aicq
Associazione Italiana Cultura Qualità
Settore Aerospace

aicq
Associazione Italiana Cultura Qualità
Piemontese

Politecnico di Torino

Terzo convegno Nazionale
QUALITÀ NELL'AEROSPACE

Sfide, Risultati e Opportunità
della Qualità nella Space Economy

ON MOON SURFACE: TECHNOLOGY DEVELOPMENTS AND QUALITY / SAFETY CHALLENGES

Franco Fenoglio, Thales Alenia Space

11-12 NOVEMBRE 2026 TORINO

Evoluzione scenari lunari: NASA 'Ignition' e Moon Base

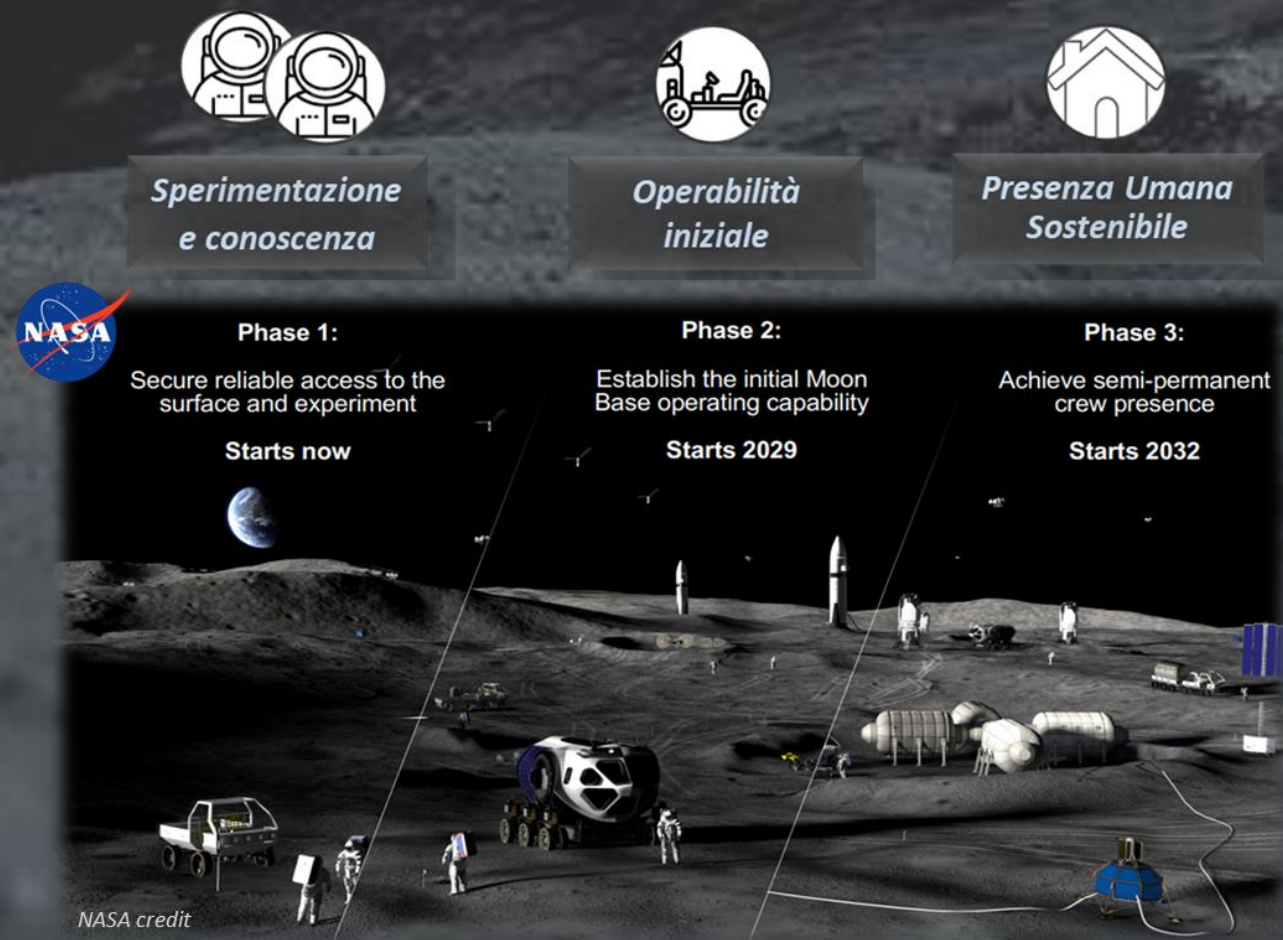
Le **missioni lunari con equipaggio** sono **mandatorie** per eseguire obiettivi scientifici, dispiegare strumenti e tecnologie, costruire infrastrutture e dimostrare sistemi per Marte.

NASA Ignition *(Marzo 2026)*

- **Accelerazione** ritorno sulla Luna -> costruzione **base lunare permanente** -> aumento **frequenza missioni** lunari
- Gateway orbitale in "*pause & pivot*", e aggiornamento planning **Artemis:**
  - ✓ **2027, Artemis III:** test di sistemi e operazioni in LEO (Orion + HLS)
  - ✓ **Inizio 2028, Artemis IV:** '*Boots on the Moon*' di 2 astronauti
  - ✓ **Fine 2028, Artemis V:** 1ª missione di supporto alla base lunare
  - ✓ Dopo Artemis V, almeno una missione umana all'anno

Moon Base

- **Continuità** operativa sulla Luna
- **Validazione** habitat & servizi (energia, supporto vitale, comunicazioni..)
- **Riduzione rischi** per incremento affidabilità e sicurezza
- **Scalabilità** della base lunare (replicabilità e modularità)
- **Scienza e Tecnologia** promozionate e facilitate



NASA credit

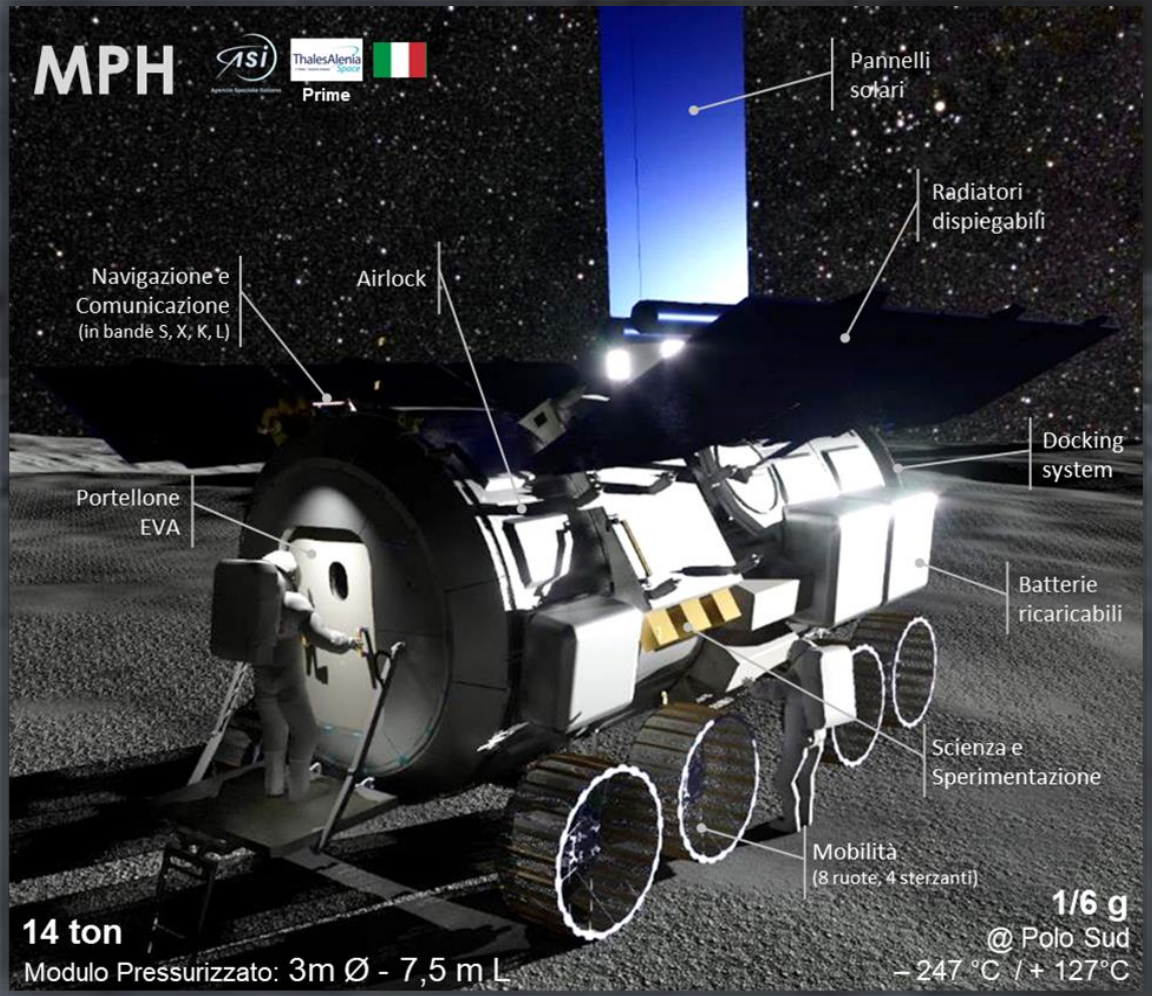
Missioni lunari, principali fattori trainanti e sfide

Le nuove sfide del **programma Moon Base** sono rappresentate dall'obiettivo di dispiegare **infrastrutture di superficie capaci di operare per diversi anni nel difficile ed estremo ambiente lunare**, consentendo **molteplici missioni con equipaggio** durante la loro vita operativa.

- Sicurezza e benessere degli equipaggi
- Autonomia
- Vita utile operativa
- Capacità di Inter-operabilità
- Approccio per blocchi costitutivi (*building-blocks*)

- Polvere lunare
- Ambiente termico
- Radiazioni
- Gravità ridotta

Modulo lunare MPH (Multi-Purpose Habitation)



- Capacità di **ospitare in sicurezza gli astronauti** durante le loro missioni, con facilitazione delle **attività extra-veicolari (EVA)** per esplorare la Luna;
- Capacità di **mobilità** sulla superficie lunare;
- Esecuzione di **scienza e sperimentazione,** con o senza equipaggio;
- Sinergia con **Artemis e architettura di Moon Base**.

Sistemi per il supporto vitale equipaggio

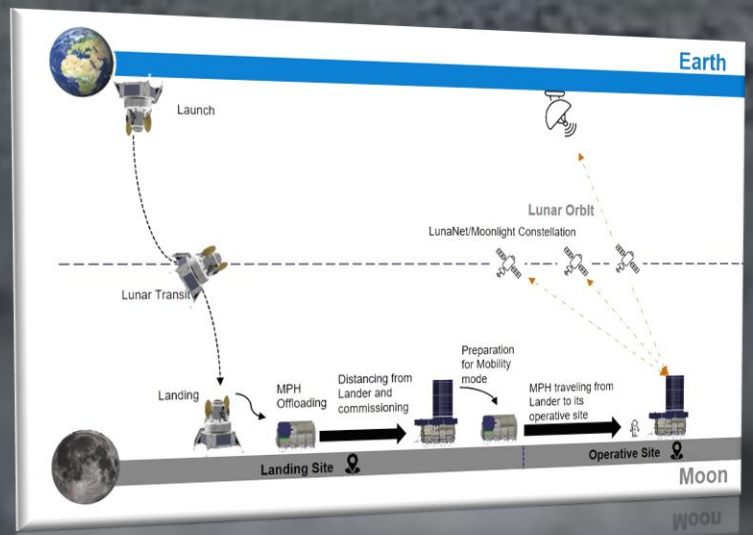
Sezione abitativa e *airlock* integrato

Portello EVA per ingresso / uscita

Sistema di mobilità integrata

Docking system per aggancio con altri elementi

Interfacce per Payloads interni ed esterni

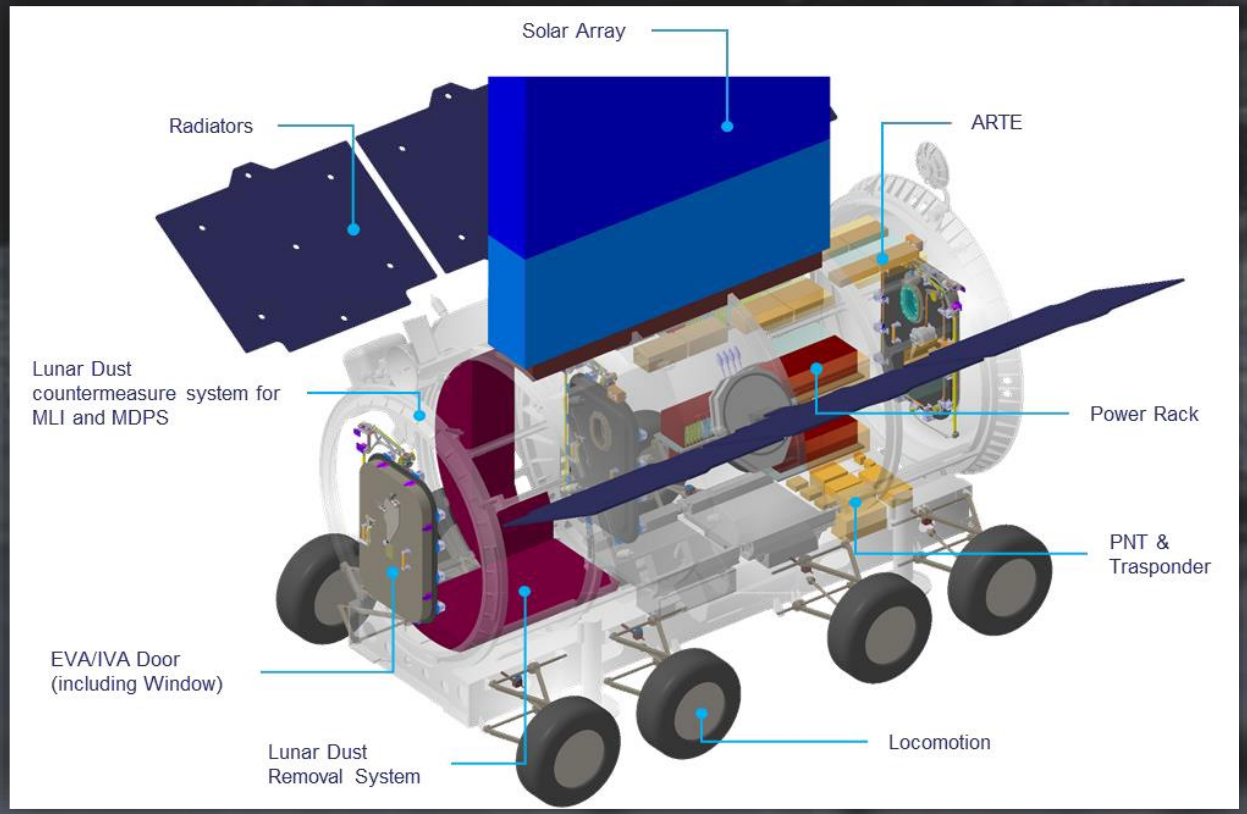


MPH, Sviluppi Tecnologici

I casi d'uso valutati e la configurazione di riferimento definita per il modulo MPH hanno identificato **diverse tecnologie abilitanti da sviluppare sin dalle fasi iniziali del progetto**, con forte coinvolgimento della **filiera industriale italiana.**

Tra i principali sviluppi:

- Avionica avanzata
- Sistema di mobilità
- Contromisure alla polvere lunare
- Posizionamento, navigazione e temporizzazione



Qualità e Sicurezza per le missioni lunari

Qualità e sicurezza sono elementi mission-critical che determinano la sopravvivenza dell'equipaggio, la continuità operativa e il successo della missione

Ambiente Estremo

- Escursioni termiche
- Radiazioni
- Regolite abrasiva
- Qualificazione avanzata

Affidabilità e Resilienza

- No interventi rapidi
- Ridondanze
- Fault tolerance
- Autonomia operativa

Sicurezza Equipaggio

- Protezione astronauti
- EVA sicure
- Monitoraggio salute
- Fattori umani

Supply Chain

- Partner internazionali
- Tracciabilità
- Configuration control
- Quality by Design

Sulla Luna **non esiste assistenza immediata,** un difetto non individuato a Terra può trasformarsi in un **rischio critico**.

Il successo delle future missioni lunari dipenderà dalla capacità di **saper integrare innovazione progettuale e tecnologica, qualità e sicurezza** in un unico ecosistema operativo resiliente.

Sfide critiche in assenza di 'lunar heritage'

Nel contesto delle future missioni lunari **non esiste un ampio storico lunare** da cui derivare dati statistici affidabili: la Qualità richiede quindi **metodi rigorosi che devono essere incorporati nella progettazione** fin dalle fasi iniziali del progetto, al fine di garantire l'**affidabilità in condizioni estreme**, **ridurre i rischi di guasto** durante le fasi critiche (atterraggio, discesa, operazioni robotiche/impianti), e prevenire **effetti "a cascata"** dovuti a polvere, radiazioni e vincoli di manutenzione.



Alternanza Giorno/Notte e Produzione di Energia

Generazione continua tramite pannelli solari orientabili e gestione dell'accumulo per la notte lunare di 14 giorni



Radiazioni cosmiche

Protezione dell'elettronica e schermatura attiva/passiva per l'equipaggio contro eventi di particelle solari e raggi cosmici



Contaminazione da regolite

Mitigazione dell'abrasione da polvere sottile su meccanismi, pannelli solari, guarnizioni del portellone di accesso

Obiettivo: validare l'architettura e la stabilità dei sistemi durante la missione prima dell'integrazione finale

Approccio di gestione a Qualità e Sicurezza

Approccio sistematico fin dalle prime fasi del progetto per convertire requisiti di design, sicurezza e qualità in evidenze verificate per tutta la catena di forniture.

Servirà **tracciabilità requisiti → design (inclusivo di conformità agli aspetti di sicurezza) → test**, esecuzione di **prove ambientali rappresentative**, **ispezione integrata e controllo processi.**

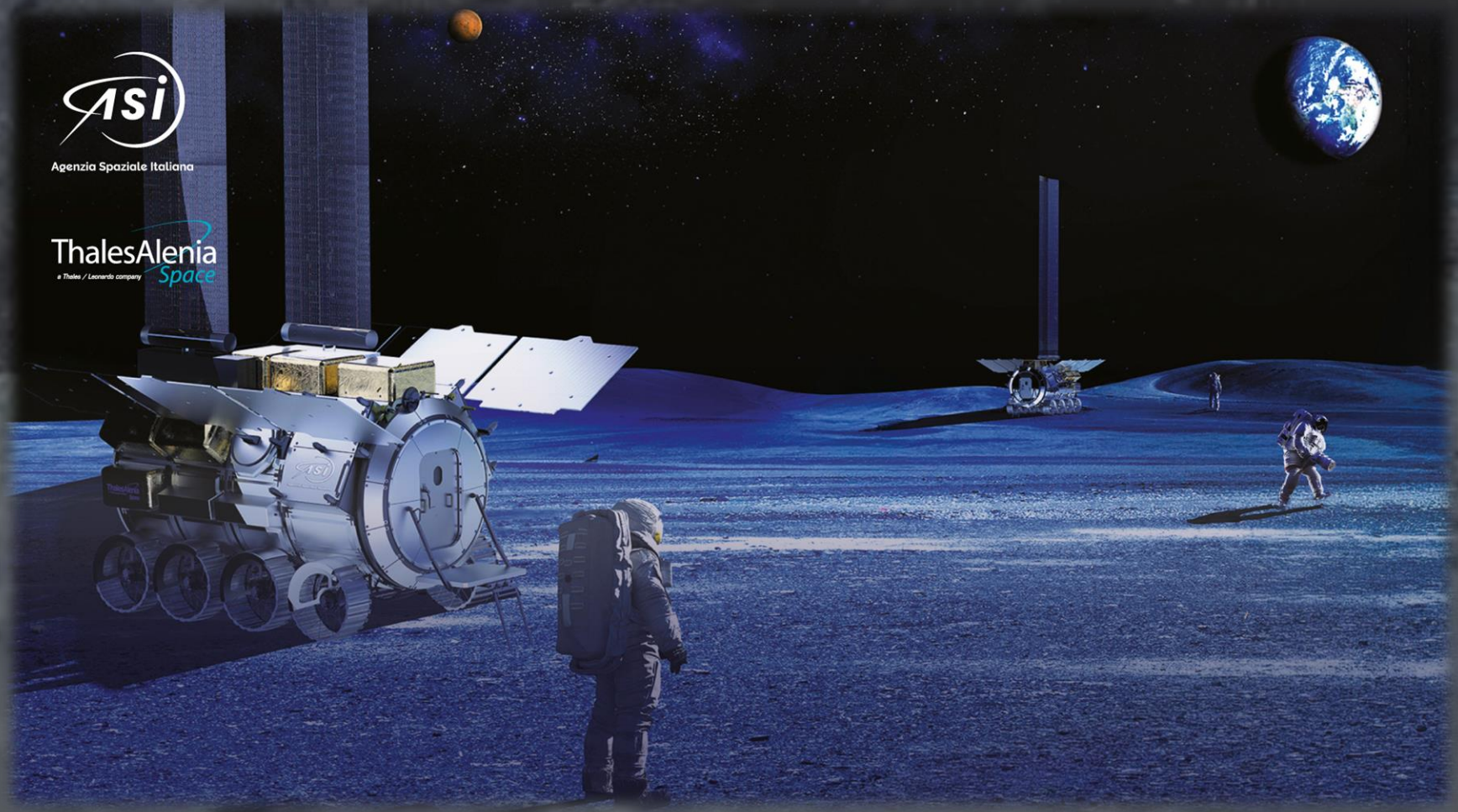
- ✓ **Pre-sviluppi Tecnologici Critici**
  Sviluppo tecnologico e campagne di test anticipate per i principali componenti di accumulo energetico, *breadboard* schede elettroniche e gestione tempi di missione.

- ✓ **Conversione in Evidenze Tecniche**
  Analisi predittive, digital engineering, simulazioni, approcci basati sul rischio, test di simulazione termiche e profili dedicati di campagne di test, mediante impiego di camere TVAC (inclusa simulazione oscurità).

- ✓ **Controllo di Qualità della Filiera**
  Opportuno flow-down , con verifica periodica di implementazione, a tutta la filiera di sotto-contrattori e fornitori mediante requisiti dedicati di Product Assurance.



Sfide, Risultati e Opportunità della Qualità nella Space Economy



Grazie per l'attenzione!

ThalesAlenia Space
a Thales / Leonardo company