



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
CAMPUS DI FORLÌ

# La tecnologia dei minisatelliti: nuove frontiere dell'esplorazione spaziale

**11/04/2025**

**Dario Modenini**

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale Aerospaziale

# Esplorazione spaziale e miniaturizzazione

Oggi per esplorare lo spazio non servono più satelliti «giganteschi» e budget miliardari



- Già in atto da decenni su numerosi aspetti della tecnologia di tutti i giorni
- Da 20 anni presente anche nel settore aeronautico

# Cos'è un minisatellite?

## Small Satellites

- Small-sat: 200kg – 500 kg
- Mini-sat: 100 kg – 200 kg
- Micro-sat: 10 kg – 100 kg
- Nano-sat: 1 kg – 10 kg
- Pico-sat: 0.1 kg – 1 kg
- Femto-sat: 0.001 kg - 0.1



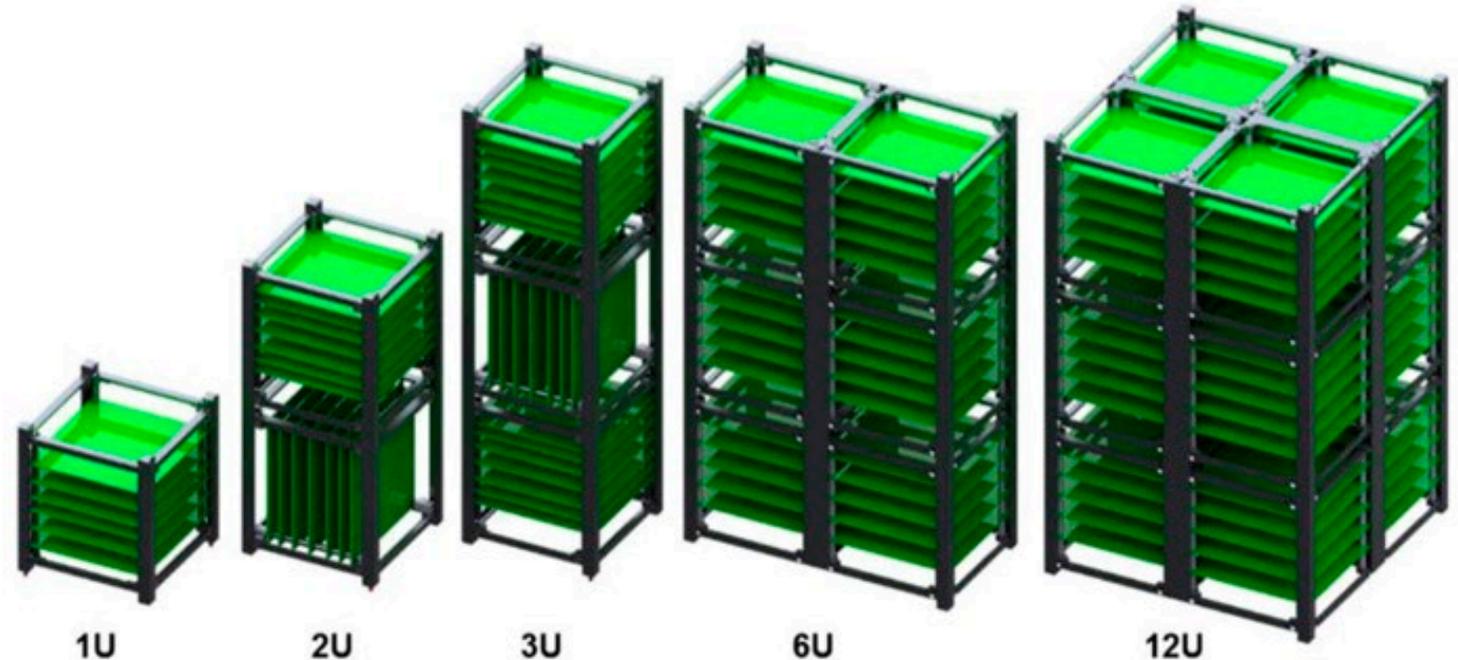
# CubeSat: standardizzare la produzione di satelliti

**Cubesat** - appartenenti alla categoria dei **nano/micro-satelliti**, nella loro unità fondamentale (1U) di circa **10cm x 10cm x 10cm** e di **1 kg di peso circa** rappresentano il mattone fondamentale della **New Space Economy**.

Caratterizzati «by design» da una estrema **modularità**

La principale rivoluzione dei Cubesat è rappresentata dall'introduzione di **standard di produzione**

- Accesso più ampio allo spazio
- **Costi ridotti**: anche università e scuole possono lanciare missioni
- Tempi di sviluppo più **brevi**
- **Democratizzazione** della tecnologia spaziale



# “CubeSat Revolution”

I piccoli satelliti dello standard CubeSats sono utilizzati ormai per tutti i tipi di missione tradizionalmente riservati ai «grandi satelliti»

Osservazione della Terra (clima, disastri naturali)

## Flock – Planet Labs

- **Tipo:** Costellazione di nanosatelliti (Dove satellites)
- **Scopo:** Osservazione terrestre ad alta risoluzione
- **Numero:** Centinaia di minisatelliti in orbita bassa



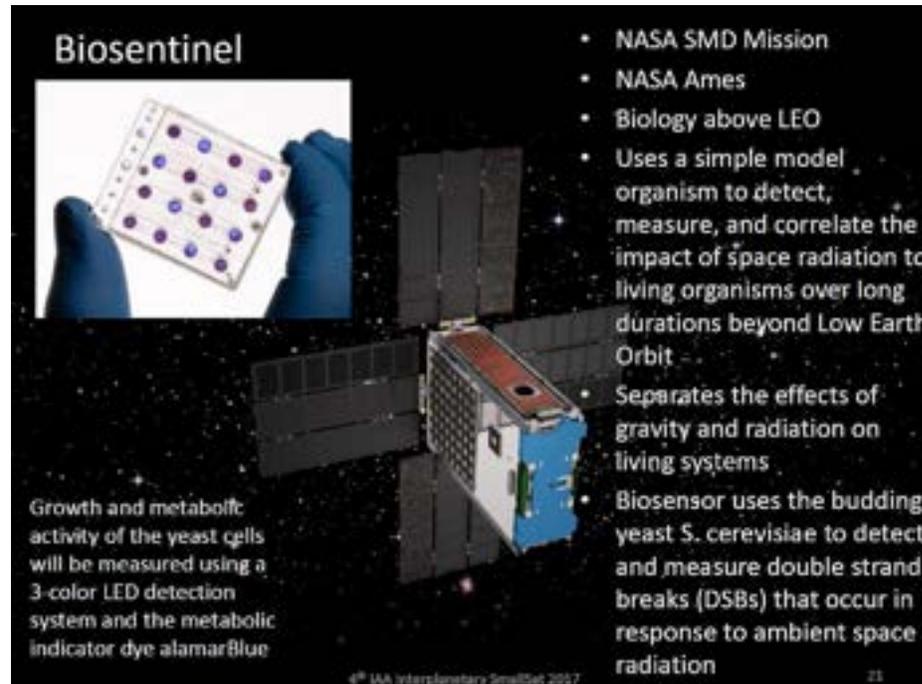
# “CubeSat Revolution”

I piccoli satelliti dello standard CubeSats sono utilizzati ormai per tutti i tipi di missione tradizionalmente riservati ai «grandi satelliti»

## Esperimenti Scientifici

### Biosentinel

- **Tipo:** CubeSat biologico per la missione Artemis 1
- **Scopo:** Studiare gli effetti delle radiazioni spaziali su lieviti vivi nel volo interplanetario



The poster for the Biosentinel mission features a central image of a person in blue gloves holding a petri dish with a grid of yeast cells. To the right, a small satellite is shown in space. The background is a dark starry field.

**Biosentinel**

- NASA SMD Mission
- NASA Ames
- Biology above LEO
- Uses a simple model organism to detect, measure, and correlate the impact of space radiation to living organisms over long durations beyond Low Earth Orbit
- Separates the effects of gravity and radiation on living systems
- Biosensor uses the budding yeast *S. cerevisiae* to detect and measure double strand breaks (DSBs) that occur in response to ambient space radiation

Growth and metabolic activity of the yeast cells will be measured using a 3-color LED detection system and the metabolic indicator dye alamarBlue

4<sup>th</sup> IAA Interplanetary SmallSat 2017 21

# “CubeSat Revolution”

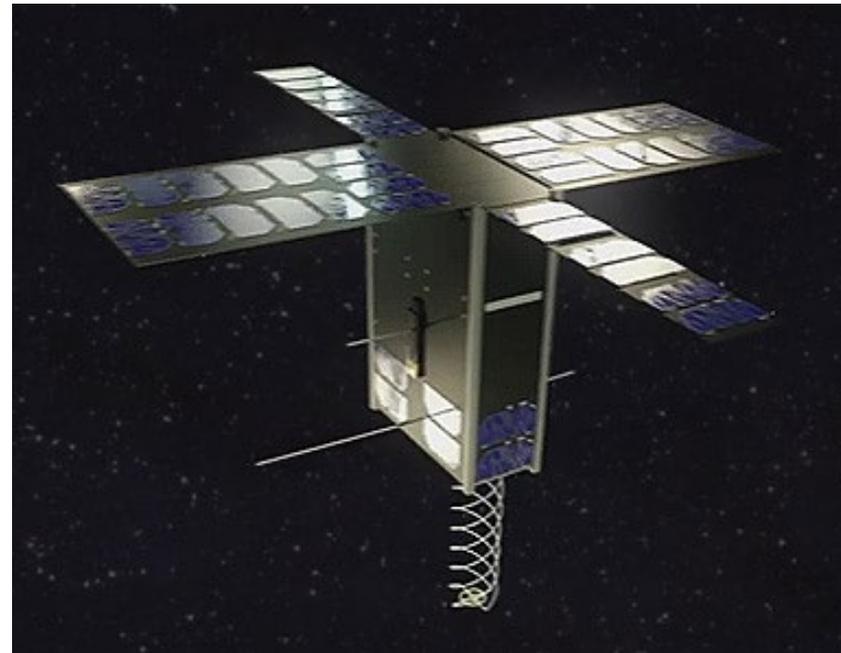
I piccoli satelliti dello standard CubeSats sono utilizzati ormai per tutti i tipi di missione tradizionalmente riservati ai «grandi satelliti»

- Comunicazioni (IoT, emergenze)

## Hiber - Paesi Bassi

IoT satellitare per monitoraggio remoto (ad es. pozzi, pipeline, container)

- **Scopo:** connessioni dati in aree colpite da calamità o inaccessibili



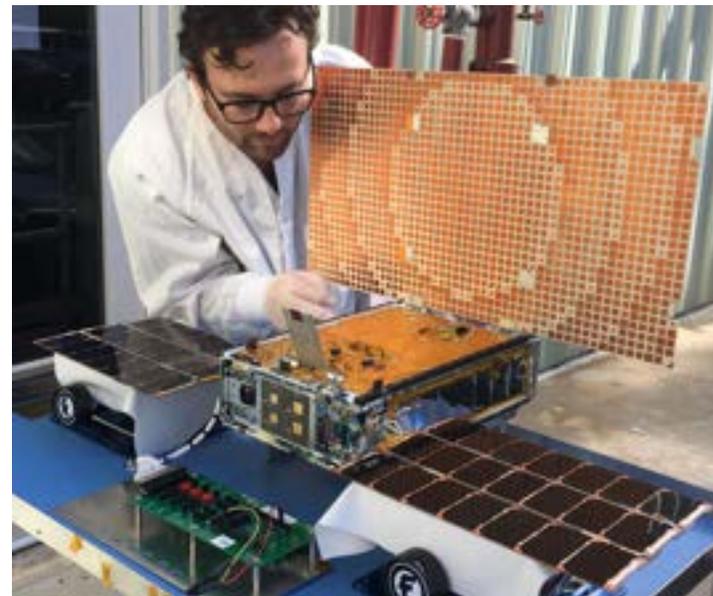
# “CubeSat Revolution”

I piccoli satelliti dello standard CubeSats sono utilizzati ormai per tutti i tipi di missione tradizionalmente riservati ai «grandi satelliti»

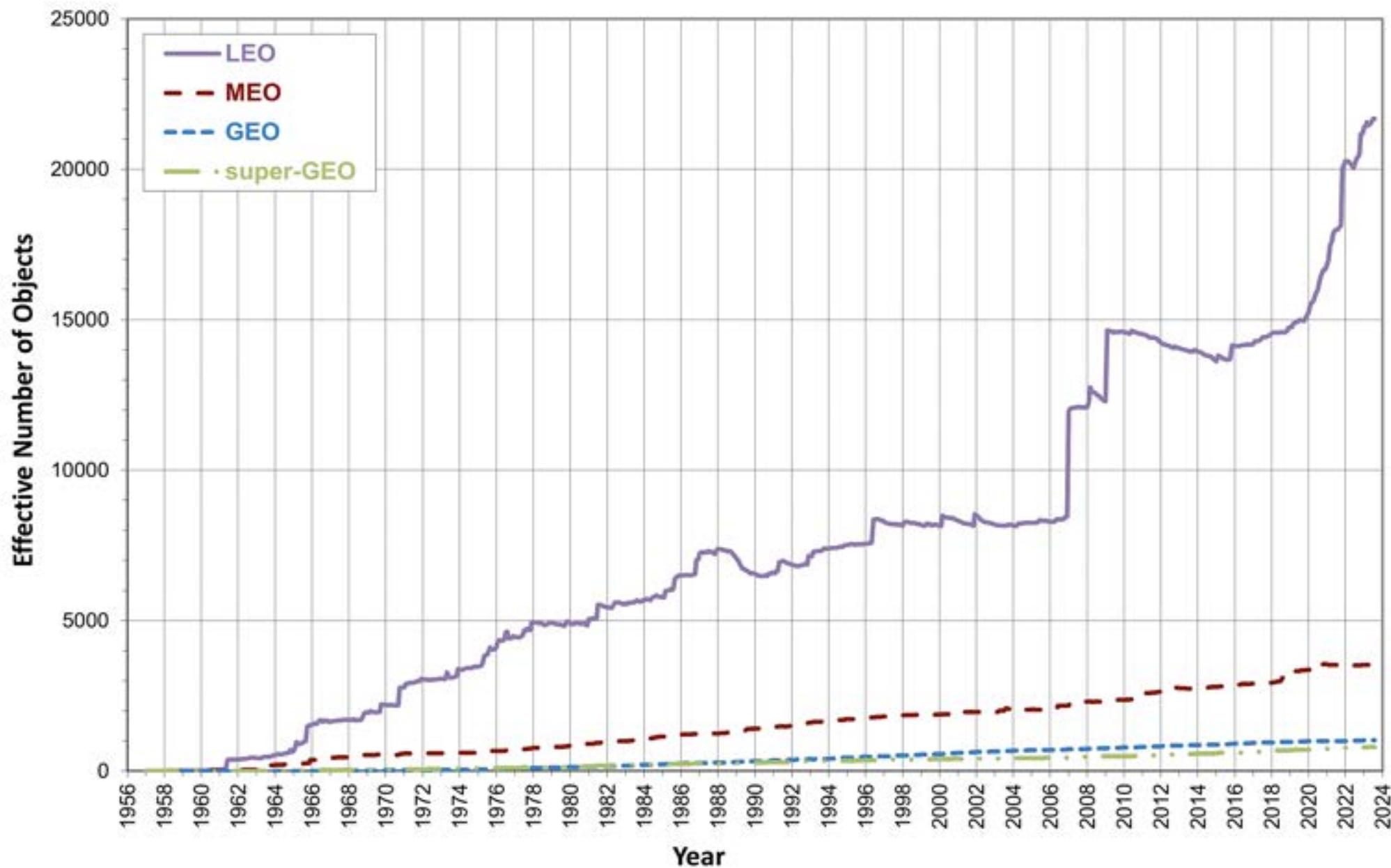
- Missioni interplanetarie

## MarCO - NASA

- **Tipo:** 2 CubeSat (MarCO-A e MarCO-B)
- **Scopo:** Primo utilizzo di CubeSat in una missione interplanetaria. «Accompagnatori» della sonda *InSight* su Marte, fungendo da relè per trasmettere in tempo reale i dati dell’atterraggio.



# Troppa facilità di accesso allo spazio orbitale?



# Traffico Spaziale

*If it's true that outer space is infinite, the near-Earth space it's not!*



*Prof. Moribah Jah*

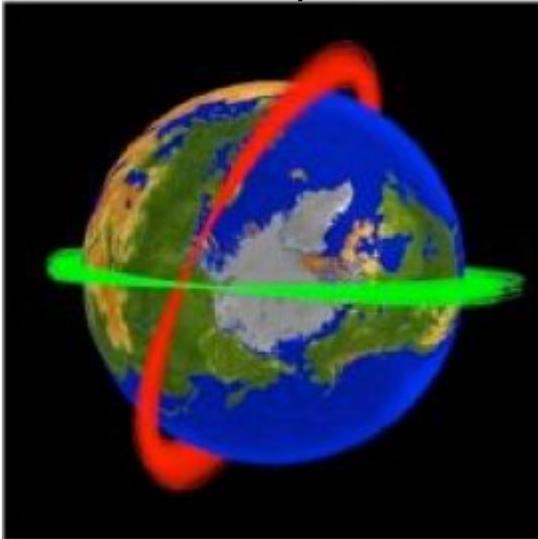
*Expert testimony at the U.S. Senate Committee on Commerce, Space and Transportation, 2020*



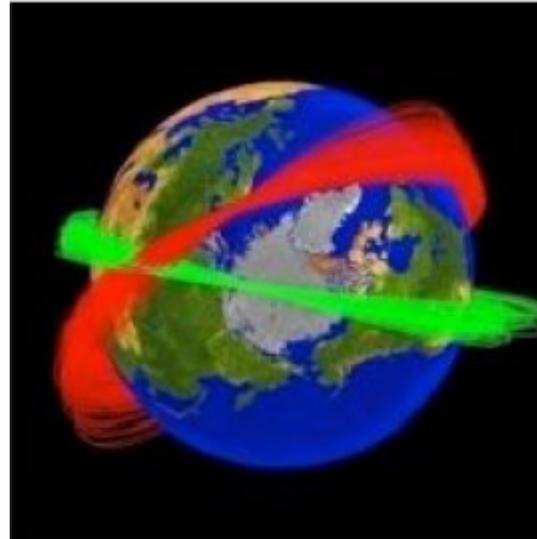
## Incidenti in orbita...

### Evoluzione temporale dei frammenti di una collisione

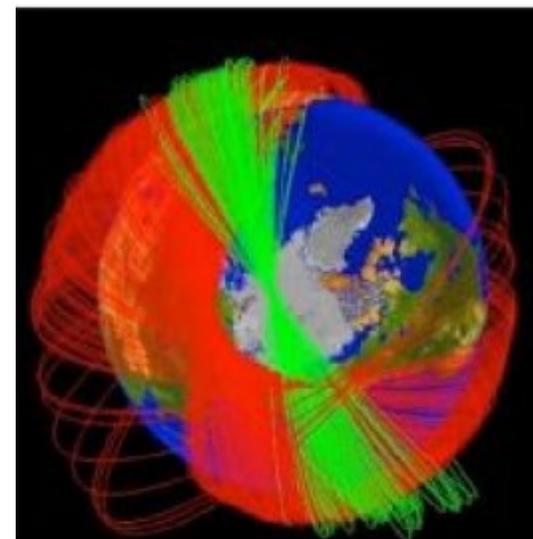
7 days



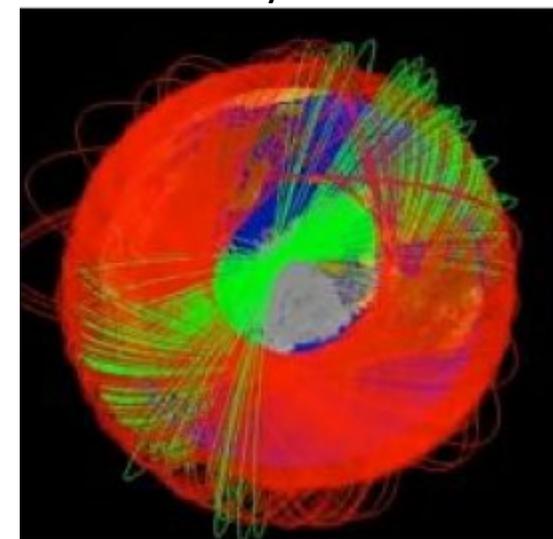
30 days



6 months

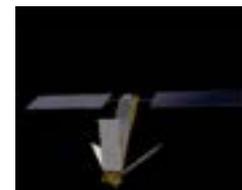


1 year



Il 10 febbraio 2009 si è verificato il primo incidente involontario tra veicoli spaziali

- **IRIDIUM 33**: US telecom sat (operativo)
- **KOSMOS2241**: Russian defense sat (non operativo)



IRIDIUM



KOSMOS



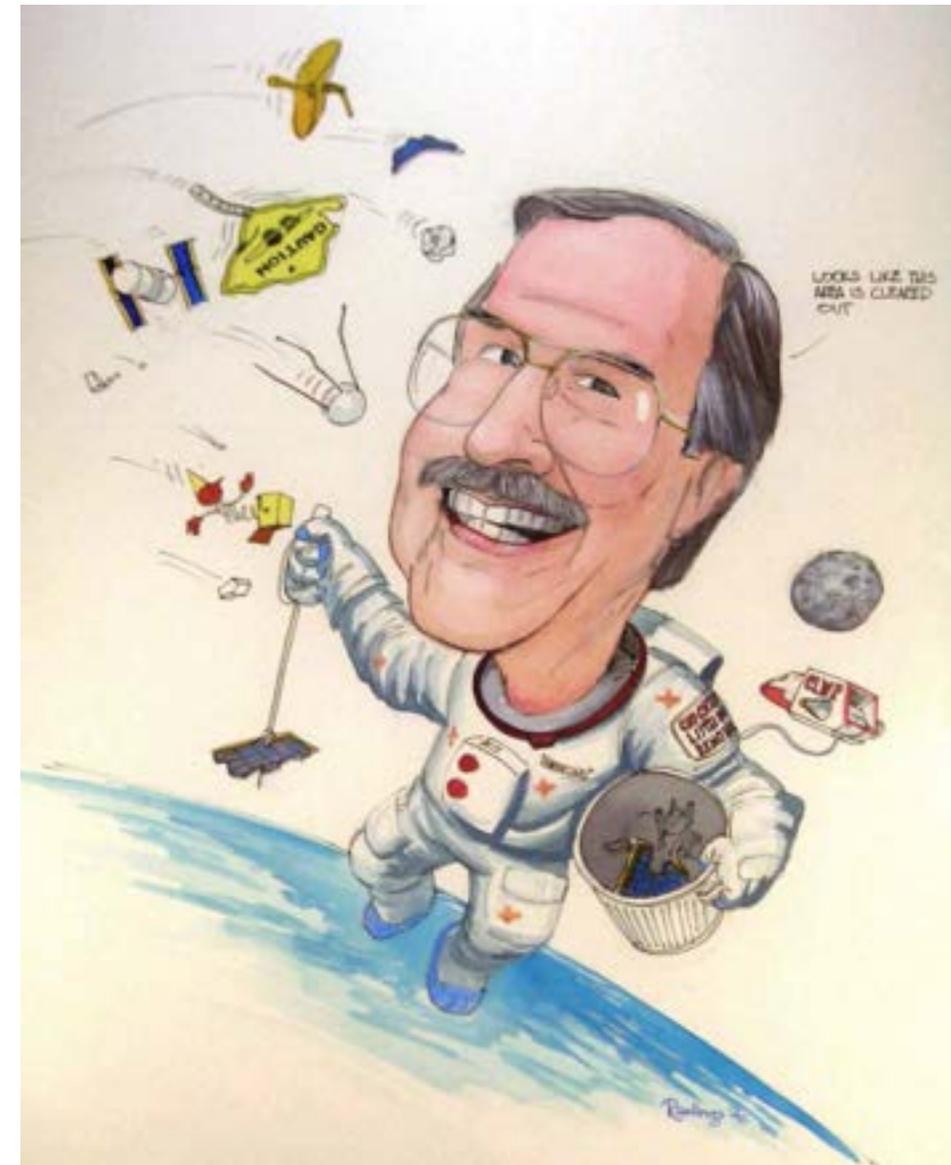
ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
CAMPUS DI FORLÌ

## Sindrome di Kessler (1978)

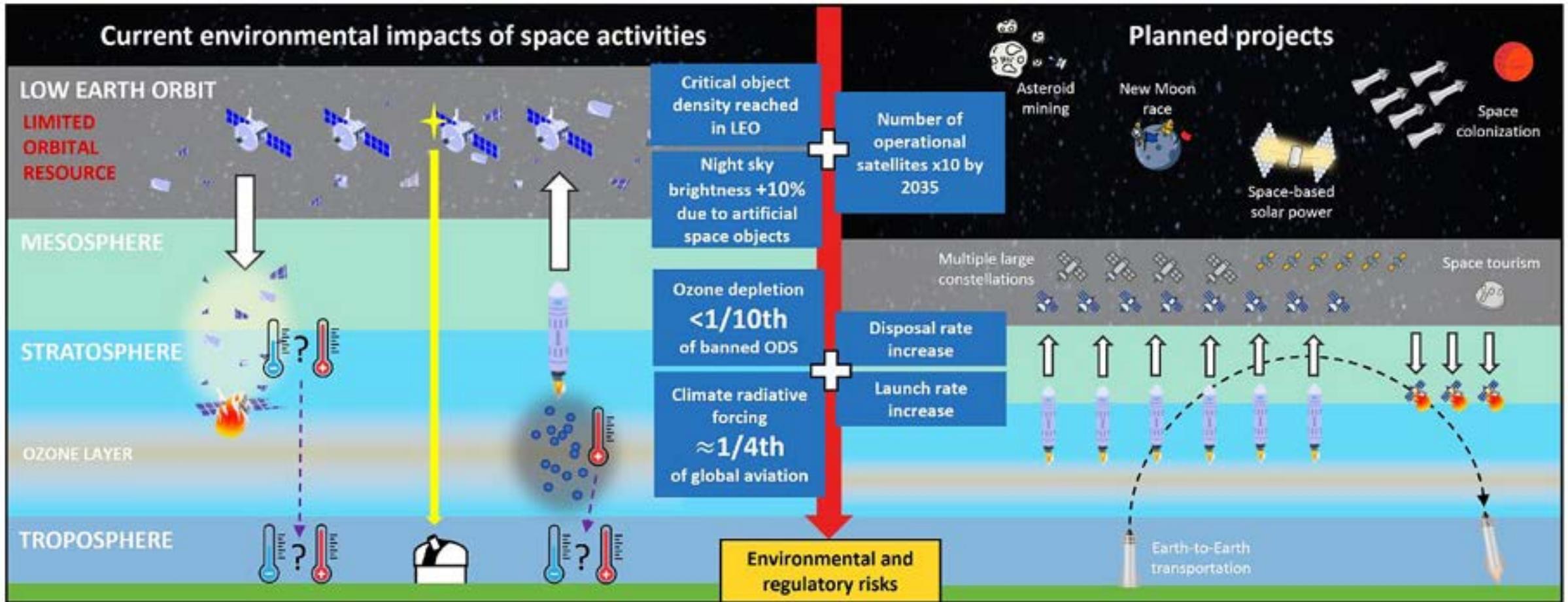
- Un numero sempre crescente di oggetti spaziali causa un aumento della densità dei detriti spaziali.
- I detriti appena creati si scontreranno tra loro creando un numero maggiore di detriti più piccoli.
- Si innesca un meccanismo di collisioni a cascata che aumenta esponenzialmente la probabilità di ulteriori collisioni



Le attività spaziali in orbita bassa (più densamente popolata) diventano insostenibili



# Sostenibilità: lo spazio come prolungamento dell'ambiente terrestre



- Inquinamento luminoso
- Consumo di ozono



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)

Review

Environmental limits to the space sector's growth

Lois Miraux

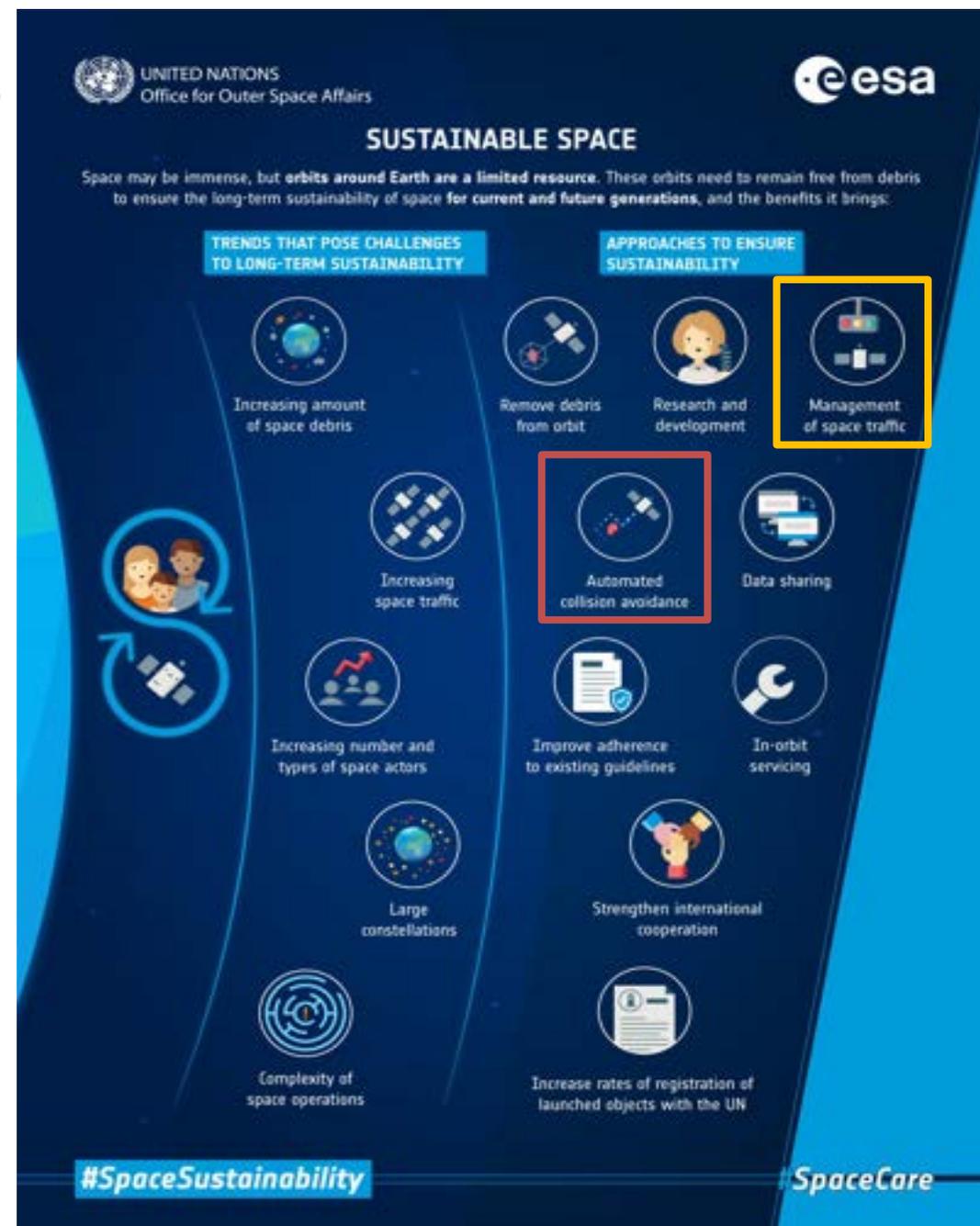


ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
CAMPUS DI FORLÌ

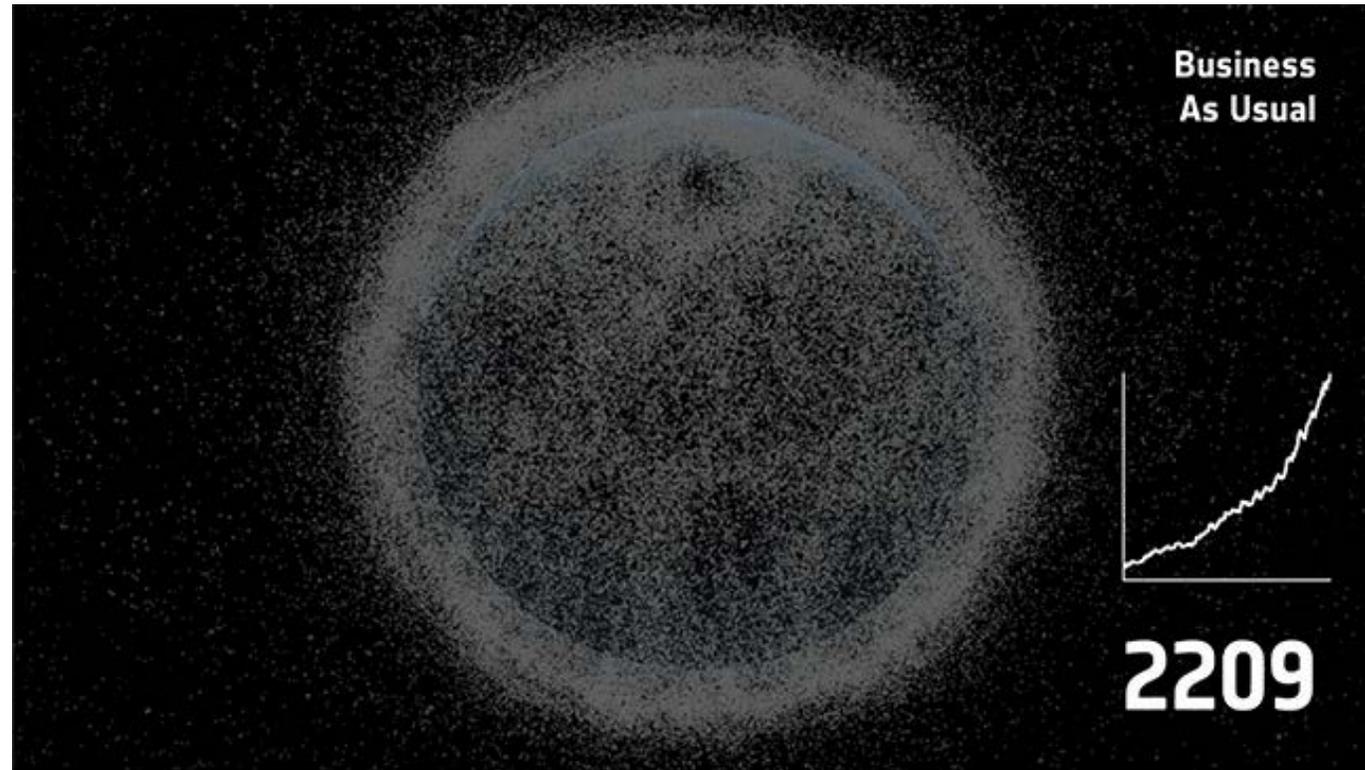
# Verso una sostenibilità dello sfruttamento dell'ambiente spaziale

Minacce alla sostenibilità a lungo termine dello spazio attorno la Terra:

1. Aumento del traffico spaziale
2. Aumento dei detriti
3. Più facile accesso allo spazio, molteplici players
4. Complessità delle operazioni
5. Diffusione delle "Mega-costellazioni"



# In conclusione....





ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
CAMPUS DI FORLÌ

**Dario Modenini**

Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale Aerospaziale

dario.modenini@unibo.it

[www.unibo.it](http://www.unibo.it)