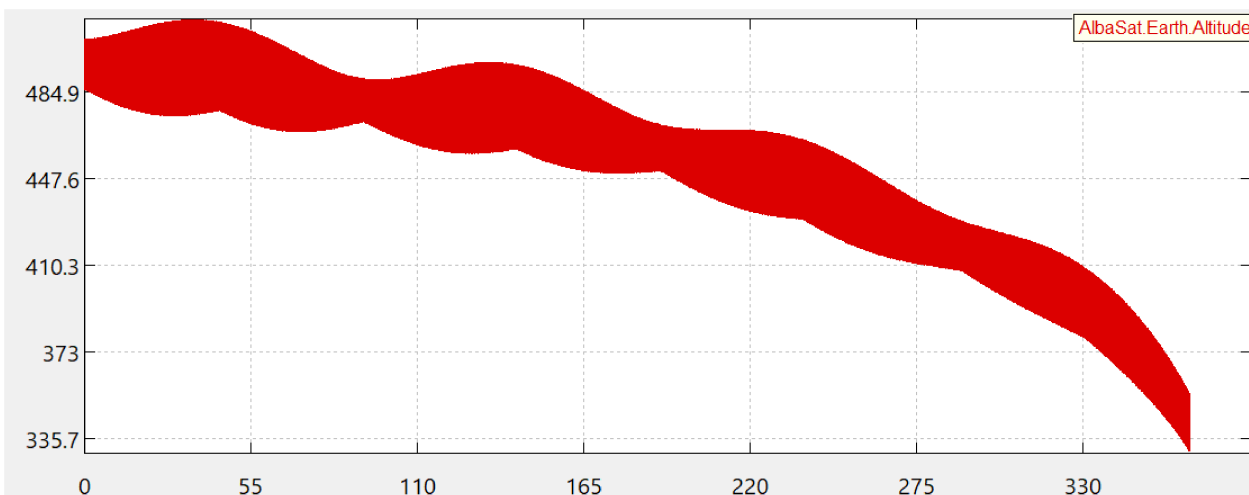
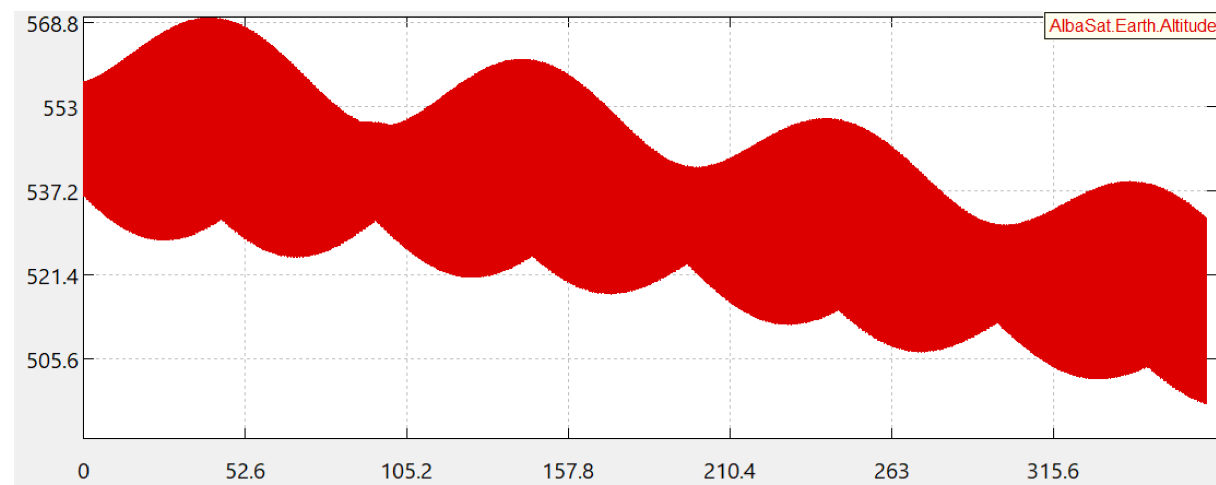
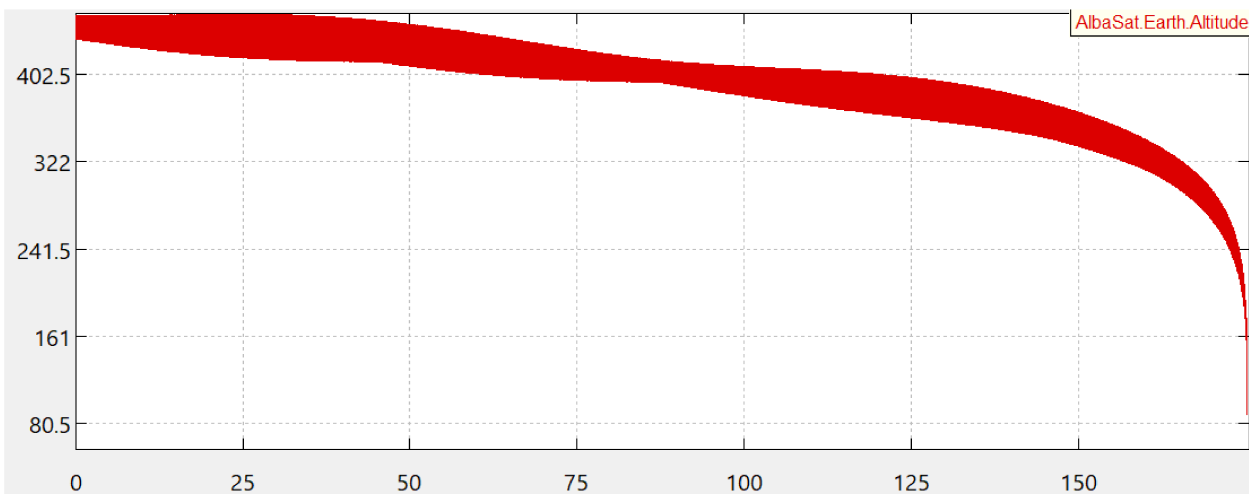
- Asse x: giorni trascorsi
- Asse y: andamento altitudine AlbaSat



Andamento  
altitudine  
considerando il  
Drag atmosferico



Andamento  
altitudine senza  
effetti  
perturbativi



Andamento con altitudine di partenza pari a:

- 500 km (a sinistra)
- 450 km (in lato a sinistra)
- 550 km (in alto a destra)

Sovrapposizione dell'effetto delle seguenti perturbazioni:

- Drag Atmosferico
- Attrazione gravitazionale Luna e Sole
- Pressione di radiazione solare

[General Mission Analysis Tool \(GMAT\) \(sourceforge.net\)](#)  
[Satellite Drag | NOAA / NWS Space Weather Prediction Center](#)  
<https://edc.dgfi.tum.de/en/satellites/technosat/npt2/tracking/>  
[TIR Retroreflector Prisms \(thorlabs.com\)](#)  
[cpf\\_1.01.pdf \(nasa.gov\)](#)  
[CDDIS | | Data and Derived Products | SLR | Normal point data \(nasa.gov\)](#)  
[ILRS | Missions | Satellite Missions | Current Missions | tech general \(nasa.gov\)](#)  
[SGP4 Propagator \(agi.com\)](#)  
[GitHub - GorgiAstro/laser-orbit-determination](#)  
[Space-Track.org](#)  
[Register | EUROLAS Data Center \(EDC\) \(tum.de\)](#)

[1] Sośnica, Krzysztof. (2014). Determination of Precise Satellite Orbits and Geodetic Parameters using Satellite Laser Ranging.

[2] Filippo Graziani, Simone Battistini,  
13 - Orbit determination and control system,  
Editor(s): Chantal Cappelletti, Simone Battistini, Benjamin K. Malphrus,  
Cubesat Handbook,  
Academic Press,  
2021,  
Pages 251-261

[3] Development of a multi-payload 2U CubeSat: the Alba project Federico Basana, Alexandru Andrei Avram,  
Francesco Fontanot, Luca Lion, Alessandro Francesconi



*GRAZIE PER L'ATTENZIONE!*