

# **Spazio sostenibile: le orbite terrestri come risorsa (da proteggere)**

**Dario Modenini**

**Alma Mater Studiorum Università di Bologna**



**ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
CAMPUS DI FORLÌ**

Con il patrocinio di:



# Uso sostenibile dello spazio?

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



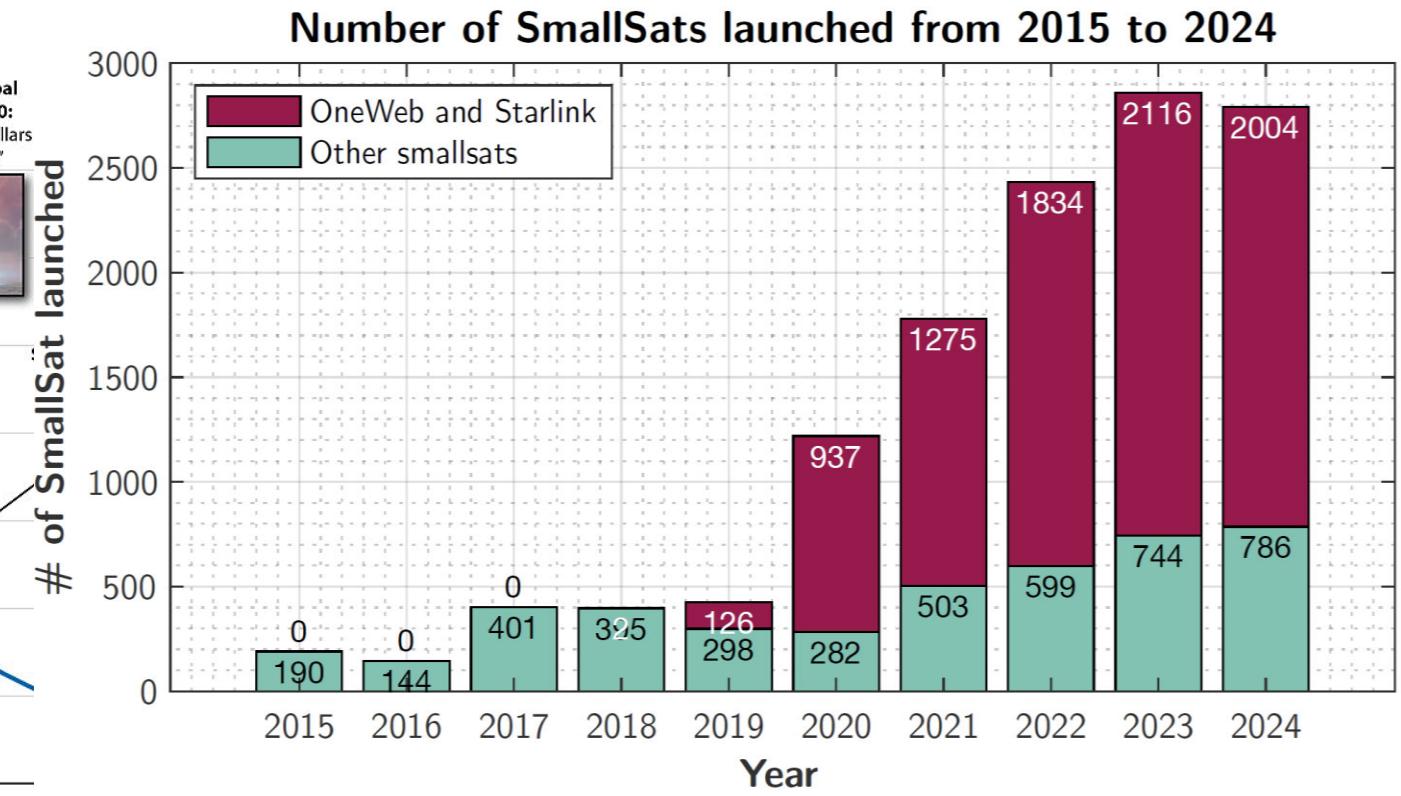
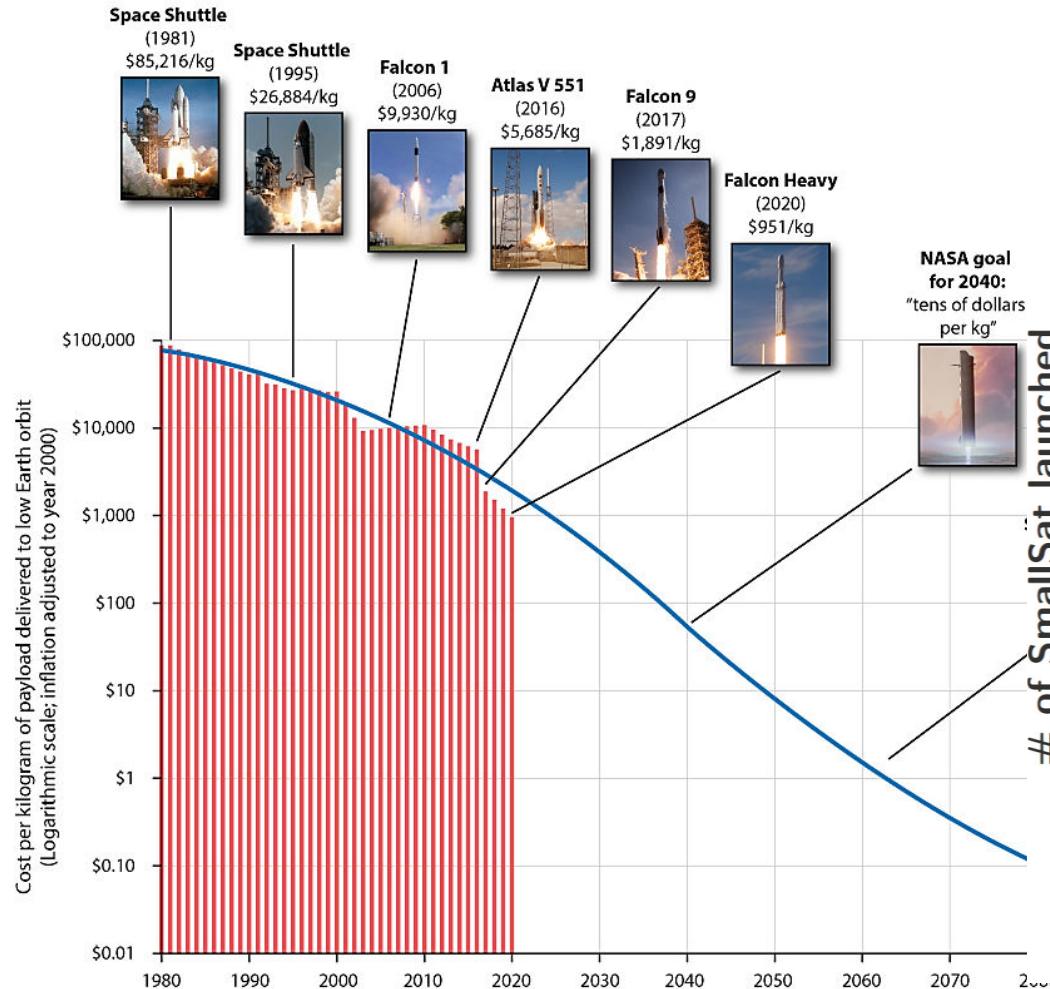
*Prof. Moribah Jah*

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

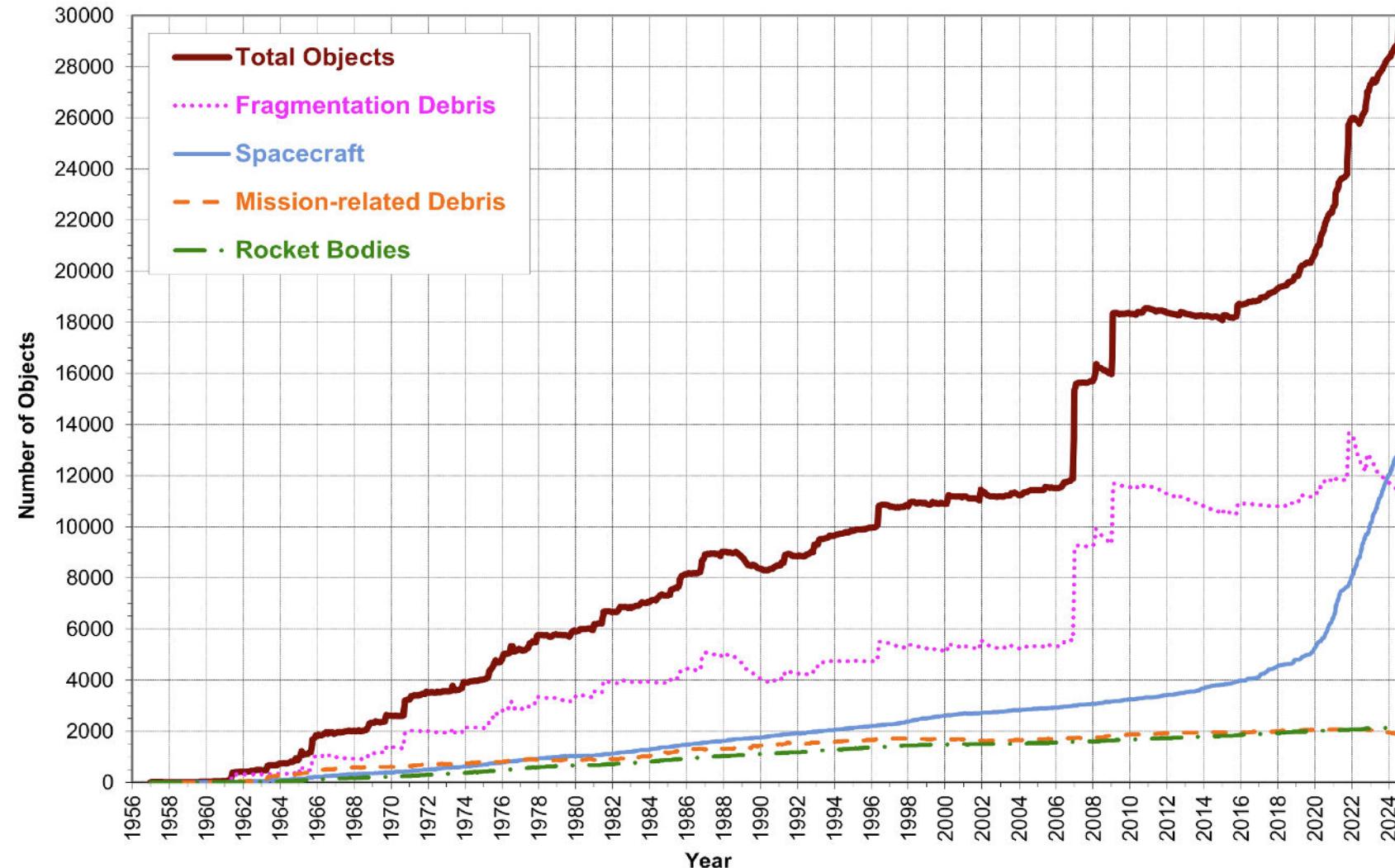
# Sostenibilità orbitale: cos'è?

- La tecnologia satellitare è utilizzata in tutto il mondo, e lo sarà sempre di più. Per questo motivo, è sempre più importante **proteggere le regioni orbitali** da cui provengono **servizi fondamentali** come le previsioni meteorologiche, la ricerca sul clima, le comunicazioni e i servizi di localizzazione
- L'aumento del **traffico spaziale, operazioni spaziali sempre più complesse**, l'avvento delle **megacostellazioni** sono alcuni dei fattori che minacciano la sostenibilità a lungo termine dello spazio
- Lo spazio può sembrare immenso, ma le **orbite** attorno alla Terra sono da considerarsi una **risorsa naturale limitata**
- Cosa possiamo/dobbiamo fare per assicurarci di poter continuare ad utilizzare lo spazio orbitale anche nel futuro?

# Accesso alle attività orbitali

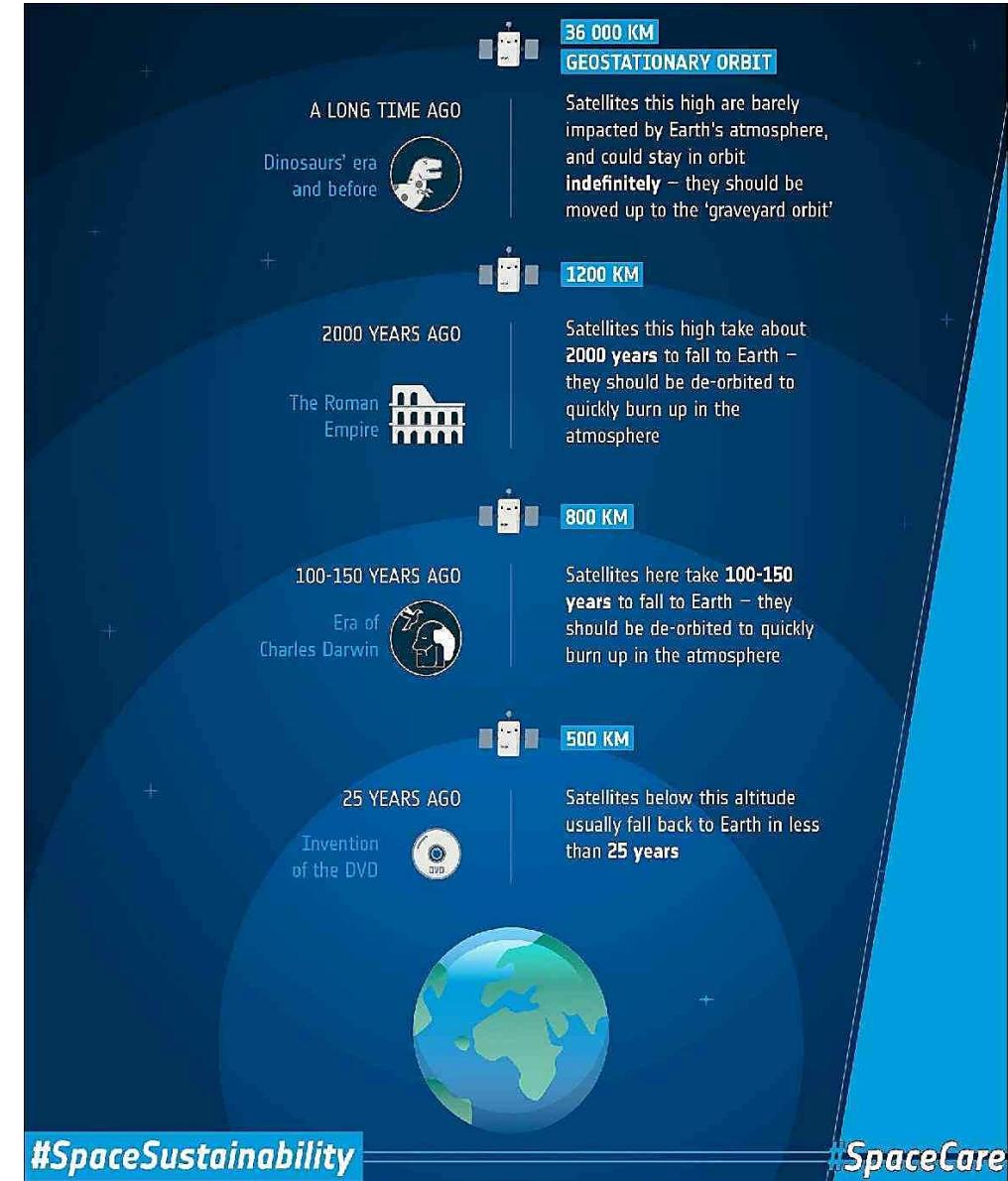


# Troppa facilità di accesso allo spazio orbitale?

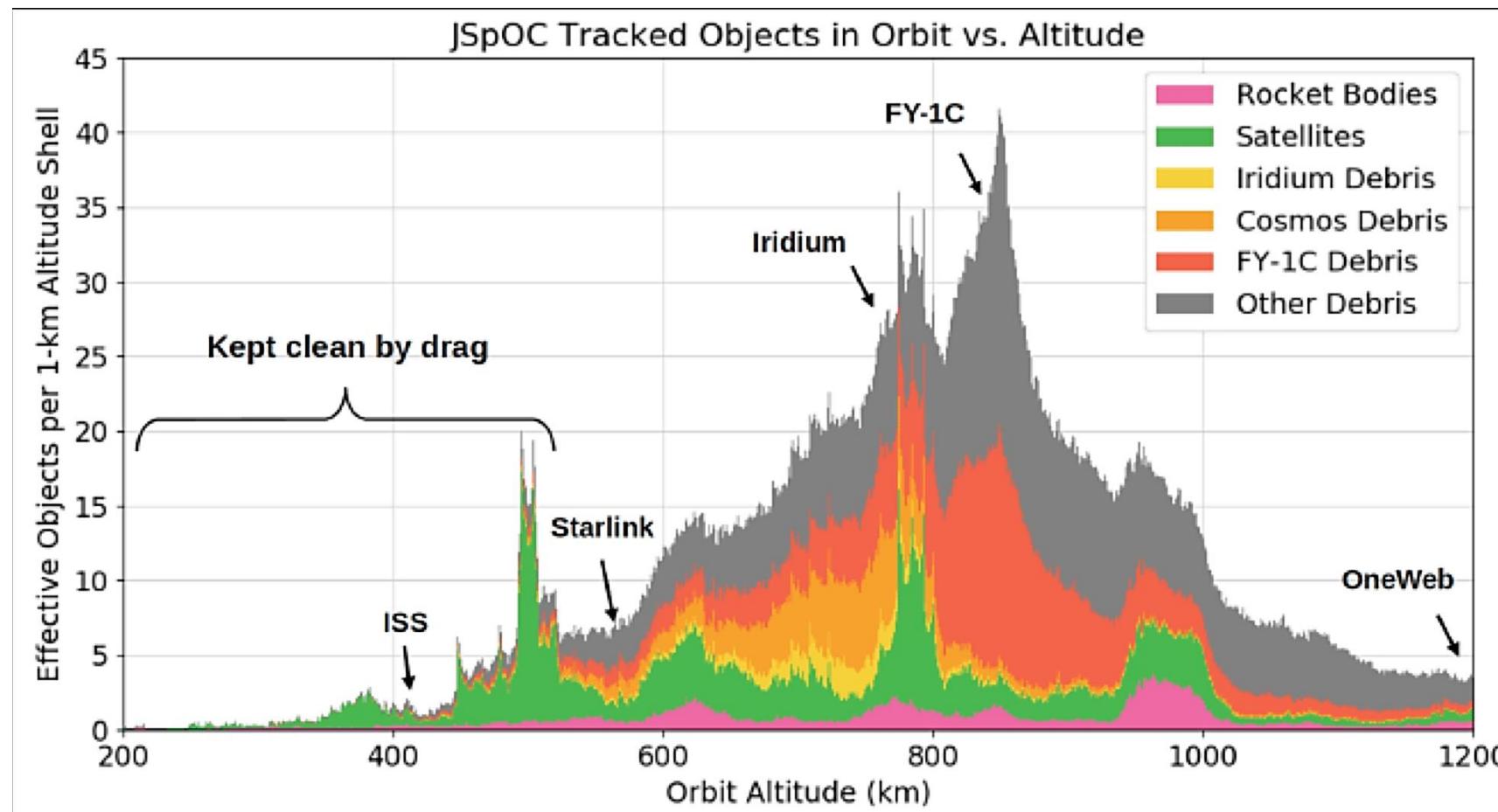


# Detriti spaziali

- Ogni satellite non più operativo diventa detrito (spazzatura spaziale)
- Così come sulla terra diversi rifiuti hanno diversi tempi di (bio-)degradabilità, anche i satelliti in orbita hanno diversi tempi di «uscita dall'orbita» (ri-entro atmosferico)
- Ogni detrito rimasto in orbita, diventa un pericolo per i satelliti operativi in quanto potenziale fonte di **collisioni**

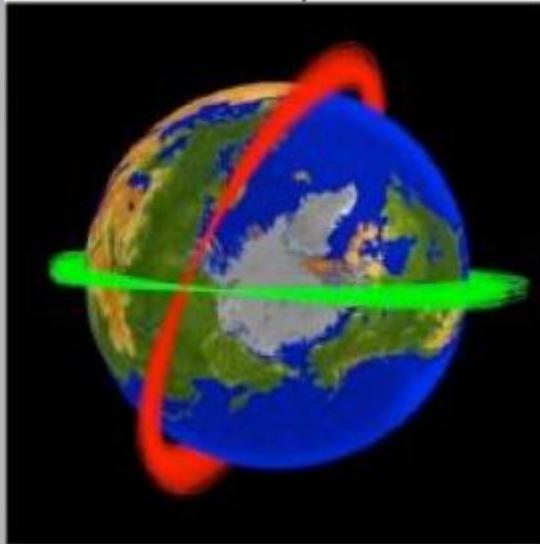


# Non tutte le orbite sono ugualmente interessanti (e interessate dal problema del traffico)

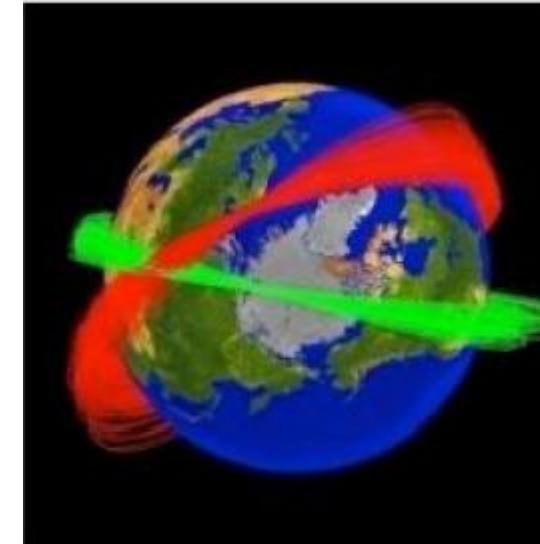


# Collisioni in orbita

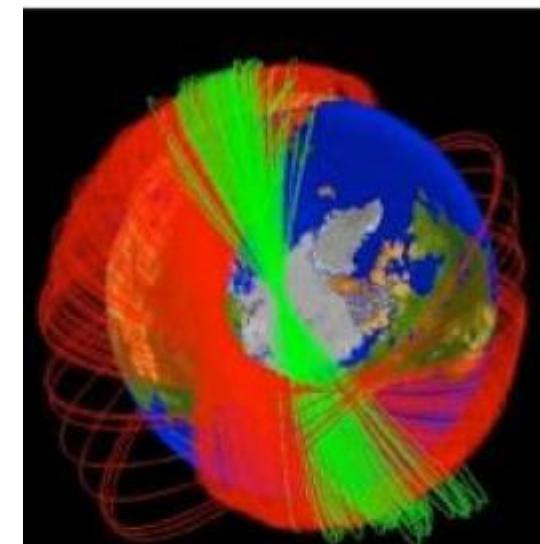
7 days



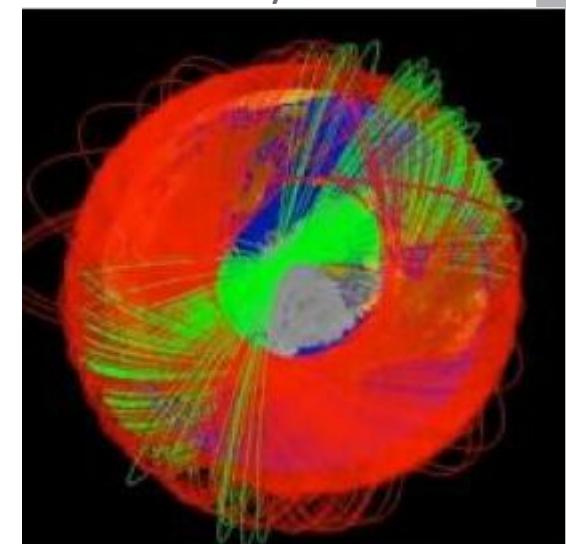
30 das



6 months

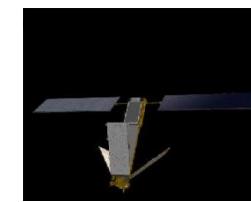


1 year

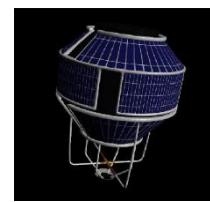


Il 10 febbraio 2009 si è verificato il primo incidente involontario tra veicoli spaziali

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



IRIDIUM



KOSMOS

# Collisioni in orbita

- Nel gennaio 2007, la Cina ha effettuato un test missilistico anti-satellite, distruggendo il Fengyun 1C, a satellite meteorologico non più operativo
- Il satellite viaggiava su un'orbita polare a 865 km di quota
  - 2377 detriti > 10 cm generati dall'esplosione
  - Si stimano ulteriori **150000** detriti più piccoli (sotto la soglia di misurabilità da terra)



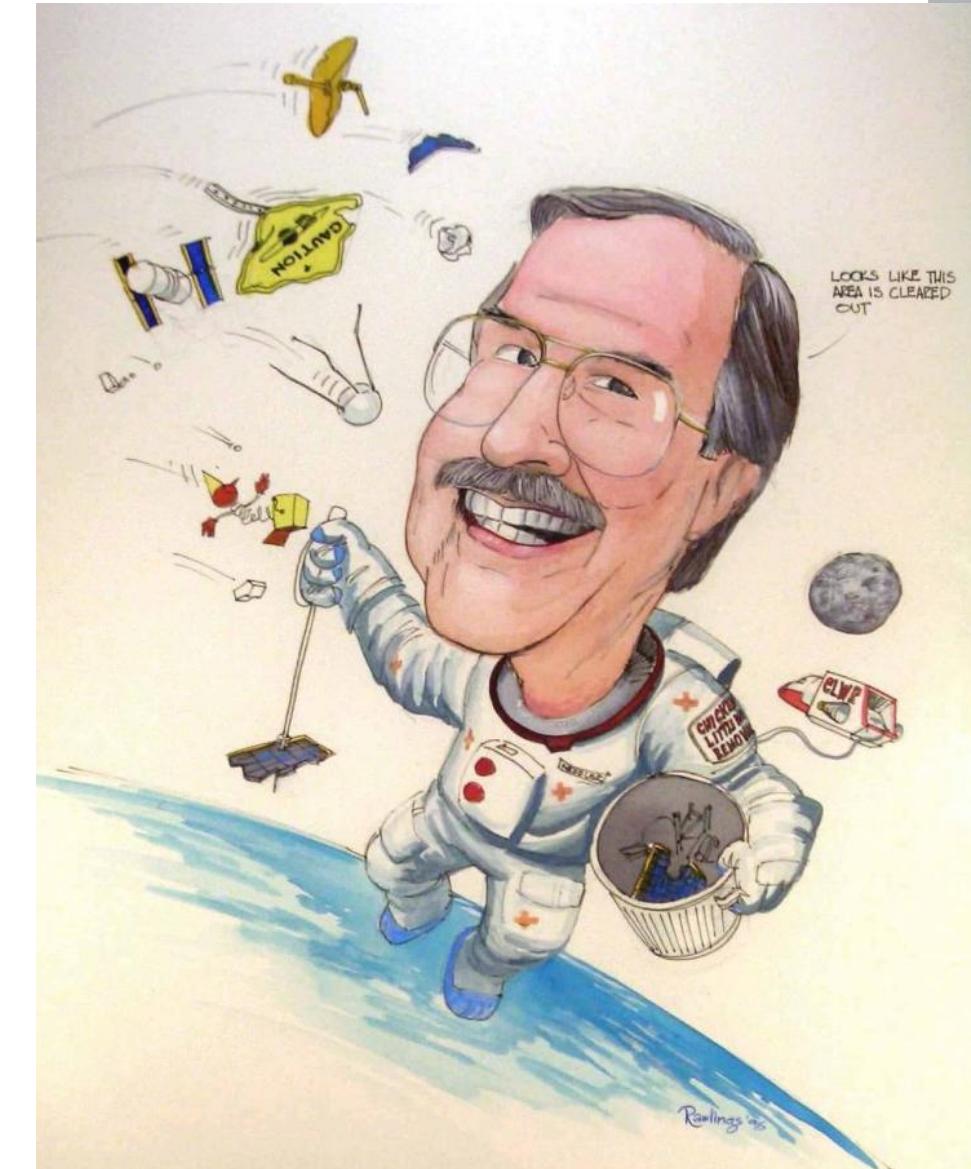
Popolazione orbitale aumentata  
istantaneamente del 24%!

# Sindrome di Kessler (1978)

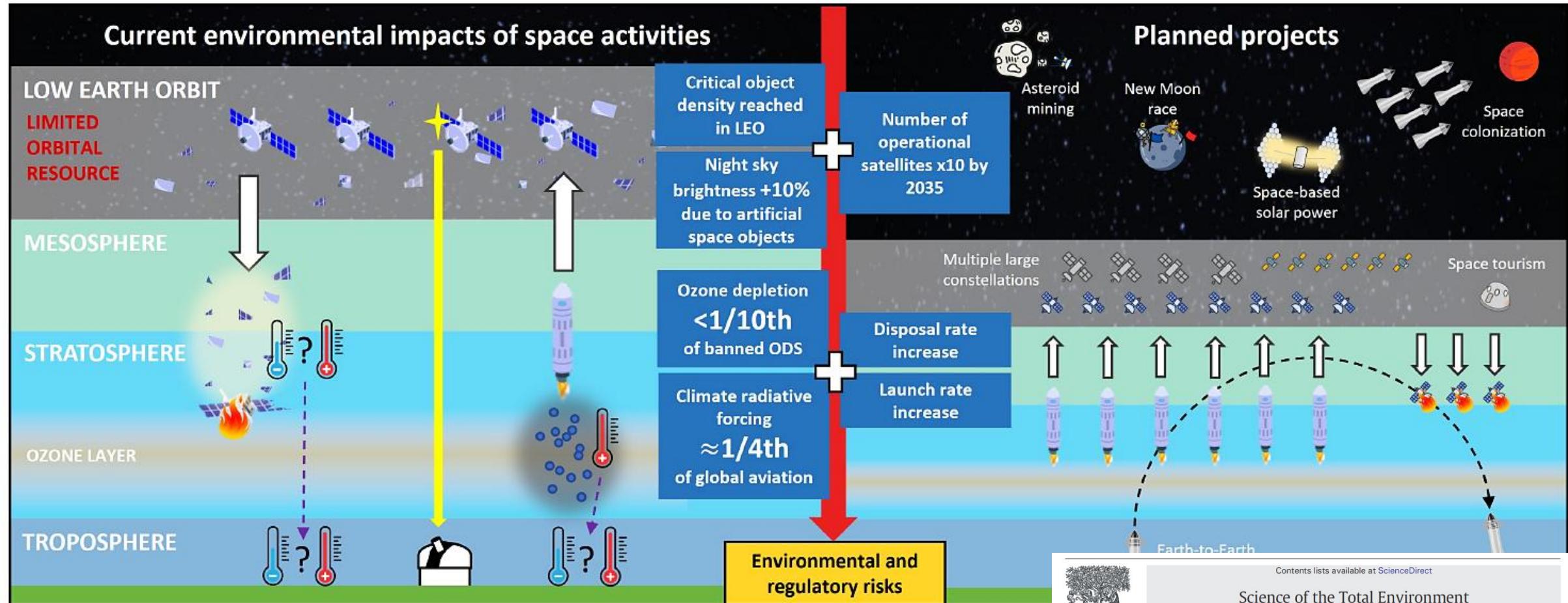
- Un numero sempre crescente di oggetti immessi in orbita causa un aumento della densità dei detriti spaziali.
- I detriti appena avranno maggior probabilità di collidere tra loro creando un numero maggiore di detriti più piccoli (frammentazione)
- Si innesca un meccanismo di collisioni a cascata che 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**

Review

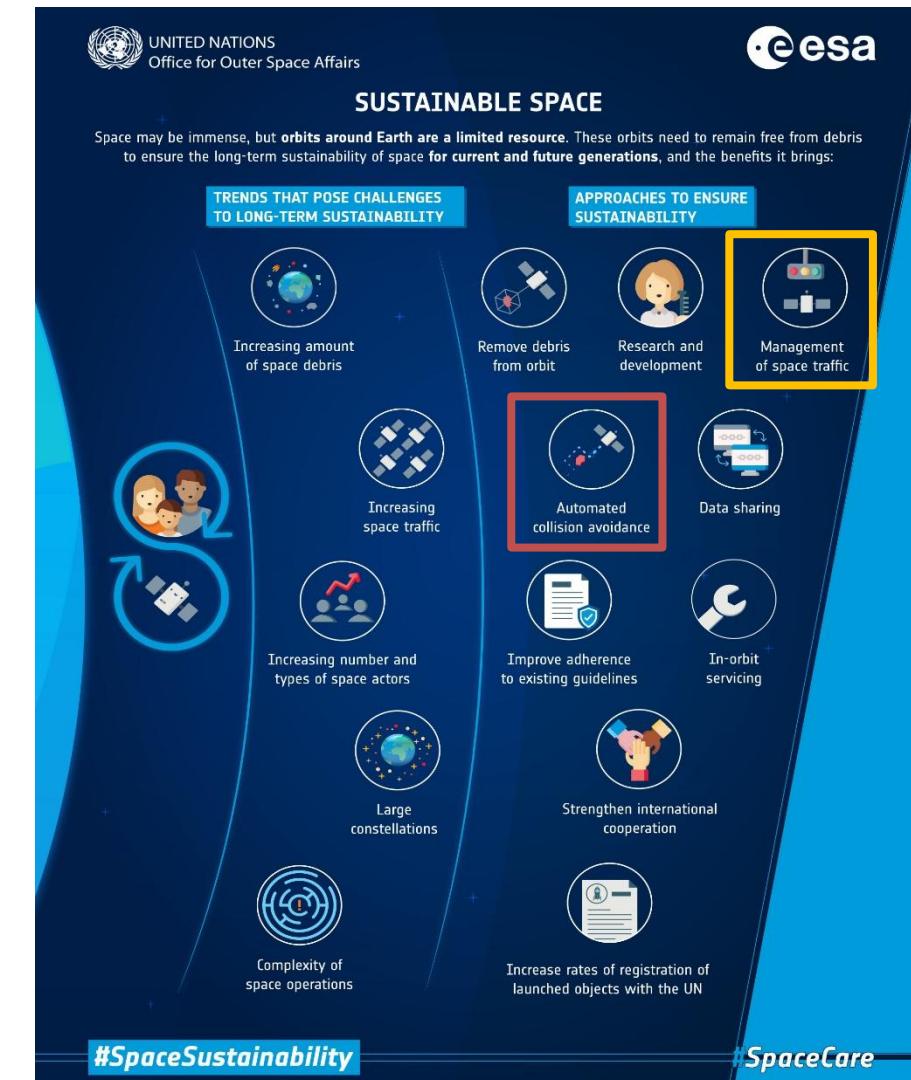
Environmental limits to the space sector's growth

Loïs Miraux

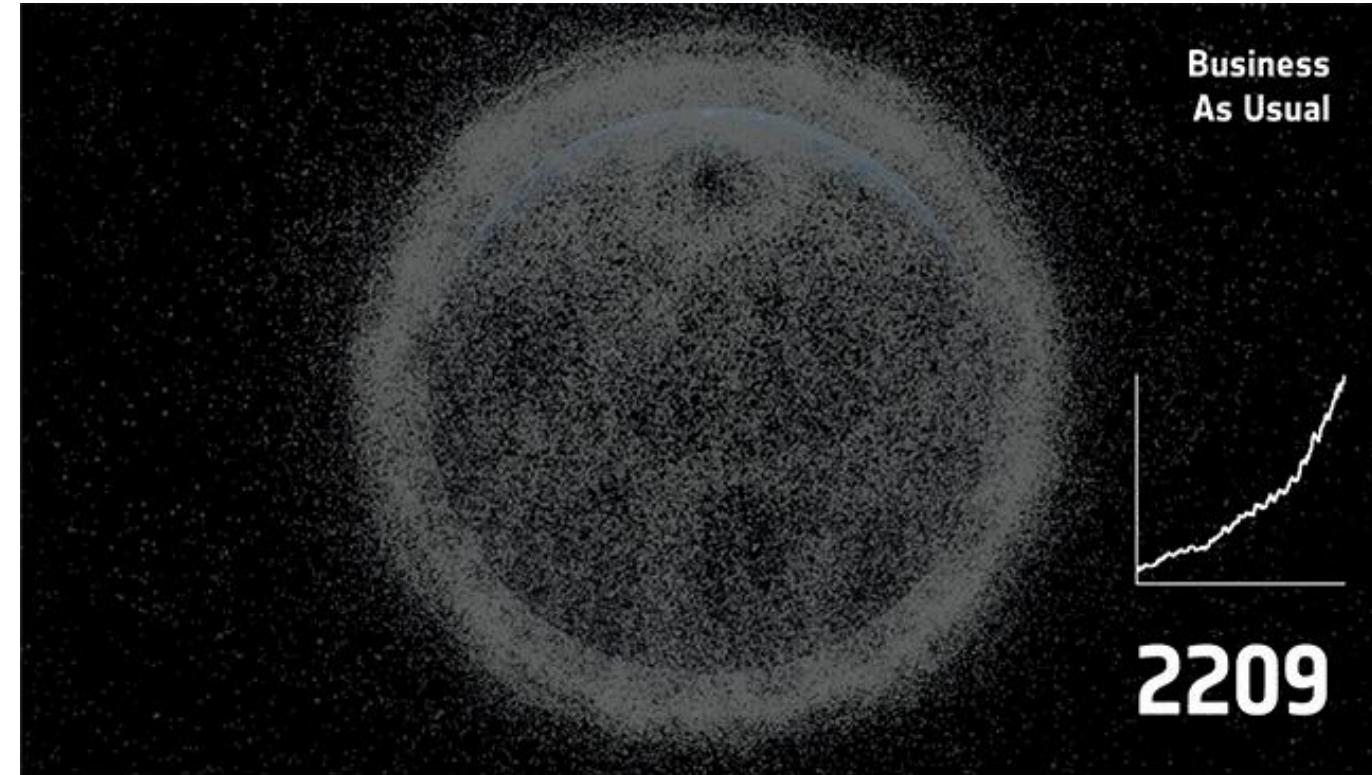
# Sostenibilità: lo spazio come prolungamento dell'ambiente terrestre

## Come mantenere la sostenibilità?

1. Gestione del Traffico Spaziale
2. Automazione della “*collision avoidance*”
3. Rimozione dei detriti dall'orbita
4. Aumento della vita operativa dei satelliti (*in-orbit servicing and repairing*)
5. Cooperazione internazionale/ creazione di linee guida condivise



# In conclusione...





Grazie per l'attenzione!