

COVER STORY

DI PATRIZIA CARAVEO*

VITA SPAZIALE (SOSTENIBILE)

QUALI SONO LE SFIDE DA VINCERE PER COSTRUIRE
LE COLONIE SPAZIALI E PERCHÉ RICHIEDONO
SOLUZIONI CHE POTREBBERO MIGLIORARE
ANCHE LA NOSTRA VITA SULLA TERRA

Una colonia spaziale, vuoi costruita in orbita, vuoi sulla Luna o su Marte, deve essere quanto di più **sostenibile** si possa immaginare. Non è una scelta, ma una necessità. Nello spazio (e sui pianeti) le risorse, anche quelle più essenziali, sono disponibili in quantità limitata e vanno utilizzate al meglio riciclando tutto il riciclabile e minimizzando i rifiuti. **L'impronta ecologica di una missione spaziale**, però, comprende l'intero ciclo della progettazione, costruzione, lancio, gestione in orbita e fine della vita orbitale. La *Clean Space Initiative* dell'Agenzia spaziale europea (bit.ly/3t22Uax) si propone proprio di sensibilizzare gli operatori del settore perché sviluppino **tecnologie rispettose dell'ambiente**, anche a costo di spendere di più, durante i test a terra, nel momento del lancio e anche per la rimozione del





satellite una volta che sia terminata la sua missione e si sia trasformato in un pezzo di spazzatura spaziale (bit.ly/3BsqMal). Visto che ogni avventura spaziale inizia con gli astronauti, e tutto il materiale necessario per assicurare la loro

sopravvivenza, che si alzano su una colonna di fuoco, la sostenibilità spaziale deve comprendere anche il **razzo vettore** e porre l'accento sullo sfruttamento di hardware riutilizzabile e di combustibile che non disperda gas tossici e pulviscolo nell'alta atmosfera.

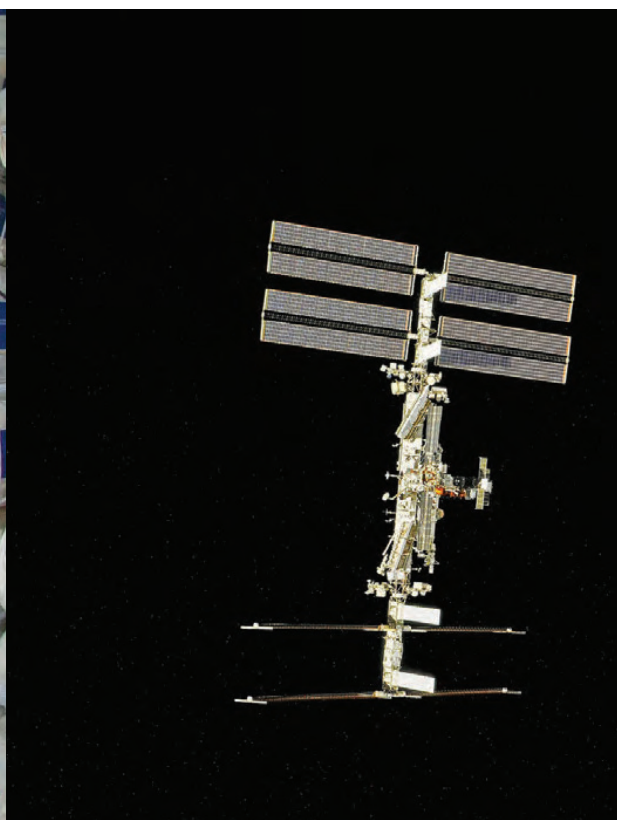
Il lancio è una dura battaglia contro la gravità e il trasporto di ciascun chilogrammo ha un costo. In questa ottica, il bene più prezioso e certo uno dei più pesanti da trasportare è l'**acqua** che, oltre ad avere i molteplici usi che ben conosciamo,



può servire come **protezione contro gli onnipresenti raggi cosmici**, le particelle di alta energia che ci arrivano dal cosmo ma che vengono anche prodotte dal Sole durante i brillamenti. Sono proprio queste ultime, potenzialmente, le

più pericolose, perché sono meno energetiche di quelle cosmiche e si fermano nei tessuti degli astronauti uccidendone le cellule, oppure causando pericolose mutazioni che possono evolvere nel cancro. Visto che ogni casa spaziale deve

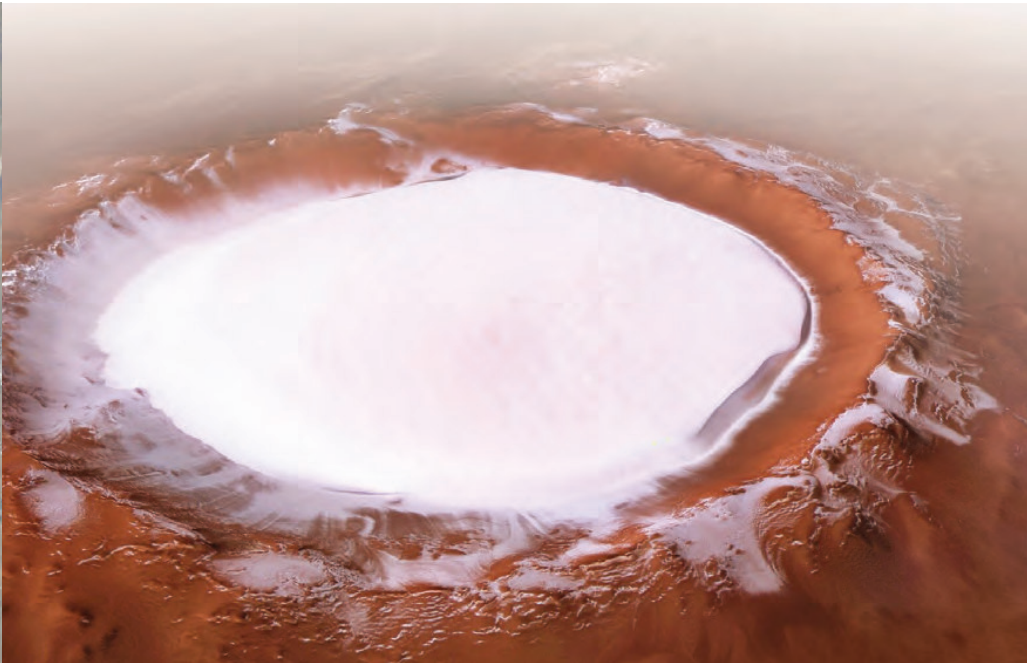
avere vaste riserve di acqua, tanto vale **posizionare strategicamente i contenitori lungo le pareti in modo da creare uno schermo** e dare qualche protezione agli astronauti. È una soluzione a costo zero, che non risolve il problema della



schermatura dai raggi cosmici nei viaggi interplanetari, ma certamente aiuta. Non è quindi un caso che le grandi borse piene d'acqua (ognuna del peso di 90 libbre, pari a circa 40 kg di liquido), che gli astronauti della Stazione Spaziale Internazionale maneggiano senza fatica, siano ordinatamente riposte contro le pareti. Ovviamente, una volta utilizzata, l'acqua va riciclata a cominciare dall'umidità che gli astronauti producono respirando e sudando. Analogamente a quanto succede **nelle regioni più aride della Terra**, dove

si riesce a estrarre acqua dall'aria, sulla Iss l'umidità ambientale viene raccolta e condensata. Ma la sorgente principe del riciclo è l'**urina degli occupanti**, che viene filtrata e torna a essere acqua potabile. "Il caffè di oggi sarà il caffè di domani" diceva un astronauta in collegamento con un disgustato presidente Trump. Tuttavia **nessun processo ha il 100% di efficienza** e qualcosa va perso. Inoltre, una parte dell'acqua viene anche utilizzata per produrre ossigeno, altra risorsa fondamentale per permettere la vita in orbita. Per questo motivo, periodicamente,

arrivano cargo con rifornimenti idrici, oltre che di cibo fresco e di altro materiale per la manutenzione della stazione e di tutti gli strumenti a bordo. E la Iss è ad appena 350 chilometri dalla Terra. **L'approvvigionamento idrico sulla Luna o su Marte**, due corpi celesti sui quali vogliamo costruire insediamenti permanenti, sarà ancora più difficile e la sopravvivenza delle future colonie dipenderà dalla capacità di trovare l'acqua in loco, in superficie oppure in profondità. Non sarà facile, ma neanche impossibile. L'acqua c'è, molto probabilmente



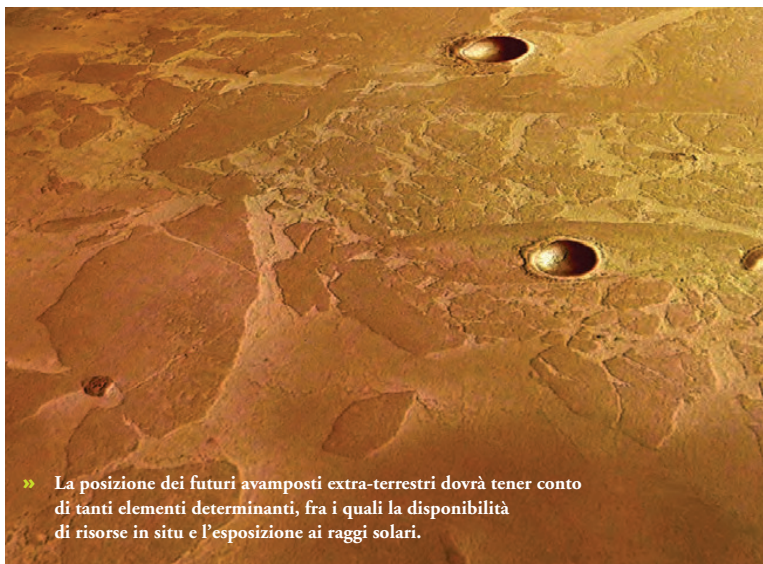
» Nella pagina a sinistra: un esempio di deposito di materiale (acqua compressa) lungo le pareti di un modulo pressurizzato (foto scattata il 30 maggio 2011 durante la missione STS 134 dello Shuttle Endeavour). Sopra: visualizzazione di una riserva d'acqua extra-terrestre.

sotto forma di ghiaccio, sia sulla Luna sia sul Pianeta rosso, ma occorre sapere dove andarla a cercare. Da qui **la necessità di una prospezione accurata** delle zone più interessanti della Luna e di Marte.

Ovviamente le case cosmiche devono essere **autonome dal punto di vista energetico** trasformando la radiazione del Sole in energia elettrica attraverso pannelli solari, che vanno dimensionati in funzione delle necessità, ma non sono mai piccolissimi. Si pensi alle immense ali della Stazione Spaziale Internazionale. Sono strutture complesse, capaci di

ruotare intorno all'asse maggiore per potersi presentare sotto l'angolo più favorevole ai raggi del Sole. Tuttavia, ad eccezione delle orbite polari eliosincrone, una sonda in orbita terrestre non gode mai di una illuminazione continua e, periodicamente, è in ombra. Durante la sua orbita di 90 minuti la Iss, al momento il nostro unico avamposto spaziale, alterna 45 minuti di luce a 45 minuti di buio, durante i quali deve usare energia che è stata immagazzinata in apposite batterie, esattamente come succede sulla Terra quando si decide di utilizzare

unicamente l'energia del Sole e, la notte, bisogna ricorrere a quella raccolta durante il giorno. L'approvvigionamento di energia sarà più complicato per le future colonie lunari che, a meno di essere in posizioni strategiche in zone polari perennemente illuminate dal Sole, devono imparare a convivere con l'**arroventato giorno lunare lungo due settimane, seguito da due settimane di gelida notte**. Immagazzinare energia per sopravvivere a due settimane di freddo intenso non è banale, anche perché le batterie sono pesanti e



» La posizione dei futuri avamposti extra-terrestri dovrà tener conto di tanti elementi determinanti, fra i quali la disponibilità di risorse in situ e l'esposizione ai raggi solari.

non si può certo immaginare di trasportarne in quantità sufficiente per un insediamento umano. Si pensa piuttosto di **sfruttare l'idrogeno contenuto nel ghiaccio** lunare, che sappiamo esistere specialmente nei crateri in ombra perenne. Occorre inventare dei **robot a energia solare**, capaci di andarlo a raccogliere per poi scomporlo elettroliticamente in idrogeno e ossigeno, due gas che possono avere usi molteplici. Mentre l'ossigeno potrebbe essere utilizzato dai coloni (che hanno pur sempre bisogno di respirare), l'idrogeno potrebbe fornire l'energia durante la rigida notte lunare grazie all'utilizzo **di celle a combustibile**.

***PATRIZIA CARAVEO**

È DIRIGENTE DI RICERCA ALL'ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA (INAF) E LAVORA ALL'ISTITUTO DI ASTROFISICA SPAZIALE E FISICA COSMICA DI MILANO.

In parallelo, c'è chi pensa di trasformare la Luna in una **stazione di servizio** per sonde interplanetarie, che potrebbero partire dalla Terra a serbatoio semivuoto (quindi più leggero) e poi fare rifornimento di idrogeno e ossigeno sulla Luna. Certo, il carburante sarebbe più caro di quello terrestre, ma il risparmio sui costi del lancio pareggerebbe i conti. **L'acqua è la benzina dello spazio.** Nei piani degli insediamenti lunari, lo sfruttamento del ghiaccio è, al momento, la sorgente di acqua e di energia per l'esplorazione lunare. Anche su Marte si conoscono distese ghiacciate e i dati radar mostrano la presenza di ghiaccio sotto la superficie. Non parliamo dei laghi scoperti a qualche chilometro di profondità nel Polo sud (che adesso - dice qualcuno - potrebbero essere di qualcosa di diverso dall'acqua, come la "argilla smectica", perché







» Visualizzazione di fantasia di una serra in un ipotetico insediamento extraterrestre. Saranno le colture in loco a dover garantire la sussistenza alimentare dei pellegrini spaziali.

la temperatura è talmente bassa che si fatica a immaginare quali e quanti sali potrebbero fare abbassare il punto di congelamento fino a -80° , ma di **ghiaccio in superficie o appena sotto**, rivelato dai radar della missione europea *Mars Express*. Sono molte le immagini della sonda *Mars Express* che mostrano depositi di ghiaccio, forse resti di antichi impatti di comete, forse prodotti dal meteo

marziano; guardando le immagini del cratere Korelev vengono in mente vaste distese innevate. In effetti è ghiaccio che, al centro del cratere dal diametro di 82 chilometri, è **spesso oltre un chilometro e mezzo**. Molto evocativa è anche un'immagine di una zona equatoriale di Marte, battezzata dall'Esa *Frozen Sea*, dove si vede una distesa di ghiaccio coperto di sabbia: un mare congelato. Non

sappiamo se sia pulito o se contenga sali che renderebbero necessario un processo di desalinizzazione, ma le potenzialità offerte dai molti utilizzi la rendono comunque un'area molto interessante.

Su Marte, che ha un periodo di rotazione simile a quello terrestre, i pannelli solari (con opportuni accumulatori per la notte) possono funzionare. In più si può cercare



» Nell'immagine in alto: come potrebbe essere una futura serra extra-terrestre. Nell'immagine sotto: le risorse in situ, come la regolite lunare, potrebbero costituire un ottimo materiale da costruzione (immagine: Esa).

di estrarre l'ossigeno dalla tenue atmosfera composta di anidride carbonica. *Perseverance* ha un piccolo dimostratore tecnologico, chiamato *Moxie*, in grado di produrre **10 grammi di ossigeno all'ora**. Una volta risolto il problema dell'acqua, dell'aria e dell'energia, **occorre preoccuparsi del cibo**, che deve essere prodotto in loco, dentro apposite serre. La missione cinese

Chang'è 4 ha già fatto germogliare semi in una miniserra sulla Luna. La crescita dei germogli è stata interrotta dalla notte lunare, che ha congelato la sonda priva di un'energia sufficiente per mantenere una temperatura accettabile, ma la strada per un insediamento sostenibile è quella. Per fare crescere le piante occorrono ambienti pressurizzati con acqua

e luce (se si vogliono fare colture idroponiche), oppure bisogna aggiungere terriccio e concime vecchia maniera, come abbiamo visto fare dal protagonista di *The Martian* che si definiva, a ragione, il più grande botanico su Marte, visto che nel film era l'unico essere vivente. C'è grande attività nello sviluppo di serre spaziali con particolare attenzione alle **strutture gonfiabili**, più leggere e facili da trasportare. In parallelo, si studia come utilizzare il materiale in situ per la **costruzione delle abitazioni lunari o marziane**. Occorrono strutture pressurizzate, in cui gli astronauti possano vivere senza le ingombranti tute necessarie per le attività esterne, ma sia sulla Luna che su Marte è **necessario costruire una barriera** che protegga da impatti di meteoriti (non incenerite dall'interazione con l'atmosfera, come succede sulla Terra) e dai raggi cosmici (non deviati dal campo magnetico, come succede sempre sulla Terra). Anche qui si potrebbero utilizzare strutture leggere da ricoprire con regolite lunare o polvere marziana, magari compattata con robot forniti di potenti laser. Alternativamente si cercano **strutture geologiche simili ai tunnel di lava terrestri**, già protette dal materiale soprastante, che andrebbero solo pressurizzate con apposite strutture gonfiabili. Costruire colonie spaziali significa accettare le sfide poste da un ambiente estremo e ostile adattando tecnologie già perfezionate sulla Terra oppure inventandone di nuove che, magari, saranno poi utilizzate sul nostro pianeta per rendere più sostenibile il nostro stile di vita. Per questo è fondamentale lavorarci. 