



# Come organizzare la lezione?

La lezione è divisa in due parti. Ogni parte comprende attività di base e un approfondimento.

## BASE · ~62 MIN

Queste attività formano una partita completa: dalla scelta degli obiettivi alle conclusioni.

## APPROFONDIMENTO · ~46 MIN

Potete saltare l'intero blocco senza modificare la partita di base.

## PROGRAMMA · MINUTI

| Parte / pagine                                       | Base           | Approfondimento | Versione completa |
|------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|
| <b>1. Preparazione della missione</b><br>Pagine 2-18 | ~29 min        | ~33 min         | ~62 min           |
| <b>2. Svolgimento e conclusioni</b><br>Pagine 20-41  | ~33 min        | ~13 min         | ~46 min           |
| <b>Totale</b>                                        | <b>~62 min</b> | <b>~46 min</b>  | <b>~108 min</b>   |

## PREPARAZIONE E DISTRIBUZIONE DELLE SCHEDE

Per la versione cartacea, preparate un insieme di materiali per ogni squadra. Stampate su un solo lato, in formato A4 orizzontale. Base: pagine 7-14, 18, 22, 23-40.

Distribuite prima le schede di preparazione. Consegnate le schede dei turni (pagine 23-26) all'inizio del turno e i risultati scelti (pagine 27-39) solo dopo aver registrato tutte le azioni del turno.

Potete consegnare alle squadre i materiali per l'insegnante (pagine 43-46) dopo il finale.

# Mariner 4: la prima immagine ravvicinata di Marte

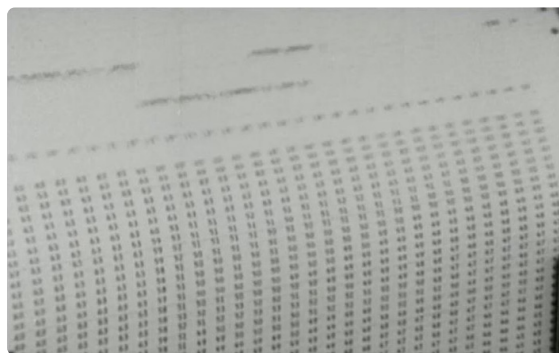
Sorvolo nel luglio 1965. Obiettivi: immagini della superficie, misure dell'atmosfera e prova delle comunicazioni.

## SONDA MARINER 4



La sonda durante i test al JPL. [1]

## SEGNALE RADIO



I dati raggiungono la Terra via radio. La squadra legge i numeri stampati. [2]

## L'IMMAGINE SULLA TERRA



La prima immagine fu colorata a mano seguendo i numeri ricevuti. [3]

### CHE COSA MOSTRÒ LA MISSIONE?

Arrivarono sulla Terra 21 immagini complete e parte della 22. Erano visibili numerosi crateri.

Le misure del segnale radio indicarono un'atmosfera molto tenue: pressione al suolo pari a circa l'1% di quella terrestre.

### CHE COSA RESTÒ DA SCOPRIRE?

Le immagini coprivano meno dell'1% di Marte. Non si conoscevano ancora tutta la superficie e i luoghi migliori da studiare. Non risolsero neppure la questione della vita su Marte.

[1] NASA/JPL-Caltech, „Mariner Space Craft Weight Test”.

[2] NASA Science, «Coloring The Mariner 4 Image Data», fotogramma: 0:09.

[3] NASA/JPL-Caltech/Dan Goods, „First TV Image of Mars (Hand Colored)”, PIA14033.

Dati sulla missione: NASA Science, «Mariner 4».

# Storia delle missioni

Le sonde Mariner sorvolano Marte ed entrano in orbita; le sonde Mars e Viking iniziano a studiarne la superficie.

## Dal sorvolo al lavoro in superficie

- 1969** ● **Mariner 6 e 7:** sorvoli riusciti; immagini e misure atmosferiche. **Mars 1969A e Mars 1969B:** lanci falliti di missioni orbitali.
- 1971** ● **Mariner 9:** prima orbita e mappa di Marte. **Mars 2 e 3:** **Successo parziale** — dati dall'orbita; il primo lander si schiantò, il secondo smise di trasmettere dopo un atterraggio morbido. **Mariner 8:** lancio fallito.
- 1974** ● **Mars 4:** **Successo parziale** — immagini del sorvolo, senza entrare in orbita. **Mars 5:** **Successo parziale** — studi orbitali interrotti. **Mars 6:** **Successo parziale** — dati durante la discesa, lander perso. **Mars 7:** il lander mancò Marte.
- 1976** ● **Viking 1 e 2:** lunghi studi dall'orbita e dal suolo. Immagini, meteo ed esperimenti per cercare la vita; nessuna prova certa di vita.
- 1988–1989** ● **Fobos 1:** contatto perso. **Fobos 2:** **Successo parziale** — dati dall'orbita marziana; contatto perso prima del rilascio di sonde su Fobos.
- 1993** ● **Mars Observer:** contatto perso prima dell'ingresso in orbita. Piano: mappare Marte.

Fonti: NASA/NSSDC «Chronology of Mars Exploration», NASA/JPL, ESA. I collegamenti ai contenuti multimediali sono nella versione online.

La storia continua a pagina 4. Introduzione al gioco: pagina 7.

# Storia delle missioni

Mars Global Surveyor mappa il pianeta; Sojourner, Spirit e Opportunity studiano le rocce da vicino.

## Mappe dall'orbita e primi rover

- 
- A vertical timeline with a central line and dots representing mission events. The years are listed on the left, and the mission details are on the right.
- 1996** ● **Mars 96:** lancio fallito. Piano: studiare atmosfera, suolo e interno di Marte.
  - 1997** ● **Mars Global Surveyor:** mappe globali. **Pathfinder e Sojourner:** atterraggio riuscito e primo rover funzionante; spostamenti verso le rocce e loro studio.
  - 1998** ● **Nozomi:** tentativo di studiare l'alta atmosfera dall'orbita; non raggiunge l'orbita marziana, missione conclusa nel 2003.  
lancio
  - 1999** ● **Mars Climate Orbiter:** perso prima degli studi sul clima. **Mars Polar Lander e Deep Space 2:** persi prima degli studi su suolo e ghiaccio.
  - 2001** ● **Mars Odyssey:** mappatura della composizione superficiale e ricerca di ghiaccio nel sottosuolo dall'orbita.
  - 2003–2004** ● **Mars Express:** dati su superficie e atmosfera dall'orbita. **Beagle 2:** nessun contatto. **Spirit e Opportunity:** studio di rocce e tracce di acqua antica.

Fonti: NASA/NSSDC «Chronology of Mars Exploration», NASA/JPL, ESA. I collegamenti ai contenuti multimediali sono nella versione online.

La storia continua a pagina 5. Introduzione al gioco: pagina 7.

# Storia delle missioni

Phoenix studia il ghiaccio, Curiosity cerca tracce di antiche condizioni favorevoli alla vita e MAVEN studia la perdita dell'atmosfera.

## Ghiaccio, acqua antica e ambienti abitabili

- 
- A vertical timeline with a central line and dots representing mission years. The years are listed on the left, and the mission details are on the right.
- 2006** ● **Mars Reconnaissance Orbiter:** immagini dettagliate della superficie, tracce d'acqua e ricognizione dei siti di atterraggio.
  - 2008** ● **Phoenix:** studio di suolo e ghiaccio nella regione polare.
  - 2011** ● **Fobos-Grunt e Yinghuo-1:** non lasciarono l'orbita terrestre; nessun campione di Fobos né studio di Marte.  
lancio
  - 2012** ● **Curiosity:** nel 2013 confermò che l'ambiente antico avrebbe potuto ospitare la vita. Non significa aver scoperto organismi.  
atterraggio
  - 2014** ● **MAVEN:** studio della perdita dell'atmosfera. **Mars Orbiter Mission:** dimostrazione riuscita del volo e delle operazioni orbitali, osservazioni di Marte.
  - 2016** ● **ExoMars Trace Gas Orbiter:** misure dei gas in tracce. **Schiaparelli:** **Successo parziale** — dati durante la discesa, ma atterraggio concluso con uno schianto.

Fonti: NASA/NSSDC «Chronology of Mars Exploration», NASA/JPL, ESA. I collegamenti ai contenuti multimediali sono nella versione online.

La storia continua a pagina 6. Introduzione al gioco: pagina 7.

# Storia delle missioni

InSight studia l'interno di Marte, Perseverance raccoglie campioni e Ingenuity e MOXIE provano nuove tecnologie.

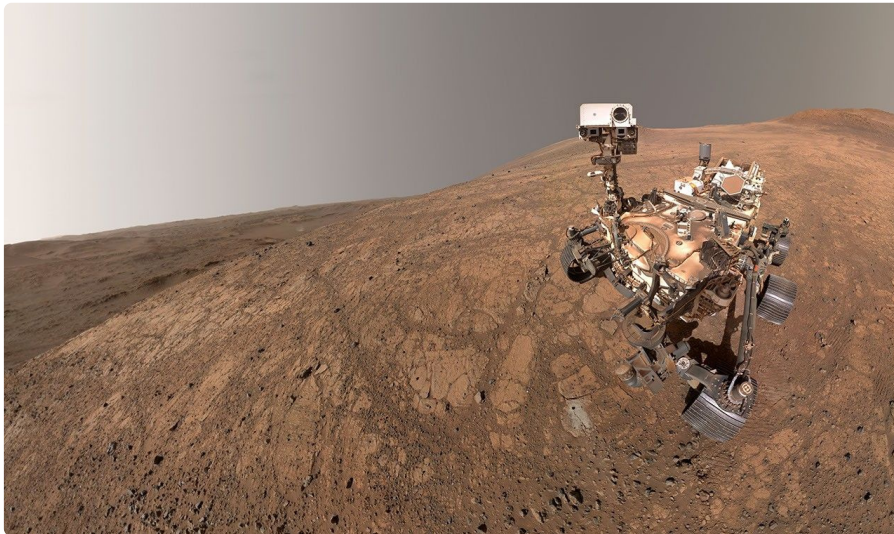
## Nuovi strumenti, campioni e domande aperte

- 2018**  
● **InSight:** misure di vibrazioni e rotazione di Marte. **Sonda termica InSight:** misura del flusso di calore dall'interno di Marte **non riuscita** — non penetrò abbastanza nel suolo. **MarCO:** prova riuscita di trasmissione dei dati dell'atterraggio.
- 2021**  
● **Hope:** osservazioni atmosferiche. **Tianwen-1 e Zhurong:** studi dall'orbita e dal suolo. **Perseverance:** rocce e campioni. **Ingenuity:** primo volo motorizzato controllato su un altro pianeta.
- 2023**  
risultato  
● **MOXIE su Perseverance:** produzione riuscita di ossigeno dall'atmosfera. **Obiettivo futuro:** un impianto abbastanza produttivo per le missioni umane.
- 2024–2025**  
risultato  
● **Perseverance:** campione Sapphire Canyon dalla roccia Cheyava Falls e possibili tracce di vita antica. **Domanda aperta:** origine biologica o processi senza vita?
- 2025**  
lancio  
● **ESCAPADE:** lancio di due sonde il 13 novembre; arrivo previsto nel 2027. **Obiettivo:** misure simultanee dell'effetto del vento solare sulla perdita dell'atmosfera.

Fonti: NASA/NSSDC «Chronology of Mars Exploration», NASA/JPL, ESA. I collegamenti ai contenuti multimediali sono nella versione online.

# Missione su Marte

Età: 15+ | Squadra: 3–5 persone | Durata: circa 60–70 min o 90–115 min con tutti gli approfondimenti



**Perseverance su Marte · 10 maggio 2025**

Autoritratto composto da 59 immagini della camera WATSON.

NASA/JPL-Caltech/MSSS · PIA26574

**Nome della squadra**

## DIVIDETE IL LAVORO

Decidete chi legge i messaggi, calcola le risorse e registra le decisioni.

## Preparate e svolgete una vostra missione di ricerca su Marte.

Siete una squadra di scienziati e ingegneri che prepara una missione su Marte.

### 1 OBIETTIVI

Scegliete 2 obiettivi di ricerca.

### 2 PROGETTO

Scegliete l'attrezzatura entro i limiti previsti e preparate un piano di missione.

### 3 RICERCHE

Inviare il rover su Marte e prendete decisioni a ogni turno.

### 4 RISULTATI E CONCLUSIONI

Presentate ciò che avete scoperto e ciò che conviene studiare in seguito.

## PREPARATE

Schede della missione, matita, foglio per i calcoli e calcolatrice.

Dopo il finale: discussione — pagina 43, conclusioni — p. 44, esempi di piani — p. 45, costi delle combinazioni — p. 46.

Scoprite gli obiettivi alle pagine 8-11, poi sceglieteli a pagina 12.

# Obiettivo A: Tracce di vita antica

Difficoltà: alta

## Domanda di ricerca:

**Quale roccia merita ulteriori studi?**

## Compito di base:

Studiate la composizione minerale con lo spettrometro (I2) in entrambi i punti X e Y. Prelevate un campione da X o Y con il trapano (I4) e conservatelo per ulteriori studi.

## Analisi:

Dopo aver confrontato i risultati, valutate la scelta del campione. Che cosa sapevate al momento del prelievo e che cosa avete scoperto dopo?

## Attività aggiuntiva:

Confrontate X e Y usando la stessa camera scientifica, camera microscopica o lo stesso radar. Due campioni conservati non completano l'attività aggiuntiva.

## CHE COSA RIVELANO GLI STUDI?

I1 (camera scientifica): **l'intera roccia e l'ambiente circostante**.

I2 (spettrometro): **minerali** che possono indicare l'azione dell'acqua.

I4 (trapano e contenitori per campioni): un **campione** per future analisi di laboratorio.

I5 (camera microscopica): **grani e tessitura** della roccia.

I6 (radar del sottosuolo): **disposizione degli strati** sotto la superficie.

## COME SCEGLIERE IL LUOGO?

Cercate sedimenti antichi o rocce alterate dall'acqua.

Nel turno potete usare più strumenti diversi entro il limite di potenza. I1 (camera scientifica): 4 kg / 8 milioni USD / 15 W · I2 (spettrometro): 11 kg / 18 milioni USD / 25 W · I3 (stazione meteorologica): 6 kg / 6 milioni USD / 15 W · I4 (trapano e contenitori per campioni): 10 kg / 20 milioni USD / 25 W · I5 (camera microscopica): 2 kg / 5 milioni USD / 15 W · I6 (radar del sottosuolo): 3 kg / 10 milioni USD / 20 W

Altri obiettivi: [pagine 9-11](#). Scelta degli obiettivi: [pagina 12](#).

# Obiettivo B: Tracce di acqua antica

Difficoltà: media

## Domanda di ricerca:

**La roccia studiata conserva tracce dell'antica azione dell'acqua?**

## Compito di base:

Studiate una roccia X o Y con lo spettrometro (I2) e una camera scientifica (I1) o microscopica (I5).

## Analisi:

Valutate se i risultati indicano un legame tra la roccia studiata e l'antica azione dell'acqua.

## Attività aggiuntiva:

Studiate la stessa roccia con entrambe le camere: scientifica (I1) e microscopica (I5).

## CHE COSA RIVELANO GLI STUDI?

- I1 (camera scientifica): **strati e forma** della roccia.
- I2 (spettrometro): **minerali** che possono indicare l'azione dell'acqua.
- I5 (camera microscopica): **grani e tessitura** della roccia.

## COME SCEGLIERE IL LUOGO?

Cercate sedimenti o minerali alterati dall'acqua. Nella ricognizione scegliete un affioramento raggiungibile.

Nel turno potete usare più strumenti diversi entro il limite di potenza. I1 (camera scientifica): 4 kg / 8 milioni USD / 15 W · I2 (spettrometro): 11 kg / 18 milioni USD / 25 W · I3 (stazione meteorologica): 6 kg / 6 milioni USD / 15 W · I4 (trapano e contenitori per campioni): 10 kg / 20 milioni USD / 25 W · I5 (camera microscopica): 2 kg / 5 milioni USD / 15 W · I6 (radar del sottosuolo): 3 kg / 10 milioni USD / 20 W

Altri obiettivi: [pagina 8](#), [10-11](#). Scelta degli obiettivi: [pagina 12](#).

# Obiettivo C: Cambiamenti del tempo

Difficoltà: bassa

## Domanda di ricerca:

**Come cambia il tempo nel luogo scelto?**

## Compito di base:

Misurate il tempo con la stazione meteorologica (I3) in due turni.

## Analisi:

Descrivete i cambiamenti del tempo sulla base delle vostre misure.

## Attività aggiuntiva:

Eseguite una terza misura con la stazione meteorologica (I3).

## CHE COSA RIVELANO GLI STUDI?

I3 (stazione meteorologica): **temperatura, pressione, vento e polvere.**

## COME CONFRONTARE LE MISURE?

Controllate quali valori sono aumentati o diminuiti tra le misure.

Nel turno potete usare più strumenti diversi entro il limite di potenza. I1 (camera scientifica): 4 kg / 8 milioni USD / 15 W · I2 (spettrometro): 11 kg / 18 milioni USD / 25 W · I3 (stazione meteorologica): 6 kg / 6 milioni USD / 15 W · I4 (trapano e contenitori per campioni): 10 kg / 20 milioni USD / 25 W · I5 (camera microscopica): 2 kg / 5 milioni USD / 15 W · I6 (radar del sottosuolo): 3 kg / 10 milioni USD / 20 W

Altri obiettivi: [pagine 8-9, 11](#). [Scelta degli obiettivi: pagina 12](#).

# Obiettivo D: Risorse locali di Marte

Difficoltà: media

## Domanda di ricerca:

**Dove cercare risorse locali di Marte che potrebbero aiutare le missioni future?**

## Compito di base:

Studiate con il radar (I6) gli strati del sottosuolo presso X e Y.

## Analisi:

Confrontate i profili radar e scegliete un luogo adatto al prelievo. Se avete già prelevato il campione, valutate quella scelta.

## Attività aggiuntiva:

Prelevate con il trapano (I4) un campione da X o Y e conservatelo per ulteriori analisi.

## CHE COSA RIVELANO GLI STUDI?

I4 (trapano e contenitori per campioni): un **campione di materiale** per ulteriori studi.

I6 (radar del sottosuolo): **disposizione degli strati** sotto la superficie.

## COME SCEGLIERE IL LUOGO?

Controllate la profondità degli strati e se affiorano in superficie.

Nel turno potete usare più strumenti diversi entro il limite di potenza. I1 (camera scientifica): 4 kg / 8 milioni USD / 15 W · I2 (spettrometro): 11 kg / 18 milioni USD / 25 W · I3 (stazione meteorologica): 6 kg / 6 milioni USD / 15 W · I4 (trapano e contenitori per campioni): 10 kg / 20 milioni USD / 25 W · I5 (camera microscopica): 2 kg / 5 milioni USD / 15 W · I6 (radar del sottosuolo): 3 kg / 10 milioni USD / 20 W

Scelta degli obiettivi: [pagina 12](#).

# Scegliete 2 obiettivi ★

Per raggiungere un obiettivo, completate il compito di base e rispondete alla domanda di ricerca usando i risultati. L'attività aggiuntiva è facoltativa.

☐ **A Tracce di vita antica**

Quale roccia merita ulteriori studi? Scheda obiettivo: pagina 8.

☐ **B Tracce di acqua antica**

La roccia studiata conserva tracce dell'antica azione dell'acqua? Scheda obiettivo: pagina 9.

☐ **C Cambiamenti del tempo**

Come cambia il tempo nel luogo scelto? Scheda obiettivo: pagina 10.

☐ **D Risorse locali di Marte**

Dove cercare risorse locali di Marte che potrebbero aiutare le missioni future? Scheda obiettivo: pagina 11.

## I VOSTRI LIMITI

Budget per l'attrezzatura **90 milioni USD**

Massa totale del rover **fino a 71 kg**

Potenza disponibile **70 / 100 W\***

Numero di turni **4**

\* Secondo l'alimentazione scelta.

1 turno di ricognizione e 3 turni di ricerca. Ogni strumento al massimo una volta per turno, in un punto; stazione meteorologica senza punto.

★ Sfida: provate a pianificare una missione con 3 obiettivi. Non tutte le terne sono possibili.

Proseguite: deposito strumenti, pagina 13.

# Deposito strumenti

Scegliete 1-4 strumenti per gli studi previsti.

Funzioni e parametri degli strumenti sono semplificati per l'attività. Le illustrazioni sono indicative.



## I1 · Camera scientifica

**4 kg | 8 milioni USD | 15 W**

Mostra gli strati e le forme delle rocce.

Ispirazione: Mastcam-Z.

☐ Scelto



## I2 · Spettrometro

**11 kg | 18 milioni USD | 25 W**

Aiuta a riconoscere i minerali.

Ispirazione: SuperCam.

☐ Scelto



## I3 · Stazione meteorologica

**6 kg | 6 milioni USD | 15 W**

Misura temperatura, pressione, vento e polvere.

Ispirazione: MEDA.

☐ Scelto



## I4 · Trapano e contenitori per campioni

**10 kg | 20 milioni USD | 25 W**

Nel gioco perfora fino a 6 cm e conserva un campione.

Ispirazione: sistema di campionamento di Perseverance.

☐ Scelto



## I5 · Camera microscopica

**2 kg | 5 milioni USD | 15 W**

Mostra i grani e la tessitura della roccia.

Ispirazione: WATSON.

☐ Scelto



## I6 · Radar del sottosuolo

**3 kg | 10 milioni USD | 20 W**

Mostra gli strati sotto la superficie vicino al punto studiato.

Ispirazione: RIMFAX.

☐ Scelto

Ispirazioni: strumenti di Perseverance, NASA/JPL. La stazione meteorologica misura anche la polvere, ispirandosi a MEDA/RDS.

Proseguite: alimentazione, pagina 14.

# Avviate il cuore del rover

Il modulo di base è obbligatorio. Aggiungete una fonte di alimentazione: S (alimentazione solare) oppure R (alimentazione a radioisotopi).

## Modulo di base

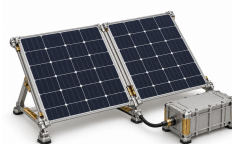


**30 kg | 25 milioni USD | consumo 20 W**

Ruote, computer, antenna, riscaldamento e camera di navigazione.

☒ Obbligatorio

## S · Alimentazione solare



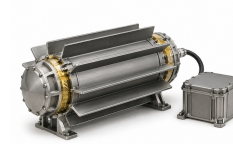
**6 kg | 8 milioni USD | disponibili 70 W**

Pannelli e batteria.

La potenza dipende dalla luce solare.

☐ Scelto

## R · Alimentazione a radioisotopi



**14 kg | 20 milioni USD | disponibili 100 W**

Fonte a radioisotopi e batteria.

Funziona anche di notte e durante le tempeste di polvere.

☐ Scelto

**Il modulo di base consuma sempre 20 W. Gli strumenti consumano potenza solo durante una ricerca.**

La potenza disponibile può diminuire temporaneamente del 35-45%; in tal caso si limita l'uso degli strumenti.

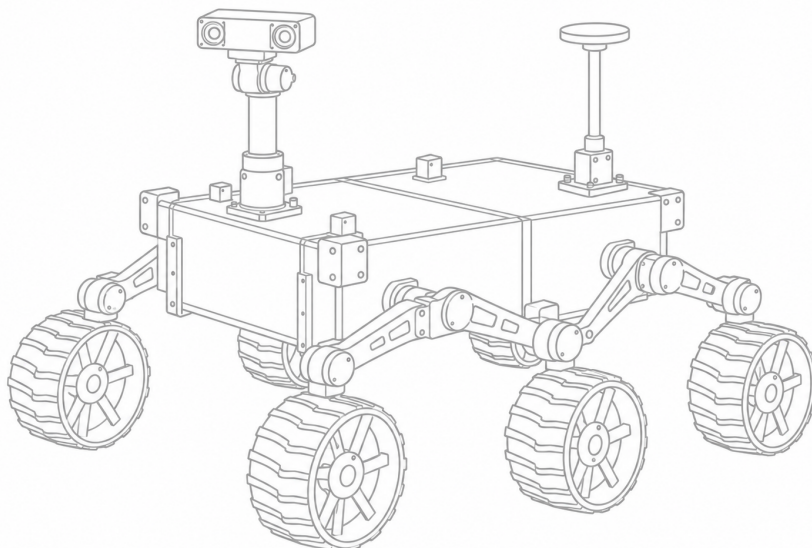
Illustrazioni e parametri sono indicativi. Ispirazione dell'alimentazione a radioisotopi: MMRTG di Perseverance, NASA/JPL.

Approfondimento: progetto e sito di atterraggio, pagine 15-16. Base: controllo prima del lancio, pagina 18.

# Officina dei progettisti

Disponete l'attrezzatura per svolgere le ricerche della vostra missione.

## DISPOSIZIONE DELL'ATTREZZATURA



## 1 · DISPONETE L'ATTREZZATURA

Disegnate l'alimentazione e gli strumenti scelti. Indicate i codici e, con frecce, la direzione di misura o il raggio d'azione.

## 2 · CONTROLLATE L'ATTREZZATURA

**Camere e spettrometro:** visuale libera sul bersaglio; camera microscopica vicina alla roccia.

**Trapano:** accesso alla roccia e al contenitore del campione.

**Meteo:** sensori di vento e temperatura fuori dalla copertura, lontani dal calore degli strumenti.

**Radar:** antenna rivolta verso il suolo.

**Pannelli:** accesso alla luce senza ombre dell'attrezzatura.

## ATTIVITÀ AGGIUNTIVA · CONFRONTATE LE DISPOSIZIONI DELL'ATTREZZATURA

Indicate sullo schema una disposizione alternativa dell'attrezzatura. Confrontate le opzioni e cerciate quella scelta.

**Che cosa facilita la disposizione scelta dell'attrezzatura e che cosa rende più difficile?**

---

---

---

Base del disegno: schema indicativo del modulo di base. Lasciate spazio ai movimenti degli strumenti ed evitate collisioni.

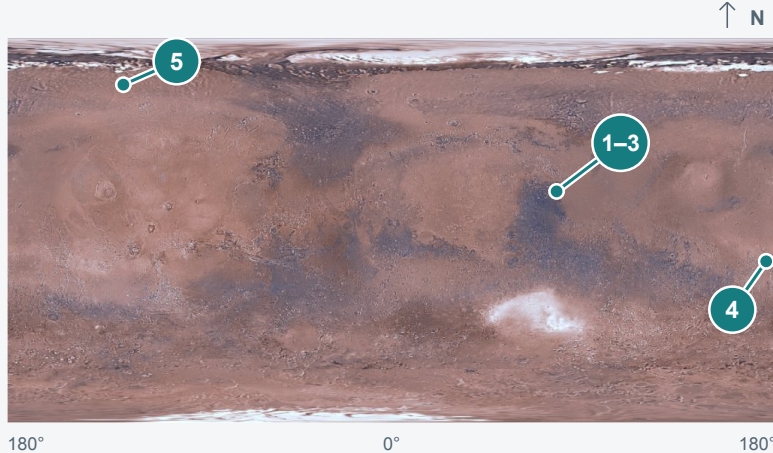
Proseguite: scelta del sito di atterraggio, pagina 16.

# Scegliete una regione per la missione

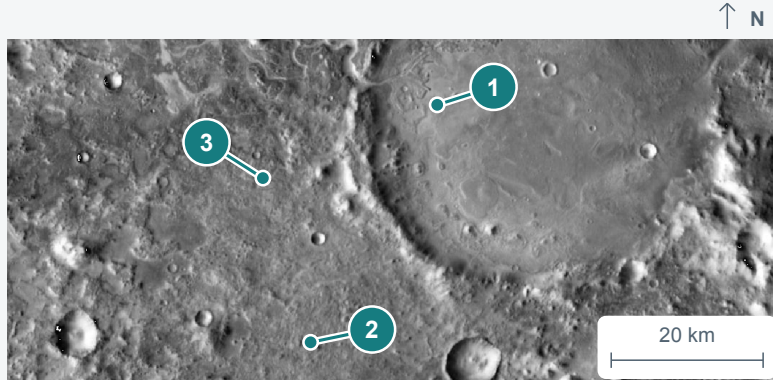
I quattro siti finalisti di Mars 2020 (2018) e un caso a parte: la regione di Phoenix.

Confrontate i luoghi. Segnatene uno; sottolineate due fatti importanti per i vostri obiettivi.

## MAPPA DI MARTE



## DETTAGLIO DELLE REGIONI 1-3



I punti indicano la posizione delle regioni.

### Che cosa sappiamo di questo luogo?

### Difficoltà o incognita

#### 1 ☐ Jezero

**Antico lago e delta; minerali argillosi e carbonati.** I sedimenti potrebbero aver conservato tracce di vita antica.

Massi e dune. Nell'atterraggio occorre evitare i pericoli usando mappe e camere.

#### 2 ☐ Northeast Syrtis

**Rocce molto antiche e minerali diversi.** Tracce dell'azione di acqua e calore sulle rocce.

Origine di alcune rocce e condizioni di conservazione della materia organica incerte.

#### 3 ☐ Midway

**Rocce simili a quelle di Northeast Syrtis.** Possibilità di unire lo studio della regione a quello di Jezero.

Raggiungere anche il delta richiederebbe un lungo tragitto. Dati sui minerali meno dettagliati.

#### 4 ☐ Columbia Hills

Spirit studiò **depositi di silice**: possibili tracce di antiche sorgenti calde. Sarebbe utile prelevare campioni.

L'origine dei depositi va verificata. Anche confermare sorgenti calde non dimostrerebbe la presenza di vita.

#### 5 ☐ Regione di Phoenix

Pianure settentrionali: i dati orbitali indicavano **ghiaccio appena sotto la superficie**.

Freddo e poca luce in inverno. Per Phoenix si cercò un terreno con meno massi.

Scelta di una regione basata su NASA/JPL. Nel resto del gioco tutte le squadre studiano lo stesso terreno fittizio X/Y. Mappe: NASA/USGS, Viking e THEMIS; punti: NASA (2020), Phoenix/PDS.

# Piano iniziale della missione

Pianificate le azioni e gli strumenti per i turni 2-4.

Il primo turno è sempre dedicato alla ricognizione del terreno. Nei turni 2-4 potete usare più strumenti diversi contemporaneamente, entro il limite di potenza. Ciascuno al massimo una volta per turno. Pianificate le ricerche e le attività aggiuntive degli obiettivi. Un risultato o un campione può servire per più obiettivi, se ne soddisfa i requisiti. In ogni turno, sommate i 20 W del modulo di base e la potenza degli strumenti scelti.

| Turno | Azione / strumento previsto               | Compito di base / attività aggiuntiva | Potenza richiesta [W] |
|-------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 1     | Ricognizione del terreno - modulo di base | Ricognizione                          | 20                    |
| 2     |                                           |                                       |                       |
| 3     |                                           |                                       |                       |
| 4     |                                           |                                       |                       |

# Controllo prima del lancio

Segnate un'alimentazione. Il rover può ospitare al massimo 4 strumenti. Il modulo di base è obbligatorio.

| Attrezzatura                                                     | kg | milioni USD |
|------------------------------------------------------------------|----|-------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Modulo di base               | 30 | 25          |
| <input type="checkbox"/> S (alimentazione solare)                | 6  | 8           |
| <input type="checkbox"/> R (alimentazione a radioisotopi)        | 14 | 20          |
| <input type="checkbox"/> I1 (camera scientifica)                 | 4  | 8           |
| <input type="checkbox"/> I2 (spettrometro)                       | 11 | 18          |
| <input type="checkbox"/> I3 (stazione meteorologica)             | 6  | 6           |
| <input type="checkbox"/> I4 (trapano e contenitori per campioni) | 10 | 20          |
| <input type="checkbox"/> I5 (camera microscopica)                | 2  | 5           |
| <input type="checkbox"/> I6 (radar del sottosuolo)               | 3  | 10          |

## CONTROLLATE I LIMITI

**MASSA**

\_\_\_\_\_ kg ≤ 71 kg

**COSTO**

\_\_\_\_\_ milioni USD ≤ 90 milioni USD

**POSTI PER GLI STRUMENTI**

\_\_\_\_\_ ≤ 4 posti

Contate le voci segnate con codice I.

☐ **LANCIO:** massa e costo entro i limiti; attrezzatura per le ricerche richieste; ricognizione e compiti di base degli obiettivi scelti realizzabili in 4 turni.

Un altro membro controlla calcoli, strumenti necessari e piano. Superate i limiti? Correggete attrezzatura e piano prima di segnare LANCIO.

# Fine della prima parte

---

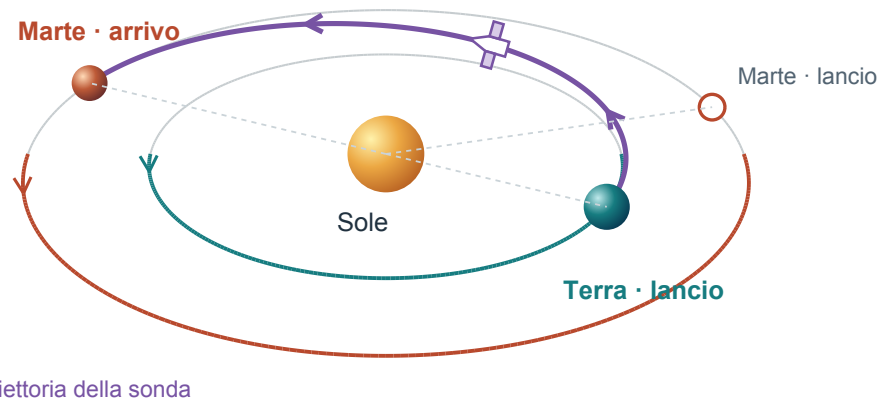
Preparazione della missione completata.

# Rotta verso Marte

Calcolate ogni quanti mesi si ripresenta un'occasione favorevole al lancio e il tempo di viaggio del segnale.

## LA TERRA ORBITA INTORNO AL SOLE PIÙ VELOCEMENTE

Orbita completa: Terra circa 365 giorni, Marte 687 giorni.



Una disposizione simile dei pianeti ritorna quando la Terra guadagna su Marte **un giro completo (360°)**.

## 1 · QUANDO RITORNA L'OCCASIONE DI LANCIO?

Movimento medio intorno al Sole in un giorno:

**Terra: 0,986°    Marte: 0,524°**

Quanti gradi al giorno guadagna la Terra su Marte?

\_\_\_\_\_ °/giorno

Tempo per guadagnare un giro completo:

$360^\circ \div \text{_____} \approx \text{_____}$  giorni

Assumete: un mese dura in media 30,4 giorni.

Le finestre di lancio favorevoli ritornano ogni circa

\_\_\_\_\_ mesi.

## 2 · QUANTO ATTENDETE IL SEGNALE?

Distanza per i calcoli: 180 000 000 km.

Velocità del segnale: 300 000 km/s.

$t = d / c = \text{_____} \text{ s} = \text{_____} \text{ min}$

Distanza indicativa; cambia durante la missione.

**Segnale di andata e ritorno:** \_\_\_\_\_ min

L'atterraggio dura 7 minuti. Che cosa deve fare il computer senza l'aiuto della Terra?

Ciclo medio, non calendario esatto dei lanci. Lancio e massimo avvicinamento avvengono in date diverse: la sonda vola verso la posizione futura di Marte. Schema: orbite circolari, pianeti ingranditi. NASA/JPL: Mission Timeline; Calculating Launch Windows.

Dopo i calcoli: fase 12 (Atterraggio), pagina 21.

# Sette minuti alla superficie

Ricostruite la sequenza di atterraggio: scrivete i numeri 1-7. Usate gli indizi a destra.

☐

Discesa del rover appeso ai cavi

☐

Apertura del paracadute

☐

Ingresso nell'atmosfera; scudo termico

☐

Distacco dello scudo termico

☐

Navigazione e scelta del punto di atterraggio

☐

Distacco dello stadio; frenata con i motori

☐

Contatto con il suolo, taglio dei cavi e allontanamento dello stadio

## INDIZI PER LA SEQUENZA

### INGRESSO NELL'ATMOSFERA

Lo scudo protegge dal calore. Dopo aver rallentato, la sonda apre il paracadute e poi sgancia lo scudo.

### SCELTA DEL PUNTO E FRENATA

I sensori scoperti aiutano a scegliere il punto. Lo stadio con il rover si separa dal paracadute e frena con i motori.

### CONTATTO CON IL SUOLO

Lo stadio cala il rover con i cavi. Dopo il contatto con il suolo taglia i cavi e si allontana.



Visualizzazione preparata per il gioco. Il modello dell'atterraggio di Perseverance è semplificato; la sequenza è eseguita dal computer di bordo.

# Come funzionano i quattro turni?

## TURNO 1 · RICOGNIZIONE

Osservate X e Y con la camera di navigazione del modulo di base.

## TURNI 2-4 · RICERCHE

Potete usare più strumenti diversi oppure fare una pausa.

## IN OGNI TURNO DI RICERCA

- 1 Scegliete strumenti e punti X/Y.** Ogni strumento al massimo una volta per turno; I3 (stazione meteorologica) non richiede un punto.
- 2 Controllate la potenza e registrate tutte le azioni.** La somma dei consumi del modulo di base e degli strumenti deve rispettare il limite.
- 3 Leggete i risultati.** Le azioni registrate non si possono più modificare.

## CHE COSA POTETE CAMBIARE?

Dopo ogni turno potete cambiare il piano delle ricerche successive: strumenti, punti X/Y e ordine delle misure.

## RISULTATI CONDIVISI

Lo stesso risultato o campione può servire per più obiettivi, se ne soddisfa i requisiti.

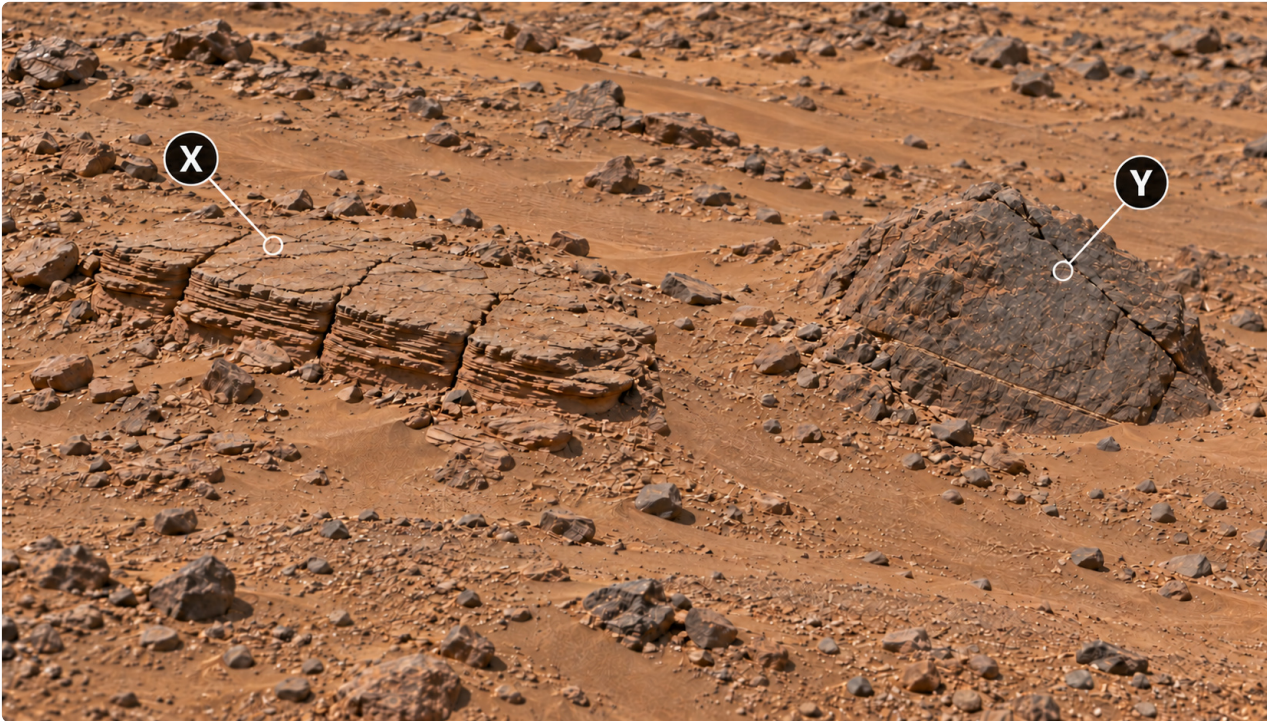
## CHE COSA RESTA FISSO?

Durante la missione usate l'attrezzatura portata dalla Terra. I requisiti degli obiettivi scelti restano invariati.

Comandi e dati arrivano in ritardo; non guidate il rover in tempo reale.

# Turno 1: Ricognizione

Vista fittizia dalla camera di navigazione del modulo di base. Osservate il terreno.



Due punti visibili sul terreno:

## PUNTO X

Affioramento basso e fratturato.

## PUNTO Y

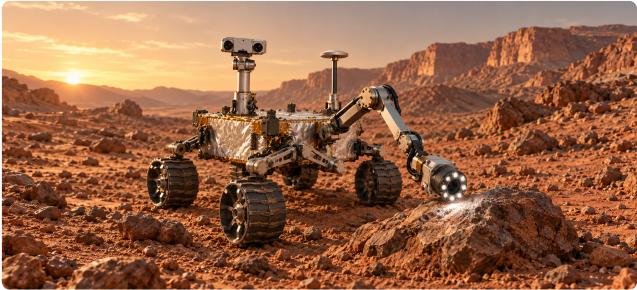
Blocco roccioso più grande, con stratificazione meno evidente.

Sabbia e piccoli frammenti coprono in parte il terreno intorno a entrambi i punti.

Entrambi i punti (X e Y) sono raggiungibili.

# Turno 2: Decisione e azione

Scegliete le ricerche secondo le schede degli obiettivi scelti e la decisione presa dopo la ricognizione.



## SVOLGETE LE RICERCHE SCELTE

Controllate la potenza e registrate tutte le scelte prima di leggere i risultati. Se fate una pausa, scrivete «nessuna ricerca».

| Strumento (codice o nome)          | Punto X / Y | Potenza [W] |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| 1.                                 |             |             |
| 2.                                 |             |             |
| 3.                                 |             |             |
| 4.                                 |             |             |
| Modulo di base (sempre)            | —           | 20          |
| TOTALE: strumenti + modulo di base |             | _____       |

## LIMITE DI POTENZA IN QUESTO TURNO

S (alimentazione solare): 70 W

R (alimentazione a radioisotopi): 100 W

Limite di potenza: \_\_\_\_\_ W

Ogni strumento una volta; X / Y, per I3 (stazione meteorologica): nessun punto. Strumento non usato: 0 W.

## LEGGETE SOLO I RISULTATI DELLE RICERCHE SCELTE

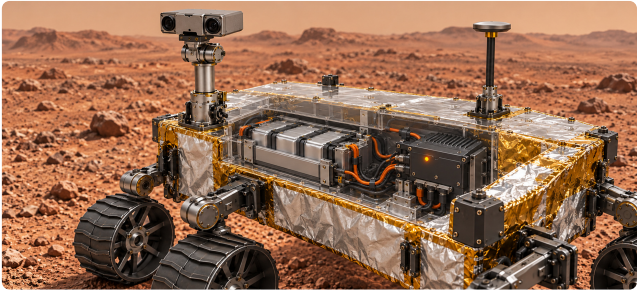
|                                                        |                                                  |                                                        |                                                                        |                                                         |                                                          |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| I1 (camera scientifica)<br><br><b>X → 27    Y → 28</b> | I2 (spettrometro)<br><br><b>X → 29    Y → 30</b> | I3 (stazione meteorologica)<br><br><b>Turno 2 → 31</b> | I4 (trapano e contenitori per campioni)<br><br><b>X → 34    Y → 35</b> | I5 (camera microscopica)<br><br><b>X → 36    Y → 37</b> | I6 (radar del sottosuolo)<br><br><b>X → 38    Y → 39</b> |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|

Potenza: I1 (camera scientifica) 15 W, I2 (spettrometro) 25 W, I3 (stazione meteorologica) 15 W, I4 (trapano e contenitori per campioni) 25 W, I5 (camera microscopica) 15 W, I6 (radar del sottosuolo) 20 W.

Dopo aver letto i risultati: turno 3, pagina 25.

# Turno 3: Potenza limitata

Circa 5 minuti per la riunione della squadra sulla Terra e la scelta delle ricerche.



## MESSAGGIO DAL ROVER · POTENZA LIMITATA

Il computer ha limitato il consumo ammesso per proteggere la riserva della batteria. Le funzioni di base del rover restano attive. Registrate tutte le scelte prima di leggere i risultati.

| Strumento (codice o nome)          | Punto X / Y | Potenza [W] |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| 1.                                 |             |             |
| 2.                                 |             |             |
| 3.                                 |             |             |
| 4.                                 |             |             |
| Modulo di base (sempre)            | —           | 20          |
| TOTALE: strumenti + modulo di base |             | _____       |

## LIMITE DI POTENZA IN QUESTO TURNO

S (alimentazione solare): 40 W

R (alimentazione a radioisotopi): 65 W

Limite di potenza: \_\_\_\_\_ W

Ogni strumento una volta; X / Y, per I3 (stazione meteorologica): nessun punto. Strumento non usato: 0 W.

## LEGGETE SOLO I RISULTATI DELLE RICERCHE SCELTE

I1 (camera scientifica)  
**X → 27    Y → 28**

I2 (spettrometro)  
**X → 29    Y → 30**

I3 (stazione meteorologica)  
**Turno 3 → 32**

I4 (trapano e contenitori per campioni)  
**X → 34    Y → 35**

I5 (camera microscopica)  
**X → 36    Y → 37**

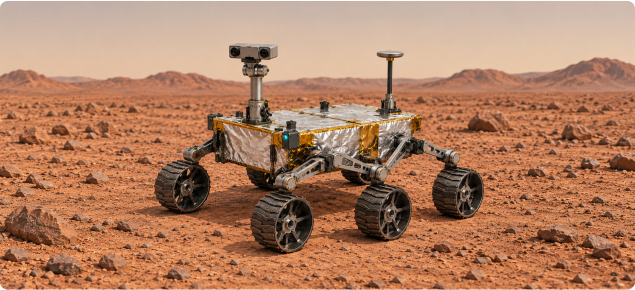
I6 (radar del sottosuolo)  
**X → 38    Y → 39**

Potenza: I1 (camera scientifica) 15 W, I2 (spettrometro) 25 W, I3 (stazione meteorologica) 15 W, I4 (trapano e contenitori per campioni) 25 W, I5 (camera microscopica) 15 W, I6 (radar del sottosuolo) 20 W.

Dopo aver letto i risultati: turno 4, pagina 26.

# Turno 4: Ultime ricerche

Scegliete le ricerche in base ai dati raccolti e ai progressi verso gli obiettivi scelti.



## POTENZA NEL TURNO 4

La polvere sui pannelli riduce la potenza S (alimentazione solare) a 65 W. R (alimentazione a radioisotopi) dispone di 100 W. Registrate tutte le scelte prima di leggere i risultati.

| Strumento (codice o nome)          | Punto X / Y | Potenza [W] |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| 1.                                 |             |             |
| 2.                                 |             |             |
| 3.                                 |             |             |
| 4.                                 |             |             |
| Modulo di base (sempre)            | —           | 20          |
| TOTALE: strumenti + modulo di base |             | _____       |

## LIMITE DI POTENZA IN QUESTO TURNO

S (alimentazione solare): 65 W  
R (alimentazione a radioisotopi): 100 W

Limite di potenza: \_\_\_\_\_ W

Ogni strumento una volta; X / Y, per I3 (stazione meteorologica): nessun punto. Strumento non usato: 0 W.

## LEGGETE SOLO I RISULTATI DELLE RICERCHE SCELTE

I1 (camera scientifica)  
**X → 27    Y → 28**

I2 (spettrometro)  
**X → 29    Y → 30**

I3 (stazione meteorologica)  
**Turno 4 → 33**

I4 (trapano e contenitori per campioni)  
**X → 34    Y → 35**

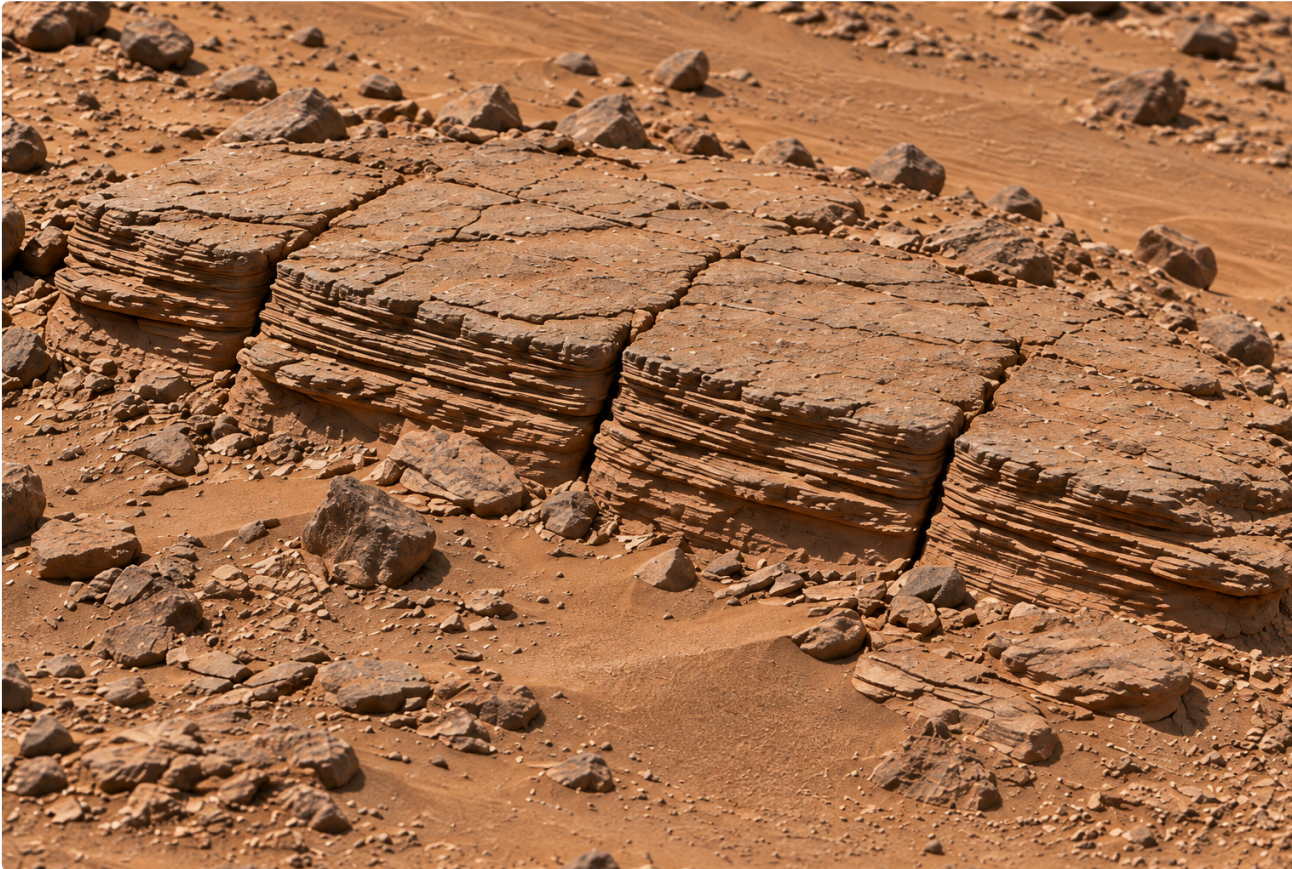
I5 (camera microscopica)  
**X → 36    Y → 37**

I6 (radar del sottosuolo)  
**X → 38    Y → 39**

# Immagine della roccia · punto X

I1 (camera scientifica)

PUNTO



## OSSERVAZIONE

Roccia affiorante con strati sottili.

Numerose fratture la dividono in frammenti.

Visualizzazione preparata per il gioco.

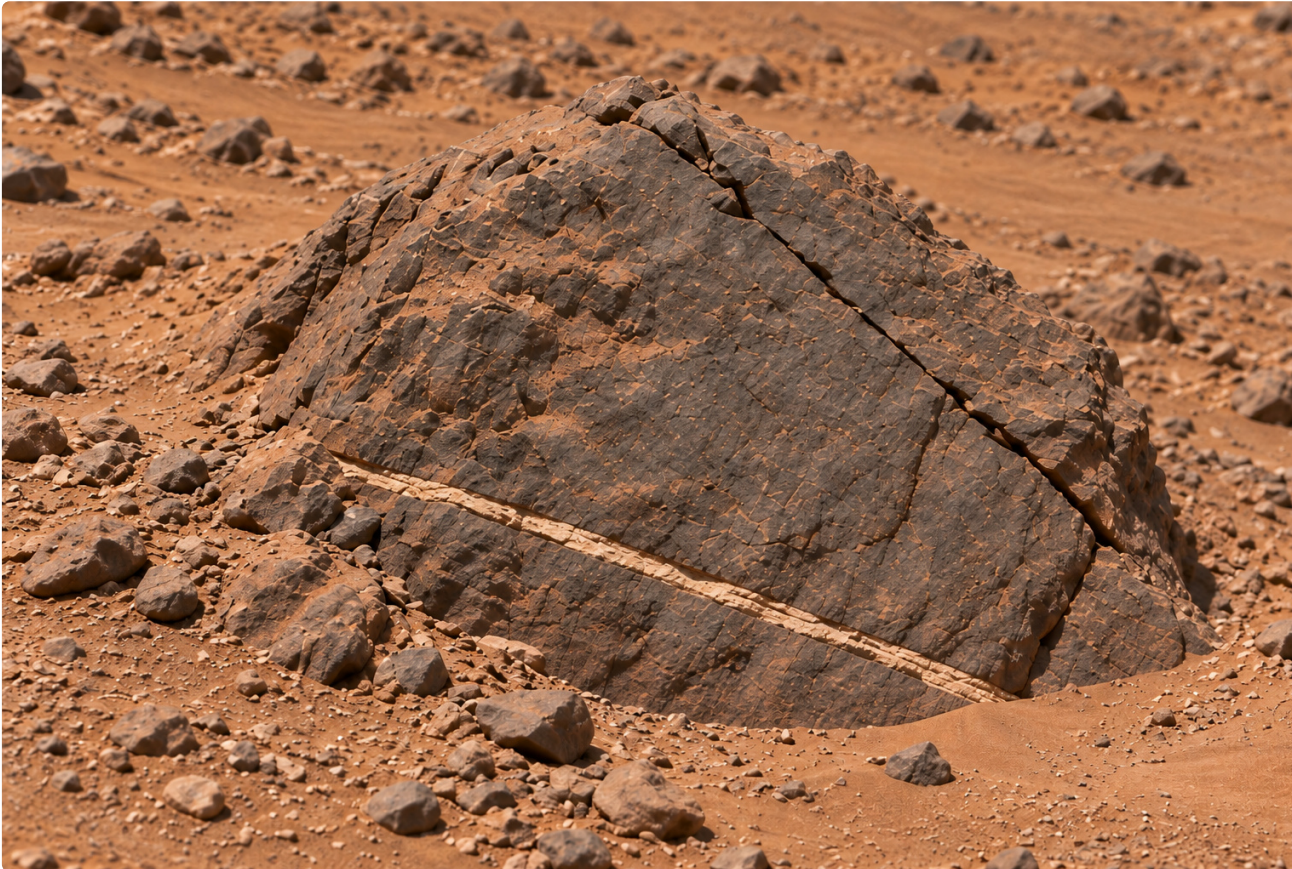
NASA: descrizione dello strumento reale Mastcam-Z.

Conservate la scheda per discutere i risultati.

# Immagine della roccia · punto Y

I1 (camera scientifica)

PUNTO **Y**



## OSSERVAZIONE

Roccia omogenea.  
Alla base affiora una fascia  
chiara e inclinata.

Visualizzazione preparata per il gioco.

NASA: descrizione dello strumento reale Mastcam-Z.

Conservate la scheda per discutere i risultati.

# Minerali nella roccia · punto X

I2 (spettrometro)

PUNTO

X



RISULTATO DELLA MISURA

## Minerali argillosi

I minerali argillosi si formano spesso grazie all'azione dell'acqua.

### PER CHI VUOLE SAPERNE DI PIÙ · LEGGERE IL GRAFICO

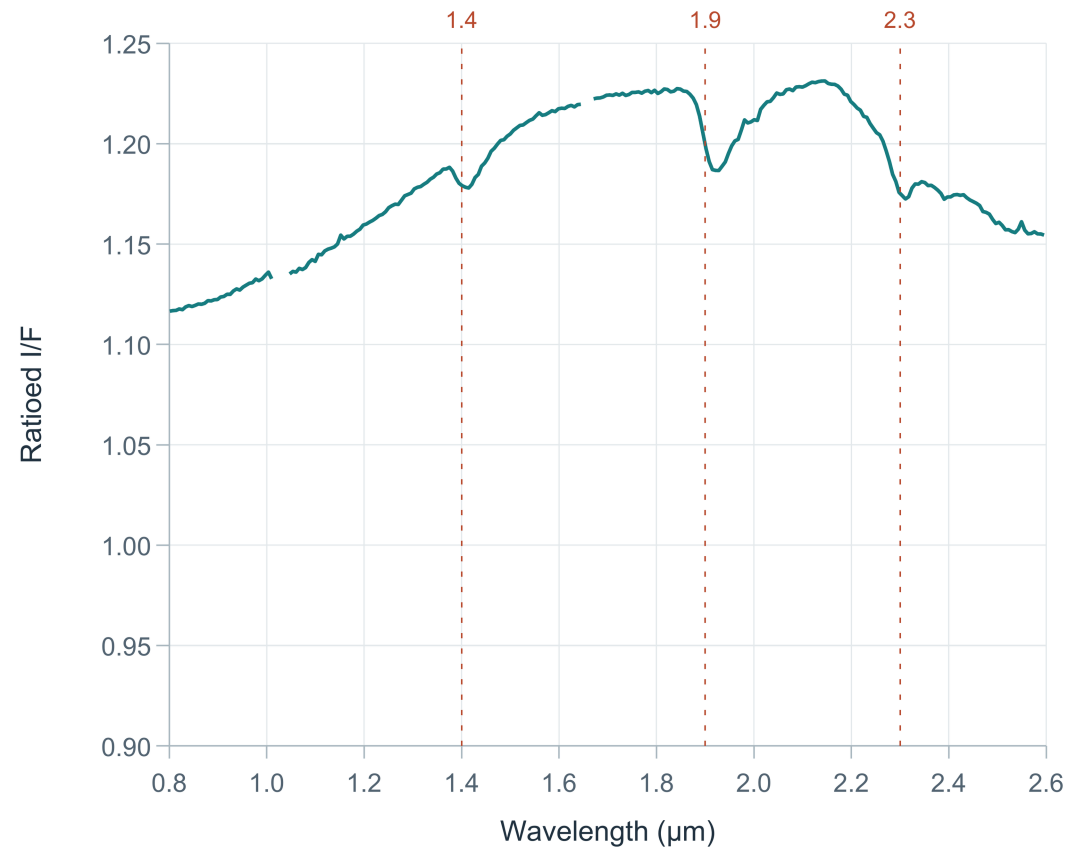
I minimi a 1,4, 1,9 e 2,3  $\mu\text{m}$  aiutano a riconoscere la smectite magnesiaca, un minerale argilloso.

Il grafico mostra un esempio di una missione NASA. Il punto del gioco è fittizio.

### ESEMPIO DI UNA MISURA REALE

#### Mg-smectite

CRISM / MRO · Nili Fossae



NASA: CRISM/MRO, Nili Fossae, FRT00009365. Dati: PDS MICA, Viviano-Beck e altri (2015).

Conservate la scheda per discutere i risultati.

# Minerali nella roccia · punto Y

I2 (spettrometro)

PUNTO **Y**

## RISULTATO DELLA MISURA

### Piroseni

È stata analizzata la roccia circostante: nessun minerale argilloso riconosciuto.

I piroseni sono comuni nelle rocce vulcaniche. Non escludono un successivo contatto della roccia con l'acqua.

## PER CHI VUOLE SAPERNE DI PIÙ · LEGGERE IL GRAFICO

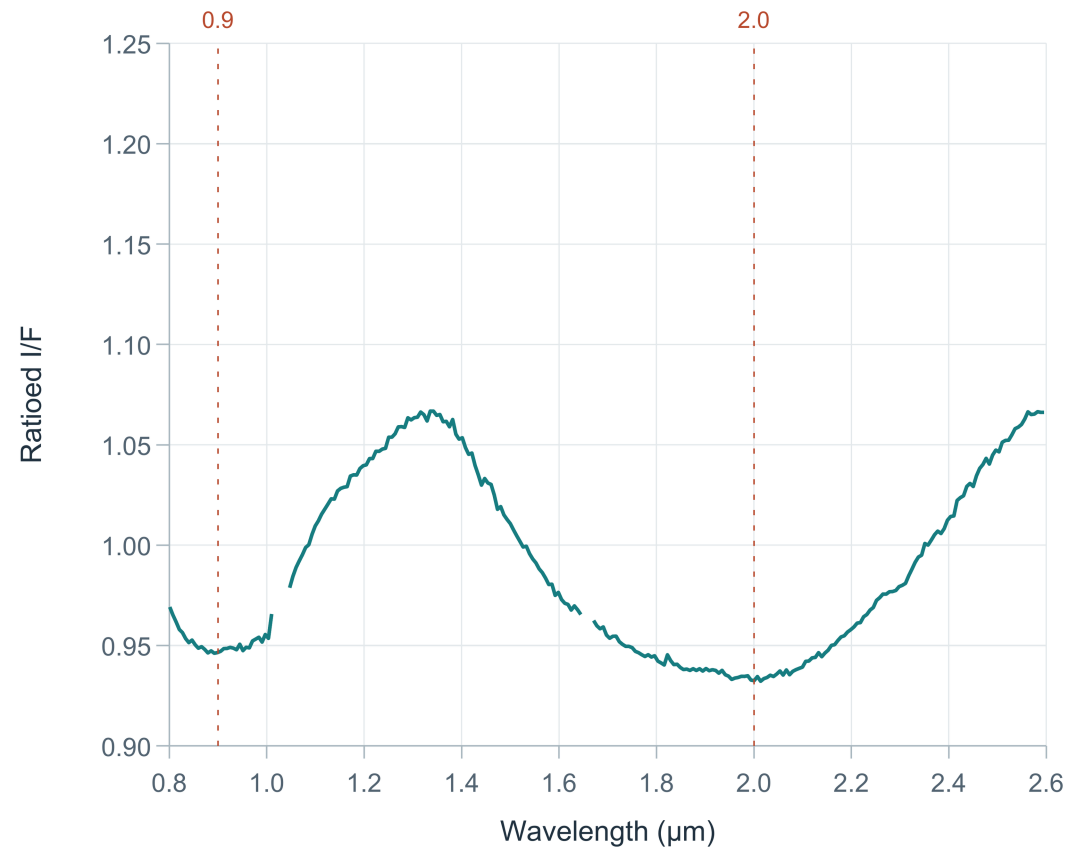
Due ampi minimi intorno a 0,9 e 2,0  $\mu\text{m}$  corrispondono allo spettro tipico dei piroseni poveri di calcio.

Il grafico mostra un esempio di una missione NASA. Il punto del gioco è fittizio.

## ESEMPIO DI UNA MISURA REALE

### Low-Ca pyroxene

CRISM / MRO · Nili Fossae



NASA: CRISM/MRO, Nili Fossae, FRT000064D9. Dati: PDS MICA, Viviano-Beck e altri (2015).

Conservate la scheda per discutere i risultati.

# Meteo · turno 2

I3 (stazione meteorologica)

TURNO **2**

TEMPERATURA DELL'ARIA

**-35°C**

PRESSIONE

**720 Pa**

VELOCITÀ DEL VENTO

**12 m/s**

POLVERE NELL'ATMOSFERA

 **$\tau = 0,4$** 

Dati fittizi della scheda di gioco.

Un valore  $\tau$  maggiore indica una maggiore attenuazione della luce dovuta alla polvere.

# Meteo · turno 3

I3 (stazione meteorologica)

TURNO **3**

TEMPERATURA DELL'ARIA

**-32°C**

PRESSIONE

**714 Pa**

VELOCITÀ DEL VENTO

**32 m/s**

POLVERE NELL'ATMOSFERA

 **$\tau = 0,9$** 

Dati fittizi della scheda di gioco.

Un valore  $\tau$  maggiore indica una maggiore attenuazione della luce dovuta alla polvere.

# Meteo · turno 4

I3 (stazione meteorologica)

TURNO  
**4**

TEMPERATURA DELL'ARIA

**-34°C**

PRESSIONE

**719 Pa**

VELOCITÀ DEL VENTO

**10 m/s**

POLVERE NELL'ATMOSFERA

 **$\tau = 0,5$** 

Dati fittizi della scheda di gioco.

Un valore  $\tau$  maggiore indica una maggiore attenuazione della luce dovuta alla polvere.

# Campione prelevato · punto X

I4 (trapano e contenitori per campioni)

PUNTO

X



Visualizzazione preparata per il gioco.



CAMPIONE

## Conservato

Campione X prelevato e conservato per ulteriori studi.

# Campione prelevato · punto Y

I4 (trapano e contenitori per campioni)

PUNTO

Y



Visualizzazione preparata per il gioco.



CAMPIONE

## Conservato

Campione Y prelevato insieme al materiale della fascia chiara e conservato per ulteriori studi.

# Tessitura della roccia · punto X

I5 (camera microscopica)

PUNTO

X



## OSSERVAZIONE

Piccoli grani disposti in fasce.

Visualizzazione preparata per il gioco.

Larghezza dell'immagine: 30 mm. Scala fittizia del gioco, uguale per X e Y.

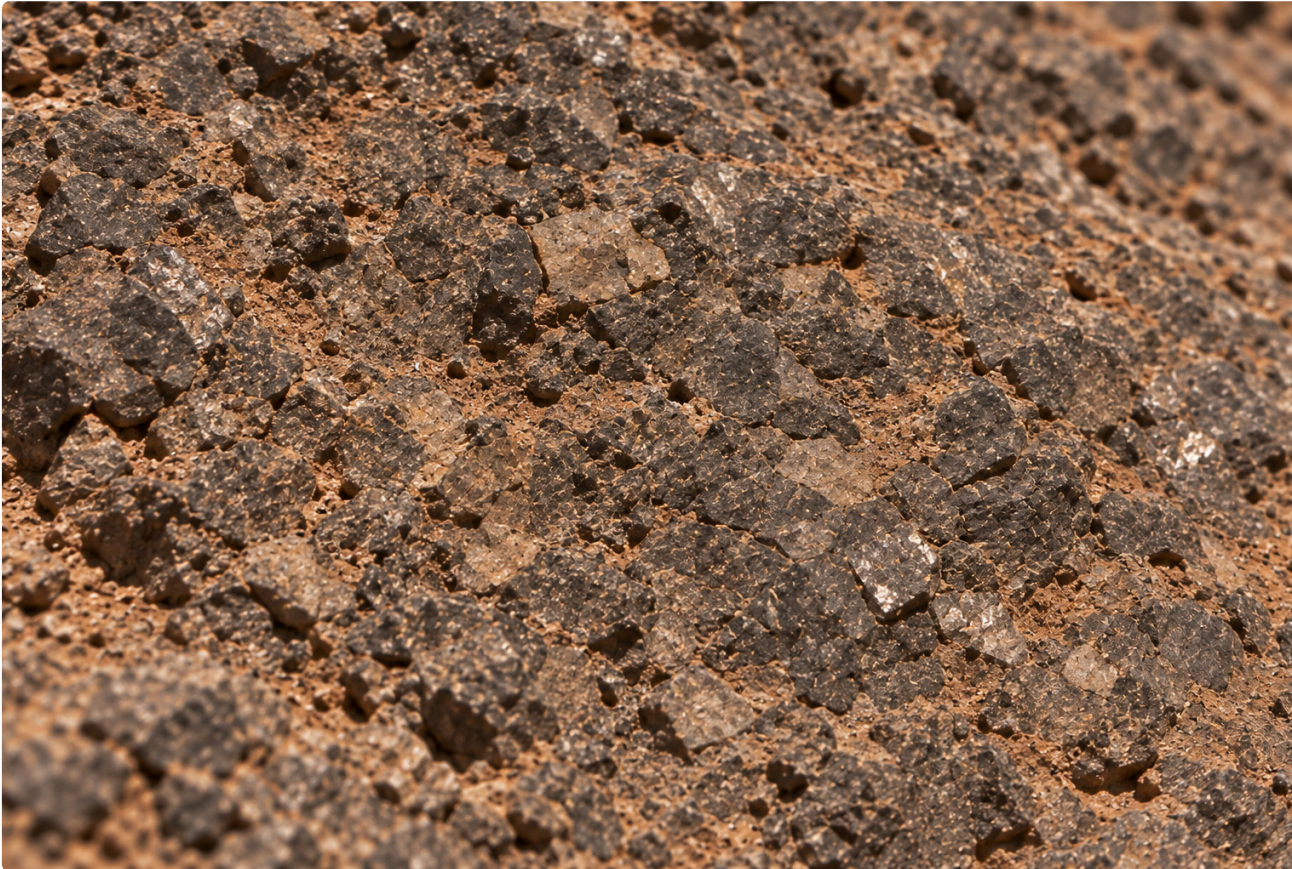
NASA: descrizione dello strumento reale WATSON.

Conservate la scheda per discutere i risultati.

# Tessitura della roccia · punto Y

I5 (camera microscopica)

PUNTO **Y**



## OSSERVAZIONE

Grani grandi senza una disposizione visibile nella roccia circostante.

Visualizzazione preparata per il gioco.

Larghezza dell'immagine: 30 mm. Scala fittizia del gioco, uguale per X e Y.

NASA: descrizione dello strumento reale WATSON.

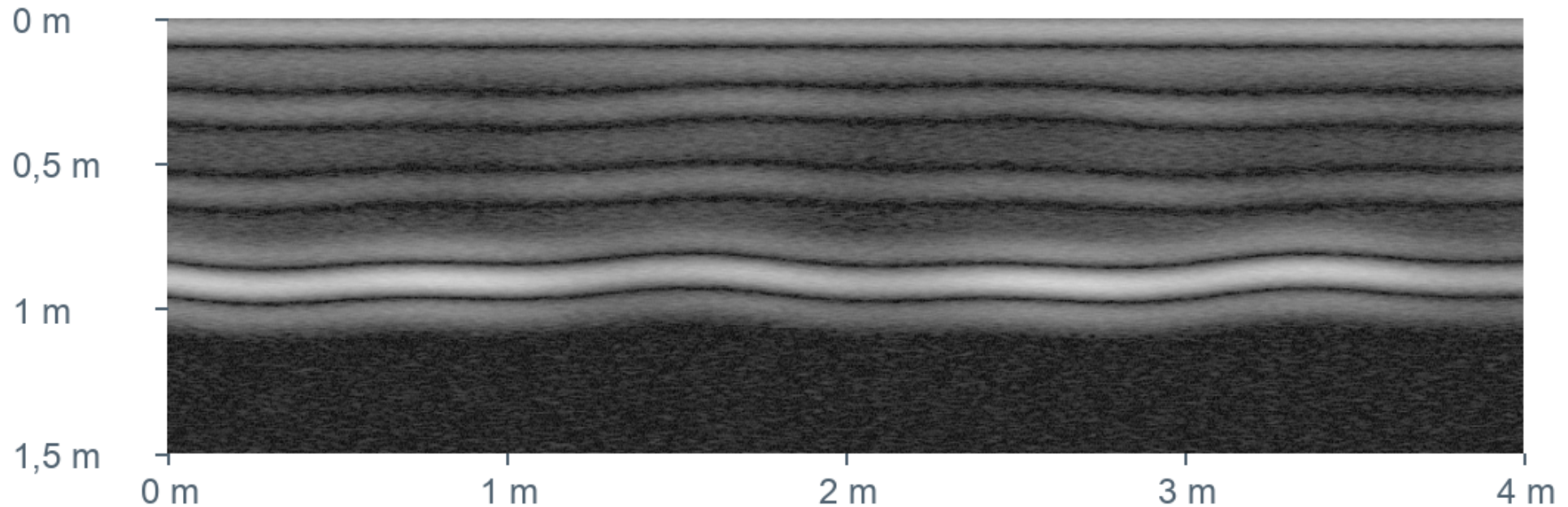
Conservate la scheda per discutere i risultati.

# Strati nel sottosuolo · punto X

I6 (radar del sottosuolo) | Misura simulata. Stessa scala di profondità per X/Y.

PUNTO

X



Il profilo X mostra riflessioni continue, quasi orizzontali. Il limite più profondo si trova a  $0,9 \pm 0,2$  m.

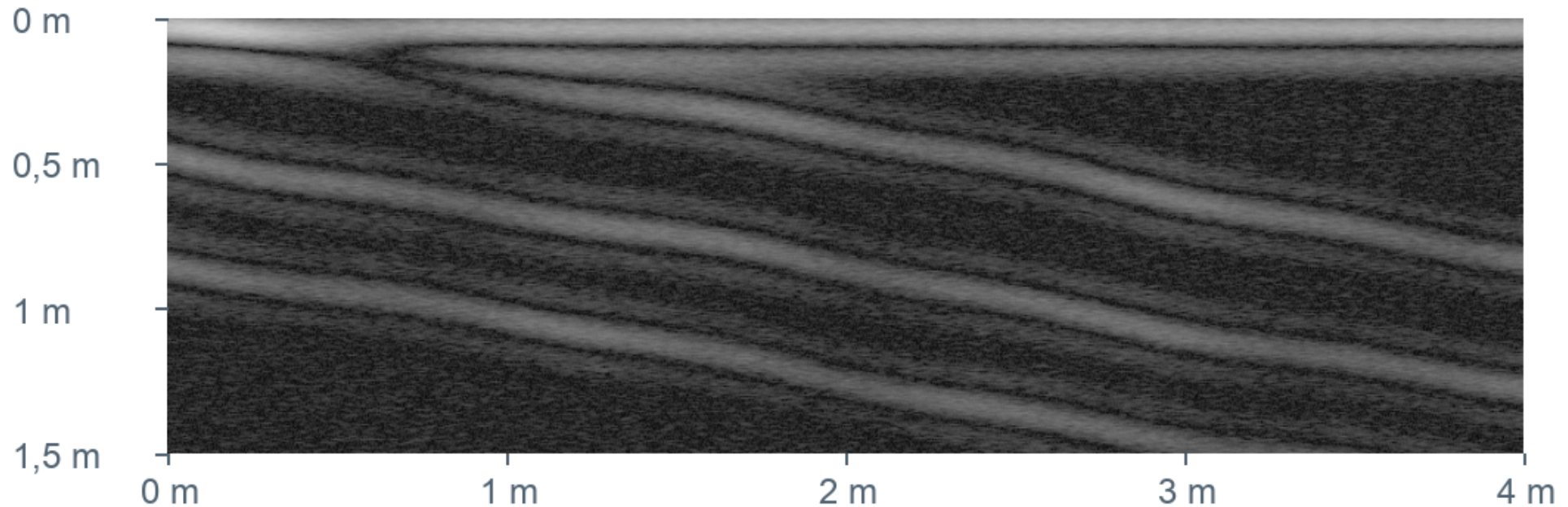
Il radar mostra i **confini degli strati**, non la loro composizione.

# Strati nel sottosuolo · punto Y

I6 (radar del sottosuolo) | Misura simulata. Stessa scala di profondità per X/Y.

PUNTO

Y



Una riflessione inclinata si avvicina alla superficie. Nel gioco corrisponde allo strato visibile come fascia chiara alla base della roccia.

Il radar mostra i **confini degli strati**, non la loro composizione.

# Discutete i risultati

Rispondete alle domande di ricerca di tutti gli obiettivi scelti. Usate solo i risultati ottenuti.

## CHE COSA AVETE SCOPERTO?

Indicate i risultati che lo confermano.

## CHE COSA ANCORA NON SAPETE?

Formulate una domanda a cui i vostri risultati non rispondono.

## CHE COSA CONVIENE STUDIARE IN SEGUITO?

Proponete una ricerca che aiuti a rispondere a quella domanda.

## ATTIVITÀ AGGIUNTIVA · VALUTATE LA MISSIONE

Che cosa cambiereste al prossimo tentativo e perché?

# Passate la missione alla prossima squadra

Presentate ciò che la prossima missione dovrebbe sapere.

La squadra uscente usa pagina 40. Quella entrante risponde alle domande basandosi su ciò che ha ascoltato.

## SQUADRA USCENTE

## SQUADRA ENTRANTE

**1**

Presentate i risultati e la conclusione principale.



Quale risultato sostiene questa conclusione?

**2**

Dite che cosa ancora non sapete.



Perché le misure svolte finora non bastano?

**3**

Proponete la prossima ricerca.



Che cosa aiuterà a stabilire questa ricerca?

Dopo ogni risposta, la squadra uscente conferma o corregge la motivazione.  
Senza un'altra squadra, usate le domande per verificare la vostra presentazione.

# Fine della seconda parte

---

Verificate i vostri risultati.

# Per l'insegnante: discussione della missione

Domande per la discussione e risposte alle attività sul volo e sull'atterraggio.

## DOMANDE SUGGERITE

Avete raggiunto gli obiettivi scelti?

Tutte le ricerche svolte erano necessarie per raggiungere gli obiettivi?

Che cosa avete ricavato dall'attività aggiuntiva?

Se avete prelevato un campione, quali risultati conoscevate prima del prelievo e quali avete scoperto dopo?

Quali risultati sostengono le vostre conclusioni?

Che cosa ancora non sapete?

Che cosa ha limitato il numero di obiettivi raggiunti?

Era possibile raggiungere gli obiettivi spendendo meno?

## VOLO E ATTERRAGGIO

### Ciclo:

$0,986 - 0,524 = 0,462^\circ/\text{giorno}$ ;

$360 \div 0,462 \approx 779$  giorni;

$779 \div 30,4 \approx 26$  mesi. È circa l'intervallo tra occasioni favorevoli al lancio.

### Segnale:

$180\,000\,000 \div 300\,000 = 600\text{ s} = 10\text{ min}$ ; andata e ritorno 20 min.  
L'atterraggio dura 7 minuti: il computer controlla da solo frenata e discesa del rover.

### Sequenza di atterraggio:

1. ingresso nell'atmosfera
2. apertura del paracadute
3. distacco dello scudo termico
4. navigazione e scelta del punto
5. distacco dello stadio e frenata con i motori
6. discesa del rover con i cavi
7. contatto con il suolo, taglio dei cavi e allontanamento dello stadio.

# Esempi di risultati, conclusioni e ricerche future

Le conclusioni dipendono dai dati raccolti.

## A · TRACCE DI VITA ANTICA

**X:** i minerali argillosi giustificano ulteriori studi.

**Y:** i pirosseni non escludono il valore del campione.

**Incognite:** se il materiale contiene tracce di vita antica. Il campione e i minerali argillosi, da soli, non dimostrano la vita.

**In seguito:** analisi di laboratorio dei composti organici e della loro origine.

**Analisi sulla Terra:** il campione può essere conservato per una futura missione di ritorno. I laboratori terrestri consentono analisi più precise e varie per verificare se le tracce possano essersi formate senza vita. Nel gioco il rover conserva il campione; non lo invia sulla Terra.

## B · TRACCE DI ACQUA ANTICA

**X:** minerali argillosi e strati o fasce di grani sostengono insieme l'ipotesi dell'azione dell'acqua. Lo spettro indica la composizione, le immagini mostrano la struttura.

**Y:** pirosseni e aspetto della roccia non stabiliscono se vi abbia agito l'acqua.

**Incognite:** quando e per quanto tempo abbia agito l'acqua e se le condizioni fossero favorevoli alla vita. Tracce di acqua antica non significano che oggi ci sia ghiaccio.

**In seguito:** studiate altre rocce per verificare l'estensione delle tracce di acqua antica.

## C · CAMBIAMENTI DEL TEMPO

| Turni | Temp. | Pressione | Vento   | Polvere · $\tau$ |
|-------|-------|-----------|---------|------------------|
| 2 → 3 | +3°C  | -6 Pa     | +20 m/s | +0,5             |
| 3 → 4 | -2°C  | +5 Pa     | -22 m/s | -0,4             |
| 2 → 4 | +1°C  | -1 Pa     | -2 m/s  | +0,1             |

**Risultati:** Tre misurazioni mostrano un aumento temporaneo del vento e della polvere. Con solo due misurazioni, questo episodio può passare inosservato, oppure si può vedere solo l'aumento o il calo.

**Incognite:** da dove provenisse la polvere e per quanto tempo si siano mantenuti il vento più forte e la maggiore concentrazione di polvere.

**In seguito:** misure più frequenti per un periodo più lungo. Aiutano a pianificare voli, lavori e alimentazione; vento e densità atmosferica influenzano il volo, la polvere influenza temperatura e luce per i pannelli.

## D · RISORSE LOCALI DI MARTE

**X:** strati continui. Limite più profondo: 70-110 cm.

**Y:** lo strato raggiunge l'affioramento chiaro.

**Incognite:** se le risorse siano accessibili ed estraibili. Il ghiaccio non è stato confermato.

**In seguito:** analisi del campione e valutazione delle risorse: acqua da bere e per produrre ossigeno e idrogeno; CO2 per produrre metano con idrogeno; suolo e rocce per materiali da costruzione.

**Analisi su Marte:** conviene analizzare subito sul posto il materiale con possibile ghiaccio, come fece Phoenix, perché il ghiaccio esposto può sublimare.

# Esempi di piani di missione

Sei coppie e una terna di obiettivi. Esempi di azioni nei turni 2–4; il turno 1 è di ricognizione.

| Combinazione | Nome della combinazione                                                                              | Esempi di azioni                                                                                                    | Extra possibili |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| A+B          | Alla ricerca di vita antica<br>Tracce d'acqua e un campione per studiare la vita.                    | R; attrezzatura: I2, I4, I5<br>T2: I2:X + I5:X, 60/100W<br>T3: I2:Y + I5:Y, 60/65W<br>T4: I4:X, 45/100W             | A oppure B      |
| A+C          | Il campione e il suo ambiente<br>Campione e tempo nel luogo del prelievo.                            | R; attrezzatura: I2, I3, I4<br>T2: I2:X + I3, 60/100W<br>T3: I2:Y + I3, 60/65W<br>T4: I4:X + I3, 60/100W            | C               |
| A+D          | Dalla superficie all'interno di Marte<br>Composizione delle rocce, campione e strati del sottosuolo. | S; attrezzatura: I2, I4, I6<br>T2: I2:X + I4:Y, 70/70W<br>T3: I6:X, 40/40W<br>T4: I2:Y + I6:Y, 65/65W               | A e D           |
| B+C          | Marte ieri e oggi<br>Acqua antica e tempo attuale.                                                   | S; attrezzatura: I1, I2, I3, I5<br>T2: I2:X + I3, 60/70W<br>T3: I3, 35/40W<br>T4: I1:X + I3 + I5:X, 65/65W          | B e C           |
| B+D          | Sulle tracce dell'acqua marziana<br>Tracce di acqua antica e ricerca del ghiaccio.                   | R; attrezzatura: I1, I2, I5, I6<br>T2: I2:X + I1:X + I5:X, 75/100W<br>T3: I6:X, 40/65W<br>T4: I6:Y, 40/100W         | B oppure D      |
| C+D          | Ricognizione del sito di lavoro<br>Tempo e sottosuolo per pianificare le attività.                   | R; attrezzatura: I3, I4, I6<br>T2: I3 + I6:X, 55/100W<br>T3: I3 + I6:Y, 55/65W<br>T4: I3 + I4:Y, 60/100W            | C e D           |
| B+C+D        | Preparare una spedizione umana<br>Rocce, tempo e ricerca d'acqua per l'equipaggio.                   | R; attrezzatura: I2, I3, I5, I6<br>T2: I2:X + I3 + I6:X, 80/100W<br>T3: I3 + I5:X, 50/65W<br>T4: I3 + I6:Y, 55/100W | C               |

I1 — camera scientifica; I2 — spettrometro; I3 — stazione meteorologica; I4 — trapano; I5 — camera microscopica; I6 — radar. S — alimentazione solare; R — a radioisotopi.

Le attività aggiuntive possibili riguardano l'intera combinazione di obiettivi, anche con attrezzatura e piano diversi dall'esempio.

# Combinazioni: che cosa offre un insieme più costoso?

Confronto del costo dell'intera missione, inclusi modulo di base e alimentazione.

| Combinazione | Versione più economica                                                                                                                                         | Versione più costosa — che cosa offre?                                                                                                                                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A+B</b>   | <b>S (alimentazione solare) · 76 milioni USD</b><br>Entrambi gli obiettivi e l'attività aggiuntiva A. Il campione viene scelto prima di conoscere gli spettri. | <b>R (alimentazione a radioisotopi) · 88 milioni USD</b><br>Stessi obiettivi e attività aggiuntiva A. Potete conoscere entrambi gli spettri e le immagini della tessitura prima di scegliere il campione. |
| <b>C+D</b>   | <b>S (alimentazione solare) · 49 milioni USD</b><br>Entrambi gli obiettivi e l'attività aggiuntiva C: tre misure del tempo. Senza prelievo di campioni.        | <b>R (alimentazione a radioisotopi) · 81 milioni USD</b><br>Entrambi gli obiettivi e le attività aggiuntive C e D insieme: tre misure del tempo e un campione. Il prezzo include l'aggiunta del trapano.  |
| <b>B+C+D</b> | <b>S (alimentazione solare) · 72 milioni USD</b><br>Tre obiettivi senza attività aggiuntive: studio di una roccia, due misure del tempo e due profili radar.   | <b>R (alimentazione a radioisotopi) · 84 milioni USD</b><br>Stessi tre obiettivi e attività aggiuntiva C: una terza misura del tempo.                                                                     |