

# Missione **Luna**

## **R**eport



---

**Introduzione**

4

---

**La realizzazione del video in 3D**

9

---

**La Rainbow Warrior**

10

---

**Il volo**

16

---

**I calcoli**

22

---

**Note**

27

---

**Credits**28

---

**GREENPEACE**

# Introduzione

Siamo andati sulla Luna per inviare all'umanità un messaggio urgente: non abbiamo un pianeta di riserva e non c'è un piano B. Quella meravigliosa e fragile biglia blu è l'unica astronave per l'umanità e nessun astronauta sano di mente oserebbe mai appiccare un incendio nella sua astronave. Salviamo il clima.

**N**el 2017 il Presidente degli Stati Uniti d'America **Donald Trump** firmava la *Space Policy Directive 1*, un ordine esecutivo in cui si "ordina alla NASA, l'agenzia spaziale americana, di condurre un innovativo programma di esplorazione spaziale per rispedire gli astronauti americani sulla Luna, e alla fine Marte".

A distanza di 5 anni, lo **Space Launch System**, il razzo più potente al mondo, è pronto per partecipare alla prima grande missione del programma lunare **Artemis** pianificato dalla NASA.



Space Launch System (NASA)

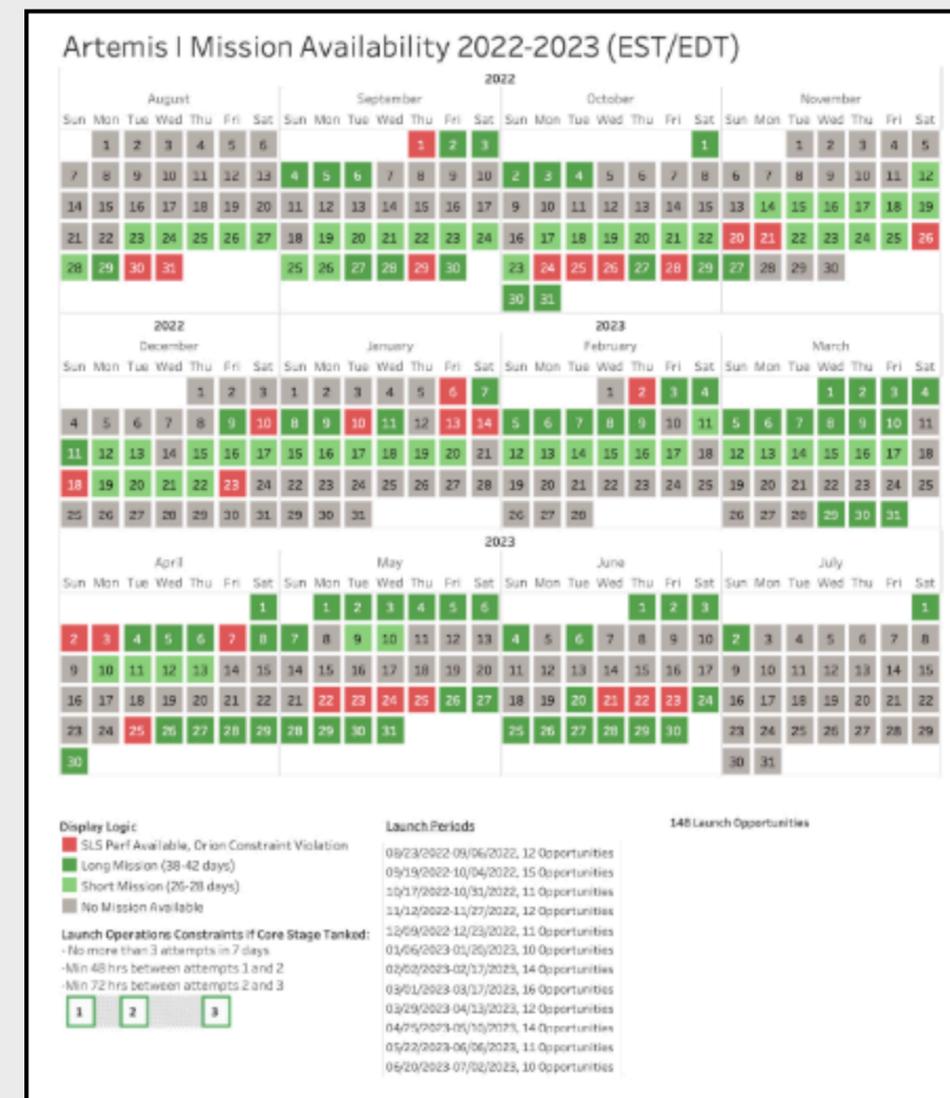
La finestra di lancio per Artemis è prevista per **fine agosto/inizio settembre.**

La **capsula Orion**, senza equipaggio, orbiterà intorno alla Luna come test preliminare, in vista di un successivo sbarco di astronauti sulla Luna.

Il 27 settembre 2016 **Elon Musk** offrì al pubblico una presentazione dettagliata della sua idea di **colonizzare Marte.**

Lo scopo di Musk è creare una sorta di backup del patrimonio genetico dell'umanità per evitare l'estinzione della razza umana in caso di catastrofe sulla Terra.

Tuttavia, al momento, **lo storytelling del Piano B è falso e fuorviante**, poiché non esiste un Pianeta di riserva su cui migrare e

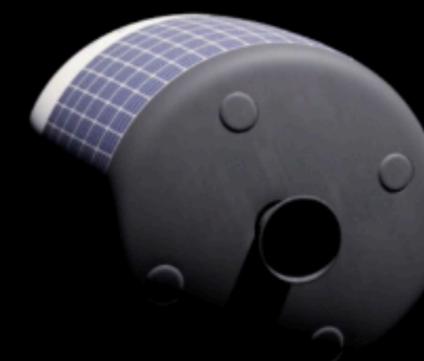


Finestre di lancio per lo Space Launch System.



i nostri sforzi dovrebbero confluire nella tutela del nostro Pianeta blu. **La Terra è la nostra grande astronave**, che dovremmo mantenere in salute e preservare nel miglior modo possibile. Questo è il messaggio che il GL di San Ferdinando di Puglia vuole lanciare attraverso il sofisticatissimo video in 3D realizzato.

Il presente progetto è stato avviato nel 2019, poco prima dell'inizio della **pandemia da SARS-CoV2**.



Durante il lungo periodo di lockdown l'attività intrapresa è stata una forma di resistenza attiva alle imponenti e drammatiche difficoltà che gli adulti di oggi e di ieri consegnano nelle mani delle giovani generazioni e di quelle future.

**Il team del GL ha immaginato una base di lancio sull'eliporto della Rainbow Warrior per un missile con destinazione Luna.**

Proprio orbitando intorno alla Luna, il **21 dicembre 1968** i tre astronauti dell'**Apollo 8** videro per la prima volta la Terra da lontano in tutto il suo splendore e la immortalarono nel famoso scatto chiamato **Earthrise, Alba terrestre**, una delle cento foto che, secondo la rivista Life, hanno cambiato il mondo. Non è un caso che **“diciotto mesi dopo sia nato il moderno movimento ecologista”**.<sup>[1]</sup>

**Quindici mesi dopo** (15 settembre 1971) **nascerà anche Greenpeace**.

L'Alba della Terra divenne un **simbolo per l'ambientalismo**, poiché rappresenta la foto che maggiormente ha influenzato l'immaginario umano sull'importanza dell'ecologia e della tutela ambientale.



📷 Earthrise, alba terrestre, Apollo (21 dicembre 1968).

Ecco perché abbiamo voluto assumere virtualmente la stessa prospettiva dell'Alba della Terra.  
Ecco perché nel video la navicella di Greenpeace, dopo l'allunaggio, ha dispiegato un banner con l'invito a salvare il clima, per evitare la catastrofe climatica imminente.



# La realizzazione del video in 3D

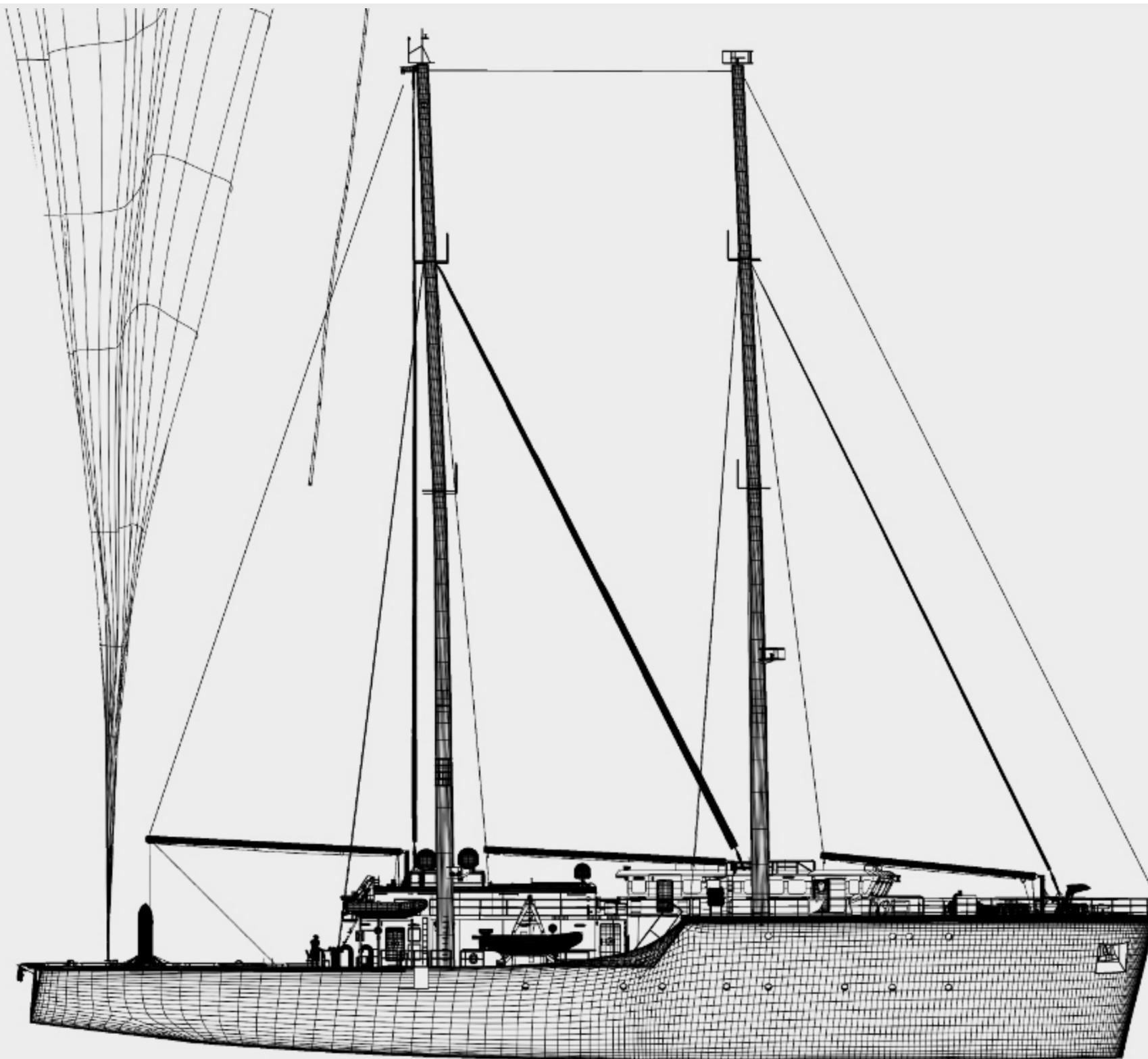
Uno sguardo  
dietro le quinte



## LA RAINBOW WARRIOR

**La nave, adattata a piattaforma di lancio per la navicella, è stata ricreata da zero fin nei minimi dettagli, così come tutte le altre scene presenti nel video.**

Per quasi tutto il workflow di modellazione, texturing, animazione e rendering delle scene abbiamo usato **Blender 3D**, un software open source. Inizialmente eravamo nuovi alla grafica 3D, quindi la curva di apprendimento è stata alta. Tuttavia, abbiamo appreso come usare il software in tre anni di lavoro, superando gli ostacoli e i problemi che si presentavano durante la creazione delle varie scene. È stato un vero e proprio apprendimento in itinere.



📷 Visualizzazione ortografica della nave.

📷 **La Rainbow Warrior III.** Visualizzazione della geometria 3D.



📷 **La Rainbow Warrior III.** Ricreazione in 3D della nave.



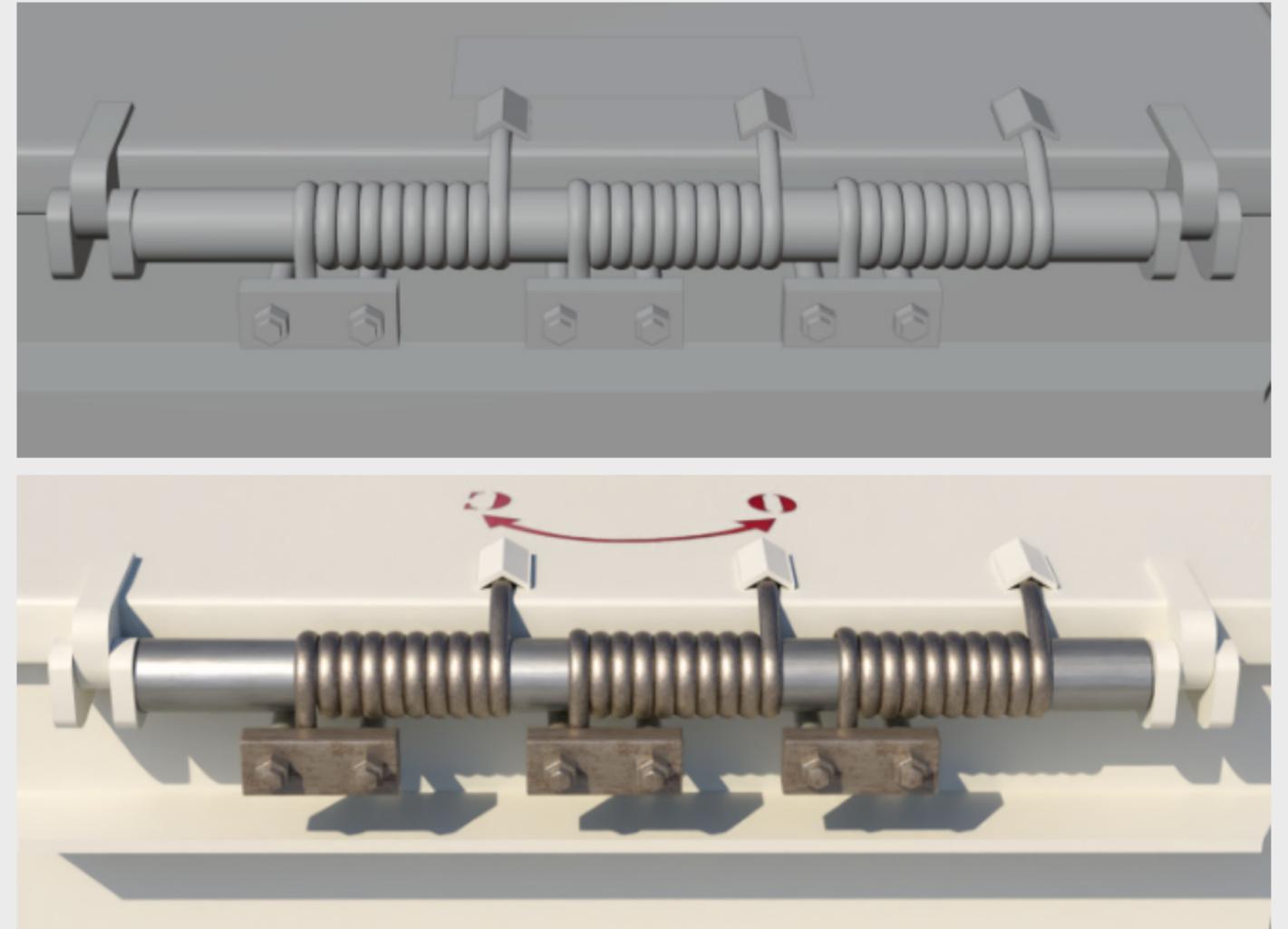
La **modellazione della nave** è avvenuta in contemporanea alla creazione del mare. Abbiamo dato la forma generale alla **Rainbow Warrior**, per poi passare ai **dettagli di media e piccola scala**, l'aggiunta dell'infrastruttura per il lancio, la navicella, il pallone e persino alcuni volontari animati. Nelle foto a destra si possono vedere i principali livelli di dettaglio che abbiamo raggiunto.



Nella foto a destra è possibile osservare un esempio delle **fasi di creazione dei dettagli visibili** presenti sulla Rainbow Warrior. Il processo prevede una prima fase di modellazione geometrica dei diversi elementi nello spazio tridimensionale.

Nella fase successiva, vengono definite le **texture e l'illuminazione della scena**, prestando attenzione alla coerenza, al realismo e alla riproduzione fedele dell'aspetto della nave.

Infine, si procede con **l'integrazione degli elementi nell'ambiente, l'animazione degli stessi e la renderizzazione.**



📷 Fase di creazione dei dettagli visibili.



Texture map dello scafo

Un esempio di **texture** realizzata ex novo è quello dello **scafo della nave**.

Le icone dello scafo sono state ricreate fedelmente in **formato vettoriale** con l'utilizzo di Affinity Designer, un programma di grafica professionale.

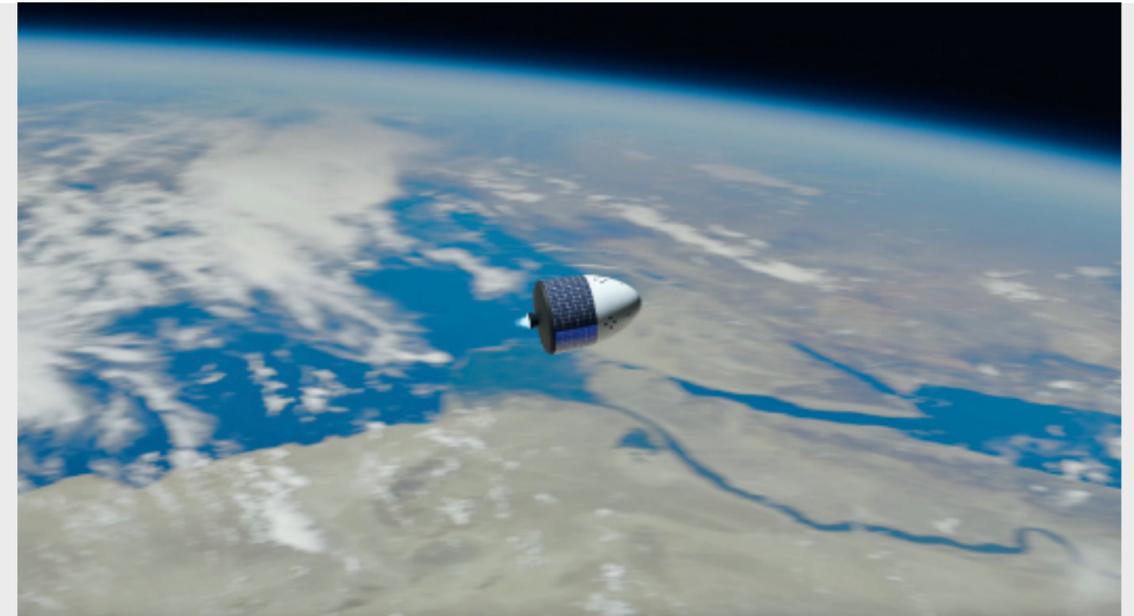
## IL VOLO

La missione immaginata parte nel mezzo del **Mar Tirreno**. Dal decollo, il focus si sposta sui protagonisti della missione. La **navicella** e il **pallone** ad alta quota sono stati immaginati con **criteri scientificamente realistici**.

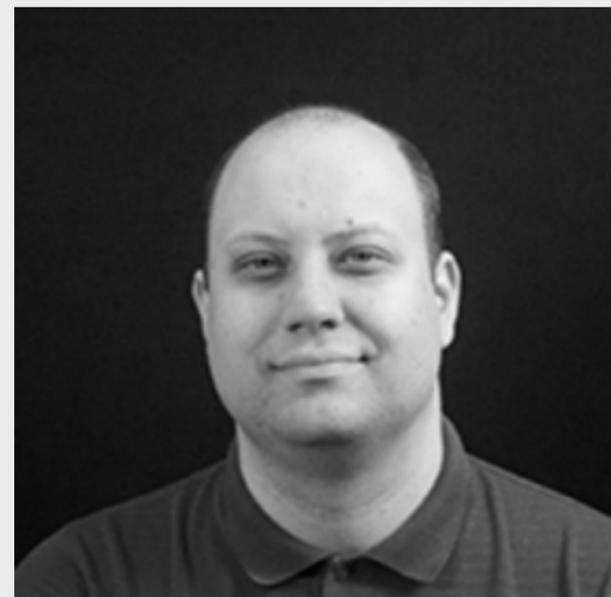
Questo è stato possibile grazie al **supporto scientifico** del Dr. **Cameron Van Eck** <sup>[2]</sup>, un astrofisico e astronomo canadese con dottorato di ricerca in astronomia, che ha fornito suggerimenti per rendere l'intera missione realistica da un punto di vista tecnico.

**Il sistema di lancio è progettato per essere il più piccolo ed ecologico possibile**, pur essendo in grado di far atterrare un carico molto leggero sulla superficie lunare.

**L'impiego del pallone ad alta quota riduce notevolmente la grandezza del vettore, aiutandolo a superare la maggior parte dell'atmosfera terrestre senza rilasciare alcun gas inquinante.**



📷 Il momento del decollo.



📷 Dr. Cameron Van Eck, astrofisico e astronomo con dottorato di ricerca in astronomia all'Università Radboud di Nimega (Paesi Bassi). Attualmente lavora al Dunlap Institute for Astronomy and Astrophysics presso l'Università di Toronto, dove studia i campi magnetici nello spazio interstellare della Via Lattea e delle galassie vicine.

**📷 Il momento del decollo.** Il pallone solleva più di 2 tonnellate a circa 4 metri al secondo.



**Il propellente usato** per il vettore è il cosiddetto **hydrolox**, di gran lunga il meno inquinante. Poiché questo propellente è una combinazione di ossigeno liquido (LOX - ossidante) e idrogeno liquido (LH2 - combustibile), **quando viene bruciato non produce altro che vapore acqueo come risultato della combustione, rendendolo molto più pulito di qualsiasi altro propellente.** Martin Ross, della U.S. Aerospace Corporation, uno dei massimi esperti di effetti atmosferici causati dai lanci di razzi, afferma<sup>[2]</sup> che le emissioni di vapore acqueo dei lanciatori sono l'unico ambito che è molto conosciuto. Sono stati condotti studi approfonditi sugli effetti delle emissioni di vapore acqueo prodotte dai tre principali motori RS-25 dello Space Shuttle (che usa LOX/LH2) mentre saliva attraverso l'atmosfera e i ricercatori hanno notato che l'effetto è molto, molto ridotto. I calcoli effettuati per ottenere dei parametri realistici verranno approfonditi successivamente in un capitolo dedicato.



La separazione della navicella dal pallone, a una quota di circa 30 km.



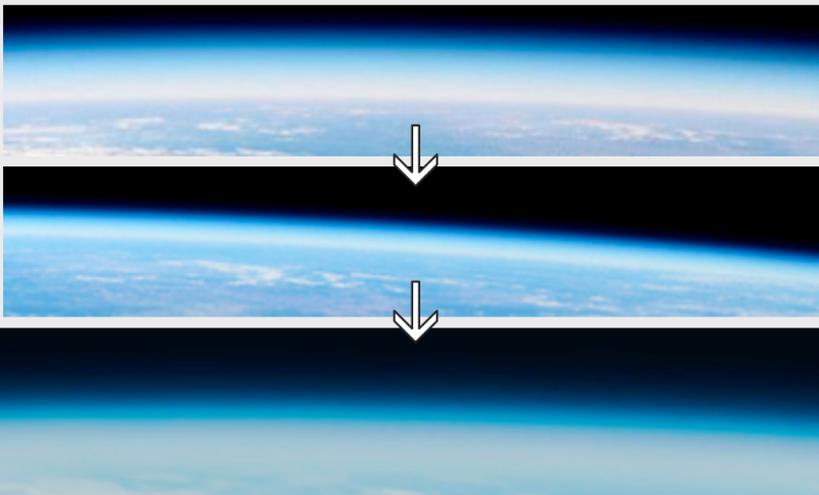
L'accensione dei motori per entrare in orbita bassa terrestre.

**📷 La separazione della navicella dal pallone.** La navicella entra in caduta libera prima di accendere i motori.





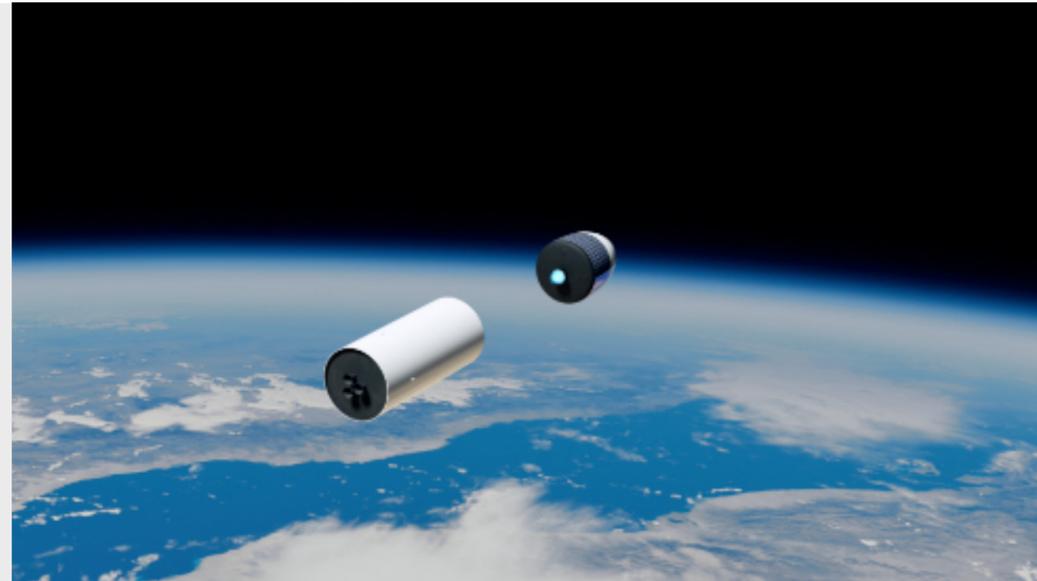
📷 L'alba orbitale dalla prospettiva della navicella.



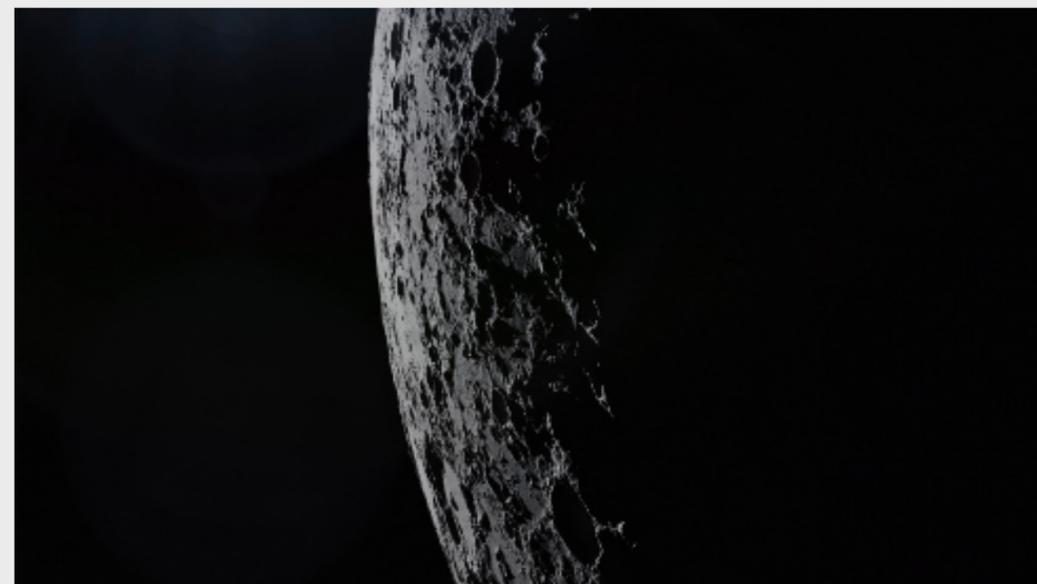
📷 Problemi incontrati con il look dell'atmosfera dall'orbita.



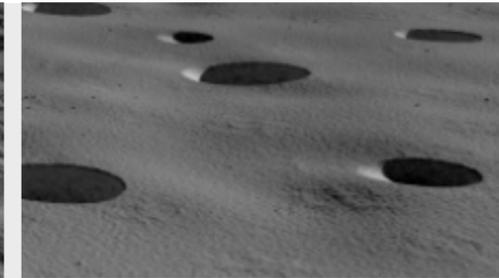
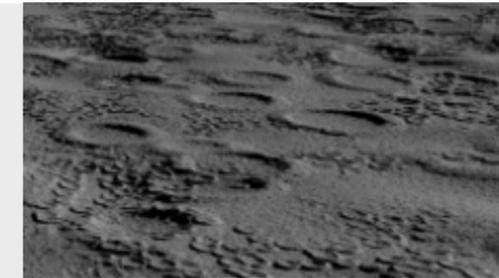
📷 La environment map creata per i render finali.



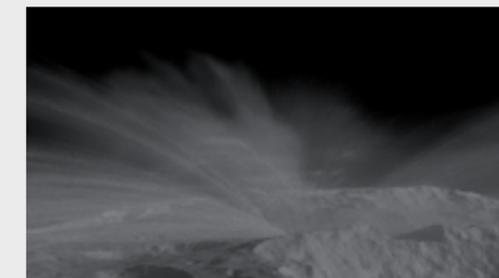
📷 Separazione del modulo lunare e accensione del motore secondario per effettuare la TLI (Trans Lunar Injection), una manovra propulsiva utilizzata per entrare in una traiettoria in direzione della Luna.



📷 Prospettiva dalla navicella, in orbita lunare.

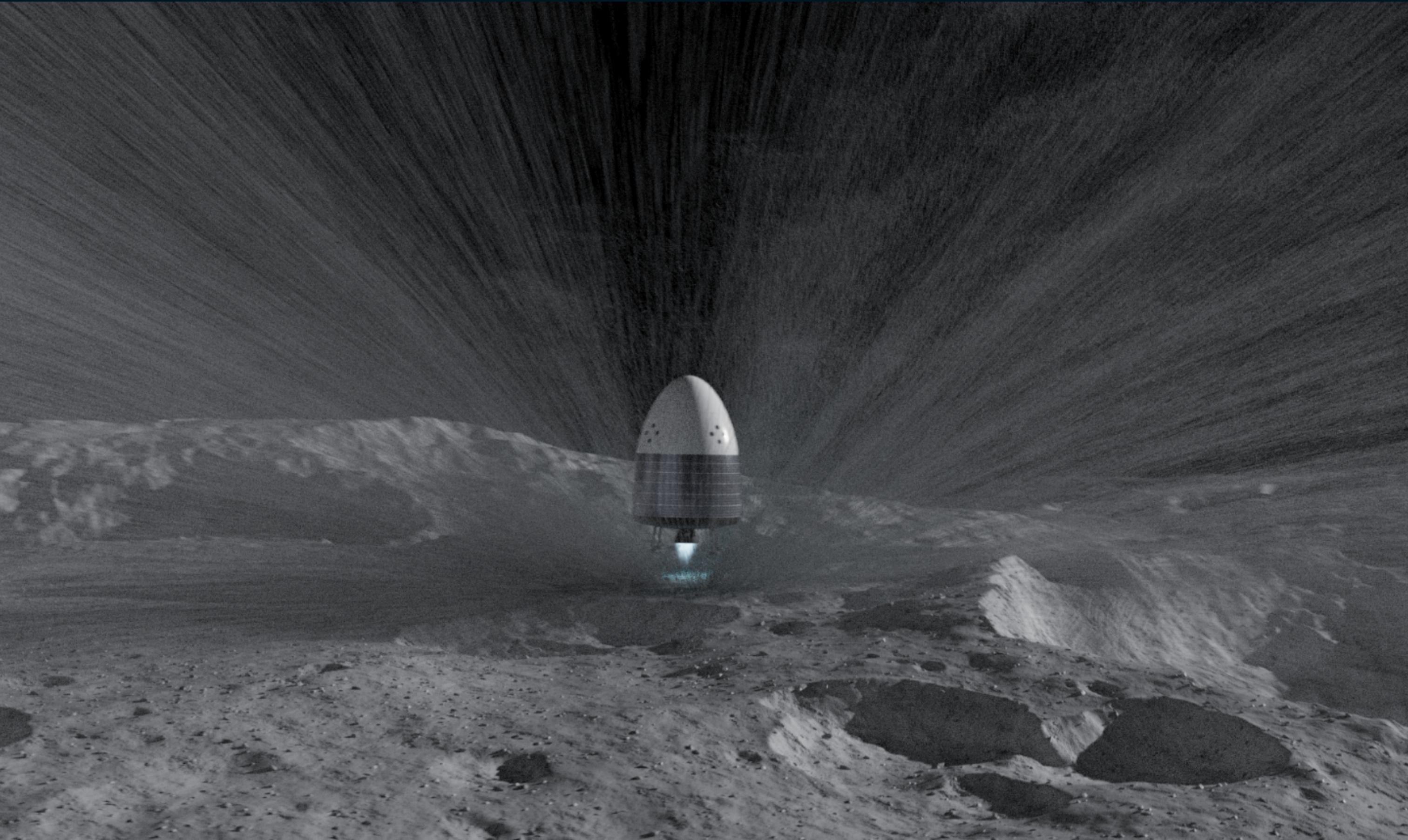


📷 Alcune versioni della superficie lunare.



📷 Alcune versioni della simulazione di allunaggio.

**📷 La navicella pochi secondi prima di toccare la superficie della Luna.**



# I calcoli

Per ottenere  
una missione realistica



Le **dimensioni della navicella** sono state ottenute riducendo di sei volte le dimensioni del lanciatore 'Electron' di Rocket Lab, così come un prototipo di lander lunare che è stato progettato per adattarsi ad Electron, l'MX-1E di Moon Express.

Abbiamo ridotto le dimensioni di 6 volte perché il payload netto (5 kg) è 6 volte più leggero rispetto a quello dell'MX-1E (30 kg<sup>[4]</sup>).

Ridimensionare un veicolo spaziale in modo lineare non è particolarmente una buona idea (perché i componenti elettrici non possono essere ridimensionati), ma per semplicità questo fattore è stato compensato in seguito.

Il **sistema di lancio** - pallone escluso - **ha un peso al decollo di circa 2150 kg** (contro i 13000 kg di Electron<sup>[5]</sup>) **ed è alto solo 3,2 m.** **Il primo stadio è alto 1,95 m** e ha un diametro di 0,8 m.

Il lander pesa circa 42 kg carburante compreso (rispetto ai 250 kg dell'MX-1E<sup>[4]</sup>), e può trasportare fino a 5 kg di carico. È alto 1,2 m e ha un diametro di 0,8 m.

**Il pallone ad alta quota è riempito con 2150 m<sup>3</sup> di elio al decollo ed è in grado di sollevare 2360 kg a circa 4 m/s.**



La navicella sulla base di lancio.

## I calcoli

Un metro cubo di elio può sollevare circa un chilogrammo. Il volume del pallone all'altitudine target viene calcolato moltiplicando il volume al livello del mare per il rapporto di espansione che si ottiene dividendo la pressione atmosferica all'altitudine target divisa per la pressione atmosferica al livello del mare.

Volume al livello del mare:  $2150 \text{ m}^3$

Pressione atmosferica al livello del mare:  $100 \text{ kPa}$

Pressione atmosferica a  $20 \text{ km}$ :  $5 \text{ kPa}$

Rapporto di espansione =  $100/5 = 20$

Volume all'altitudine target:  $2150 \text{ m}^3 \times 20 = 43000 \text{ m}^3$

Raggio di una sfera:  $\sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} \times V}$

Raggio al livello del mare:  $\sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} \times 2150} = 8 \text{ m}$

Raggio all'altitudine target:  $\sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} \times 43000} = 21,73 \text{ m}$

Diametro al livello del mare:  $16 \text{ metri}$

Diametro a quota target:  $43,46 \text{ metri}$



Altezza al livello del mare: 70 metri

In astrodinamica, il  $\Delta v$  è una grandezza scalare che usa unità di velocità.

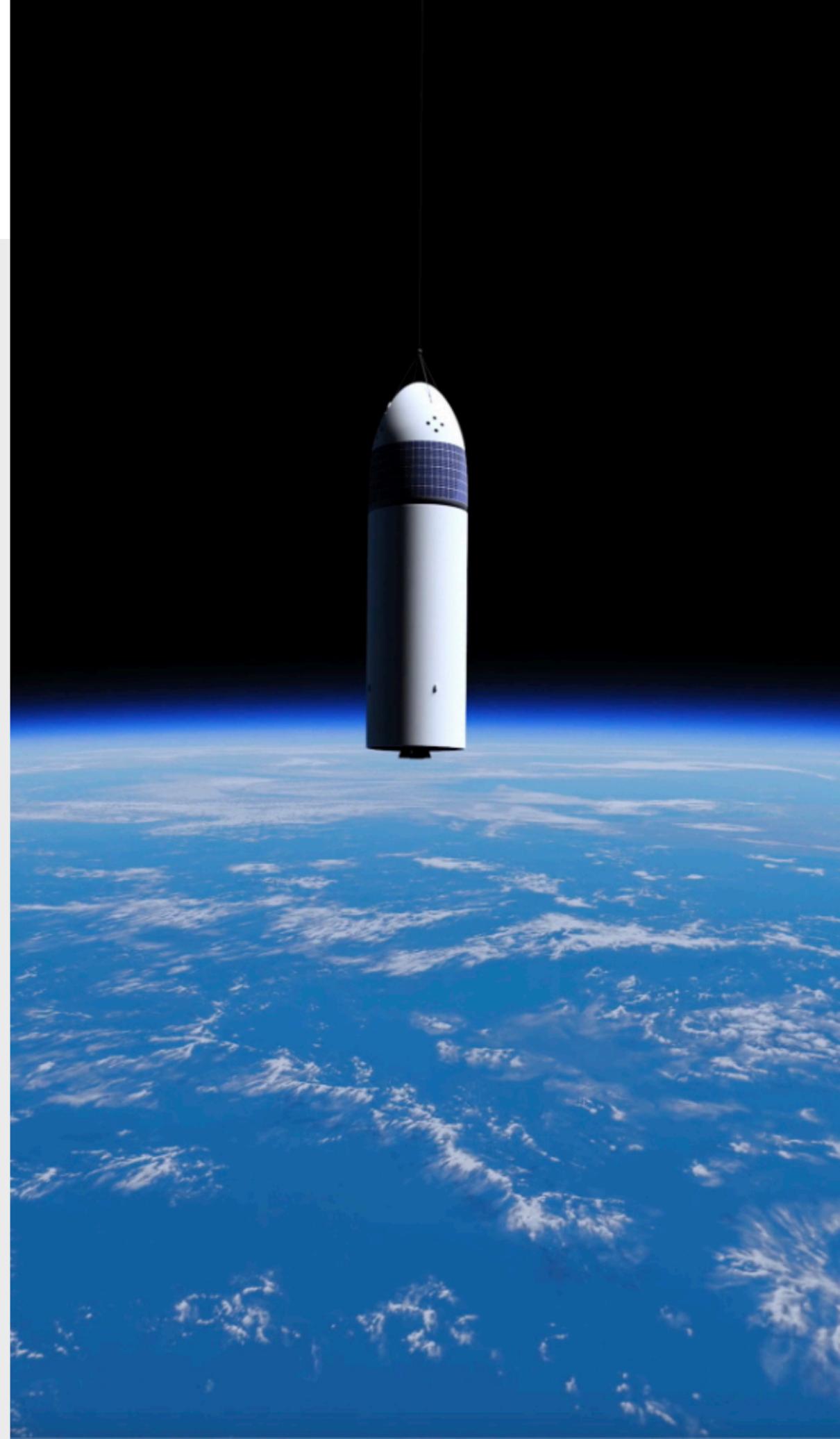
Il budget delta-v viene utilizzato per definire lo "sforzo" necessario per passare da una traiettoria all'altra effettuando una manovra orbitale.

Per la nostra missione è necessario un delta-v di circa 14,7 km/s per atterrare sulla superficie lunare.

Usando l'equazione del razzo di Ciolkovskij possiamo capire quanto delta-v ha la nostra navicella:  $\Delta v = Isp \times g_0 \times \ln \frac{m_0}{m_f}$



- Isp: impulso specifico (una misura dell'efficienza con cui un motore a reazione crea la spinta) in secondi
- $g_0$ : accelerazione standard dovuta alla gravità
- $\ln$ : funzione del logaritmo naturale
- $m_0$ : massa totale iniziale, compreso il propellente (wet mass)
- $m_f$ : massa totale finale, senza propellente (dry mass)



## I calcoli

Isp: 311 s (abbiamo usato il motore Rutherford di Electron come riferimento)

$$g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$m_0 = 2150 \text{ kg}$$

$$m_f = 33 \text{ kg}$$

$$\Delta v = 311 \times 9,81 \times \ln \frac{2150}{33}$$

$$\Delta v = 311 \times 9,81 \times \ln(65,15)$$

$$\Delta v = 311 \times 9,81 \times 4,18$$

$$\Delta v = 12.753 \text{ m/s} = 12,753 \text{ km/s}$$

Dal delta-v richiesto potremmo sottrarre 1 o 2 km/s grazie al pallone ad alta quota che porta la navicella sopra la parte più densa dell'atmosfera. I nostri calcoli dovrebbero quindi essere accurati entro circa 1-2 km/s.



## NOTE

1 - Al Gore, An Enconvenient Truth, film documentario.

2 - Dunlap Institute for Astronomy and Astrophysics / GitHub Pages / Curriculum Vitae, Cameron Van Eck.

<https://www.dunlap.utoronto.ca/dunlap-people/dr-cameron-van-eck>

<https://cameron-van-eck.github.io>

<https://cameron-van-eck.github.io/assets/CV/CurriculumVitae.pdf>

3 - Space.com, Tereza Pultarova, The environmental impact of rocket launches: The 'dirty' and the 'green', 2021.

<https://www.space.com/rocket-launches-environmental-impact>

4 - LinkedIn, Nicholas Dorn.

<https://www.linkedin.com/in/ndornvfx>

5 - Moon Express, MX-1 Scout Class Explorer, 2017-2019 / Wired, Justice Namaste, The Moon Express MX-1E Lander Is Heading for the Moon or Bust, 2017.

<https://web.archive.org/web/20190805035848/https://moonexpress.com/robotic-explorers/mx-1-scout-class-explorer>

<https://www.wired.com/story/the-moon-express-mx-1e-lander-is-heading-for-the-moon-or-bust>

6 - Rocket Lab, Payload's User Guide Version 6.6, 2020, pag. 8.

<https://www.rocketlabusa.com/assets/Uploads/Payload-User-Guide-LAUNCH-V6.6.pdf>

## **CREDITS**

Produzione 3D

**Francesco Della Torre**  
**Platon Olegovich**  
**Nick Dorn**

Idea and Editing

**Matteo Della Torre**

Supervisione scientifica

**Cameron Van Eck**

Asset 3D

**NASA Scientific Visualization Studio**  
**NASA Visible Earth**  
**NASA Earth Observatory**  
**NASA Goddard Space Flight Center**  
**MODIS Rapid Response, Jacques Descloitres**  
**Midge Sinnaeve**

**GREENPEACE**