MARTE LA NUOVA FRONTIERA DELL'ESPLORAZIONE SPAZIALE INTERNAZIONALE

Guido Saccone, Gianfranco Morani

Riassunto

Il pianeta Marte ha suscitato la curiosità e l'interesse scientifico dell'umanità, perlomeno sin dagli albori dell'astronomia moderna.

Il 2021 è un anno particolarmente significativo nella storia dell'esplorazione spaziale di Marte. Infatti, nel febbraio di quest'anno ben tre missioni hanno raggiunto l'orbita del pianeta rosso: gli Stati Uniti d'America, che hanno confermato le loro consolidate capacità tecnologiche inviando con successo nella missione Mars 2020 una sonda costituita da orbiter, lander, dal rover Perseverance e dal drone Ingenuity, gli Emirati Arabi Uniti, che per il momento si sono limitati a mandare un orbiter, dotato però di strumentazioni scientifiche all'avanguardia, e soprattutto la Cina, la nuova superpotenza economica e tecnologica rivale dell'America. Il gigante asiatico in una sola missione, Tianwen-1, ha "bruciato" tutte le tappe raggiungendo con successo l'orbita di Marte e successivamente inviando al suolo il rover Zhurong, più piccolo di Perseverance, ma non meno sofisticato.

L'esistenza di tracce di vita anche microbiologica presenti o passate, la mappatura completa dei giacimenti di ghiaccio e la possibile presenza di acqua liquida nel sottosuolo, la maggiore comprensione della tenue atmosfera marziana, una più dettagliata analisi del complesso e ostile ambiente del pianeta rosso, caratterizzato da temperature gelide, pressioni bassissime, bombardato da micidiali radiazioni cosmiche e solari, sottoposto a continui impatti meteoritici, sconvolto da fenomeni atmosferici di scala globale come le gigantesche tempeste di sabbia rappresentano le enormi sfide a cui ricercatori e scienziati cercano instancabilmente di trovare valide risposte con queste missioni.

Abstract

The planet Mars has aroused the curiosity and scientific interest of humanity, at least since the dawn of modern astronomy.

2021 is a significant year in the history of Mars space exploration. In fact, in the February, three missions reached the orbit of the red planet: the United States of America, which confirmed their consolidated capabilities by successfully sending a probe, consisting of orbiters, landers, the Perseverance rover and the Ingenuity drone with the Mars 2020 mission, the United Arab Emirates, which, for the moment, sent only an orbiter, but equipped with cutting-edge scientific instruments, and above all the China, the new America's economic and technological superpower rival. The Asian giant in a single mission, the Tianwen-1, has successfully completed all the stages reaching the orbit of Mars and subsequently landing on its surface the Zhurong rover, smaller than Perseverance, but no less sophisticated.

The existence of present or past traces of microbiological life, the complete mapping of the ice deposits and the possible presence of liquid water in the interior, the greater understanding of the tenuous Martian atmosphere, a more detailed analysis of the complex and hostile environment of the red planet, characterized by freezing temperatures, very low pressures, bombarded by deadly cosmic and solar radiation, subjected to continuous meteoritic impacts, distressed by atmospheric phenomena of global scale such as planetary sandstorms represent some of the complex challenges that researchers and scientists are tirelessly trying to win with these missions.

Parole chiave: *Marte, Astronautica, Esplorazione del sistema solare.*

Keywords: *Mars, Astronautics, Solar System Exploration.*

Marte è il quarto pianeta del Sistema Solare in ordine di distanza ed è il primo esterno all'orbita dalla Terra. Il suo nome deriva dall'antico dio romano della guerra, proprio perché, osservato in cielo, specialmente in condizioni di opposizione rispetto al Sole e quindi di massima visibilità, appare come un disco di colore rosso.

A tutt'oggi è un pianeta roccioso, ma completamente arido ed estremamente freddo, bombardato da radiazioni cosmiche e raggi ultravioletti letali per le forme di vita a noi conosciute e soggetto a frequenti impatti micro-meteoritici.

Ciò nonostante, al di fuori, dell'orbita lunare, è probabilmente il corpo celeste più accessibile per l'umanità ed è quello che presenta le condizioni ambientali meno ostili per una sua futura, anche se alquanto impegnativa, colonizzazione umana. Infatti, se si esclude ovviamente la Terra, gli altri due pia-

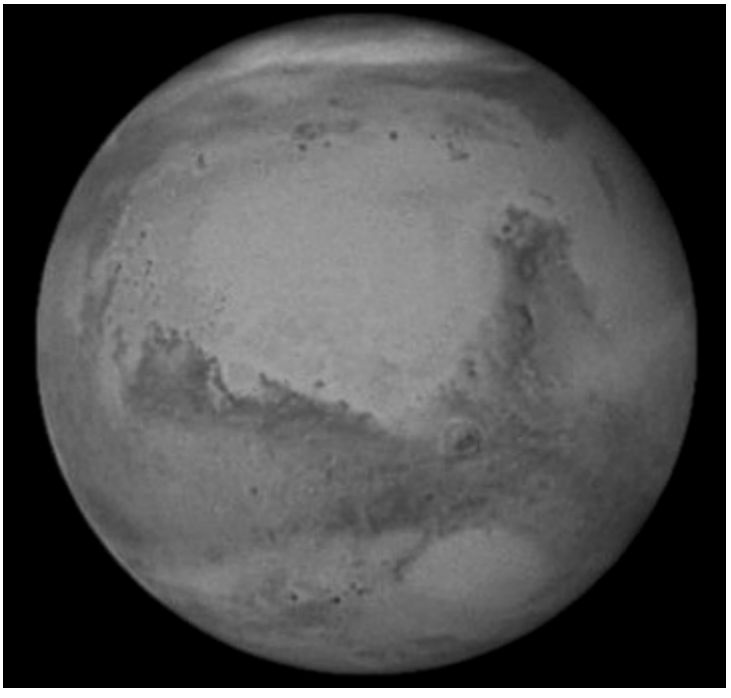

Fig. 1. Fotografia del pianeta Marte catturata dal telescopio spaziale Hubble.

neti rocciosi del Sistema Solare, ovvero Mercurio e Venere non sono neanche lontanamente considerabili per una missione con un equipaggio di astronauti. Su Mercurio di giorno le temperature sono altissime a causa della sua vicinanza al Sole, mentre su Venere nel corso di miliardi di anni trascorsi dalla sua formazione si è generato un mostruoso effetto serra che ha causato non solo il raggiungimento di temperature al suolo intorno ai 490 °C, ma anche pressioni 90 volte superiori a quella terrestre, esercitate da un'atmosfera tossica, formata in gran parte da anidride carbonica e acido solforico.

Marte, invece, ha seguito un destino diverso e per certi versi antitetico rispetto a Venere. Essendo, molto più piccolo e leggero sia della Terra che di Venere stessa, il suo ridotto campo gravitazionale non è riuscito a trattenere se non in piccolissima quantità la CO_2 sprigionata dalle eruzioni vulcaniche. L'anidride carbonica, come oramai abbiamo imparato fin troppo bene e a nostre spese, è un potente *gas serra*, nel senso che intrappola in modo molto efficiente la radiazione infrarossa proveniente dal Sole causando su scala globale un riscaldamento dell'atmosfera e della temperatura superficiale del pianeta. Mentre sulla Terra di oggi l'effetto serra è un processo deleterio e fortemente indesiderato, perché è stato stimato che perfino l'innalzamento di un solo grado centigrado della temperatura media globale potrebbe causare sconvolgimenti climatici devastanti, su Marte si è verificato il fenomeno opposto. Infatti, la quasi totale assenza di atmosfera (la pressione su Marte è pari a circa lo 0.6% di quella terrestre) e la maggiore lontananza dal Sole hanno determinato il suo completo congelamento con una temperatura media di circa –63 °C. Inoltre, Marte a paragone con la Terra, proprio a causa del maggior raffreddamento del suo nucleo centrale, non presenta un campo magnetico apprezzabile, che invece sul nostro pianeta è generato dai moti convettivi della massa fluida di ferro e nichel che forma con ogni probabilità l'interno della Terra. Per questo motivo, il Pianeta rosso è fatalmente esposto all'azione letale per le forme di vita basate sul carbonio sia dei raggi cosmici altamente energetici provenienti dallo spazio profondo, sia delle radiazioni ultraviolette e del vento solare emesso dalla nostra stella, che invece sulla Terra sono in gran parte deviati e respinti proprio dal campo magnetico naturale. Infine, la tenue atmosfera marziana non offre una protezione adeguata contro gli impatti meteoritici, potenzialmente pericolosi a causa della notevole vicinanza della fascia degli asteroidi.

L'acqua, la sostanza per noi più vitale e importante, su Marte può esistere solo allo stato solido nelle calotte polari e probabilmente in depositi di ghiaccio sotterranei, oppure in forma di vapore acqueo nella rarefatta atmosfera marziana, invece le condizioni di temperatura e pressione al suolo sono tali da impedirne la formazione stabile in fase liquida.

Nonostante, questo *cocktail* di condizioni chimico-fisiche estremamente avverse alla vita, sono numerosi i motivi che hanno spinto e continuano a motivare l'umanità a esplorare questo affascinante pianeta. Innanzitutto, Marte mostra alcune interessanti analogie astronomiche con il pianeta Terra. Infatti, impiega 24 ore e 37 minuti, poco più di un giorno terrestre, per completare un giro intorno al proprio asse di rotazione, che è inclinato rispetto al piano dell'orbita circumsolare di 24.5°, un valore molto simile a quello della Terra, pari a circa 23°. Per effetto di questo particolare orientamento, anche Marte presenta un ciclo stagionale, sebbene molto più lungo di quello terrestre perché il suo periodo di rivoluzione intorno al Sole dura 687 giorni, data la maggiore distanza dalla nostra stella.

Inoltre, numerosi indizi sembrano indicare in modo sempre più convincente che in un lontano passato le condizioni climatiche e ambientali su Marte dovessero essere molto diverse da quelle attuali. Quasi sicuramente dovevano esistere corsi d'acqua liquida in forma di fiumi, laghi e addirittura bacini oceanici. Ciò è confermato, innanzitutto, dai numerosi segni, scavati sul suolo marziano del passaggio di consistenti correnti fluide, ma che a rigore potrebbero essere stati impressi anche da fiumi di lava vulcanica. Tuttavia, l'individuazione di rocce e minerali che chimicamente si possono formare solo per interazione con acqua liquida, primo tra tutti l'idrossido di ferro Fe_3O_4, più conosciuto sulla Terra come ruggine e responsabile in gran parte del colore inconfondibile del pianeta rosso sembrano indicare, al di là di ogni ragionevole dubbio, che in passato pressione atmosferica e temperature su Marte dovevano essere più alte, al punto da rendere fisicamente possibili le precipitazioni di masse d'acqua liquida, tali da scavare il suolo del Pianeta rosso e formare canyon grandiosi come la *Valles Marineris*. Molti scienziati sono anche persuasi che in quell'epoca del remoto passato di Marte si siano spontaneamente instaurate condizioni adatte alla nascita e allo sviluppo di forme di vita uni o anche pluricellulari secondo meccanismi biochimici e biologici simili o anche profondamente diversi rispetto a quelli avvenuti sulla Terra. Le implicazioni scientifiche, tecnologiche e perfino filosofiche di una simile scoperta sarebbero probabilmente di vastissima portata.

Marte ha destato l'attenzione e la curiosità degli uomini da tempo immemore, ma solo nel 1608 con l'invenzione del telescopio ad opera dell'ottico olandese Hans Lippershey e il suo perfezionamento tecnico realizzato dal padre della scienza moderna l'italiano Galileo Galilei è stato possibile iniziare a studiarne più approfonditamente la superficie. Uno dei primi astronomi che a Brera in provincia di Milano durante la grande opposizione del 1877 in cui Marte era in posizione speculare rispetto al Sole e alla minima distanza dalla Terra trascorse al telescopio innumerevoli notti lunghe, fredde e frustanti nell'attesa dei pochi momenti di eccezionali condizioni di visibilità durante i quali la traballante immagine del pianeta rosso, rimanendo temporaneamente immobile e stabile, permetteva la visione chiara dei dettagli della sua superficie fu l'italiano Giovanni Virginio Schiaparelli. Il quadro che emerse da decenni di osservazioni telescopiche rappresentava il pianeta quale una sfera di colore rosso-arancio solcata da tratti scuri. La struttura complessiva di questi tratti rimaneva piuttosto stabile nel corso delle varie osservazioni cosicché fu loro attribuito un nome e identificata un'area sulle prime rudimentali mappe del pianeta rosso. Questi pionieri della planetologia, pur essendo estremamente meticolosi e precisi, tracciarono alcune sottili linee per collegare le macchie scure che avevano notato durante le loro numerose osservazioni e fu poi un altro italiano il Padre Pietro Angelo Secchi che nel 1869 attribuì a quei solchi e linee l'infelice nome di *canali*. Questo termine fu tradotto in inglese in modo non appropriato come *canals*, che indica letteralmente i canali artificiali e non come *channels*, che invece denota quelli naturali. Questo grossolano errore linguistico contribuì alla nascita di un mito che perdurò a lungo tenacemente, secondo il quale forme di vita senzienti avrebbero costruito una titanica rete di condotti idraulici per trasportare l'acqua dalle calotte polari alle più calde e aride regioni equatoriali. Al punto che l'astronomo statunitense e direttore dell'osservatorio di Flagstaff in Arizona, Percival Lowell, autore tra l'altro del fantasioso libro *Mars as the Abode of Life* affermò, con tutta serietà, che "*se non fosse artificiale il sistema di irrigazione non mostrerebbe configurazioni matematiche così meravigliose*" [1]. Questa ingenua leggenda aleggiò come una funesta maledizione sullo studio di Marte per lungo tempo. Infatti, si accesero interminabili e infruttuose dispute tra i sostenitori della reale esistenza dei canali, incoraggiati dalle suggestioni del romanticismo dell'età vittoriana, contrapposti agli astronomi che invece li giudicavano semplici illusioni ottiche indotte dalla tendenza innata della mente umana a congiungere con linee rette oggetti osservati al limite del campo di visibilità. L'onda emotiva suscitata da queste congetture fu poi abilmente cavalcata dallo scrittore Edgar Rice Burroughs, già noto al vasto pubblico per le avventure di Tarzan, che trasformò i presunti canali di Marte nella scenografia ideale delle peripezie di John Carter, eroe di in una serie di autentici libri di fantascienza, costruito sulla falsariga dei protagonisti dei romanzi del XIX secolo, che vagava per i deserti del pianeta

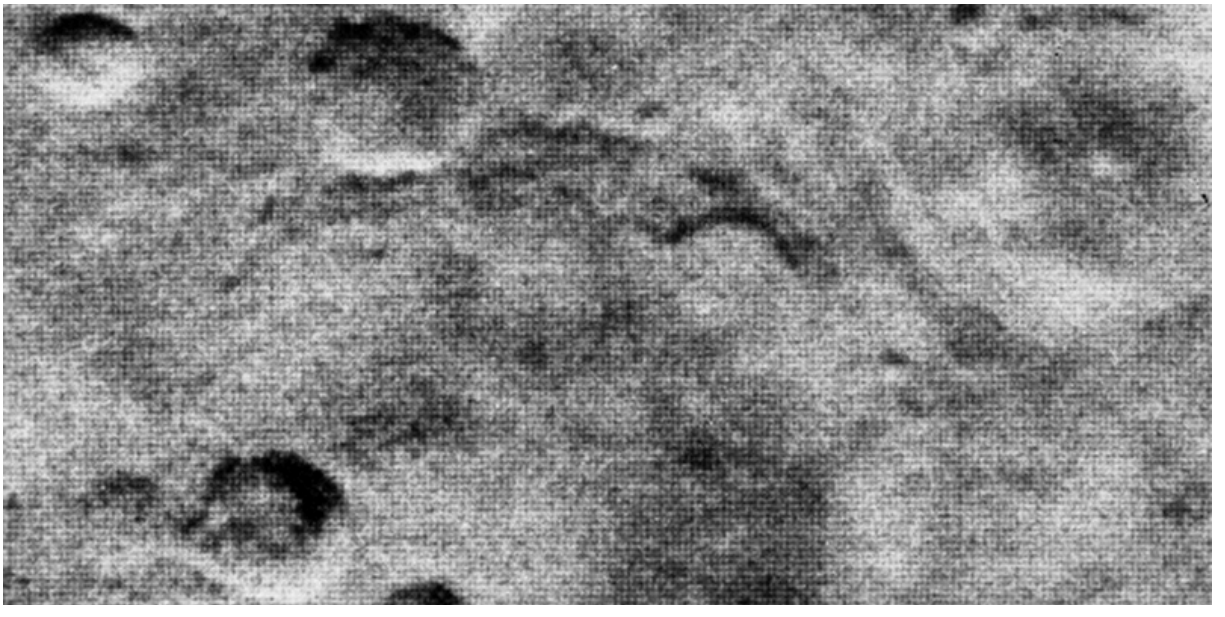

Fig. 2. Fotogramma della superficie di Marte scattato dalla sonda Mariner 4 nel 1965.

rosso salvando leggiadre fanciulle in pericolo e combattendo terribili mostri malvagi [2].

È stato necessario aspettare il 14 luglio del 1965, con la ricezione dei 21 fotogrammi della superficie di Marte, scattati a distanza ravvicinata, in bianco e nero e a bassa risoluzione dalla primitiva fotocamera di bordo della sonda spaziale della NASA Mariner 4 e inviate a Terra alla velocità di trasmissione di soli 8.3 bit per secondo, per dimostrare che la suggestiva e pittoresca visione di Burroughs sia solo un audace frutto della fantasia letteraria, in quanto le macchie scure non sono altro che regioni del pianeta dotate, in confronto alle zone circostanti, di una più elevata densità di sottili striature del suolo, ognuna larga solo pochi chilometri.

Probabilmente sono stati proprio i successi dell'era spaziale nella seconda metà del XX secolo, dal lancio da parte del razzo R-7 dell' U.R.S.S. del primo satellite artificiale terrestre, il 4 ottobre del 1957, lo Sputnik 1, includendo il primo volo umano orbitale da parte del cosmonauta sovietico Yuri Gagarin, il 12 aprile del 1961 fino ad arrivare alla celeberrima missione statunitense Apollo 11, in cui il 20 luglio del 1969 l'astronauta della NASA Neil Armstrong per la prima volta nella storia dell'intera umanità mise piede sul suolo lunare, che hanno riscattato il prestigio fino ad allora un po'offuscato della planetologia. Le è stato così restituito il ruolo centrale che giustamente ricopre come fondamentale branca dell'astronomia ed è stata inaugurata una nuova e fertile stagione di interesse, questa volta schiettamente scientifico e tecnologico verso l'esplorazione e in un futuro probabilmente prossimo di colonizzazione robotica e umana del pianeta rosso.

Il cammino verso Marte inizia nell'ottobre del 1960 allorquando l'U.R.S.S. tentò segretamente e inutilmente per due volte di lanciare un satellite verso Marte con il missile balistico intercontinentale R-7, per il quale nel 1959 il Capo Progettista, l'ingegnere sovietico e principale artefice del programma spaziale dell'U.R.S.S. Sergej Pavlovič Korolëv aveva sviluppato un quarto stadio destinato alle missioni interplanetarie verso Venere e Marte. Lo stesso razzo R-7 nella sua versione a tre stadi era stato già adoperato con successo nel 1957 per la messa in orbita da parte dell'Unione Sovietica del primo satellite della storia lo *Sputnik 1.*

I primi due tentativi di inviare una sonda verso Marte, effettuati rispettivamente il 10 e il 14 ottobre 1960 fallirono entrambi a causa di un malfunzionamento del terzo stadio del razzo R-7. Tuttavia, l'U.R.S.S. non si diede per sconfitta e nei 18 mesi successivi gli ingegneri sovietici si dedicarono allo sviluppo di una sonda modulare e tecnologicamente più progredita in grado di raggiungere sia Venere che Marte e di imbarcare strumenti scientifici dedicati. La successiva finestra di lancio si presentava nel 1962 ed era particolarmente favorevole, così l'Unione Sovietica decise di provare con tre lanci verso Marte. Due di questi non superarono l'orbita terrestre a causa dell'esplosione e conseguente disintegrazione questa volta del quarto stadio. Solo uno ebbe successo ed era quello che portava come carico utile la sonda Mars 1,

che tuttavia interruppe le comunicazioni radio con il centro di controllo quando mancavano circa 106 milioni di chilometri alla destinazione. Seguirono ulteriori fallimenti nel 1963 sempre per colpa del quarto stadio che era diventato per i sovietici una sorta di maledizione.

Nel frattempo gli americani stavano cercando di colmare il divario tecnologico allora esistente con i sovietici e agli inizi di novembre del 1964 tentarono il lancio della sonda Mariner 3 che anch'esso fallì a causa di un problema nel distacco del pannello di separazione dal vettore, il razzo Atlas LV-3 Agena D. Tuttavia, alla fine dello stesso mese gli Stati Uniti inviarono con successo una sonda gemella rispetto alla precedente, il Mariner 4 che il 14 luglio del 1965 eseguì il primo sorvolo ravvicinato (*fly-by*) a soli 10,000 chilometri dalla superficie del pianeta rosso. Furono proprio i primi fotogrammi inviati a Terra dalla sonda Mariner 4 che mostrarono agli scienziati il suolo di Marte costellato di crateri, come aveva già ipotizzato l'astronomo italiano Virginio Brenna nel 1967, anche se all'epoca il suo lavoro non era stato giudicato "*attendibile*" dall'editore della rivista *Coelum* [1].

I crateri ricordavano la Luna e nella mente dei planetologi incominciò a diffondersi la sensazione che il pianeta rosso fosse a tutti gli effetti un "mondo morto". Questa impressione fu confermata anche dalle immagini scattate dalle telecamere grandangolari da 52 e 508 mm di focale delle sonde statunitensi Mariner 6 e 7 che si avvicinarono a Marte il 27 marzo del 1969. Questi fotogrammi mostrarono da un lato la presenza di imponenti strutture vulcaniche nell'area del pianeta rosso denominata *Tharsis* e dall'altro l'esistenza di un immenso bacino, probabilmente formato a seguito dell'impatto con un enorme meteorite, privo di crateri, di forma pressoché circolare e del diametro di circa 1600 chilometri, già riportato sulla mappa disegnata dall'astronomo del XIX secolo Giovanni Virginio Schiaparelli e chiamato *Hellas*. Inoltre, rivelarono che l'atmosfera marziana aveva modificato la forma e il profilo dei crateri del pianeta. Ulteriore merito delle missioni Mariner 6 e 7 è stato quello di mappare circa il 20% della superficie di Marte e di misurare per la prima volta la composizione della sua tenue atmosfera, stabilendo che essa è formata quasi totalmente da anidride carbonica con piccole tracce di azoto e di argon, un gas inerte.

Si dovette aspettare il novembre del 1971 quando sia l'Unione Sovietica che gli Stati Uniti d'America provarono a mandare sonde automatiche in orbita stabile intorno a Marte e addirittura moduli di ammartaggio, non accontentandosi più di brevi *fly-by*. Il primo a partire fu l'8 maggio del 1971 il Mariner 8, che tuttavia precipitò nell'oceano Atlantico pochi secondi dopo essersi staccato dalla rampa di lancio a causa di un malfunzionamento del vettore *Atlas-Centaur*. Anche il Mars 2 dell'U.R.S.S. inviato il 19 maggio dello stesso anno non ebbe maggior fortuna. Infatti, pur raggiungendo Marte non riuscì a rilevare alcun dato utile e il lander che avrebbe dovuto tentare il primo ammartaggio andò distrutto. Invece, la sonda gemella Mars 3 dell'Unione Sovietica fu la prima macchina costruita dall'uomo a raggiungere il 3 dicembre del 1971 il suolo di Marte registrando qualche dato e scattando poche fotografie prima di essere completamente sommersa e disattivata da una tempesta di sabbia.

A differenza delle precedenti, raggiunse con pieno successo il suo obiettivo la missione americana Mariner 9, che il 13 novembre del 1971 si inserì in orbita stabile intorno a Marte. In quel momento però, l'intero globo del pianeta era avvolto da una gigantesca tempesta di polvere. Nonostante la visuale fosse quasi completamente oscurata dai vortici di granelli di regolite marziana, il Mariner 9 rilevò comunque quattro macchie scure sporgere dalla coltre di polvere atmosferica. Si trattava dei quattro immensi vulcani della regione *Tharsis*, tra cui spicca l'*Olympus Mons*, che con i suoi oltre 25 chilometri di altezza e 600 chilometri di base è di gran lunga il più grande rilievo, a noi noto, nel Sistema Solare.

Le enormi dimensioni di questo vulcano a scudo sono probabilmente una conseguenza sia della particolare struttura della crosta di Marte non suddivisa in placche tettoniche come quella della Terra che, in parte, del ridotto campo gravitazionale del pianeta rosso, che ha permesso la crescita di strutture in verticale fino a quote molto più elevate a quanto siamo abituati sulla Terra. Dopo 80 giorni l'enorme tempesta di sabbia che ricopriva Marte si diradò consentendo alla sonda Mariner 9 di osservare dall'alto ulteriori interessanti caratteristiche del pianeta. La prima a destare l'attenzione degli scienziati fu una colossale rete di canyon, battezzata proprio *Valles Marineris*, in onore della sonda Mariner 9, su proposta dell'allora direttore del *Jet Propulsion Laboratory* della NASA, William Pickering. L'immensa vallata si dirama lungo l'equatore di Marte nella parte orientale della regione *Tharsis* e raggiunge un'estensione complessiva di oltre 4000 chilometri di lunghezza, 700 chilometri di larghezza e 11 di profondità. Questa scoperta ripropose Marte in una prospettiva diversa, perché quello scrutato dal Mariner 9 non sembrava più un "mondo morto" come la Luna, ma piuttosto un pianeta modellato da processi attivi sia *endogeni*, come i vulcani, che *esogeni* come i venti atmosferici, apparentemente simili a quelli che intervengono sulla Terra. Fu proprio la sonda Mariner 9, che nei quasi 12 mesi in cui rimase operativa, fotografò per la prima volta quelle

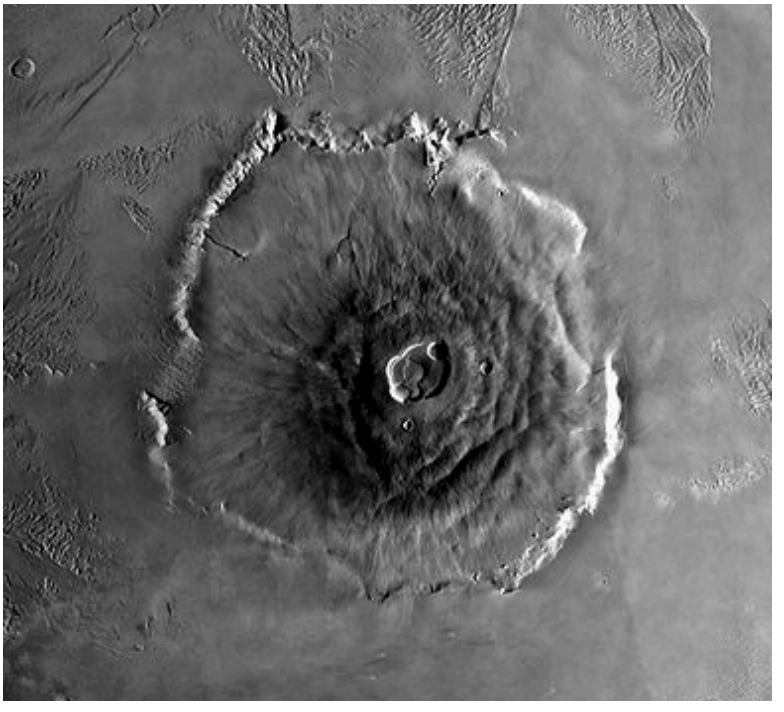

Fig. 3. Fotografia dell'*Olympus Mons* scattata dalla sonda spaziale U.S.A. Viking 1.

importanti strutture del suolo di Marte, legittimamente interpretabili come letti disseccati scavati da fiumi di acqua liquida, avvalorando l'ipotesi suggestiva che in un remoto passato, Marte potesse essere un pianeta molto più caldo e umido e quindi meno inospitale per la vita organica così come noi la conosciamo.

Nella sfida tecnologico-spaziale che ha accompagnato la "Guerra Fredda" e che fu intrapresa tra Stati Uniti e Unione Sovietica, quest'ultima, pur avendo vinto le prime tappe aveva fallito l'obiettivo forse più importante, quando il 21 luglio del 1969 alle ore 02.56 del tempo coordinato universale il comandante della missione Apollo 11, l'astronauta americano Neil Armstrong aveva messo piede sul suolo lunare, precisamente in corrispondenza della pianura basaltica della Luna denominata Mare della Tranquillità, prima di un cosmonauta sovietico. L'U.R.S.S. non riuscì a riscattarsi nemmeno nell'esplorazione di Marte. Infatti, anche le missioni sovietiche Mars 4, 5, 6 e 7 lanciate negli anni 1973-74 fallirono a causa di sistemi mal progettati, componenti difettosi e una certa dose di sfortuna. I sovietici dovettero cedere il passo agli americani. Questi alle ore 5:12 del fuso orario della California del 20 luglio 1976 dopo un viaggio di 850 milioni di chilometri della durata di circa dieci mesi condussero con successo la sonda spaziale *Viking 1* sulla superficie di Marte e precisamente in una regione dell'emisfero settentrionale, dove gli antichi corsi d'acqua si erano aperti a ventaglio per formare una pianura vulcanica denominata *Chryse Planitia* (la pianura dell'oro). La sonda restituì a terra dopo circa 90 minuti dall'ammartaggio le immagini della superficie marziana desertica e cosparsa di rocce, sassi e dune di sabbia, molto simile ad alcuni paesaggi dell'Arizona, e illuminata da un brillante cielo tinteggiato di rosso a causa della diffusione di questo colore dello spettro luminoso ad opera delle particelle di polvere sospese nell'atmosfera.

Poche settimane dopo il 6 settembre del 1976 atterrò su Marte in una regione, *Utopia Plantia*, collocata più a nord rispetto al sito di ammartaggio del *Viking 1*, anche la sua sonda gemella, il *Viking 2*. Ciascuna delle due sonde, il cui obiettivo principale era quello di accertare o meno la presenza di tracce di microrganismi sul pianeta rosso, consisteva in un orbiter e un lander ovvero un modulo di ammartaggio in superficie. Quest'ultimo era schermato da uno speciale scudo di protezione termica per difendere i preziosi e delicati strumenti scientifici nella pericolosa fase di ingresso nell'atmosfera marziana ed era dotato di razzi di discesa e di controllo di assetto, sistemi di telecomunicazione con l'orbiter, altimetro radar, 2 telecamere, sismometro, alimentatore a radioisotopi per la produzione di energia elettrica, computer di bordo e soprat-

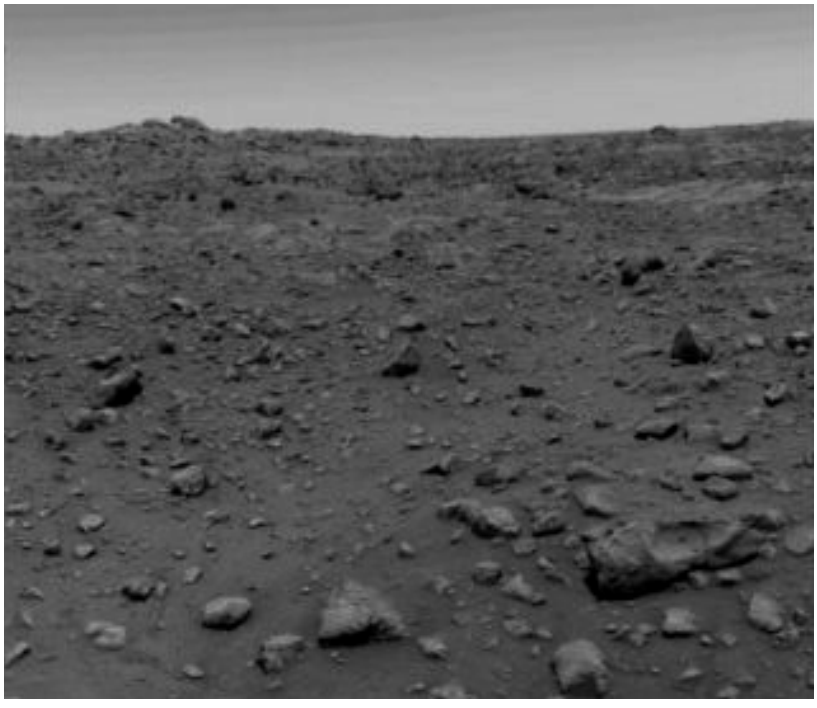

Fig 4. La prima fotografia a colori della superficie di Marte scattata dal lander della sonda Viking 1 il 21 luglio 1976.

tutto un particolare braccio meccanico per perforare e raccogliere campioni del suolo marziano. L'orbiter invece aveva il compito non solo di mantenere i contatti radio con la Terra e con il lander, ma anche di effettuare un'ampia ricognizione fotografica di tutto il pianeta ad una risoluzione maggiore del Mariner 9. Le sonde *Viking 1* e 2 hanno funzionato per molti anni (il *Viking 2* fino al 1980 e il *Viking 1* fino al 1982) come vere e proprie stazioni metereologiche. Hanno permesso non solo di misurare per la prima volta le condizioni climatiche alla superficie di Marte in corrispondenza del loro sito di ammartaggio, rilevando temperature comprese tra -140 e -28 °C, pressioni di 7.7 millibar e venti da est alla velocità di 24 km/h, ma soprattutto di scoprire alcuni fenomeni originali della meteorologia di Marte. Ad esempio, in inverno la pressione atmosferica cala del 20% a causa del congelamento dell'anidride carbonica che gela e si accumula nella calotta polare provocandone un rigonfiamento. Altro fenomeno peculiare è la formazione di violente tempeste di sabbia che partono dai poli ma si estendono all'intero pianeta perdurando anche per mesi. Queste forti tempeste che possono scatenare venti con velocità fino a 400 km/h sono causate dalle differenze di temperatura tra l'emisfero australe e quello settentrionale di Marte quando il pianeta, durante l'estate del polo Sud, si avvicina al Sole per effetto della sua inclinazione rispetto al piano orbitale, l'emisfero meridionale del pianeta è più esposto alla radiazione solare. Sebbene oggi l'acqua liquida non possa esistere su Marte, gli orbiter hanno rilevato numerose volte la presenza di nebbie e brine specialmente sulle vaste depressioni come la *Valles Marineris* e di nubi di vapore acqueo sopra l'equatore marziano nelle ore di massima incidenza dei raggi solari. Alcuni scienziati sono convinti che l'acqua inizialmente abbondante su Marte sia in parte sfuggita dall'atmosfera a causa del ridotto campo gravitazionale e in parte depositata in un profondo strato di permafrost sotterraneo, ma ciò può accadere solo se l'acqua anticamente era in forma liquida e poteva scorrere e penetrare all'interno del friabile e sabbioso suolo marziano. Ancora una volta emergono indizi che ci spingono a pensare che l'atmosfera di Marte in passato dovesse essere molto più calda e densa di quanto non sia oggi e secondo alcuni planetologi questo può essere spiegato considerando le variazioni di esposizione al Sole dovute ai cambiamenti dell'orbita del pianeta rosso. Infatti, l'orbita di Marte è molto eccentrica e varia nell'arco di un lasso di tempo dell'ordine dei centomila anni. Quando raggiunge il suo valore massimo Marte si avvicina di più alla nostra stella e di conseguenza l'emisfero australe si riscalda, scatenando tempeste di polvere ancora più intense, tali da coprire quasi totalmente le calot-

te polari abbassando in questo modo anche l'albedo del pianeta, facendo evaporare il ghiaccio d'acqua dei poli e in poche parole innescando un "effetto serra" astronomico che può essere compatibile con temperature e pressioni tali da permettere all'acqua liquida di scorrere sulla superficie di Marte.

Per i successivi 12 anni il pianeta rosso fu dimenticato. Il suo volto deserto, freddo e roccioso aveva scoraggiato Stati Uniti e U.R.S.S. dall'investire tempo e risorse in ulteriori missioni di esplorazione fin quando a metà degli anni '80 l'Unione Sovietica, che aveva maturato notevoli competenze in ambito spaziale con numerose missioni di successo su Venere e con le due missioni Vega dirette sulla cometa di Halley, provò ancora una volta a riprendere la corsa verso Marte. Fu progettata e realizzata una sonda più complessa e articolata, equipaggiata con numerosi e sofisticati strumenti scientifici, frutto anche di collaborazioni internazionali, che avrebbe dovuto inserirsi in un'orbita particolare intorno a Marte e allo stesso tempo effettuare un sorvolo ravvicinato del satellite Phobos allo scopo di inviare sulla luna di Marte due piccoli moduli esplorativi. Le sonde furono lanciate nel luglio del 1988, ma mentre *Phobos 1* andò perduta durante il viaggio interplanetario a causa di errori nella sequenza di comando da Terra, *Phobos 2* giunse a destinazione nel gennaio del 1989 e riuscì anche a inserirsi nell'orbita corretta, ma all'ultima manovra si perse il controllo per problemi dovuti all'elettronica di bordo. Nonostante la missione *Phobos 2* non avesse raggiunto appieno tutti i suoi obiettivi, questa permise all'U.R.S.S. di acquisire molti più dati e informazioni di quanto rilevato in tutte le precedenti missioni sovietiche verso Marte. Gli americani raccolsero il "guanto di sfida" tecnologico simbolicamente gettato dai sovietici e provarono nel 1992 a inviare un satellite il *Mars Observer* per l'esplorazione di Phobos, ma tre giorni prima dell'inserzione in orbita marziana il sistema di propulsione fallì in modo catastrofico. Negli anni successivi gli americani trassero esperienza da questo incidente organizzando un nuovo programma di esplorazione di Marte basato su sonde più economiche, ma su lanci più frequenti. Anche il nuovo programma dovette registrare alcuni insuccessi, ma tra le missioni andate a buon fine bisogna sicuramente ricordare sia il *Mars Global Surveyor* che entrò nell'orbita marziana nel settembre del 1997 e soprattutto il *Mars Pathfinder* che toccò il suolo del pianeta rosso il 4 luglio, il giorno dell'indipendenza degli Stati Uniti, del 1997 e sganciò sulla superficie di Marte per la prima volta nella storia un veicolo mobile il *Sojourner*, un piccolo robot con 6 ruote, che rimase in servizio per 4 mesi analizzando chimicamente le rocce e il suolo nei dintorni del sito di ammartaggio e rappresenta il capostipite dei rover marziani.

Altra tappa fondamentale fu l'anno 2003 in cui l'orbita di Marte è stata raggiunta per la prima volta con successo da una sonda europea il *Mars Express*, che scandagliò la superficie del pianeta rosso rilevando la presenza di ghiaccio di acqua al polo Sud e di vapore acqueo nella tenue atmosfera. Meno fortunato fu invece il lander europeo *Beagle 2* della stessa missione *Mars Express* che fu sganciato dall'orbiter il 25 settembre del 2003, ma andò distrutto nella delicata fase di ingresso nell'atmosfera di Marte.

Dopo i successi conseguiti dal rover *Sojourner*, gli americani hanno condotto con successo sulla superficie di Marte altri due robot *Spirit* e *Opportunity* il 4 e il 25 gennaio del 2004 e soprattutto il *Mars Science Labortory - MSL Curiosity* nell'agosto del 2012, che è stato il robot per l'esplorazione spaziale più sofisticato operante su Marte mai realizzato fino agli inizi di quest'anno quando è stato superato dal rover della missione *Mars 2020*.

Infatti, il 18 febbraio di quest'anno il *rover* americano *Perseverance* della NASA ha raggiunto con pieno successo il pianeta rosso dopo un viaggio interplanetario di oltre sei mesi iniziato il 30 luglio del 2020 a bordo di un razzo *Atlas V* staccatosi da terra dalla famosa base di lancio di *Cape Canaveral* in Florida negli U.S.A. la stessa, da cui il 16 luglio del 1969 partì la celeberrima missione Apollo 11.

È stata scelta, non a caso, la finestra di lancio di luglio 2020, perché in quel periodo la Terra e Marte, erano relativamente vicini e si trovavano alla distanza di circa 105 milioni di chilometri permettendo in questo modo di accorciare il viaggio interplanetario, che con gli attuali sistemi propulsivi è durato meno di 7 mesi. Infatti, a causa della considerevole eccentricità dell'orbita ellittica del Pianeta rosso pari a 0.09, la distanza Terra-Marte è fortemente variabile e può superare di poco i 400 milioni di chilometri quando Marte si trova lontano dal Sole, ovvero in corrispondenza dell'*afelio*, mentre può essere leggermente inferiore a 55 milioni di chilometri quando Marte si avvicina al Sole raggiungendo il suo *perielio*. In accordo alla meccanica celeste le opposizioni favorevoli tra Terra e Marte, in cui i due pianeti si trovano alla loro minima distanza si verificano ogni 780 giorni, corrispondenti a circa 26 mesi.

Due sono gli obiettivi fondamentali della missione del *rover*: raccogliere campioni del suolo marziano che successivamente si prevede di inviare a Terra e analizzare in laboratorio e soprattutto cercare tracce di antiche forme di vita microbiologica che il pianeta rosso potrebbe aver ospitato in un passato remoto. Per questo motivo è stato scelto come sito dell'ammartaggio il cratere *Jazero*, un'enorme depressione ritenuta

dagli scienziati della NASA il bacino di un antichissimo lago profondo circa 500 metri e originatosi dopo l'impatto con un asteroide avvenuto miliardi di anni fa.

Perseverance ha le dimensioni grossomodo di un pulmino, con circa 3 metri di lunghezza, 2.7 metri di larghezza e 2.2 di altezza, ma pesa solo 1025 kg, risultando così più leggero di un'automobile compatta. La sua struttura complessiva e i suoi componenti sono molto simili a quelli di altri robot precedentemente inviati su Marte. Infatti, nella sua progettazione e realizzazione gli ingegneri e tecnici della *NASA* hanno sfruttato numerose tecnologie già sviluppate per il suo predecessore *Curiosity.* Non mancano, tuttavia, alcuni importanti miglioramenti.

Diametro, larghezza e spessore delle ruote di *Perseverance* sono stati ottimizzati rispetto a *Curiosity* per aumentare l'aderenza e la stabilità del sistema di locomozione del *rover* sulla regolite del pianeta rosso. Il sistema elettronico di controllo e il software della sonda sono stati notevolmente potenziati per migliorare l'accuratezza nella determinazione dell'istante ottimale di apertura del paracadute durante la delicata fase di ingresso a velocità ipersoniche nell'atmosfera marziana. La sonda è stata anche equipaggiata con un sistema radar in grado di scandagliare il suolo di Marte e di acquisire in tempo reale immagini della sua superficie in modo da identificare un sito di ammartaggio privo di ostacoli e idoneo al rilascio del *rover* mediante il sistema *skycrane.* Per esplorare il suolo marziano, *Perseverance* dispone di un avveniristico sistema di navigazione e controllo dotato di sensori ottici e di sofisticati algoritmi di autoapprendimento, basati su modelli di intelligenza artificiale, grazie ai quali potrà percorrere durante la sua missione un tragitto molto più lungo rispetto a *Curiosity.*

L'energia necessaria per alimentare tutti gli strumenti e i sottosistemi di *Perseverance* proviene da un generatore termoelettrico di radioisotopi a base di diossido di plutonio, che per effetto Seebeck converte il calore sviluppato dal decadimento radioattivo del combustibile nucleare in energia elettrica e conferisce al rover un'autonomia di almeno 687 giorni pari a un anno marziano.

Il *rover* ha anche l'obiettivo di testare nuove tecnologie abilitanti l'esplorazione e la colonizzazione umana del Pianeta rosso. In particolare, *Perseverance* il 20 aprile 2021 ha sperimentato con successo il dimostratore *Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment - MOXIE*, che impiegando innovative celle elettrolitiche a ossidi solidi, ha trasformato nell'arco di un'ora l'anidride carbonica che costituisce circa il 96% della tenue atmosfera di Marte in poco più di 5 grammi di ossigeno, essenziale non solo come gas

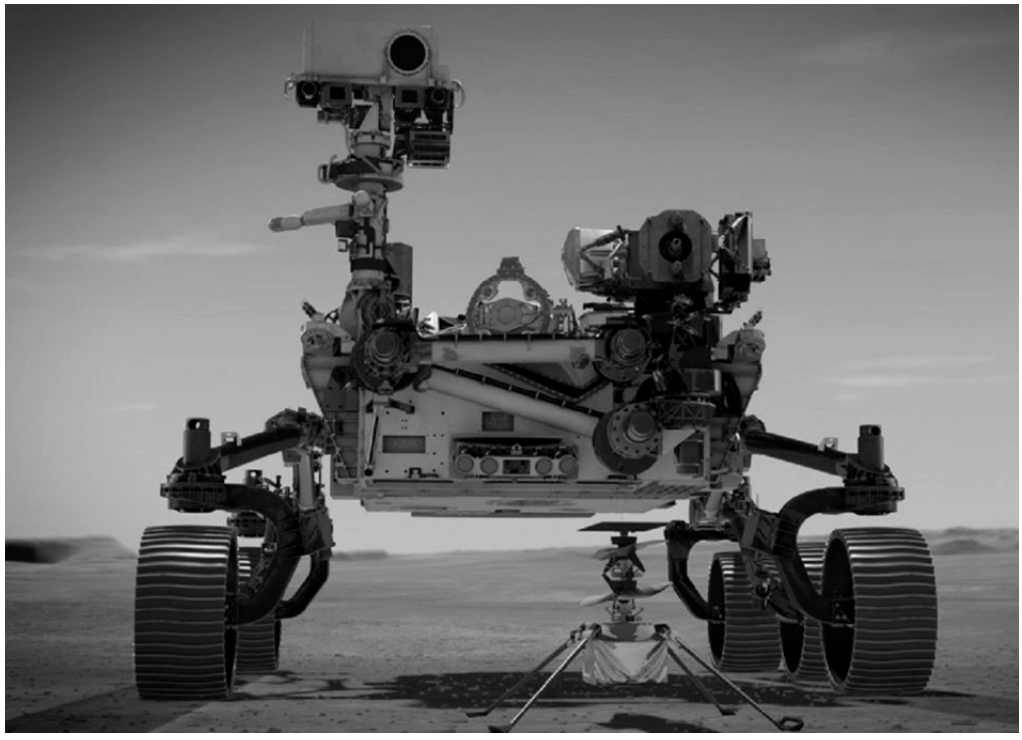

Fig. 5. Il rover *Perseverance* e il drone *Ingenuity*.

respirabile per il supporto alla vita, ma anche come propellente dei motori a razzo in grado di partire dal pianeta.

Un altro strumento fondamentale del *rover*, è il suo trapano, comandato da un braccio robotico, con il quale *Perseverance* sta prelevando campioni del suolo marziano per analizzarli direttamente sul pianeta rosso mediante speciali spettrometri di massa e gas-cromatografi miniaturizzati nella speranza di individuare tracce di vita microbiologica di origine marziana. I campioni saranno poi raccolti nel 2026 da un altro *rover* sviluppato questa volta dall'Agenzia Spaziale Europea - ESA che li invierà a un modulo orbitante intorno a Marte per poi portarli sulla Terra.

Oltre a sensori elettromagnetici per analizzare il sottosuolo marziano e telecamere panoramiche e ad alta risoluzione con cui sta scattando splendide fotografie del cratere *Jazero*, *Perseverance* è equipaggiato anche con spettrometri laser e *Raman* e con un visualizzatore a raggi X per la ricerca di tracce di molecole organiche fino a 5 cm al di sotto della superficie del pianeta rosso. Il *rover* è anche dotato di microfoni per registrare, per la prima volta, i suoni dei venti e dei fenomeni metereologici dell'atmosfera di Marte Inoltre, Il dispositivo più affascinante da un punto di vista ingegneristico è probabilmente l'elicottero *Ingenuity* (*che significa ingegnosità e non ingenuità*) che per la prima volta il 19 aprile 2021 ha dimostrato con successo la possibilità del volo controllato di una macchina artificiale su un pianeta extraterrestre, librandosi per 40 secondi nella tenue atmosfera di Marte. L'impresa è molto complessa a causa della bassissima densità dell'atmosfera marziana pari a circa lo 0.6% di quella terrestre, che ha richiesto la realizzazione di un'elica con pale controrotanti che girano a una velocità molto superiore alle tradizionali 2400 ripetizioni per minuto degli elicotteri convenzionali. Queste pale sono state costruite con speciali materiali compositi rinforzati con fibre di carbonio per contrastare l'intensa forza centrifuga che si genera a queste enormi velocità e con angoli di attacco molto larghi per aumentare la portanza. Il sistema propulsivo di *Ingenuity* è completamente elettrico e sfrutta sei batterie al litio in grado di assicurare alla macchina un'autonomia di circa 90 secondi. Le batterie sono ricaricabili mediante pannelli fotovoltaici. Obiettivo di *Ingenuity* è non solo quello di scattare affascinanti fotografie di Marte dall'alto, ma soprattutto di fornire ai tecnici e progettisti della NASA le informazioni utili per la progettazione di un futuro *rover* completamente volante per l'esplorazione di Marte.

Prima ancora dell'arrivo di *Mars 2020* e precisamente il 9 febbraio di quest'anno l'orbita di Marte era stata già raggiunta dalla sonda *Hope Mars Mission* del *Mohammed bin Rashid Space Centre* degli Emirati Arabi Uniti lanciata dal vettore H2A202 partito dal

Fig. 6. L'elicottero per la bassa atmosfera di Marte *Ingenuity*.

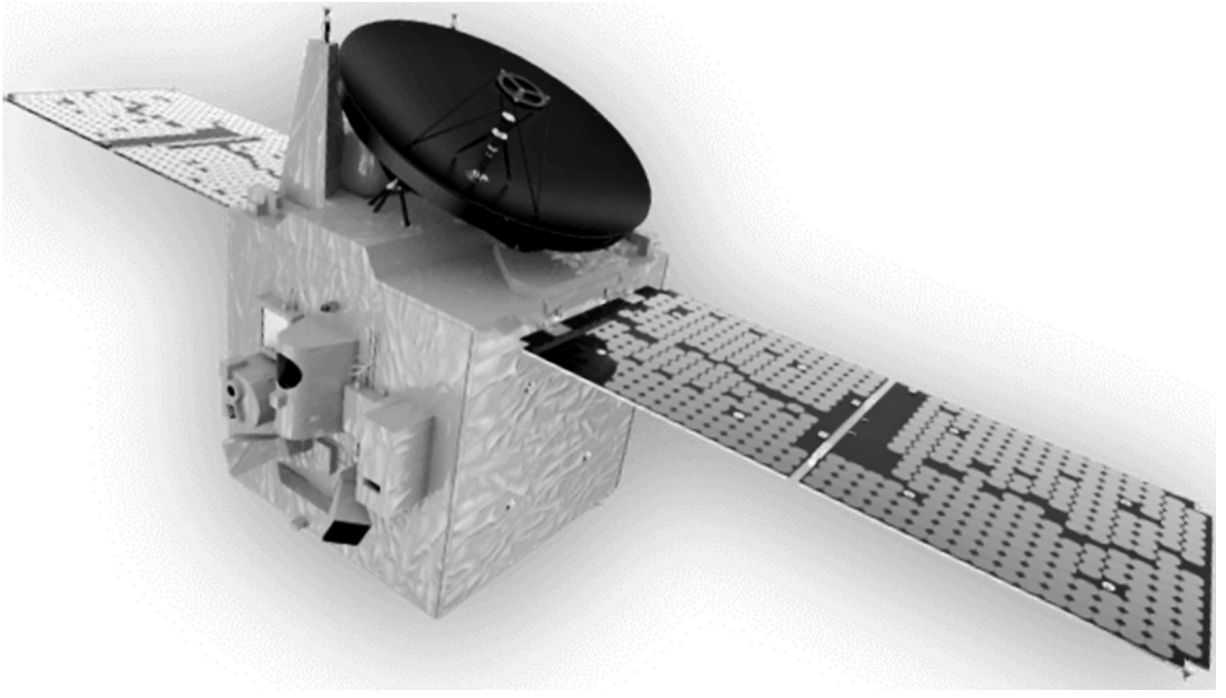

Fig. 7. La sonda degli Emirati Arabi Uniti *Hope.*

Centro spaziale Tanegashima a sud dell'isola Kyūshū in Giappone il 19 luglio del 2020 durante la stessa finestra temporale sfruttata anche dalla NASA per minimizzare i tempi del viaggio interplanetario.

L'obiettivo della missione è quello di studiare in dettaglio l'atmosfera di Marte da una distanza compresa tra 20,000 e 43,000 chilometri e in particolare monitorare i cambiamenti metereologici e climatici durante il ciclo diurno e stagionale del pianeta rosso, la distribuzione di gas come idrogeno e ossigeno nell'*esosfera* (la parte superiore dell'atmosfera) attraverso tre sofisticati strumenti:.

1. *Emirates Mars InfraRed Spectrometer - EMIRS*: spettrometro a interferenza termica negli infrarossi destinato a investigare la bassa atmosfera di Marte, a misurare la distribuzione della polvere, del vapore acqueo e della temperatura e a ricostruire i moti e la circolazione dell'aria marziana.
2. *Emirates Exploration Imager - EXI*: fotocamera che oltre a scattare fotografie ad alta risoluzione della superficie di Marte, sta studiando la bassa atmosfera nel campo del visibile e dell'ultravioletto e sta fornendo indicazioni sulla densità dello strato di ozono e sulla distribuzione di ghiaccio d'acqua nell'atmosfera di Marte.
3. *Emirates Mars Ultraviolet Spectrometer - EMUS*: spettrometro per l'indagine nell'ultravioletto che sta misurando l'abbondanza e le variazioni stagionali delle concentrazioni di monossido di carbonio e di ossigeno nella parte superiore dell'atmosfera di Marte.

La missione *Hope Mars* testimonia il crescente interesse e la forte accelerazione tecnologica e scientifica intrapresa anche da attori relativamente nuovi nel panorama spaziale, come gli Emirati Arabi Uniti, che disponendo di considerevoli risorse finanziarie e con il supporto dell'industria giapponese hanno raggiunto una significativa tappa nella "corsa allo spazio".

In questo scenario più strategica ancora è la missione *Tianwen-1*, lanciata dal razzo Lunga Marcia 5 della *China National Space Administration (CNSA)*, partito dal centro spaziale di Wenchang sull'isola di Hainan, non a caso, situata nella parte più meridionale della Cina, il 23 luglio del 2020. Anche *Tianwen-1* ha raggiunto con pieno successo l'orbita del pianeta rosso a febbraio di quest'anno, precisamente il 10 ancora prima dell'arrivo della sonda della NASA *Mars 2020.*

Il nome dell'orbiter cinese, che significa "*ricerca della verità celeste*" o letteralmente "*domande al cielo*" trae origine da un lungo componimento scritto da Qu Yuan vissuto tra il 340 e il 278 a. C. che fu uno dei poeti più importanti dell'antica Cina e riflette l'obiettivo *apparentemente* esplorativo e conosci-

Fig. 8. La sonda cinese *Tianwen-1* in fase di integrazione e test.

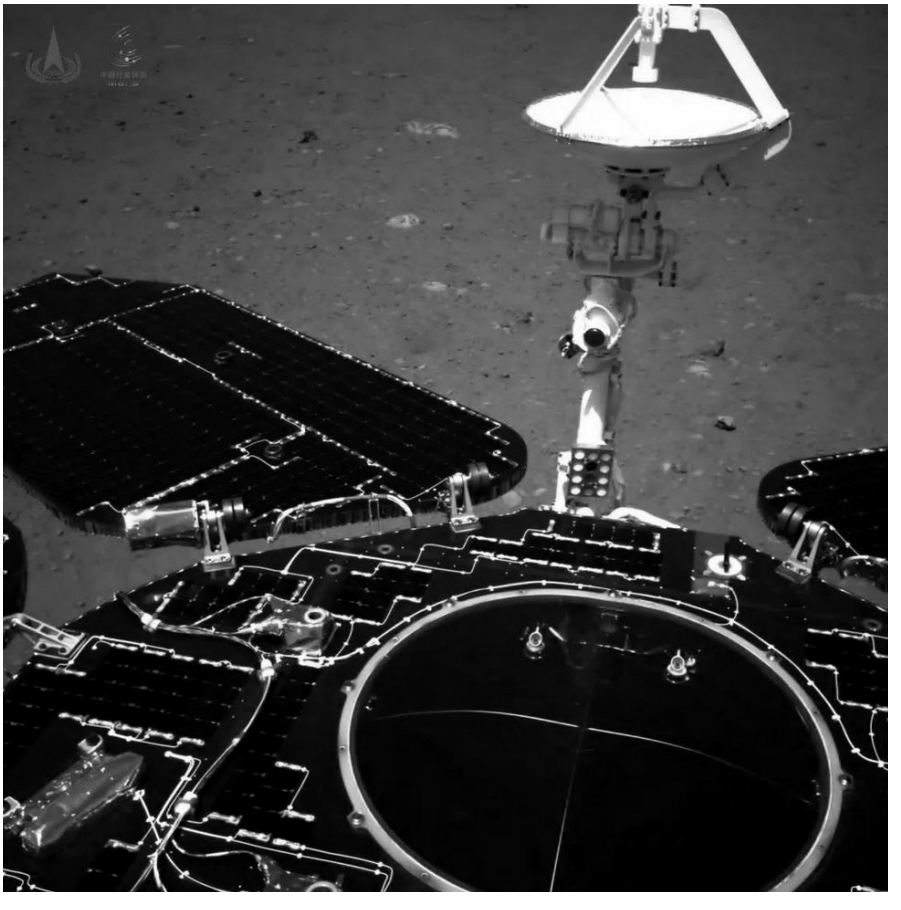

Fig. 9. Autoscatto del rover cinese *Zhurong*.

tivo di questa ambiziosa spedizione interplanetaria cinese. La CNSA non si è accontentata di studiare, fotografare e mappare il suolo marziano a distanza ravvicinata acquisendo nei primi mesi di quest'anno un'enorme quantità di dati. Infatti, in base alle informazioni pubblicate dalle agenzie di stampa cinesi *Xinhua* e *CGTN*, alle ore 1.18 del fuso orario dell'Europa centrale del 15 maggio di quest'anno dall'orbiter della missione *Tianwen-1* si è staccato un *lander*, che nei successivi 9 minuti ha penetrato la tenue, ma non per questo meno pericolosa atmosfera marziana rallentando durante la discesa prima con un sistema di paracaduti e poi di retro-razzi fino a completare con successo l'ammartaggio morbido e in piena sicurezza sul sito precedentemente selezionato. Si tratta della vasta pianura lavica dell'emisfero settentrionale di Marte, nota come *Utopia Planitia*, a circa 2000 chilometri dal cratere *Jazero*, dove sta operando il suo *concorrente Perseverance* e che con un diametro di circa 3300 chilometri costituisce il più grande bacino da impatto meteoritico ad oggi conosciuto sul Pianeta rosso. Su di essa il lander cinese ha rilasciato il rover, denominato *Zhurong*, dal nome del dio del fuoco della mitologia e religione popolare cinese, proprio perché in cinese il pianeta Marte è chiamato anche Stella del Fuoco.

Zhurong, con una massa di 240 kg e un'altezza di circa 1.85 metri è molto più leggero e piccolo di *Perseverance*, in effetti è poco più grande dei robot *Spirit* e *Opportunity*.

Inoltre, a differenza del suo *rivale* americano, il *rover* della CNSA utilizza come sorgente di energia quattro pannelli solari dispiegabili ed è progettato per garantire un'autonomia di 90 giorni marziani (*sol* in linguaggio astronomico).

Numerosi sono gli obiettivi scientifici della missione *Tianwen-1*, tra di essi:

i. Determinare le caratteristiche della struttura topografica e geologica di Marte.
ii. Studiare il suolo e la distribuzione del ghiaccio d'acqua sulla superficie del pianeta rosso.
iii. Analizzare la composizione chimica della superficie marziana.
iv. Studiare la ionosfera, le condizioni climatiche in superficie e quelle ambientali.
v. Investigare i campi magnetici e gravitazionali di Marte.

Per raggiungere questi risultati *Tianewn-1* è dotato di 13 strumenti scientifici molto sofisticati, di cui 7 installati sull'orbiter e 6 su *Zhurong*.

I 7 payload dell'orbiter sono:

1. *MoRIC*: fotocamera a moderata risoluzione.
2. *HiRIC*: fotocamera ad alta risoluzione.
3. *MOSIR*: radar per l'esplorazione dall'orbita.
4. *MMS*: spettrometro mineralogico.

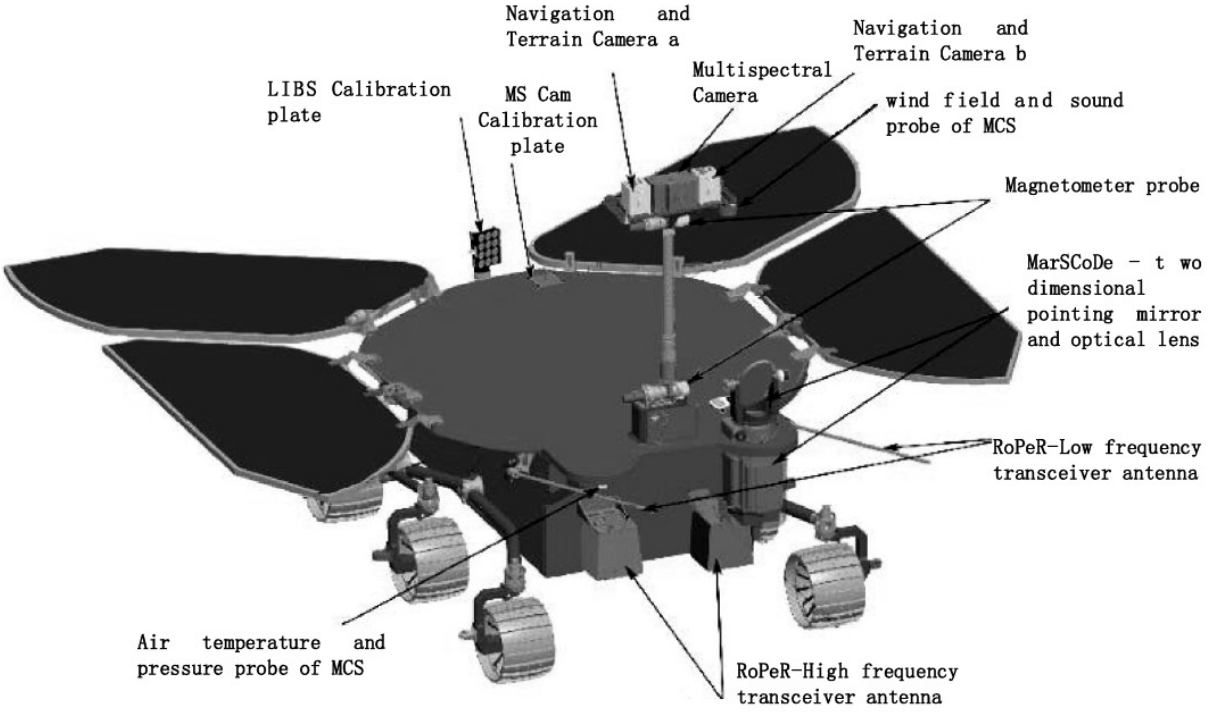

Fig. 10. Strumentazione scientifica del rover cinese *Zhurong* [3].

5. *MOMAG*: rilevatore del campo magnetico dall'orbita.
6. *MINPA*: analizzatore di ioni e particelle neutre.
7. *MEPA*: analizzatore di particelle ad alta energia.

Invece i 6 strumenti del rover sono:.

8. *RoPeR*: georadar che servirà a scandagliare il sottosuolo marziano ed è dotato di due canali di acquisizione uno a bassa frequenza con profondità di penetrazione fino a 100 metri con risoluzione di pochi metri e l'altro ad alta frequenza con una profondità di penetrazione ridotta a soli 10 metri, ma una risoluzione dell'ordine di pochi centimetri.
9. *RoMAG*: misuratore del campo magnetico di Marte.
10. *Mars Climate Station - MCS*: stazione metereologica completa di termometro, barometro e anemometro.
11. *MarSCoDe*: spettrometro laser ad induzione per l'analisi chimica qualitativa e quantitativa di campioni di rocce e suolo.
12. Telecamera multispettrale.
13. Telecamera per la navigazione e i rilievi topografici.

La Cina così è diventato il terzo Paese dopo l'Unione Sovietica e gli Stati Uniti d'America a portare con successo un veicolo sulla superficie di Marte.

L'Agenzia Spaziale Europea (ESA) per il momento si propone di contribuire all'esplorazione di Marte con la missione *Mars Sample Return (MSR)* a cui l'Italia partecipa in modo significativo sia a livello accademico, scientifico che industriale e il cui ambizioso obiettivo è quello di riportare a Terra i campioni di rocce e suolo marziano, che in questi mesi sta prelevando *Perseverance* nelle sue ricognizioni sul cratere *Jazero*.

La missione *Tianwen-1* ha segnato sicuramente una pietra miliare nel programma spaziale della Cina a conferma della sua crescente importanza e predominio a livello globale e tecnologico e non è azzardato suppore che la "conquista di Marte" ovvero l'invio con pieno successo di un equipaggio umano sul pianeta rosso possa rappresentare oggi il nuovo scenario della competizione per la supremazia geo-politica e tecnologico-economica tra gli Stati Uniti d'America e la Cina che si sta sempre più affermando come nuova superpotenza al posto dell'oramai dissolta Unione Sovietica.

Per quanto riguarda il ruolo dell'Europa, ripercorrendo la cronologia dell'esplorazione del pianeta rosso [22], troviamo la già citata *Mars Express*, costituita da un orbiter e da un lander (Beagle 2) il cui compito era quello di fornire dati sul suolo marziano cercando possibili tracce di vita, presenti o passate. La missione è partita il 2 giugno 2003 con un lanciatore Soyuz/Fregat ed ha impiegato circa sei mesi a raggiungere Marte.

Come riportato dal sito dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) [23], gli obiettivi della missione sono stati *la caratterizzazione mineralogica a media scala della superficie, lo studio dell'atmosfera e della circolazione atmosferica, lo studio dell'interazione tra l'atmosfera ed il vento solare e la misura del rate di ablazione, la mappatura fotografica ad alta risoluzione anche in stereo della superficie e lo studio delle strutture sub-superficiali per la ricerca di acqua o ghiaccio.*

Più recentemente (2016), l'Europa è stata nuovamente protagonista attraverso la missione *ExoMars* 2016 che comprendeva due veicoli spaziali, un orbiter (*Trace Gas Orbiter*) e un lander, lanciati entrambi nel 2016. Il *Trace Gas Orbiter* (TGO) aveva il compito di rilevare tracce di gas nell'atmosfera marziana. Il lander *Schiaparelli* (chiamato così in onore del celebre astronomo Italiano) è un EDM (*Entry and Descent Module*) in grado di testare le tecnologie abilitanti per future missioni ed aveva un carico utile (*payload*) progettato per effettuare misurazioni atmosferiche [24]. L'EDM *Schiaparelli*, dopo essersi staccato dalla sonda il 16 ottobre 2016, è però precipitato su Marte il 19 ottobre per un'anomalia ad uno dei sistemi di controllo [25].

La missione *ExoMars* prevede anche una seconda parte a Settembre 2022 che comprende un rover Europeo, *Rosalind Franklin*, ed una piattaforma scientifica Russa, *Kazachok*. La missione ha il compito di cercare tracce di vita passata e presente sul pianeta e investigare la caratterizzazione geochimica del pianeta, al fine di migliorare la conoscenza dell'ambiente Marziano per future missioni umane. Inoltre, *ExoMars* ha l'obiettivo di validare tecnologie per le future esplorazioni spaziali che riguardano sia il volo che le operazioni in situ [25], 0.

Per entrambe le missioni, il ruolo scientifico dell'Italia è significativo e può essere così riassunto. Nella missione *Mars Express*, l'ASI ha fornito i seguenti strumenti [25]:

- Lo spettrometro di Fourier per lo studio dell'atmosfera;.
- Il radar sub-superficiale MARSIS (*Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionosphere Sounding*), realizzato con il contributo della NASA/JPL.

Invece, per quanto riguarda *ExoMars*, l'Italia ha contribuito con i seguenti strumenti [25]:

- La camera a bordo di TGO (CaSSIS), per acquisire immagini ad alta risoluzione di Marte (collaborazione ASI-INAF-Università di Berna).
- DREAMS (*Dust Characterization, Risk Assessment and Environment Analyser on the Martian Surface*) a bordo di Schiaparelli, che comprende sensori per la misura dei parametri meteorologici e del campo elettrico atmosferico (collaborazioni ASI-INAF-CISAS).
- AMELIA (*Atmospheric Mars Entry and Landing Investigation and Analysis*), modellistica dell'atmosfera marziana attraverso dati provenienti dai sensori del lander Schiaparelli (collaborazione ASI-CISAS).
- MA_MISS (*Mars Multispectral Imager for Subsurface Studies*) spettrometro per l'analisi dell'evoluzione geologica e biologica del sottosuolo marziano (collaborazione ASI-INAF).
- NOMAD (*Nadir and Occultation for Mars Discovery*), insieme di spettrometri ad alta risoluzione in grado di analizzare con grande dettaglio i gas che compongono l'atmosfera di Marte.
- INRRI (*INstrument for landing-Roving laser Retroreflector Investigations*), microriflettore laser (collaborazione ASI-INFN).

Infine, il ruolo determinante dell'Italia nella missione *ExoMars* è testimoniato anche dal fatto che all'azienda Thales Alenia Space Italia S.p.A. è stata assegnata la leadership principale di entrambe le missioni, oltre alla responsabilità complessiva del sistema. L'industria Italiana è inoltre presente attraverso Leonardo S.p.A. (sistemi fotovoltaici, unità di potenza e i sensori di assetto e contributo alla realizzazione dello strumento CASSiS nonché del trapano per la perforazione del suolo marziano), Telespazio S.p.A. (sviluppo del centro di controllo di missione e infrastruttura per le comunicazioni) e ALTEC S.p.A. (sviluppo del centro operativo di controllo del rover e controllo del rover sulla superficie del pianeta) [25].

"Completato il 16 luglio 2021".

Bibliografia

[1] Enrico Bellone, La Scienza - Volume 2 Il Sistema Solare - La Biblioteca di Repubblica - Grandi Opere di UTET Cultura, (2005).

[2] Harry L. Shipman, *L'Universo Inquieto - Introduzione all'Astronomia* - Zanichelli, (1987).

[3] Z. Yongliao, Z. Yan, B. Yunfei, W. Lianguo, J. Yingzhuo, S. Weihua, F. Yu, L. Yang, W. Chi, Z. Aibing, Y. Guobin, D. Jihong, S. Rong, H. Zhiping, Z. Tielong, D. Aimin, F. Mingyi, Y. Jianfeng, Z. Bin, W. Yi, P. Yongqing, Scientific objectives and payloads of Tianwen-1, China's first Mars exploration mission, Advances in Space Research 67, 812-823, (2021).

[4] N.G. Barlow, *Mars: An Introduction to its Interior, Surface and Atmosphere* -Cambridge Planetary Science, (2008).

Sitografia

[5] https://mars.nasa.gov/multimedia/interactives/revealing-mars-before-after-image-comparison-slider/mars-history/

[6] https://www.nature.com/articles/d41586-021-00698-5.

[7] https://www.ansa.it/canale_scienza_tecnica/notizie/spazio_astronomia/2021/02/09/corsa-a-marte-3-sonde-in-arrivo-in-10-giorni-_d0274ed6-5876-459c-9cd2-b5c59054f627.html.

[8] https://spectrum.ieee.org/automaton/aerospace/robotic-exploration/nasa-designed-perseverance-helicopter-rover-fly-autonomously-mars.

[9] https://www.technologyreview.com/2021/04/19/1023137/nasa-helicopter-drone-mars-ingenuity/

[10] https://opensistemas.com/en/ingenuity-flies-on-mars-thanks-to-open-source-software/

[11] https://www.wired.com/story/nasa-is-training-an-ai-to-detect-fresh-craters-on-mars/

[12] https://www.softelligence.net/blog/the-nasa-perseverance-mars-landing-a-victory-for-artificial-intelligence-and-machine-learning/

[13] https://www.emiratesmarsmission.ae/

[14] http://www.cnsa.gov.cn/

[15] http://www.cnsa.gov.cn/english/n6465652/n6465653/c6812000/content.html.

[16] http://www.cnsa.gov.cn/english/n6465652/n6465653/c6812028/content.html.

[17] http://www.cnsa.gov.cn/english/n6465652/n6465653/c6812112/content.html.

[18] https://www.aljazeera.com/news/2021/5/15/chinas-tianwen-1-spacecraft-completes-historic-mars-landing.

[19] https://www.nytimes.com/2021/05/14/science/china-mars.html.

[20] https://www.nytimes.com/2021/06/15/world/asia/china-russia-space.html.

[21] https://www.voanews.com/science-health/chinese-rover-mars-ushers-new-space-race.

[22] https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/chronology_mars.html.

[23] https://www.asi.it/esplorazione/sistema-solare/mars-express/.

[24] https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2016-017A

[25] https://www.asi.it/esplorazione/sistema-solare/exomars/ https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=EXOMARS22.

GUIDO SACCONE

Nato a Napoli il 15 novembre 1977, laureato in ingegneria chimica nel 2004 presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II, ha conseguito un master in comunicazione e divulgazione scientifica nel 2006 e un dottorato di ricerca in ingegneria dei materiali e delle strutture nel 2008 presso la medesima istituzione accademica. Nel 2009 ha vinto una borsa di ricerca post-doc presso il Centro Italiano Ricerche Aerospaziali - CIRA S.c.p.a. sul tema delle termostrutture ceramiche per altissime temperature. Nel 2012 è stato assunto presso l'Unità di Propulsione del CIRA dove attualmente lavora nel laboratorio di Tecnologie per l'Esplorazione dello Spazio. Per quanto concerne l'attività di ricerca, il Dr. Saccone si occupa di numerosi progetti di rilevanza nazionale e internazionale, specialmente sul tema della combustione del metano per motori a razzo a propellenti liquidi, sull'ossidazione dell'idrogeno per veicoli scramjet, su sistemi di propulsione ibrido-elettrici, su materiali

compositi a matrice ceramica, sulla progettazione di sistemi di abbattimento di emissioni inquinanti provenienti da motori a razzo a propellenti solidi, e su materiali innovativi per missioni di esplorazione e colonizzazione lunare e marziana sia robotica che umana. Per quanto riguarda l'attività di divulgazione scientifica, il Dr. Saccone ha partecipato nel 2007-2008 al comitato di redazione della rivista Trasferimento Tecnologico ed è attualmente membro dell'associazione Amici di Città della Scienza, in collaborazione con la quale organizza occasionalmente seminari culturali su temi inerenti specialmente alla chimica e ai materiali. Infine, il Dr. Saccone è autore di numerose pubblicazioni su riviste scientifiche di settore e ha partecipato a svariati congressi internazionali.

Contatti:

e-mail: Guido.Saccone@analysis-online.net., g.saccone@cira.it.

GIANFRANCO MORANI

Ricercatore del laboratorio di Guida, Navigazione e Controllo del Centro Italiano Ricerche Aerospaziali (CIRA). Ha conseguito una Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni presso l'Università "Federico II" di Napoli (2004) ed un Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell'Informazione presso l'Università di Napoli "Parthenope" (2015). È coinvolto in diversi progetti nazionali ed internazionali per lo sviluppo di algoritmi e sistemi GNC per velivoli aerospaziali Manned e Unmanned. Tra gli ambiti in cui opera maggiormente vi sono: Generazione Autonoma di Traiettoria, Controllo Robusto/Adattivo, Diagnostica di Fault e riconfigurazione dei sistemi GNC, Analisi di Meccanica del Volo con particolare riferimento ai sistemi futuri di accesso allo spazio e rientro in atmosfera.

È coautore di circa 40 pubblicazioni in riviste, atti di conferenze e capitoli di libri ed è membro del "Editorial Board - American Journal of Engineering and Applied Sciences" e della Commissione Aerospaziale dell'Ordine degli Ingegneri di Napoli nonché cultore della materia presso l'Università eCampus nel settore Telecomunicazioni e Automazione. È attualmente segretario della sezione ANPRI del CIRA e membro del Consiglio Direttivo dell'ANPRI.

Contatti:

e-mail: g.morani@cira.it.