



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΝΕΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ

Σήμερα, ο Άρης μοιάζει πιο κρύος από την Αρκτική και πιο άnuδρος από την Σαχάρα. Εκεί, ωστόσο, ανακαλύψαμε μεγάλες ποσότητες πάγου, ενώ σύμφωνα με όλες τις ενδείξεις, δισεκατομμύρια χρόνια πριν, ο Άρης ήταν ένας αρκετά πιο ζεστός και υγρός πλανήτης με πυκνή ατμόσφαιρα και νερό που έρεε σε ποτάμια, και συσσωρευόταν σε λίμνες και θάλασσες. Εάν ήταν όντως έτσι, πώς χάθηκε το νερό που κάποτε είχε; Εμφανίστηκαν άραγε μικροβιακοί οργανισμοί, όταν ο πλανήτης αυτός ήταν ακόμη νέος και φιλόξενος στην ζωή; Τα τροχιακά μας αστεροσκοπεία και τα ρομποτικά οχήματα που προσεδαφίστηκαν στην επιφάνειά του συνεχίζουν να συλλέγουν δεδομένα, προσπαθώντας να βρουν τις απαντήσεις και κάποια στιγμή, οι πρώτοι αστροναύτες θα περπατήσουν στην επιφάνεια του κόκκινου πλανήτη.

ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΠΛΑΝΗΤΗΣ



ΑΛΕΞΗ Α. ΔΕΛΗΒΟΡΙΑ
Αστρονόμου Ευγενιδείου Πλανηταρίου



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΝΕΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ

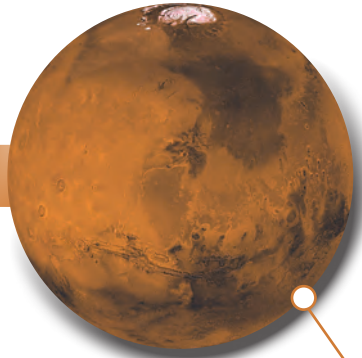
ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΠΛΑΝΗΤΗΣ

ΑΛΕΞΗ Α. ΔΕΛΗΒΟΡΙΑ
Αστρονόμου Ευγενιδείου Πλανηταρίου

ΑΘΗΝΑ 2019

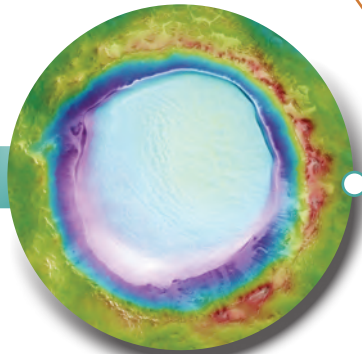
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1



Πρόλογος.....4

2



Ο Κόκκινος Πλανήτης.....6

Αναζητώντας τα Ίχνη του Νέρου και της Ζωής.....16

Η Πρώτη Επανδρωμένη Αποστολή.....30

3



Βιβλιογραφία.....38

Συντελεστές Παράστασης.....40

Το Νέο Ψηφιακό Πλανητάριο του Ιδρύματος Ευγενίδου, ένα από τα μεγαλύτερα και καλύτερα εξοπλισμένα ψηφιακά πλανητάρια στον κόσμο, συμβάλλει στην επιστημονική εκπαίδευση του κοινού της χώρας μας με πολλούς τρόπους, πρωτίστως όμως με τις ψηφιακές του παραγωγές. Από την έναρξη της λειτουργίας του το 2003, χρησιμοποιεί όλες τις δημιουργικές και τεχνικές δυνατότητες που παρέχουν τα σύγχρονα οπτικοακουστικά μέσα και οι νέες τεχνολογίες, τις οποίες συνδυάζει, προκειμένου να αφηγηθεί τα επιτεύγματα και την ιστορία της επιστήμης με συναρπαστικό τρόπο. Μέσα από τις παραστάσεις του Πλανηταρίου, το ευρύ κοινό ενημερώνεται για τα επιτεύγματα της επιστήμης, τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις και διαφωτίζεται σχετικά με τη φύση της επιστημονικής έρευνας.

Άλλοτε με πολλή φαντασία κι άλλοτε εμπεριστατωμένα επιστημονικά, ο Κόκκινος Πλανήτης είναι ο πιο δημοφιλής και οικείος από τους πλανήτες του Ηλιακού μας συστήματος, καθώς είναι ο πλησιέστερος στην Γη μετά την Αφροδίτη, αλλά και αυτός που της μοιάζει περισσότερο, τουλάχιστον στο μακρινό παρελθόν. Είναι χαρακτηριστικό ότι, ήδη από τις αρχές του 20ού αιώνα, η πιθανότητα να φιλοξενεί έλλογα όντα, όπως υποστήριζε ο Αμερικανός αστρονόμος Percival Lowell, πέρασε από τα κόμικς και την λογοτεχνία στην τηλεόραση και τον κινηματογράφο, ενώ σημαντικό μέρος της κοινής γνώμης θεωρούσε ότι αυτό δεν ήταν απλά πιθανό αλλά βέβαιο. Την εποχή εκείνη, φυσικά, οι γνώσεις μας για τον Άρη ήταν ακόμη ελάχιστες, αφού οι τεχνολογικές μας δυνατότητες δεν μας επέτρεπαν να διακρίνουμε με σαφήνεια λεπτομέρειες στην επιφάνειά του. Όταν, όμως, στην διάρκεια της δεκαετίας του 1960, ξεκίνησε η εξερεύνηση του Άρη με την βοήθεια διαστημοσκευών, οι γνώσεις μας για τον Κόκκινο Πλανήτη αυξήθηκαν ραγδαία. Η παράσταση του Νέου Ψηφιακού Πλανηταρίου «Κόκκινος Πλανήτης» παρουσιάζει με επιστημονικό αλλά και απλό τρόπο τα δεδομένα για τον Άρη, την εξερεύνησή του αλλά και την μελλοντική επίσκεψη αστροναυτών.

Στο πρώτο κεφάλαιο του μικρού αυτού βιβλίου, που συμπληρώνει την παράσταση, δίδονται βασικές πληροφορίες για τον Άρη, και περιγράφονται τα βασικότερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του, όπως το τεράστιο όρος Όλυμπος, η κοιλάδα Mariner και το υψίπεδο Θαρσίς, καθώς και οι πιθανότεροι τρόποι σχηματισμού τους στο διάβα του γεωλογικού χρόνου.

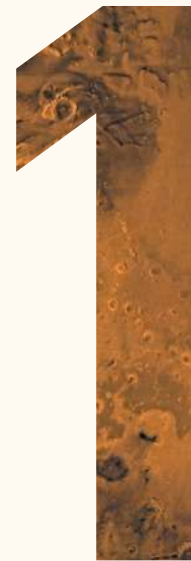
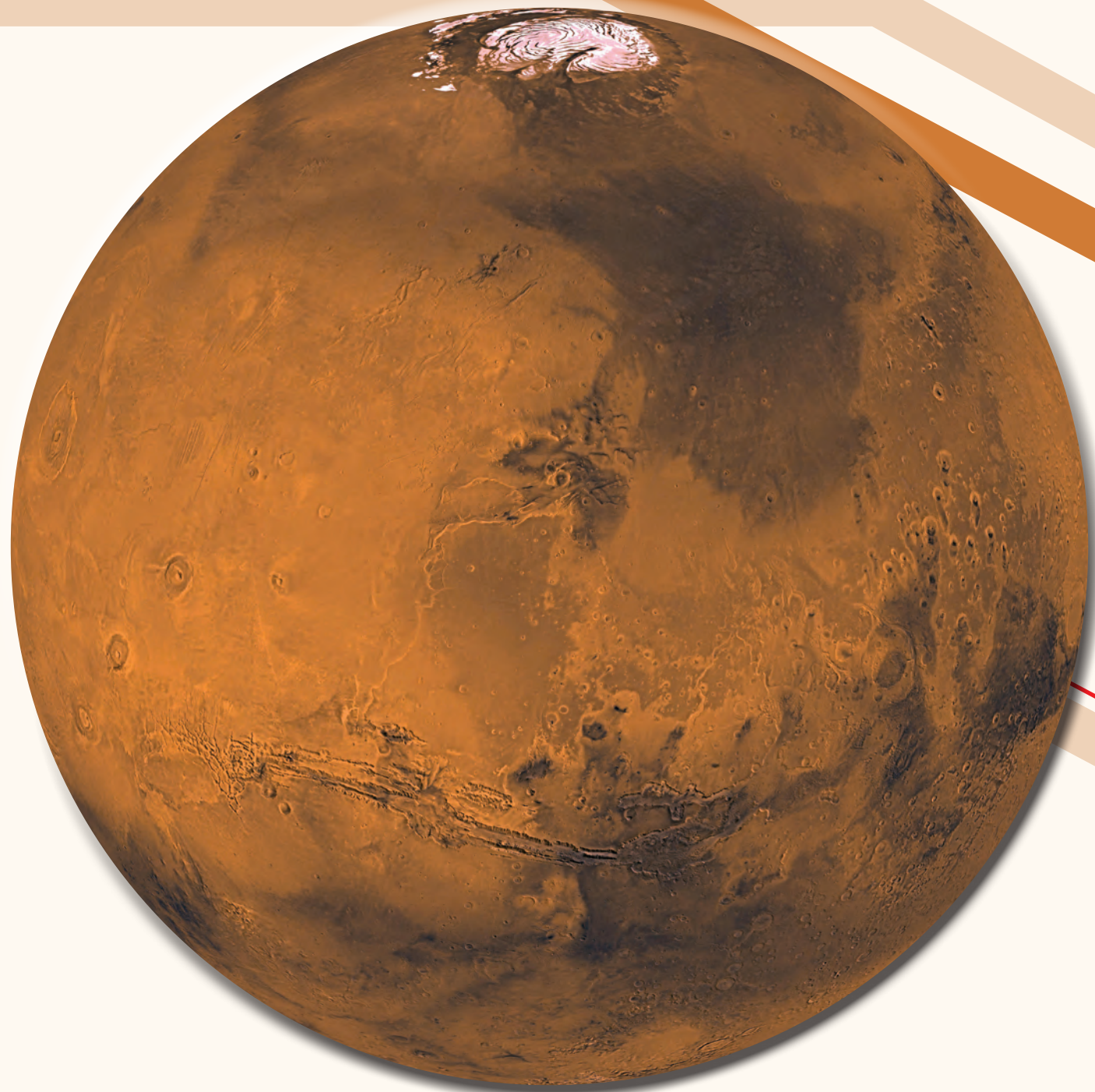
Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται στις προσπάθειες των επιστημόνων να εντοπίσουν στον Άρη ίχνη νερού και ζωής. Σ' αυτό το πλαίσιο, παρουσιάζεται αναλυτικότερα η μακροχρόνια εξερεύνησή του με την βοήθεια διαστημοσκευών, καθώς και τα βασικότερα συμπεράσματα που απορρέουν από αυτήν, κυρίως όσον αφορά στην ύπαρξη νερού σε υγρή μορφή κατά το παρελθόν. Επιπλέον δίνεται η επικρατέστερη ερμηνεία για την απώλεια της ατμόσφαιρας και του νερού που κάποτε διέθετε, ενώ γίνεται αναφορά στην πιθανότητα εμφάνισης μικροβιακών μορφών ζωής κατά το αρχέγονο παρελθόν του πλανήτη.

Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται συνοπτικά η πρώτη αποστολή αστροναυτών στον Άρη, που σχεδιάζεται από την NASA, ενώ γίνεται αναφορά στις αντίστοιχες προσπάθειες μεγάλων ιδιωτικών εταιρειών, καθώς και οι κινδύνοι που εγκυμονεί η εξερεύνηση του Διαστήματος για την υγεία των αστροναυτών.

Θεωρούμε ότι τα θέματα που έχουμε συμπεριλάβει σε αυτό το βιβλίο, καθώς και η σχετική βιβλιογραφία που παρατίθεται, συμπληρώνουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο όλα όσα παρουσιάζονται στην παράσταση και ευελπιστούμε ότι θα αποτελέσει χρήσιμο βοήθημα για τον κάθε ενδιαφερόμενο. Το συγκεκριμένο βιβλίο που συνοδεύει την παράσταση, καθώς και όλα τα προηγούμενα, έχουν αναρτηθεί στην ιστοσελίδα του Ιδρύματος Ευγενίδου, στην Ενότητα «Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Πλανηταρίου», και είναι ελεύθερα διαθέσιμοι για το κοινό και τους εκπαιδευτικούς.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Αλέξη Δεληβοριά, αστροφυσικό του Ευγενιδείου Πλανηταρίου, για τη συγγραφή του βιβλίου αυτού, καθώς και όλους τους συναδέλφους της Ομάδας Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου για την επιμέλειά του. Θα ήταν, τέλος, παράλειψη αν δεν ευχαριστούσα και όλους τους συνεργάτες του Πλανηταρίου μας που συμμετείχαν στη δημιουργία της νέας παράστασης.

Δρ. Μάνος Κισσώνας
Διευθυντής Ευγενιδείου Πλανηταρίου



Ο ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΠΛΑΝΗΤΗΣ

Γνωστός και ως Κόκκινος Πλανήτης από την κοκκινωπή σκουριά που περιέχουν τα επιφανειακά του πετρώματα, ο μικροσκοπικός Άρης μόλις που φτάνει σε μέγεθος το μισό του πλανήτη μας. Κι όμως, παρά το μικρό του μέγεθος, διαθέτει ίσως τα πιο εντυπωσιακά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά από οποιονδήποτε άλλον πλανήτη στο Ηλιακό μας σύστημα. Σε κανέναν άλλο πλανήτη δεν έχουμε αποστείλει περισσότερες διαστημικές αποστολές απ' όσες στον Άρη και παρόλο που τουλάχιστον οι μισές απέτυχαν, εκείνες που ολοποιήθηκαν με επιτυχία έχουν διευρύνει κατά πολύ τις γνώσεις μας γι' αυτόν.

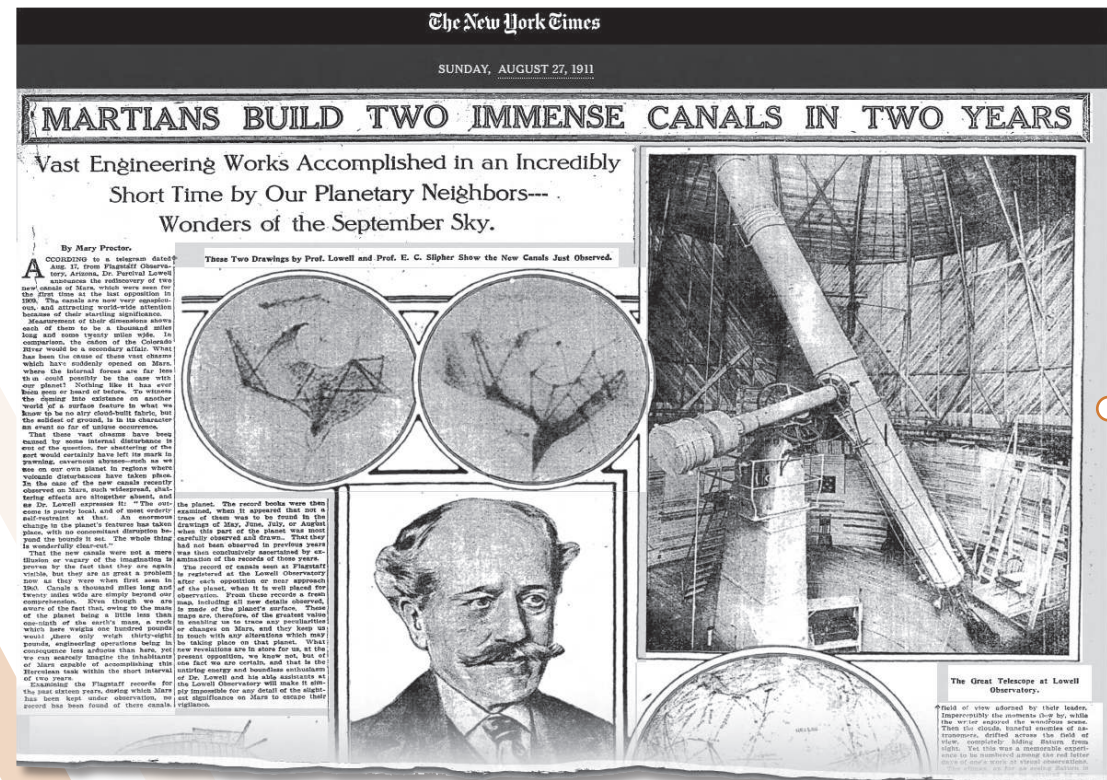
Ο Κόκκινος Πλανήτης σε σύνθεση εικόνων των τροχιακών διαστημοσυσκευών Viking (φωτογρ. NASA/JPL-Caltech/USGS).

Λίγο πριν την αυγή του 20^{ου} αιώνα, βέβαια, οι γνώσεις μας για τον Άρη ήταν ελάχιστες. Γνωρίζαμε τότε ότι ο Άρης έχει την μισή περίπου διάμετρο απ' αυτήν της Γης και ότι έχει δύο μικρούς δορυφόρους. Γνωρίζαμε ακόμη ότι συμπληρώνει μία περιστροφή γύρω από τον άξονά του σε περίπου 24 ώρες, ότι το έτος του διαρκεί σχεδόν δύο γήινα έτη, και σχεδόν τίποτε άλλο. Το 1894, ο Αμερικανός αστρονόμος **Percival Lowell** (1855-1916), ένας από τους επιφανέστερους μελετητές του Άρη εκείνη την εποχή, θεμελίωσε στο Flagstaff της Αριζόνας ένα αστεροσκοπείο και αφιερώθηκε στην μελέτη του Άρη, προσπαθώντας να επιλύσει το μυστήριο της μεταβαλλόμενης όψης του.

Επειδή, όμως, οι αναταράξεις στην γήινη ατμόσφαιρα στρεβλώνουν το είδωλο του πλανήτη, ο εντοπισμός φυσικών χαρακτηριστικών στην επιφάνειά του ήταν εξαιρετικά δύσκολος με τα τηλεσκόπια της εποχής εκείνης. Ο Lowell, ωστόσο, με επιμονή και υπομονή κατέγραφε προσεκτικά αυτά που νόμιζε ότι έβλεπε: την μεταβαλλόμενη παγοκάλυψη στους πόλους του πλανήτη, σκοτεινές περιοχές και ένα αχανές δίκτυο γραμμών. Ήταν βέβαιοι ότι είχε ανακαλύψει «μη φυσικά χαρακτηριστικά», που υποδήλωναν την ύπαρξη εξωγήινων! Γιγάντια τεχνητά κανάλια τα οποία μετέφεραν, όπως πίστευε, νερό από τους πόλους του πλανήτη για την άρδευση της απέραντης ερήμου που σκεπάζει την επιφάνειά του.

Από τότε κιόλας, οι Αρειανοί έγιναν αγαπημένο θέμα στην λογοτεχνία της επιστημονικής φαντασίας. Το 1938, μάλιστα, ο σπουδαίος σκηνοθέτης **Orson Welles** (1915-1985), σε μία δραματοποιημένη ραδιοφωνική εκπομπή, βασισμένη στον Πόλεμο των Κόσμων του **H. G. Wells** (1866-1946) προκάλεσε αίσθηση, καθώς δεν ήταν λίγοι εκείνοι που πίστεψαν ότι, όντως, οι Αρειανοί είχαν εισβάλει στις ΗΠΑ. Με την διάδοση της τηλεόρασης και των κόμικς, οι συναρπαστικές αυτές ιστορίες για φανταστικούς κόσμους και εξωγήινους πολιτισμούς αποκτούσαν όλο και μαζικότερη απήχηση. Στα χρόνια που ακολούθησαν, η λογοτεχνία της επιστημονικής φαντασίας γνώρισε μεγάλη άνθηση και, περνώντας από τα κόμικς και την τηλεόραση στον κινηματογράφο, παραμένει δημοφιλής μέχρι σήμερα. Ακόμη και το 1960, ωστόσο, οι περιορισμένες δυνατότητες των επίγειων τηλεσκοπίων δεν μας επέτρεπαν να διακρίνουμε λεπτομέρειες στην επιφάνεια του Κόκκινου Πλανήτη. Ίσως και γι' αυτό να επιβίωσαν για τόσα χρόνια σε σημαντικό μέρος της κοινής γνώμης οι ευφάνταστες θεωρήσεις του Lowell. Όμως, με την πρόοδο των επιστημών και της τεχνολογίας, ο κόκκινος πλανήτης άρχισε σιγά-σιγά να μας αποκαλύπτει τα μυστικά του.

Αρχέγονα ηφάιστεια, γιγάντιες ρωγμές και αμμοθύελλες, τόσο ισχυρές κάποιες φορές, που καλύπτουν ολόκληρο τον πλανήτη κάτω από το σκοτισμένο πέπλο τους. Σήμερα, ο Άρης μοιάζει πιο κρύος από την Αρκτική και πιο άνυδρος από την



Τον Αύγουστο του 1911, οι New York Times δημοσίευσαν άρθρο που παρουσιάζει τα αποτελέσματα των παρατηρήσεων του Lowell αναφορικά με την κατασκευή δύο γιγάντιων καναλιών στην επιφάνεια του Άρη.

Σαχάρα. Εκεί, ωστόσο, ανακαλύψαμε μεγάλες ποσότητες πάγου και πιο πρόσφατα σκοτεινές γραμμές που πιθανότατα σχηματίζονται από την εποχιακή ροή υφάλμυρου νερού. Σύμφωνα, μάλιστα, με όλες τις ενδείξεις, δισεκατομμύρια χρόνια πριν, ο Άρης ήταν ένας αρκετά πιο ζεστός και υγρός πλανήτης με πυκνή ατμόσφαιρα και νερό που έρεε σε ποτάμια και συσσωρευόταν σε λίμνες και θάλασσες. Εάν ήταν όντως έτσι, πώς χάθηκε το νερό

που κάποτε είχε; Και, άραγε, εμφανίστηκαν μικροβιακοί οργανισμοί, όταν ο πλανήτης αυτός ήταν ακόμη νέος και φιλόξενος στην ζωή; Τα τροχιακά μας αστεροσκοπεία και τα ρομποτικά οχήματα που προσεδαφίστηκαν στην επιφάνειά του συνεχίζουν να συλλέγουν δεδομένα, προσπαθώντας να βρουν τις απαντήσεις, και κάποια στιγμή οι πρώτοι αστροναύτες θα περπατήσουν στην επιφάνεια του Κόκκινου Πλανήτη...

Ο Άρης είναι ένας σχετικά μικρός βραχώδης πλανήτης με μάζα που δεν υπερβαίνει το 10% περίπου αυτής του πλανήτη μας, ενώ η τροχιά του βρίσκεται σε απόσταση 1,5 Α.Μ.¹ από τον Ήλιο. Στο ετήσιο ταξίδι του γύρω από τον Ήλιο, το οποίο διαρκεί περίπου 687 ημέρες, ο Άρης συνοδεύεται από δύο μικροσκοπικούς δορυφόρους, τον Φόβο και τον Δείμο, οι οποίοι απ' ό,τι φαίνεται είναι αστεροειδείς που αιχμαλωτίστηκαν από το βαρυτικό του πεδίο. Ο **Φόβος**, ο μεγαλύτερος απ' αυτούς, έχει διάμετρο μόλις 22 km. «Βλογοκομμένος» από αμέτρητους κρατήρες, ρωγμές και ρήγματα, στροβιλίζεται όλο και πιο κοντά προς τον Άρη, ώσπου σε περίπου 100 εκατ. χρόνια θα συντριβεί στην επιφάνειά του, σε μία τιτάνια σύγκρουση. Ο **Δείμος**, αντιθέτως, με διάμετρο μόλις 15 km, έχει πολύ πιο σκοτεινή και ομαλή επιφάνεια, που οφείλεται μάλλον στο παχύ στρώμα σκόνης που τον καλύπτει. Γνωρίζουμε, ακόμη, ότι ο Άρης περιβάλλεται από μία πολύ αραιή ατμόσφαιρα, 100 φορές πιο αραιή από την ατμόσφαιρα του πλανήτη μας, η οποία αποτελείται κατά 95% από διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ενώ όσον αφορά στην τεκτονική και ηφαιστειακή του δραστηριότητα, αυτή έχει σταματήσει προ πολλού.

Η συστηματική μελέτη του Κόκκινου Πλανήτη, και συνάμα η πρώτη επιστημονικά τεκμηριωμένη διάφευση των τεχνητών καναλιών και των Αρειανών του Lowell, ξεκίνησε το 1965: όταν, δηλαδή, το

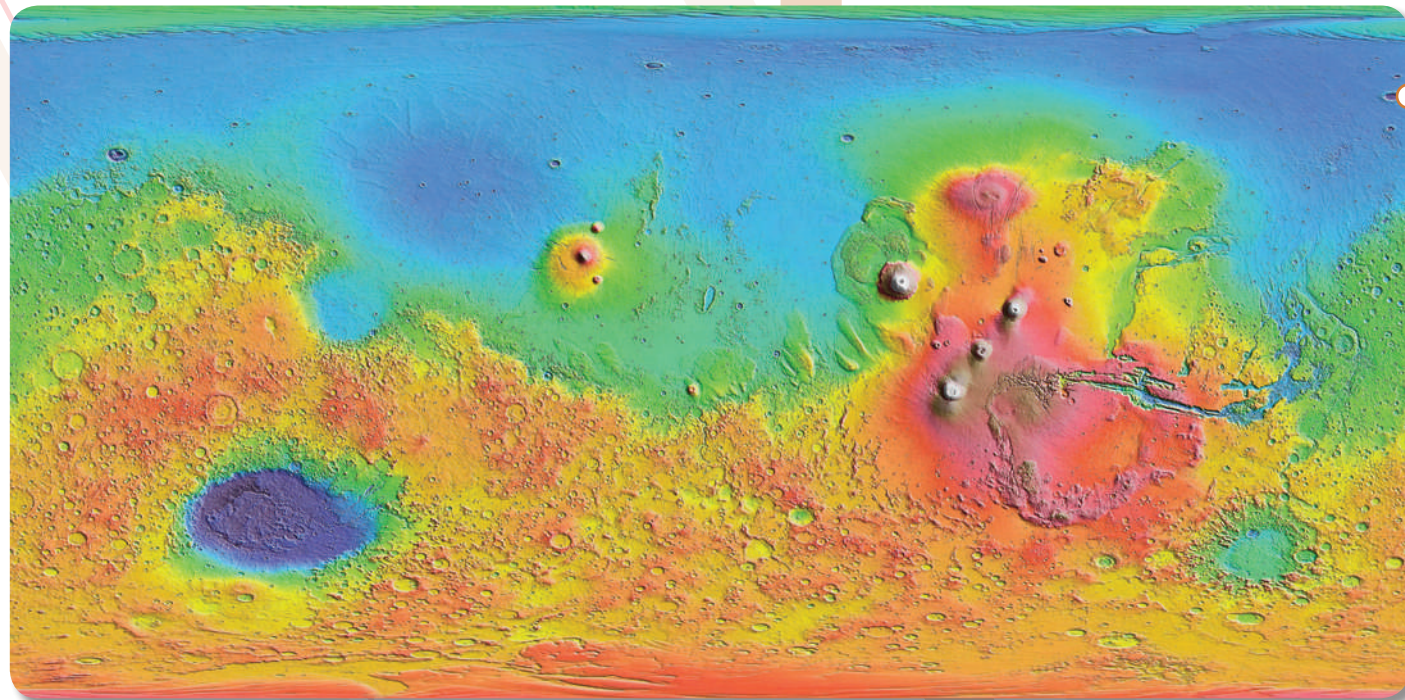
Mariner 4, με τις πρώτες κοντινές του φωτογραφίες από έναν άλλον πλανήτη, μας αποκάλυψε έναν νεκρό και παγωμένο κόσμο, έναν κόσμο χωρίς βλάστηση και κανάλια, χωρίς πόλεις και Αρειανούς, έναν εχθρικό για την ζωή κόσμο με πολικές θερμοκρασίες, άνυδρο και ερημωμένο.

Έξι χρόνια αργότερα, το **Mariner 9** ξεκινούσε κι αυτό το ταξίδι του με προορισμό τον Άρη. Ελάχιστοι φαντάζονταν τότε ότι λίγους μήνες αργότερα ο διαστημικός αυτός θαλασσοπόρος θα διεύρυνε τόσο σημαντικά τις γνώσεις μας για τον Κόκκινο Πλανήτη. Στην αποστολή του εκείνη το Mariner 9 φωτογράφησε τον γιγάντιο κρατήρα **Ελλάς**, με βάθος που υπερβαίνει τα 7 km και διάμετρο που αγγίζει τα 2.300 km, καθώς και το τεράστιο, αλλά σβηστό, ηφαιστειο **Olympus Mons**, το οποίο ορθώνεται σε ύψος τριπλάσιο σχεδόν από την ψηλότερη κορυφή των Ιμαλαΐων. Το Olympus Mons, το μεγαλύτερο ηφαιστειο του Ηλιακού μας συστήματος, βρίσκεται στην βορειοδυτική άκρη ενός άλλου τοπογραφικού Λεβιάθαν, που καλύπτει σχεδόν ολόκληρο το δυτικό ημισφαίριο του πλανήτη και είναι υπερυψωμένο κατά 10 km περίπου από τη μέση επιφάνειά του. Το **υψίπεδο Θαρσίς**, όπως ονομάζεται ο τεράστιος αυτός όγκος που ξεπροβάλλει από τα έγκατα του πλανήτη, εμπεριέχει αρκετά ηφαιστεια, τα τρία μεγαλύτερα απ' τα οποία ονομάζονται **Ascraeus**, **Pavonis** και **Arsia**. Αν και το ύψος τους δεν υπερβαίνει τα 15 km, οι

¹ Μία Αστρονομική Μονάδα ορίζεται ως η μέση απόσταση της Γης από τον Ήλιο.



Η καλντέρα του Olympus Mons έχει διάμετρο που αγγίζει τα 80 km και βάθος τα 3km [φωτογρ. ESA/DLR/FU Berlin].



Επίπεδος τοπογραφικός χάρτης του Άρη, από το τροχιακό αστεροσκοπείο Mars Orbiter. Η μεγάλη μπλε κλίδα στα αριστερά απεικονίζει τον κρατήρα πρόσκρουσης Ελλάς. Στο δεξιό μέρος της εικόνας διακρίνεται η αλυσίδα των τριών ηφαιστειών Ascraeus, Pavonis και Arsia πάνω στο υψίπεδο Θαρσίς. Δεξιά τους διακρίνεται η γιγάντια σχισμή της κοιλάδας Mariner και αριστερά το ηφαίστειο Olympus Mons (φωτογρ. MOLA Science Team).

κορυφές αυτών των ηφαιστειών βρίσκονται περίπου στο ίδιο επίπεδο με την κορυφή του Olympus Mons διότι, σε αντίθεση μ' αυτό, βρίσκονται πάνω στο Υψίπεδο Θαρσίς.

Η σπουδαιότερη, όμως, ανακάλυψη του Mariner 9, και συνάμα η πρώτη σοβαρή ένδειξη για την ύπαρξη νερού στον Άρη κατά το αρχέγονο παρελθόν του, ήταν ένα σύστημα από ρωγμές, ρήγματα, χαράδρες και κανάλια απορροής, τόσο αχανές που, εάν βρισκόταν στη Γη, θα διέτρεχε ολόκληρη την Ευρώπη, από την Λισαβώνα μέχρι πέρα από την Μόσχα: η **Κοιλάδα Mariner**. Πραγματικά, όπως

ανακαλύψαμε αργότερα, το γιγάντιο αυτό ρήγμα και ιδιαίτερα η ανατολική του απόληξη έχουν εμφανή ίχνη διάβρωσης από νερό που έχει χαθεί προ πολλού.

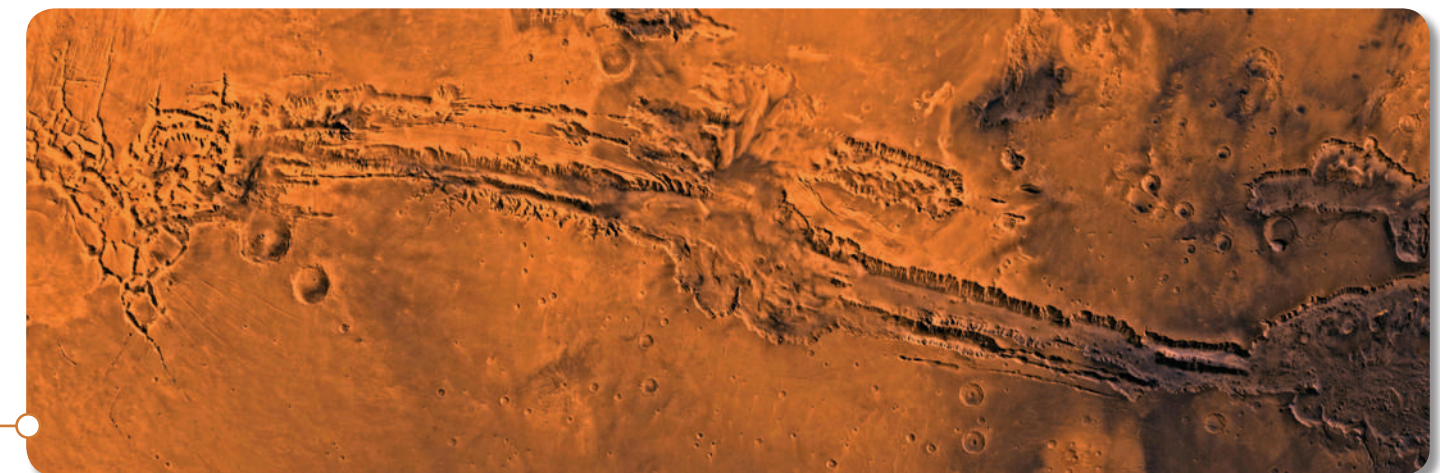
Προτού, όμως, αναφερθούμε εκτενέστερα στην Κοιλάδα Mariner και στο πώς ενδεχομένως σχηματίστηκε, αξίζει να σταθούμε λίγο στην ακραία διαφορά που παρατηρείται μεταξύ του γεωλογικά νεότερου, χαμηλότερου και σχετικά ομαλού βόρειου ημισφαιρίου του Κόκκινου Πλανήτη, σε σχέση με το πιο τραχύ, υπερυψωμένο κατά 5 km και γεμάτο κρατήρες νότιο ημισφαίριο. Οι απόψεις των

επιστημόνων για το πώς ακριβώς σχηματίστηκε αυτή η **Μεγάλη Διχοτομία του Φλοιού**, όπως έχει ονομαστεί, εξακολουθούν να δίστανται. Το 2008, για παράδειγμα, δημοσιεύθηκαν στο επιστημονικό περιοδικό *Nature* τρία άρθρα, σύμφωνα με τα οποία η Αρειανή διχοτομία σχηματίστηκε από την τιπάνια πρόσκρουση στο βόρειο ημισφαίριο του πλανήτη ενός ουράνιου σώματος με διάμετρο 1.600-2.700 km. Αυτό το ακραία βίαιο συμβάν στην γεωλογική ιστορία του Κόκκινου Πλανήτη υπολογίστηκε ότι συνέβη πριν από τουλάχιστον 4 δισ. χρόνια και δημιούργησε έναν τεράστιο κρατήρα με διάμετρο που υπερβαίνει τα 8.000 km, γνωστό ως η **Βόρεια Πολική Λεκάνη**.

Άλλοι επιστήμονες, εντούτοις, υποστηρίζουν ότι

η Μεγάλη Διχοτομία δημιουργήθηκε από την πρόσκρουση ενός ουράνιου σώματος στον νότιο πόλο του πλανήτη, στην διάρκεια της οποίας εκλύθηκαν αδιανόητα ποσά ενέργειας, τα οποία συνέβαλαν στην δημιουργία ενός ωκεανού ρευστού μάγματος, που κάλυψε ολόκληρο το νότιο ημισφαίριο. Ορισμένοι επιστήμονες, πάλι, υποστηρίζουν ότι η αιτία της Διχοτομίας είναι τεκτονικής/ηφαιστειακής προέλευσης, ενώ κάποιοι άλλοι προωθούν **υβριδικά** μοντέλα ερμηνείας, σύμφωνα με τα οποία η αιτία σχηματισμού της Μεγάλης Διχοτομίας είναι συνδυασμός πρόσκρουσης και τεκτονικής/ηφαιστειακής δραστηριότητας.

Η Κοιλάδα Mariner εκτείνεται για περισσότερα από 4.000 km ανατολικά του υψιπέδου Θαρσίς,



Σύνθετη εικόνα της κοιλάδας Mariner, από φωτογραφίες των τροχιακών διαστημοσυσκευών Viking (φωτογρ. NASA/JPL/USGS).

κατά μήκος του ισημερινού του πλανήτη, καταλαμβάνοντας περίπου το ένα πέμπτο της περιφέρειάς του. Οι περισσότεροι επιστήμονες συμφωνούν ότι η γιγάντια αυτή σχισμή στον φλοιό του κόκκινου πλανήτη διανοίχτηκε εξαιτίας της ηφαιστειακής και τεκτονικής δραστηριότητας που σχημάτισε το υψίπεδο Θαρσίς, έναν βασάλτινο όγκο, που στην Γη θα κάλυπτε ολόκληρη την Ευρώπη, μέχρι το ύψος του Έβερεστ. Απ' ό,τι φαίνεται, το υψίπεδο Θαρσίς άρχισε να διαμορφώνεται πριν από 3,5-4 δισ. χρόνια, καθώς τεράστιες ποσότητες καυτού μάγματος αναδύονταν από τα έγκατα του πλανήτη διά μέσου μίας θερμικής «στήλης» και ολόκληρη η περιοχή άρχισε σιγά-σιγά να ανυψώνεται. Η βία αυτή δραστηριότητα, αλλά και το αμύθητο βάρος του βασάλτινου αυτού όγκου, διέρρηξε τα πετρώματα του φλοιού, σχηματίζοντας ρωγμές ή/και ενεργοποιώντας κάποια προϋπάρχοντα γεωλογικά ρήγματα.

Καθώς η επιφάνεια του Άρη σχιζόταν από τις ρωγμές, τα σχεδόν κατακόρυφα τοιχώματα των φαραγγιών της νεογέννητης κοιλάδας κατέρρεαν, διευρύνοντας τις γιγάντιες σχισμές όλο και περισσότερο. Αυτό εικάζεται ότι συνέβη εξαιτίας κατολισθήσεων, αλλά και καταστροφικών πλημμυρικών φαινομένων, που προκλήθηκαν όταν νερό που ήταν φυλακισμένο στο υπέδαφος ξεχύθηκε προς τα έξω. Είναι χαρακτηριστικό ότι, τόσο στο βορειοδυτικό, όσο και στο ανατολικό άκρο της κοιλάδας Mariner, έχουν ήδη εντοπιστεί ενδείξεις ακραίας και καταστροφικής πλημμύρας.

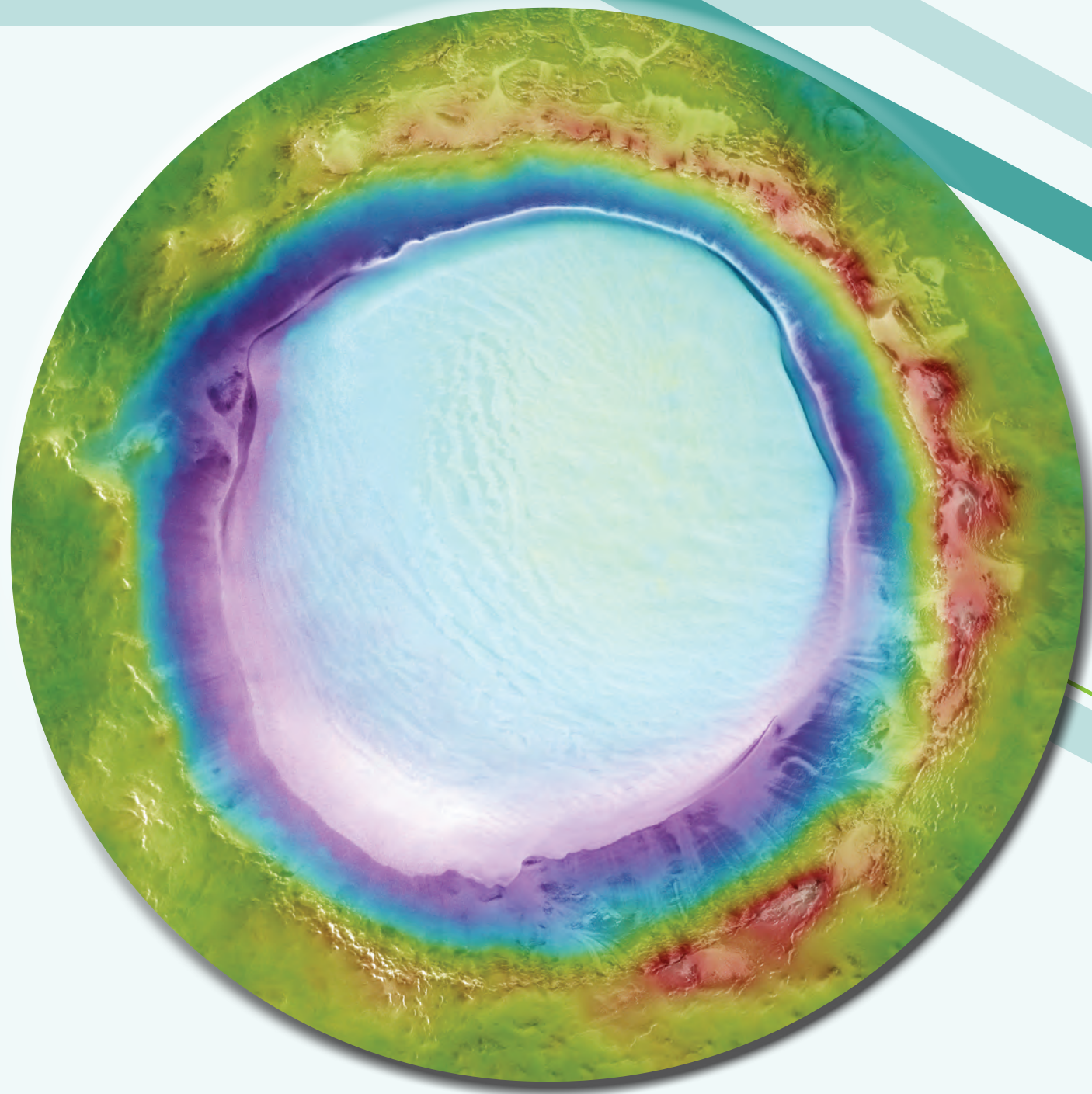
Το πώς ακριβώς σχηματίστηκαν αυτά τα εντυπωσιακά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά στην επιφάνεια του Κόκκινου Πλανήτη παραμένει ακόμα και σήμερα πεδίο διαμάχης μεταξύ των επιστημόνων και υπάρχουν πολλά ακόμα που εξακολουθούμε να αγνοούμε γι' αυτήν την περίοδο της ιστορίας του. Γνωρίζου-

με, ωστόσο, ότι δεν ήταν μία μόνο η αιτία που σμίλεψε κατ' αυτόν τον τρόπο την επιφάνειά του. Προσκρούσεις γιγάντιων αστεροειδών, ακραία ηφαιστειακή και τεκτονική δραστηριότητα, διάβρωση, κατολισθήσεις, τεράστιες πλημμύρες, όλες αυτές οι διαφορετικές φυσικές «δυνάμεις» συνέβαλαν, ώστε να δώσουν στον Κόκκινο Πλανήτη την σημερινή του όψη.

Όπως θα δούμε αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο, ο Κόκκινος Πλανήτης διαθέτει ακόμη και σήμερα σημαντικές ποσότητες πάγου, τόσο στις πολικές του περιοχές, όσο και στο υπέδαφός του. Πολύ περισσότερο, όμως, όλα τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει έως τώρα καταδεικνύουν ότι πριν από 3,5-4 δισ. χρόνια ο πλανήτης αυτός διέθετε νερό σε υγρή

μορφή και μάλιστα σε ποσότητες πολύ μεγαλύτερες απ' αυτές που αντιστοιχούν στα αποθέματα πάγου που έχουμε ήδη εντοπίσει. Δεδομένου ότι η ζωή, όπως τουλάχιστον την γνωρίζουμε, δεν μπορεί να υπάρξει χωρίς νερό σε υγρή μορφή, ο πλανήτης αυτός διέθετε απ' ό,τι φαίνεται ένα σαφώς ευνοϊκότερο περιβάλλον, όπου θα μπορούσαν να έχουν αναπτυχθεί οι απλούστερες μορφές της. Χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η ζωή όντως έκανε τότε τα πρώτα της δειλά βήματα στην επιφάνεια του Κόκκινου Πλανήτη, πρόκειται για ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον στοιχείο στην προσπάθειά μας να αναζητήσουμε τα ίχνη της ζωής και εκτός του πλανήτη μας. Όπως, όμως, θα δούμε στην συνέχεια, οι συνθήκες στον Άρη είναι ιδιαίτερα εχθρικές για την ζωή σήμερα 🍷

Νερό που διέφυγε από το υπέδαφος, υπονόμεισε το έδαφος, δημιουργώντας την σειρά κοιλωμάτων που διακρίνεται στα αριστερά. Στα δεξιά της εικόνας διακρίνεται μέρος από το Χάσμα Coprates, που βρίσκεται στο μέσο περίπου της Κοιλάδας Mariner [φωτογρ. @ ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum), CC BY-SA 3.0 IGO].



Τοπογραφία του κρατήρα Korolev
Copyright ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO



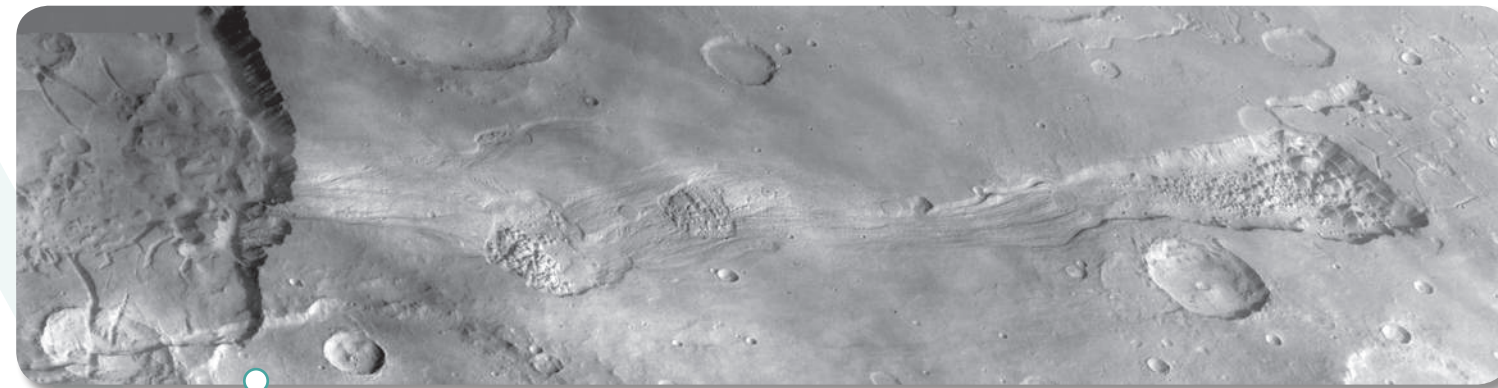
ΑΝΑΖΗΤΩΝΤΑΣ ΤΑ ΙΧΝΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Η πρώτη αποστολή που διεύρυνε σημαντικά τις γνώσεις μας για τον Άρη υλοποιήθηκε, όπως είπαμε, το 1971, όταν το **Mariner 9** μας έδωσε τις πρώτες ενδείξεις για την ύπαρξη νερού κατά το αρχέγονο παρελθόν του. Έκτοτε, υλοποιήθηκαν δεκάδες διαστημικές αποστολές προς τον Άρη, οι τελευταίες απ' τις οποίες εστίασαν κυρίως στην διερεύνηση της γεωλογικής του εξέλιξης και στην «ιστορία» του νερού στην επιφάνειά του. Η κατανόηση, ειδικότερα, του τρόπου με τον οποίο μεταβλήθηκαν τα αποθέματά του σε νερό στην διάρκεια του γεωλογικού χρόνου είναι καθοριστικής σημασίας στην προσπάθειά μας να εκτιμήσουμε την πιθανότητα να έχουν εμφανιστεί στον Κόκκινο Πλανήτη μικροβιακές μορφές ζωής.

Δεν είναι, λοιπόν, παράξενο, που το ερευνητικό πρόγραμμα της NASA για τον Άρη στην διάρκεια της πρώτης δεκαετίας του 21^{ου} αιώνα συνοψιζόταν στην φράση «ακολουθήστε το νερό». Είναι γεγονός, πάντως, ότι ο Άρης έχει αντισταθεί στην προσπάθειά μας να τον εξερευνήσουμε, αφού τουλάχιστον οι μισές από τις αποστολές που σχεδιάστηκαν για τον σκοπό αυτό απέτυχαν. Ωστόσο, πέντε χρόνια μετά την επιτυχή ολοκλήρωση της αποστολής του **Mariner 9**, τα διαστημικά οχήματα **Viking 1** και **2** παρέλαβαν την σκυτάλη της εξερεύνησης του Κόκκινου Πλανήτη το 1976. Καθένα από τα δύο Viking αποτελούνταν από μία διαστημοσυσκευή που παρέμεινε σε τροχιά, φωτογραφίζοντας την επιφάνειά του, καθώς και από ένα ρομποτικό όχημα προσεδάφισης. Τα τελευταία συνέλεξαν σημαντικό όγκο δεδομένων για την χημική σύσταση της ατμόσφαιρας και του εδάφους, τα καιρικά φαινόμενα, την πίεση και την

θερμοκρασία, ενώ αναζήτησαν και ίχνη ζωής, αλλά τα αποτελέσματα ήταν αρνητικά. Οι τροχιακές διαστημοσυσκευές των δύο Viking, από την άλλη, ανακάλυψαν πολλούς γεωλογικούς σχηματισμούς, οι οποίοι κατά κανόνα μπορούν να σχηματιστούν μόνο με την βοήθεια του νερού.

Περίπου 21 χρόνια αργότερα, η αποστολή **Pathfinder** μετέφερε στον Κόκκινο Πλανήτη το **Sojourner**, το πρώτο ρομποτικό όχημα που μπορούσε να μετακινηθεί στην επιφάνειά του, το οποίο ανέλυσε χημικά την σύσταση του εδάφους και συνέλεξε δεδομένα για τα καιρικά φαινόμενα. Το Sojourner ανακάλυψε, μεταξύ άλλων, λεία βότσαλα στην επιφάνεια του Άρη, ανακάλυψη που μας προσφέρει μία ακόμη ένδειξη ότι ο πλανήτης αυτός διέθετε κάποτε σημαντικές ποσότητες νερού. Οι ενδείξεις αυτές για την ύπαρξη νερού δεν είναι φυσικά οι μοναδικές. Το αστεροσκοπείο **Mars Global**



Εικόνα της τροχιακής διαστημοσυσκευής Viking 1 της χαοτικής περιοχής Aromatum (δεξιά) και της κοιλάδας Ravi. Η περιοχή αυτή εικάζεται ότι σχηματίστηκε όταν ηφαιστειακή δραστηριότητα έλειψε μεγάλες ποσότητες υπεδάφιου πάγου, τα νερά του οποίου προκάλεσαν μία καταστροφική πλημμύρα που ανέσκαψε την κοιλάδα Ravi.

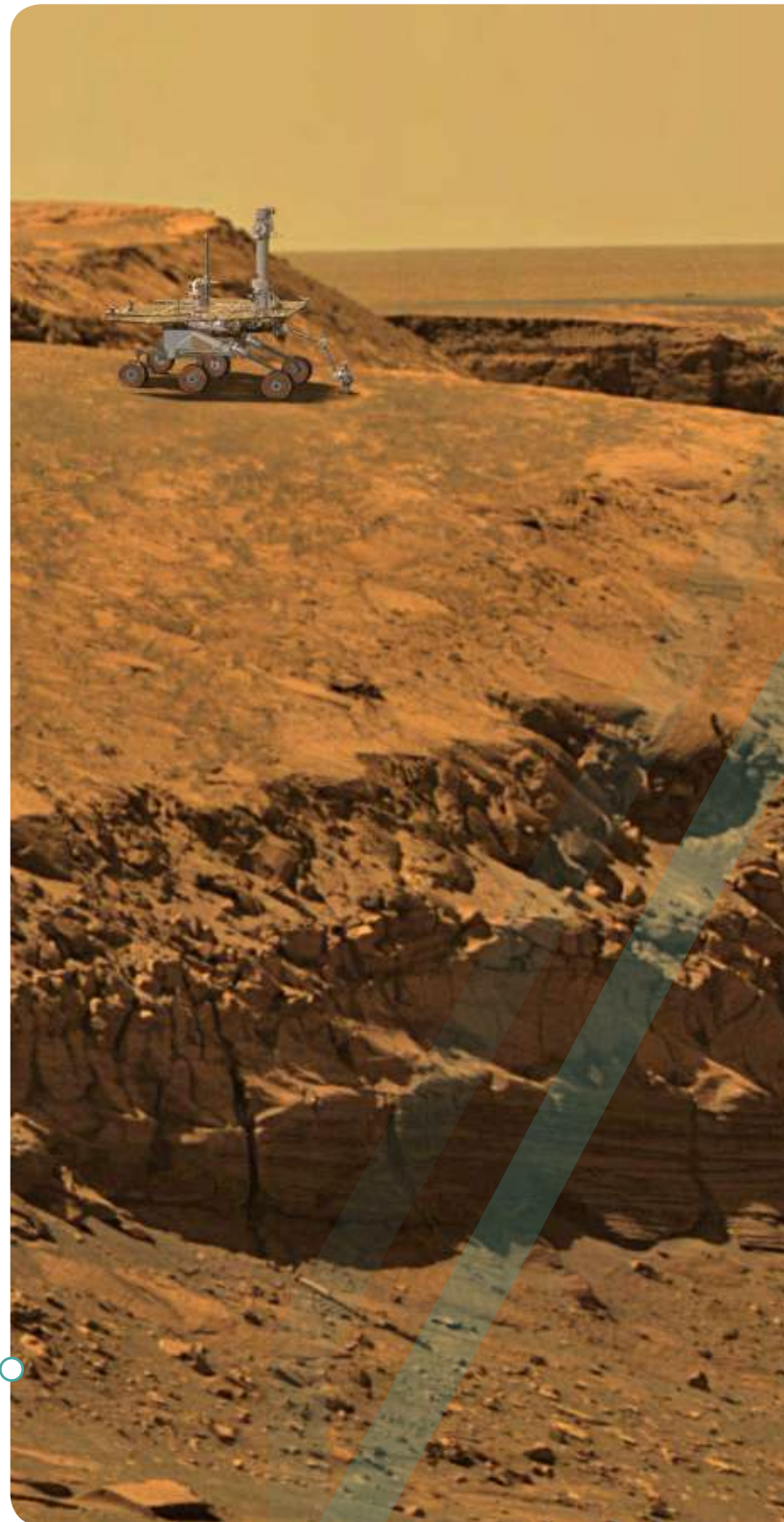
Άποψη της επιφάνειας του Άρη από το Sojourner (φωτογρ. NASA/JPL).



Surveyor, για παράδειγμα, που τέθηκε σε τροχιά γύρω από τον Άρη το 1997 και χαρτογράφησε ολόκληρη την επιφάνειά του, εντόπισε ίχνη διάβρωσης, αποξηραμένες κοίτες και δέλτα αρχαίων ποταμών. Επιπλέον, όλα σχεδόν τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει έως τώρα καταδεικνύουν ότι ο πλανήτης αυτός εμπεριέχει ακόμη και σήμερα μεγάλες ποσότητες πάγου, τόσο στην επιφάνεια των πολικών περιοχών του, όσο και στο υπέδαφος, κάτι που επιβεβαιώθηκε και από το **Mars Odyssey**, που τέθηκε σε τροχιά τον Οκτώβριο του 2001.

Συνεχίζοντας την εξερεύνηση του Άρη, η NASA εκτόξευσε το 2003 τα δίδυμα οχήματα **Spirit** και **Opportunity**, τα οποία προσεδάφιστηκαν σε σχεδόν αντιδιαμετρικά σημεία της επιφάνειάς του τον Ιανουάριο του 2004. Η κορυφαία τους ανακάλυψη, που προσέφερε μία ακόμη ισχυρή ένδειξη για το υγρό παρελθόν του κόκκινου πλανήτη, είναι η ύπαρξη διαφορετικών ορυκτών, που για να σχηματιστούν, στον πλανήτη μας τουλάχιστον, απαιτούν την ύπαρξη νερού. Παρόλο που η αποστολή των δύο ανιχνευτών δεν προβλεπόταν να διαρκέσει περισσότερες από 90 ημέρες, το Spirit παρέμεινε σε λειτουργία μέχρι το 2010, ενώ η επαφή με το Opportunity χάθηκε μόλις τον Ιούνιο του 2018, εξαιτίας μίας αμμοθύελλας τόσο ισχυρής, που κάλυψε ολόκληρο τον πλανήτη.

Υπέρθεση καλλιτεχνικής αναπαράστασης του Opportunity πάνω στο χείλος του κρατήρα Victoria (φωτογρ. NASA/JPL/Cornell).



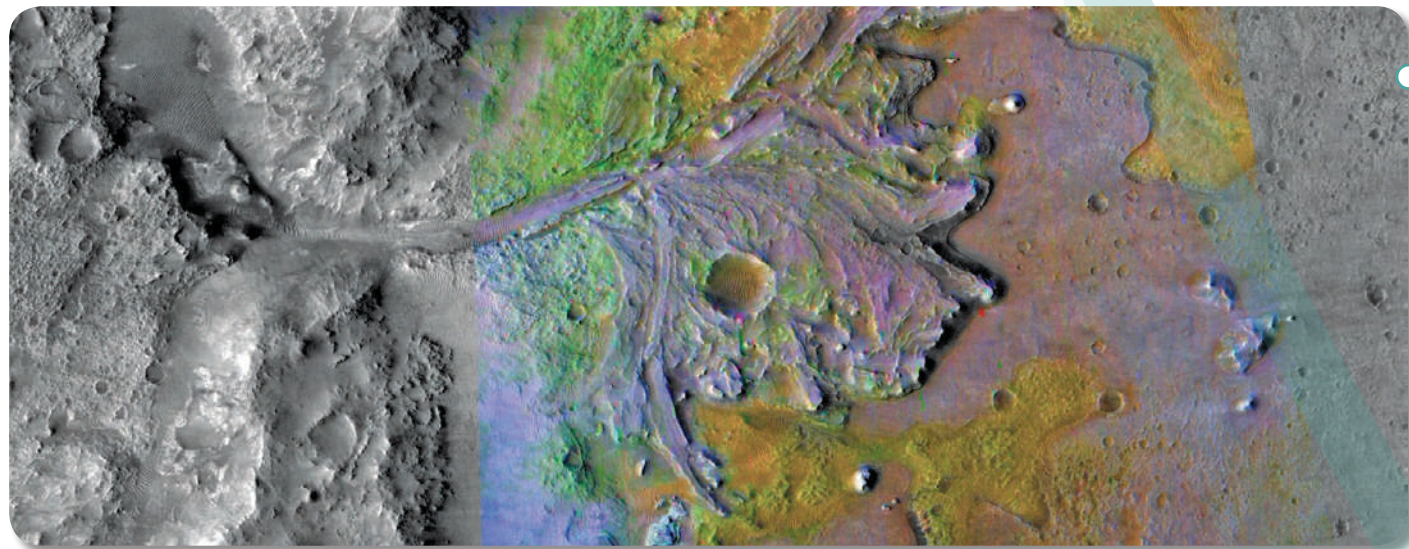
Τον Ιούνιο του 2003, η Ευρωπαϊκή Διαστημική Υπηρεσία ESA εκτόξευσε προς τον Άρη το τροχιακό αστεροσκοπείο **Mars Express**, τα δεδομένα του οποίου βοήθησαν τους αστρονόμους να διερευνήσουν θεμελιώδη ερωτήματα σχετικά με την γεωλογία, την ατμόσφαιρα, την ιστορία του νερού και το ενδεχόμενο ύπαρξης μικροβιακής ζωής. Χάρη σ' αυτά, υπολογίστηκε, μεταξύ άλλων, ότι η παγοκάλυψη στον νότιο πόλο του κόκκινου πλανήτη εκτείνεται σε βάθος 4 km. Και μόλις πρόσφατα, Ιταλοί επιστήμονες που ανέλυσαν άλλα δεδομένα του Mars Express υποστηρίζουν ότι ανακάλυψαν κοντά στον νότιο πόλο του πλανήτη μία υπόγεια λίμνη, με έκταση όση περίπου και το λεκανοπέδιο Αττικής. Η ανακάλυψη αυτή, εάν επιβεβαιωθεί, θα πρόκειται για το πρώτο σταθερό απόθεμα νερού σε υγρή μορφή που εντοπίζεται στον Κόκκινο Πλανήτη, με ό,τι μπορεί αυτό να συνεπάγεται για την ενδεχόμενη ύπαρξη μικροοργανισμών βαθιά στο αρειανό υπέδαφος. Παρά τις χαμηλές θερμοκρασίες, το νερό εικάζεται ότι παραμένει σε υγρή μορφή εξαιτίας της μεγάλης του περιεκτικότητας σε άλατα, αλλά και της μεγάλης πίεσης που επικρατεί σε αυτό το βάθος, που χαμηλώνουν το σημείο πήξης του. Τέλος, τον Δεκέμβριο του 2018, το Mars Express φωτογράφησε τον κρατήρα Corolev, έναν γιγάντιο κρατήρα πρόσκρουσης

με διάμετρο 80 km, ο οποίος εμπεριέχει περισσότερα από 2.000 km³ πάγου.¹

Τον Μάρτιο του 2006, η NASA έθεσε σε τροχιά το **Mars Reconnaissance Orbiter (MRO)**. Με την βοήθεια των δεδομένων του, οι επιστήμονες υπολόγισαν ότι ο βόρειος πόλος του πλανήτη καλύπτεται από 821.000 km³ πάγου, ενώ ανακαλύφθηκαν αρκετά ακόμη ορυκτά που μπορούν να σχηματιστούν μόνο με την επίδραση του νερού. Επιπλέον ισχυρές ενδείξεις για την ύπαρξη νερού κατά το αρχέγονο παρελθόν του πλανήτη έφερε στο φως η μελέτη φωτογραφιών από κρατήρες πρόσκρουσης, σύμφωνα με την οποία πολλοί απ' αυτούς ήταν γεμάτοι με νερό, συμπέρασμα που εξάγεται από τον εντοπισμό στον πυθμένα τους ιζημάτων και φερτών υλικών², αλλά και ορυκτών που μπορούν να σχηματιστούν μόνο σε υγρό περιβάλλον. Εκτός αυτού, πολλοί κρατήρες έχουν εμφανή ίχνη εκροών στο χείλος τους, οι οποίες συνδέονται με φαράγγια δεκάδων χιλιομέτρων. Σύμφωνα, μάλιστα, με έρευνα που δημοσιεύθηκε τον Νοέμβριο του 2018 και βασίστηκε στις υψηλής ανάλυσης φωτογραφίες του MRO, τα δεδομένα από 24 τέτοιες *παλαιολίμνες* καταδεικνύουν ότι όταν αυτές ξεχειλίσαν, προκλήθηκαν καταστροφικές πλημμύρες, η ορμή των οποίων διάνοιξε τις χαράδρες

¹ Το ένα κυβικό χιλιόμετρο (1 km³) είναι μονάδα μέτρησης όγκου και ορίζεται ως όγκος ενός κύβου με ακμή μήκους 1 km.

² Φερτά υλικά ονομάζονται τα στερεά υλικά, τα οποία παρασύρονται από την ορμή του νερού και μεταφέρονται μέσα από τις κοίτες χειμάρρων, ρεμάτων και ποταμών.



Ο κρατήρας Jezero μία από τις παλαιολίμνες του Άρη, επιλέχθηκε από τη NASA ως η περιοχή προσεδάφισης για την ρομποτική αποστολή της που σχεδιάζεται για το 2020 (φωτογρ. NASA/JPL-Caltech/MSSS/JHU-APL).

που εκτείνονταν πέρα από τα σημεία υπερχειλίσης, σε διάστημα λίγων εβδομάδων μόνο.

Δύο χρόνια αργότερα, προσεδαφίστηκε στον Άρη το **Phoenix** της NASA, το οποίο ανέλυσε την χημική σύσταση δειγμάτων του εδάφους και του υπεδάφους και επιβεβαίωσε την ύπαρξη υπεδάφιου πάγου, σκάβοντας με την βοήθεια του ρομποτικού του βραχίονα την παγωμένη του επιφάνεια. Όπως θα εξηγήσουμε και πιο κάτω, το αρειανό περιβάλλον σήμερα είναι εχθρικό για την ζωή. Αυτό, ωστόσο, δεν ίσχυε κατά το αρχέγονο παρελθόν του πλανήτη, αφού το ηπιότερο κλίμα, η πυκνότερη ατμόσφαιρα και τα μεγάλα αποθέματα νερού που φαίνεται ότι υπήρχαν, καθιστούσαν τις συνθήκες ευνοϊκές για την εμφάνισή της. Το ρομποτικό όχημα **Curiosity**, που προσεδαφίστηκε στον Άρη στο πλαίσιο της διαστημικής αποστολής **Mars Science Laboratory** τον Αύγουστο του

2012, συνέλεξε επιπλέον στοιχεία προς αυτή την κατεύθυνση. Βασικός στόχος αυτής της διαστημικής αποστολής ήταν να διερευνηθεί εάν και κατά πόσο σήμερα ή στο παρελθόν οι συνθήκες στον Άρη θα μπορούσαν να ευνοήσουν την εμφάνιση και διατήρηση μικροβιακής ζωής. Το Curiosity είναι το μεγαλύτερο και βαρύτερο, μέχρι σήμερα, διαστημικό όχημα που έχει προσεδαφιστεί στον Άρη. Γι' αυτό και η επιτυχής προσεδάφισή του αποτέλεσε «στοίχημα» για τους επιστήμονες, που ήθελαν να διαπιστώσουν κατά πόσο είναι δυνατή και τι δυσκολίες κρύβει η αποστολή και η προσεδάφιση των πολύ ογκωδέστερων φορτίων που θα απαιτηθούν μελλοντικά για την επανδρωμένη εξερεύνησή του. Εξοπλισμένο με την τελευταία λέξη της τεχνολογίας, το Curiosity συνεχίζει την πλέον λεπτομερή ανάλυση του εδάφους και της ατμόσφαιρας του Άρη που έχει γίνει μέχρι σήμερα.

Selfie του ρομποτικού οχήματος Curiosity (φωτογρ. NASA/JPL-Caltech/MSSS).



Στις σημαντικότερες ανακαλύψεις του Curiosity συγκαταλέγεται η επιβεβαίωση της ύπαρξης άνθρακα, οξυγόνου, υδρογόνου, φωσφόρου και θείου, των δομικών δηλαδή στοιχείων της ζωής, καθώς και η ύπαρξη οργανικών μορίων. Ανιχνεύθηκε επίσης η ύπαρξη ατμοσφαιρικού μεθανίου, το οποίο σε γενικές γραμμές μπορεί να παράγεται είτε *αβιοτικά*, ως υποπροϊόν π.χ. της αλληλεπίδρασης πετρωμάτων και νερού, είτε βιολογικά, από την δράση μικροοργανισμών. Θα πρέπει να τονίσουμε, ωστόσο, ότι οι ανακαλύψεις αυτές δεν αποδεικνύουν σε καμία περίπτωση την ύπαρξη απλών μορφών ζωής στον Κόκκινο Πλανήτη, ούτε τώρα ούτε στο αρχέγονο παρελθόν του. Οι μετρήσεις του Curiosity έδειξαν επίσης ότι η ατμόσφαιρα του Άρη σήμερα είναι εμπλουτισμένη με βαρύτερα ισότοπα υδρογόνου, άνθρακα και αργού, γεγονός που υποδηλώνει ότι ο πλανήτης αυτός έχει χάσει σημαντικό μέρος της αρχικής του ατμόσφαιρας και του νερού που κάποτε διέθετε.

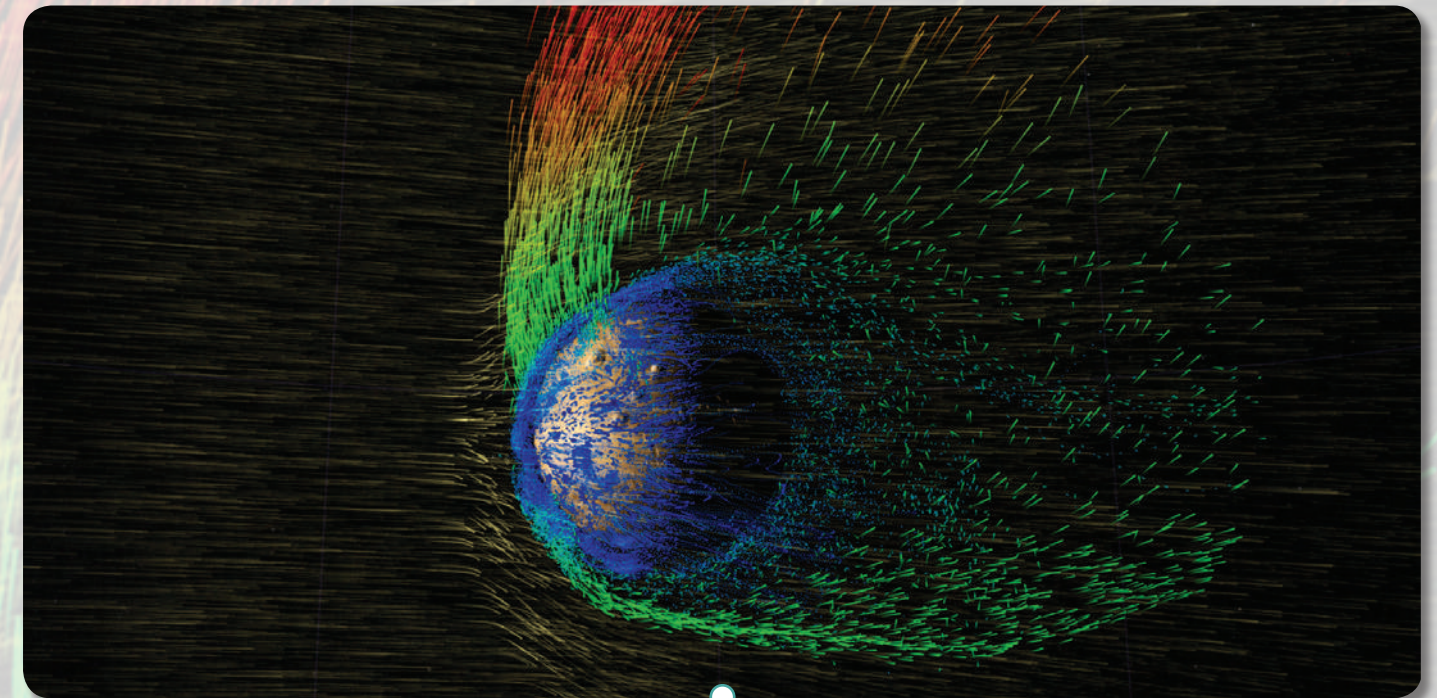
Τις μετρήσεις αυτές επιβεβαίωσε το τροχιακό αστεροσκοπείο **MAVEN**, που τέθηκε σε τροχιά γύρω από τον Άρη τον Σεπτέμβριο του 2014. Βασικός στόχος της αποστολής του MAVEN είναι να προσδιοριστεί με ποιον ακριβώς τρόπο χάθηκε στο πέρασμα του χρόνου η ατμόσφαιρα και το

νερό του πλανήτη. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους ένας πλανήτης μπορεί να χάσει μέρος από την ατμόσφαιρά του. Ένας απ' αυτούς, για παράδειγμα, είναι η απορρόφηση αερίων της ατμόσφαιράς του μέσα στα επιφανειακά του πετρώματα, μέσω χημικών αντιδράσεων. Στην περίπτωση του Άρη, όμως, αυτό που εικάζεται ότι συνέβη ήταν η συνεχής «διάβρωση» της ατμόσφαιράς του από την υπεριώδη ακτινοβολία και τον ηλιακό άνεμο.³ Δεδομένου, μάλιστα ότι όσο νεότερο είναι ένα άστρο τόσο ισχυρότερη είναι η ακτινοβολία και ο αστρικός του άνεμος, η απώλεια της αρειανής ατμόσφαιρας πρέπει να ήταν πολύ ισχυρότερη κατά το παρελθόν. Μέχρι στιγμής, τα δεδομένα του MAVEN επιβεβαιώνουν αυτό το σενάριο.

Η επιστημονική ομάδα του MAVEN μέτρησε την περιεκτικότητα στην ατμόσφαιρα δύο διαφορετικών ισωτόπων⁴ του στοιχείου **αργό**. Το στοιχείο αυτό επιλέχθηκε επειδή, ως ευγενές αέριο, είναι χημικά αδρανές και ως εκ τούτου δεν μπορεί να απορροφηθεί στα επιφανειακά πετρώματα του Άρη. Ο μοναδικός, δηλαδή, φυσικός μηχανισμός που μπορεί να το απομακρύνει από την αρειανή ατμόσφαιρα είναι αυτός που μόλις περιγράψαμε, με την βοήθεια του ηλιακού ανέμου. Δεδομένου, μάλιστα, ότι τα ελαφρύτερα ισότοπα διαφεύγουν

³ Ο ηλιακός άνεμος είναι μία ασταμάτητη ροή φορτισμένων σωματιδίων, κυρίως πρωτονίων και ηλεκτρονίων, από την επιφάνεια του Ήλιου.

⁴ Ισότοπα είναι άτομα του ίδιου στοιχείου που εμπεριέχουν διαφορετικό αριθμό νετρονίων στον πυρήνα τους και κατά συνέπεια έχουν ελάχιστη διαφορετική μάζα.



Ο ηλιακός άνεμος επιταχύνει ιόντα από τα ανώτερα στρώματα της αρειανής ατμόσφαιρας στο Διάστημα (φωτογρ. NASA-GSFC/CU Boulder LASP/University of Iowa).

ευκολότερα στο Διάστημα, η αρειανή ατμόσφαιρα πρέπει να έχει σήμερα μεγαλύτερη περιεκτικότητα στο βαρύ απ' όσο στο ελαφρύ ισότοπο. Αυτό επιβεβαιώθηκε με τον υπολογισμό της σχετικής περιεκτικότητας των δύο ισωτόπων στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και στην επιφάνεια του Άρη. Η ανάλυση, δηλαδή, των δεδομένων αυτών επέτρεψε στους επιστήμονες του MAVEN να εκτιμήσουν το ποσοστό του αργού που έχει χαθεί στο Διάστημα. Έχοντας προσδιορίσει το ποσοστό του αργού που χάθηκε απ' αυτήν την διαδικασία,

οι επιστήμονες του MAVEN εκτίμησαν στην συνέχεια το πώς χάθηκαν και άλλα άτομα ή μόρια από την αρειανή ατμόσφαιρα, περιλαμβανομένου και του CO₂. Με αυτά τα δεδομένα, καταδεικνύεται ότι ο Κόκκινος Πλανήτης έχασε στο διάβα του γεωλογικού χρόνου ίσως και το 99% της αρχικής του ατμόσφαιρας, καθώς και το μεγαλύτερο μέρος του νερού που κάποτε διέθετε. Κομβικό ρόλο σ' αυτό διαδραμάτισε το γεγονός ότι ο Άρης απώλεσε σχετικά νωρίς την προστατευτική ασπίδα του πλανητικού μαγνητικού του πεδίου. Χωρίς την

Καλλιτεχνική αναπαράσταση της διαστημοσυσκευής Insight
(φωτογρ. NASA/JPL-Caltech).



ασπίδα του, δηλαδή, τα ενεργητικά σωματίδια του ηλιακού ανέμου συγκρούονταν με σωματίδια της ατμόσφαιρας και τους προσέδιδαν τόσο μεγάλες ταχύτητες, ώστε αυτά διέφευγαν από την βαρυτική έλξη του Κόκκινου Πλανήτη και χάνονταν στο Διάστημα.

Το **Insight**, η τελευταία μέχρι στιγμής διαστημοσυσκευή της NASA προς τον Άρη, προσεδαφίστηκε στην επιφάνειά του τον Νοέμβριο του 2018. Βασικός στόχος της αποστολής του είναι να μελετήσει το εσωτερικό του πλανήτη, καταμετρώντας την θερμότητα που συνεχίζει να εκλύει και καταγράφοντας σεισμικά κύματα. Δεδομένου ότι ο Άρης δεν είναι ενεργός τεκτονικά όπως η Γη, οι σεισμοί στον Άρη δεν οφείλονται στην μετατόπιση των τεκτονικών πλακών, αλλά στην συνεχή και αργή ψύξη και συστολή του ίδιου του πλανήτη. Ειδικότερα, ο υπολογισμός της ταχύτητας διάδοσης αυτών των κυμάτων θα επιτρέψει στους αστρονόμους να «ακτινογραφίσουν» το εσωτερικό του, αλλά και να εκτιμήσουν το μέγεθος του πυρήνα, του μανδύα και του φλοιού του.

Κλείνοντας αυτή την σύντομη παρουσίαση των σημαντικότερων διαστημικών αποστολών που υλοποιήθηκαν μέχρι σήμερα για την εξερεύνηση του Άρη, αξίζει να αναφερθούμε και στην αποστολή ExoMars 2020, η οποία θα εκτοξευθεί το 2020. Βασικός στόχος της αποστολής αυτής, που αποτελεί συνεργασία της ESA με την ρωσική διαστημική υπηρεσία Roscosmos, θα είναι η αναζήτηση απο-

δείξεων για την ύπαρξη μικροβιακής ζωής στο γεωλογικό παρελθόν του Κόκκινου Πλανήτη. Για τον σκοπό αυτό θα προσεδαφιστεί στην επιφάνειά του ένα ρομποτικό όχημα, το οποίο θα έχει την δυνατότητα να διανύει μεγάλες αποστάσεις, και το οποίο θα αναζητήσει ίχνη απολιθωμένης ζωής, συλλέγοντας δείγματα από το υπέδαφος με την βοήθεια ενός τρυπανιού.

Συνοψίζοντας, επομένως, γνωρίζουμε ότι υπάρχουν στον Άρη σημαντικές ποσότητες πάγου, που όμως εμπεριέχουν πολύ λιγότερο νερό απ' αυτό που φαίνεται να υπήρχε κάποτε στην επιφάνειά του. Πραγματικά, όλα τα στοιχεία που έχουμε συλλέξει καταδεικνύουν ότι δισεκατομμύρια χρόνια πριν ο κόκκινος πλανήτης ήταν αρκετά πιο θερμός και υγρός και ότι πιθανότατα το βόρειο ημισφαίριό του καλυπτόταν από έναν ωκεανό που εμπεριείχε περισσότερο νερό απ' όσο εμπεριέχει ο Αρκτικός ωκεανός στην Γη. Στην διάρκεια της γεωλογικής του ιστορίας, όμως, ο Άρης «στέγνωσε». Το σημαντικότερο ίσως ποσοστό από τα υδάτινα αποθέματά του πρέπει να χάθηκε, όταν εξασθένησε η προστατευτική ασπίδα του μαγνητικού του πεδίου και τα σωματίδια του ηλιακού ανέμου παρέσυραν την ατμόσφαιρά του στο Διάστημα, καθώς η βαρυτική έλξη του μικρού αυτού πλανήτη δεν επαρκούσε ώστε να την συγκρατήσει γύρω του. Οι πιο πρόσφατες μελέτες, τέλος, καταδεικνύουν ότι τα ίδια τα πετρώματα του Κόκκινου Πλανήτη θα μπορούσαν να έχουν απορροφήσει ποσότητες από το νερό του.

Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ο Κόκκινος Πλανήτης εικάζεται ότι ήταν κατοικήσιμος, διέθετε δηλαδή ένα ηπιότερο και πιο υγρό περιβάλλον, όπου θα μπορούσαν να έχουν αναπτυχθεί οι απλούστερες μορφές της ζωής, υπολογίζεται ότι διήρκεσε για μερικές εκατοντάδες εκατ. χρόνια μετά τον σχηματισμό του. Σήμερα, πάντως, οι συνθήκες στον Άρη είναι ιδιαίτερα εχθρικές για την ζωή. Εκτός από τις χαμηλές θερμοκρασίες, η ατμόσφαιρά του αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από CO₂ και είναι τόσο αραιή, ώστε δεν μπορεί να διατηρεί το νερό στην επιφάνειά του σε υγρή μορφή, παρά ίσως μόνο φευγαλέα. Επιπλέον, χωρίς ασπίδα του όζοντος και χωρίς πλανητικό μαγνητικό πεδίο, η επιφάνεια του Κόκκινου Πλανήτη δεν προστατεύεται από την υπεριώδη ακτινοβολία του Ήλιου και τα υψηλής ενέργειας φορτισμένα σωματίδια του ηλιακού ανέμου και των κοσμικών ακτίνων είναι επικίνδυνα για την ζωή.

Επομένως, εμφανίστηκαν εντέλει απλές μορφές ζωής στον Κόκκινο Πλανήτη, όταν ήταν ακόμη νέος; Θα μπορούσαν άραγε κατάλοιπά τους να έχουν επιβιώσει ακόμη και σήμερα βαθιά στο υπέδαφος, σε υπόγειους θύλακες νερού ίσως; Παρά τα όσα έχουμε ανακαλύψει για τον Άρη, δεν γνωρίζουμε ακόμη τις απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα. Εξα-

κολουθούμε, δηλαδή, να αγνοούμε εάν συντελέστηκε και στον Άρη το «θαύμα της ζωής». Όπως έλεγε και ο αστρονόμος **Carl Sagan** (1934-1996), «*ακραίοι ισχυρισμοί απαιτούν εξαιρετικές αποδείξεις*». Αυτές ακριβώς τις «εξαιρετικές» αποδείξεις για την ύπαρξη παρελθούσας ή και τωρινής μικροβιακής ζωής στον Άρη δεν τις έχουμε ακόμη ανακαλύψει. Ίσως, όμως, οι αστροναύτες που θα περπατήσουν κάποτε στην επιφάνειά του να είναι εκείνοι που θα τις ανακαλύψουν 🍷

Καλλιτεχνική αναπαράσταση του ωκεανού που πιθανότατα υπήρχε στο βόρειο ημισφαίριο του πλανήτη, πριν από περίπου 4 δισ. χρόνια (φωτογρ. ESO/M. Kornmesser)

3

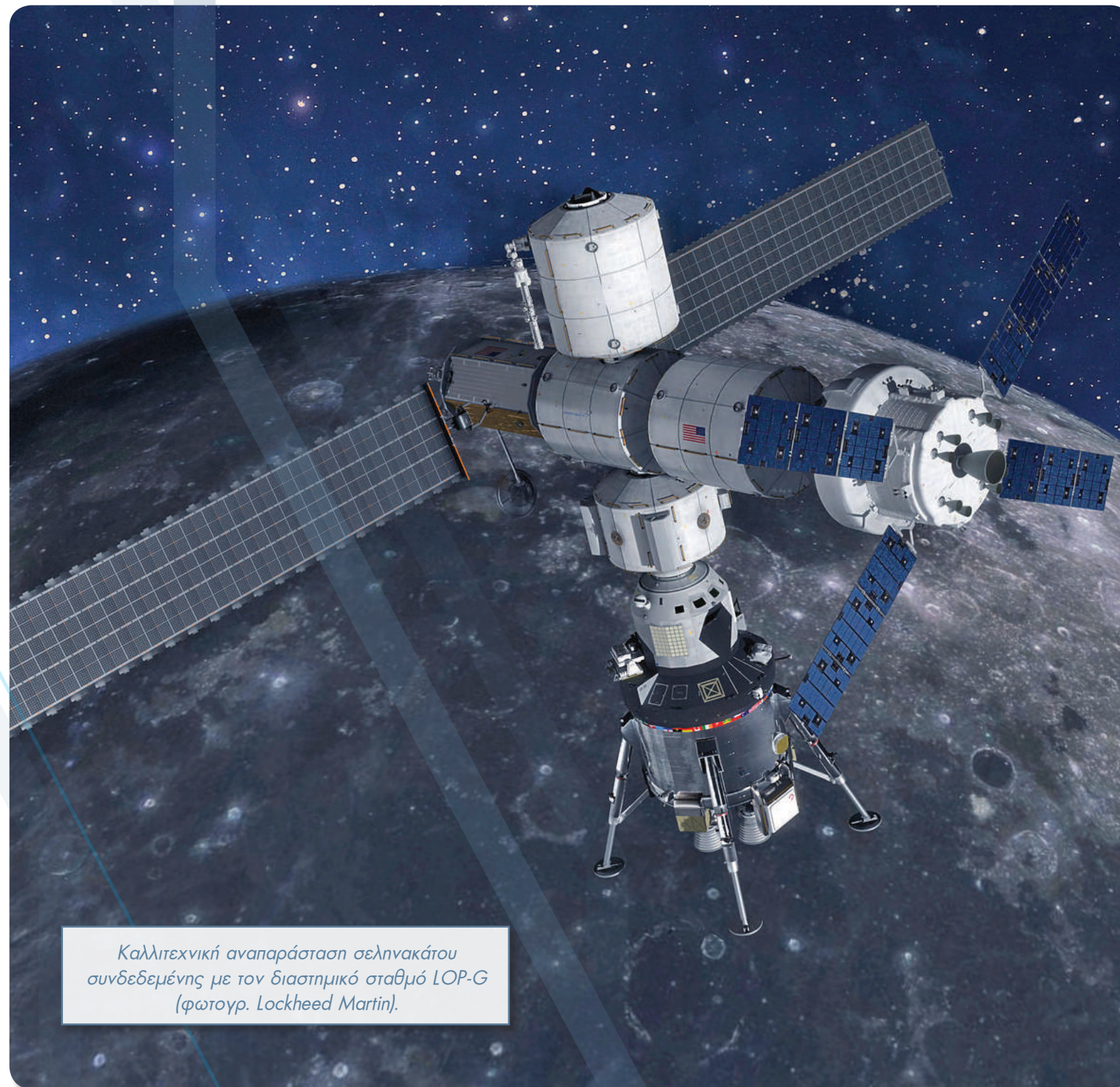
Η ΠΡΩΤΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗ

Η έμφυτη περιέργεια που μας χαρακτηρίζει ως νοήμονα όντα, αλλά και το διαχρονικό μας όνειρο να απελευθερωθούμε από τα «δεσμά» της βαρύτητας που μας κρατούν «αιχμάλωτους» στην Γη, πάντα μας «έσπρωχναν» προς το Διάστημα. Τα κίνητρα, ωστόσο, που μας ωθούν στο Διάστημα δεν είναι πάντα και τόσο «ευγενικά». Για του λόγου το αληθές, αρκεί να θυμηθούμε ότι όταν εντέλει ο Neil Armstrong έκανε το πρώτο του «μικρό βήμα» στην επιφάνεια της Σελήνης, αυτό «το γιγάντιο άλμα για την ανθρωπότητα» ήταν πρωτίστως το αποτέλεσμα του αδυσώπητου ανταγωνισμού μεταξύ της ΕΣΣΔ και των ΗΠΑ. Είναι γεγονός, πάντως, ότι τόσο η NASA, όσο και ο ιδιωτικός τομέας, ήδη επεξεργάζονται σχέδια για την πρώτη επανδρωμένη αποστολή προς τον Άρη.



Καλλιτεχνική αναπαράσταση της εκτόξευσης ενός πυραύλου SLS (φωτογρ. NASA/MSFC).

H NASA, για παράδειγμα, ήδη αναπτύσσει για τον σκοπό αυτό τον ισχυρότερο πύραυλο της ιστορίας της. Ικανός να μεταφέρει πολύ μεγαλύτερο ωφέλιμο φορτίο από οποιονδήποτε άλλο πύραυλο στην ιστορία της διαστημικής εξερεύνησης, ο πύραυλος **SLS** (Space Launch System) θα χρησιμοποιηθεί καθόλη την διάρκεια της επόμενης δεκαετίας για την υλοποίηση αρκετών αποστολών προς την Σελήνη, ρομποτικών και επανδρωμένων, με απώτερο στόχο την συνεχή βελτίωσή του, ώστε να χρησιμοποιηθεί για την μεταφορά του πρώτου επανδρωμένου διαστημοπλοίου προς τον Άρη. Το διαστημόπλοιο αυτό, γνωστό ως **Deep Space Transport (DST)**, θα αποτελείται από την διαστημική κάψουλα **Orion**, καθώς και από ειδικό θάλαμο διαβίωσης για τους αστροναύτες. Παράλληλα, η NASA επεξεργάζεται σχέδια για την κατασκευή ενός νέου διαστημικού σταθμού, ο οποίος θα συναρμολογηθεί σε τροχιά γύρω από την Σελήνη και θα αποτελέσει την βάση εκτόξευσης του DST. Ο σταθμός αυτός, γνωστός με την ονομασία **Lunar Orbital Platform-Gateway (LOP-G)**, θα περιλαμβάνει ερευνητικό εργαστήριο και χώρους διαμονής των αστροναυτών. Κυρίως, όμως, θα λειτουργεί ως κέντρο επικοινωνιών, χώρος «στάθμευσης» ρομποτικών οχημάτων και άλλων διαστημοσκευών, και φυσικά θα αποτελέσει τον κόμβο αναχώρησης και επιστροφής, τόσο για επανδρωμένες και ρομποτικές αποστολές στην επιφάνεια της Σελήνης, όσο και για την πρώτη επανδρωμένη αποστολή προς τον Άρη.



Καλλιτεχνική αναπαράσταση σεληνακάτου συνδεδεμένης με τον διαστημικό σταθμό LOP-G (φωτογρ. Lockheed Martin).

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα σχέδια αυτά της NASA έχουν ήδη δεχθεί έντονη κριτική από αρκετούς ειδικούς. Σύμφωνα μ' αυτά, ωστόσο, η πρώτη εκτόξευση ενός επανδρωμένου Orion με την βοήθεια του SLS προγραμματίζεται για το 2022, με στόχο την περιφορά της διαστημοσκευής γύρω από την Σελήνη και την επιστροφή της στην Γη. Την ίδια χρονιά πιθανολογείται ότι θα ξεκινήσει και η συναρμολόγηση σε τροχιά του LOP-G, η οποία θα ολοκληρωθεί με την βοήθεια αρκετών ακόμη επανδρωμένων αποστολών του Orion. Το ίδιο το DST πιθανώς θα μεταφερθεί στον διαστημικό σταθμό το 2027. Περίπου 2 χρόνια αργότερα, θα υλοποιηθεί μία ακόμη αποστολή, στην διάρκεια της οποίας το DST με πλήρωμα 4 αστροναύτες θα παραμείνει σε τροχιά γύρω από την Σελήνη για περισσότερο από έναν χρόνο. Βασικός στόχος της αποστολής αυτής θα είναι ο διεξοδικός έλεγχος της λειτουργίας του DST, προτού χρησιμοποιηθεί για την αποστολή αστροναυτών προς τον Άρη. Με τα σημερινά δεδομένα, η πρώτη αυτή αποστολή αστροναυτών προς τον Κόκκινο Πλανήτη θα εκτοξευθεί πιθανώς το 2033 και θα επιστρέψει στην Γη περίπου 3 χρόνια αργότερα. Στην διάρκειά της, ωστόσο, οι αστροναύτες δεν θα προσεδαφιστούν στην επιφάνεια του Άρη.

Εάν υποθέσουμε ότι η πρώτη αυτή επανδρωμένη αποστολή θα έχει αίσιο τέλος, το επόμενο βήμα θα είναι η αποβίβαση των πρώτων αστροναυτών στην επιφάνεια του Κόκκινου Πλανήτη. Με τα σημερινά δεδομένα, ωστόσο, παραμένει αβέβαιο το

πότε ακριβώς θα υλοποιηθεί το σπουδαίο αυτό εγχείρημα. Ενδεχομένως, πάντως, θα προηγηθούν ρομποτικές αποστολές για την μεταφορά θαλάμων διαβίωσης, καθώς και άλλων προμηθειών, οι οποίες θα περιμένουν τους πρώτους αστροναύτες που θα περπατήσουν στην επιφάνειά του.

Όσο μακρύτερα στοχεύουμε στο Διάστημα, τόσο μεγαλύτερες είναι οι προκλήσεις και οι κίνδυνοι που θα αντιμετωπίσουμε. Πραγματικά, τα φιλόδοξα αυτά σχέδια, αρχικά της επανέναρξης των επανδρωμένων αποστολών προς την Σελήνη και στην συνέχεια η υλοποίηση της πρώτης επανδρωμένης αποστολής προς τον Άρη, συνεπάγονται τεράστιο κόστος υλοποίησης. Επιπλέον, όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια μίας επανδρωμένης αποστολής, τόσες περισσότερες προμήθειες θα πρέπει να μεταφέρει, τόσο καλύτερα θωρακισμένη θα πρέπει να είναι απέναντι στις βλαβερές ακτινοβολίες και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερο βάρος θα έχει. Εκτός αυτού, οι προκλήσεις που αφορούν στην ανάπτυξη και τον έλεγχο των απαραίτητων τεχνολογιών για την κατασκευή νέων, ισχυρότερων και αποδοτικότερων πυραύλων και διαστημοσκευών, δεν έχουν σε καμία περίπτωση αντιμετωπιστεί, ενώ οι επιστήμονες και οι μηχανικοί που επεξεργάζονται αυτά τα σχέδια δεν είναι ακόμη σε θέση να εγγυηθούν την ασφάλεια των αστροναυτών που θα συμμετέχουν μελλοντικά σε αποστολές μεγαλύτερης διάρκειας.

Γνωρίζουμε, για παράδειγμα, ότι η διαβίωση των αστροναυτών σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας

για μεγάλο χρονικό διάστημα προκαλεί μυϊκή ατροφία και οστεοπόρωση. Εκτός αυτού, η έκθεση των αστροναυτών στις επικίνδυνες ακτινοβολίες των ηλιακών εκλάμψεων και των κοσμικών ακτίνων πολλαπλασιάζει τον κίνδυνο θανάτου τους από καρκίνο. Παρόλο που οι επιστήμονες διερευνούν διεξοδικά τους πιθανούς τρόπους με τους οποίους θα βελτιώσουν την θωράκιση των θαλάμων διαβίωσης των αστροναυτών από τις ακτινοβολίες αυτές, οι περισσότεροι απ' αυτούς συνεπάγονται και σημαντική αύξηση του βάρους των διαστημοσκευών μας, καθιστώντας την εκτόξευσή τους ακόμη πιο δαπανηρή και δύσκολη.

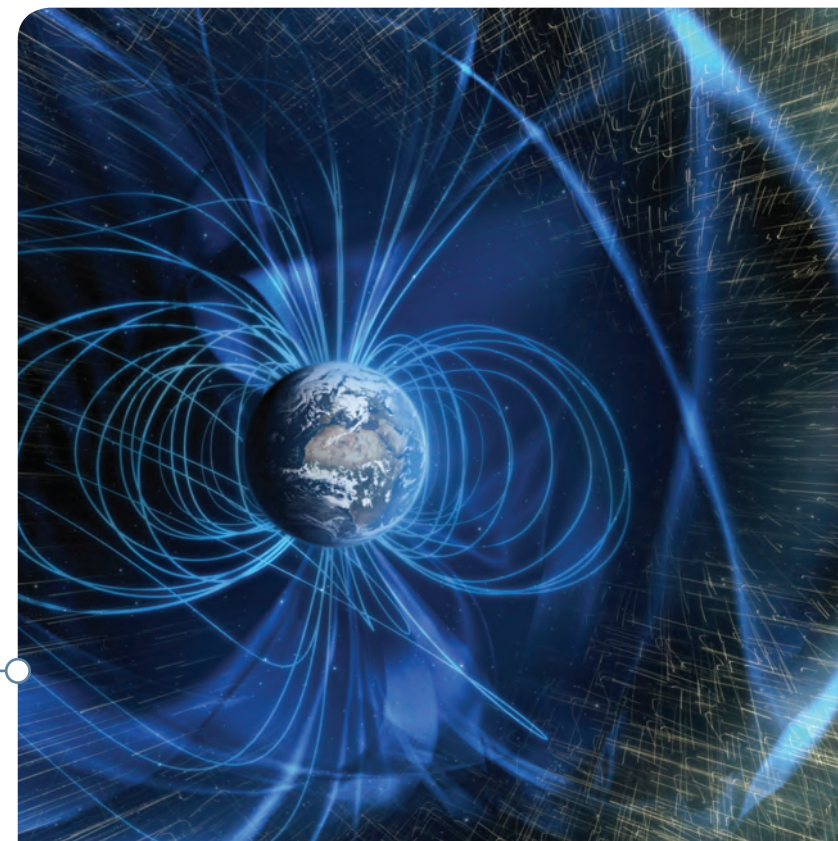
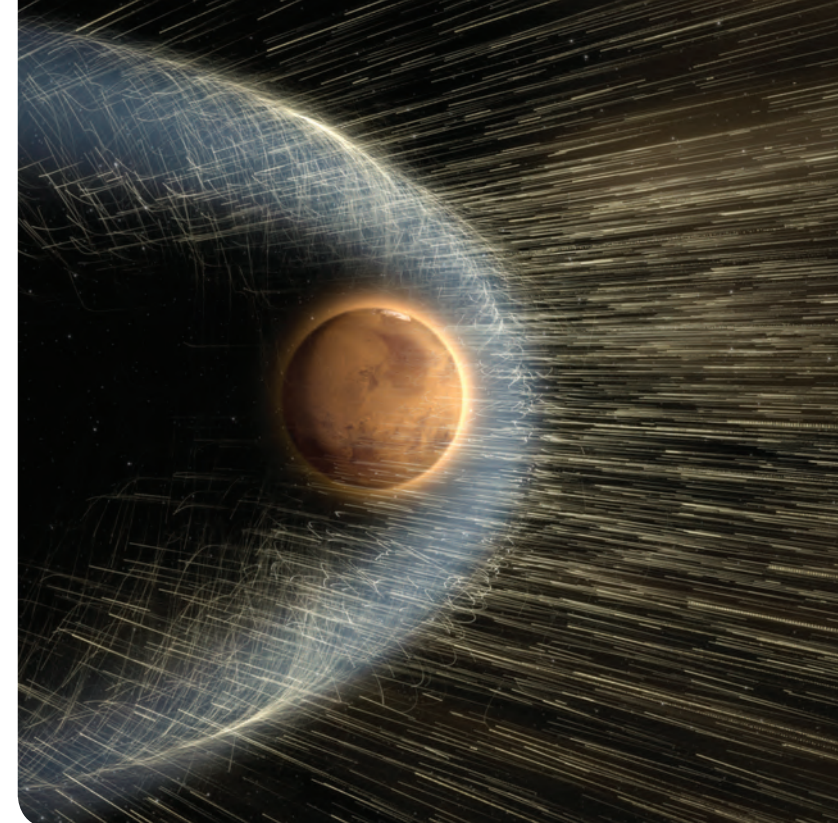
Τον ίδιο αυτό κίνδυνο θα αντιμετωπίσουν και οι πρώτοι αστροναύτες που θα περπατήσουν μελλοντικά στον Άρη, αφού ο πλανήτης αυτός δεν διαθέτει ασπίδα του όζοντος και πλανητικό μαγνητικό πεδίο που θα τους προστάτευε. Επιπλέον, η πρώτη επανδρωμένη αποστολή προς τον Άρη θα διαρκέσει, όπως είπαμε, περίπου 3 χρόνια. Πώς θα επηρεαστεί η συμπεριφορά των αστροναυτών που θα είναι αναγκασμένοι να ζουν σε έναν εξαιρετικά περιορισμένο χώρο για ένα τόσο μεγάλο χρονικό διάστημα; Πώς θα αντιδράσουν σε συνθήκες διαρκούς πίεσης και άγχους και με την γνώση ότι μία αποστολή διάσωσης δεν θα μπορεί να υλοποιηθεί έγκαιρα; Η σωστή ψυχολογική προετοιμασία τους είναι ένα ακόμη ζητούμενο.

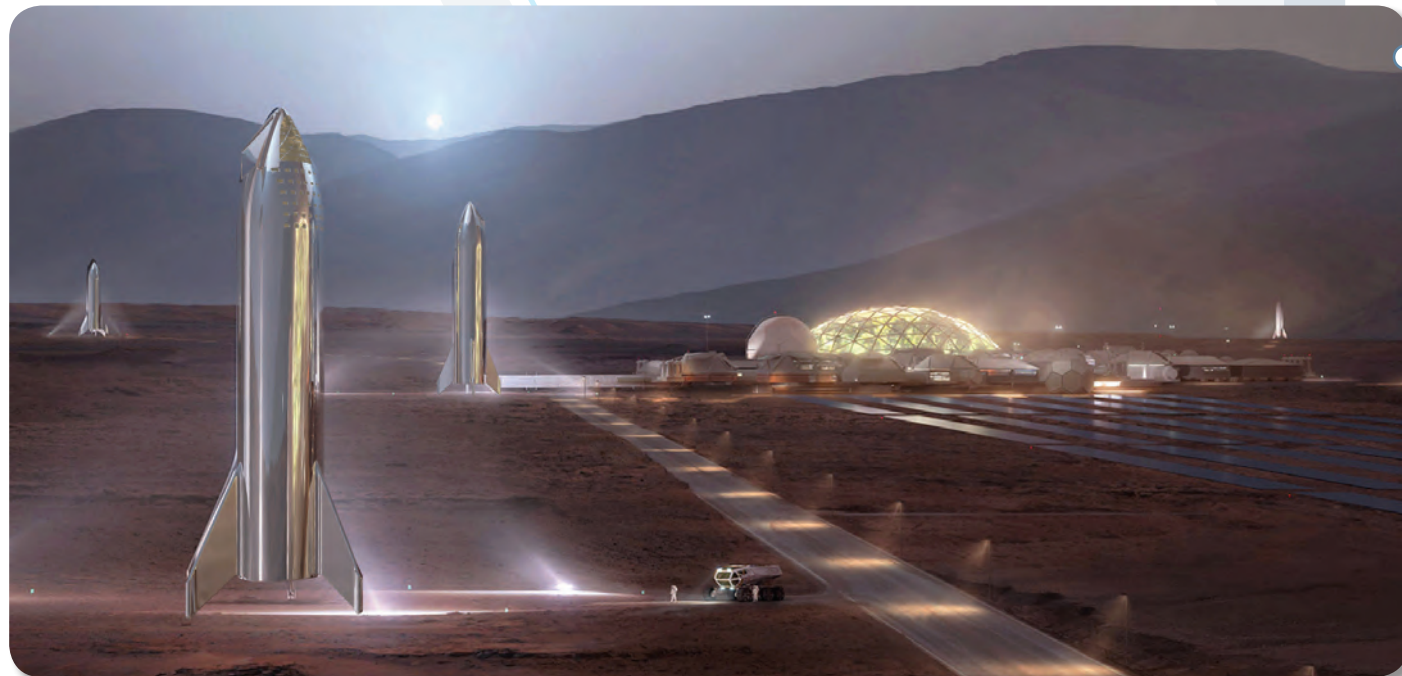
Για τους λόγους αυτούς, και λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα ρομποτικό όχημα μπορεί να διερευνήσει ταχύτερα και φθηνότερα ακόμη και τους πιο μα-

κρινούς και αφιλόξενους προορισμούς, πολλοί επιστήμονες θεωρούν ότι τα οφέλη από τις επανδρωμένες αποστολές του μέλλοντος δεν θα είναι τόσα, ώστε να δικαιολογήσουν την υλοποίησή τους. Ο τρόπος, όμως, που το ανθρώπινο μυαλό αξιολογεί δεδομένα, λαμβάνει αποφάσεις και προσαρμόζεται σε νέες καταστάσεις είναι μοναδικός. Γι' αυτό και άλλοι επιστήμονες θεωρούν ότι οι επανδρωμένες αποστολές υπερτερούν σε σχέση με εκείνες που υλοποιούνται μόνο από ρομποτικές διαστημοσκευές. Ας μην ξεχνάμε, άλλωστε, ότι είναι στην φύση μας να εξερευνούμε το άγνωστο και ότι δεν υπάρχει μεγαλύτερη πρόκληση από το άγνωστο του Διαστήματος. Δεν υπάρχει, λοιπόν, αμφιβολία ότι η πρώτη επανδρωμένη αποστολή προς τον Άρη θα αιχμαλωτίσει το μυαλό και τις καρδιές των ανθρώπων όσο καμία άλλη έως τότε.

Δεδομένων, ωστόσο, των μεγάλων τεχνολογικών προκλήσεων, αλλά και του τεράστιου κόστους, πολλοί επιστήμονες, καθώς και η ίδια η NASA, αναγνωρίζουν ότι μόνο με την διακρατική συνεργασία, την σύμπραξη NASA και ESA και την συνεισφορά του ιδιωτικού τομέα, το σπουδαίο αυτό εγχείρημα θα έχει σημαντικές πιθανότητες επιτυχίας. Και σ' αυτήν την περίπτωση, ωστόσο, αρκετοί επιστήμονες εκτιμούν ότι η πρώτη επανδρωμένη αποστολή προς τον Άρη δεν θα είναι δυνατόν να υλοποιηθεί νωρίτερα από τις αρχές της δεκα-

Σε αντίθεση με την Γη, ο Άρης δεν διαθέτει πλανητικό μαγνητικό πεδίο που θα τον προστάτευε από τον ηλιακό άνεμο (φωτογρ. NASA/GSFC).





Καλλιτεχνική αναπαράσταση Βάσης στον Άρη και του πυραύλου BFR της εταιρείας SpaceX (φωτογρ. SpaceX).

ετίας του 2040. Ένας από τους βασικούς λόγους γι' αυτό είναι και η αυτονόητη απαίτηση για την παροχή αποδείξεων ότι η αποστολή αστροναυτών προς τον Κόκκινο Πλανήτη μπορεί να υλοποιηθεί με σχετική, έστω, ασφάλεια. Η ιδιωτική πρωτοβουλία, αντιθέτως, δεν περιορίζεται από τέτοιου είδους «ανησυχίες», αφού ως γνωστόν αναλαμβάνει μεγαλύτερα ρίσκα, αδιαφορώντας πολλές φορές για τις συνέπειες. Μόλις τον Σεπτέμβριο του 2018, για παράδειγμα, ο **Elon Musk** ανακοίνωσε ότι η εταιρεία του **SpaceX** θα υλοποιήσει την πρώτη επανδρωμένη αποστολή προς τον Άρη το 2024, ενώ θα κατασκευάσει μία πρώτη βάση εκεί ίσως και το 2028.

Απ' ό,τι φαίνεται, όμως, ο Musk είναι υπερβολικά αισιόδοξος ή υπερβολικά αδιάφορος για τους

κινδύνους που θα αντιμετωπίσουν οι αστροναύτες του. Τα πολλά και συγκεκριμένα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι επανδρωμένες αποστολές προς τον Άρη δεν έχουν σε καμία περίπτωση επιλυθεί, ούτε από τους επιστήμονες του ιδιωτικού τομέα, ούτε από τους επιστήμονες της NASA ή των άλλων διαστημικών υπηρεσιών. Ο **Σταμάτης Κριμιζής**, ένας από τους σπουδαιότερους επιστήμονες διεθνώς στον χώρο της διαστημικής Φυσικής, Επικεφαλής Ερευνητής της NASA σε πολλές διαστημικές αποστολές, μεταξύ των οποίων εκείνες των δύο Voyager και του Cassini, ανέφερε χαρακτηριστικά σε συνέντευξή του τον Δεκέμβριο του 2016 στην εφημερίδα [Ναυτεμπορική](#):

«Παρακολούθησα από κοντά τον Σεπτέμβριο την ομιλία του Musk στην Γκουανταλαχάρα του Μεξί-

κού, όπου παρουσίασε τον οδικό χάρτη για τον εποικισμό του Άρη. Κάποια ορόσημα που έθεσε, όπως η δημιουργία μίας μόνιμης βάσης 200.000 ανθρώπων μέχρι το 2100, θα έλεγα πως ανήκουν στη σφαίρα της επιστημονικής φαντασίας. Προσωπικά συντάσσομαι με την πιο πρόσφατη αξιολόγηση της αμερικανικής Ακαδημίας Επιστημών που έχω διαβάσει, σύμφωνα με την οποία η πρώτη αποστολή αστροναυτών στον Άρη τοποθετείται από το 2050 κι έπειτα. Μάλιστα, είμαι σίγουρος πως θα γίνει πραγματικότητα με τη συνεργασία όλων των υπηρεσιών Διαστήματος. Ο λόγος που θα πρέπει να περάσουν τουλάχιστον τρεις δεκαετίες είναι πως καμία κρατική υπηρεσία δεν θα έστελνε ανθρώπους στον Άρη, αν δεν είχε τη δυνατότητα να εγγυηθεί πως θα ταξιδέψουν και θα επιστρέψουν με ασφάλεια. Από την άλλη μεριά, βέβαια, μία ιδιωτική εταιρεία μπορεί να δοκιμάσει νωρίτερα, ζητώντας όμως από τους εθελοντές να ρισκάρουν ακόμη και τη ζωή τους».

Στην αέναη προσπάθειά μας να αποκρυπτογραφήσουμε τα μυστικά του Σύμπαντος, ένα αναπάντητο ακόμα ερώτημα επανέρχεται ξανά και ξανά: υπάρχουν

ακόμη ζώα πέρα από την Γη; Παρόλο που δεν γνωρίζουμε ακόμη την απάντηση, για πρώτη φορά στην ιστορία διαθέτουμε τις επιστημονικές και τεχνολογικές γνώσεις που θα μας επιτρέψουν να το απαντήσουμε. Συνεχίζοντας τα πρώτα μας βήματα προς τα άλλα ουράνια σώματα του Ηλιακού συστήματος, ανακαλύψαμε ότι ο γειτονικός μας Άρης είχε κάποτε ευνοϊκές συνθήκες για την εμφάνιση και διατήρηση μικροβιακής ζωής. Θα βρούμε άραγε απολιθωμένα ίχνη της στον Κόκκινο Πλανήτη; Θα μπορούσαν να επιβιώνουν ακόμη και σήμερα κατάλοιπα αυτής της ζωής, βαθιά στο υπέδαφος;

Προς το παρόν μόνο υποθέσεις μπορούμε να κάνουμε. Δεν πρέπει άλλωστε να ξεχνάμε ότι η εξερεύνηση του Διαστήματος αφορά και εμάς τους ίδιους. Όσα περισσότερα ανακαλύπτουμε για τους πλανήτες του Ηλιακού μας συστήματος, τόσο περισσότερα μαθαίνουμε για την γένεση, την εξέλιξη και το μέλλον του δικού μας πλανήτη, τόσο περισσότερα μαθαίνουμε για την απαρχή της ζωής στην Γη και τόσο πιο κοντά πλησιάζουμε στην απάντηση του κορυφαίου ερωτήματος: είμαστε άραγε μόνοι στο Σύμπαν; ☺



- Atkinson, Nancy, *Incredible stories from space: a behind-the-scenes look at the missions changing our view of the cosmos*, Page Street Publishing Company, ©2016.
- Bond, Peter, *Exploring the solar system*, Wiley-Blackwell, 2012.
- Hotakainen, Markus, *Mars: from myth and mystery to recent discoveries*, Springer, ©2008.
- Kargel, J. S., *Mars: a warmer, wetter planet*, Springer, ©2004.
- Petersen, Carolyn Collins, *Space exploration: past, present, future*, Amberley, 2017.
- Pletser, Vladimir *On to Mars!: chronicles of Martian simulations*, Springer/Springer Nature, ©2018.
- Vogt, Gregory L., *Landscapes of Mars: a visual tour*, Springer Science+Business Media, 2008.

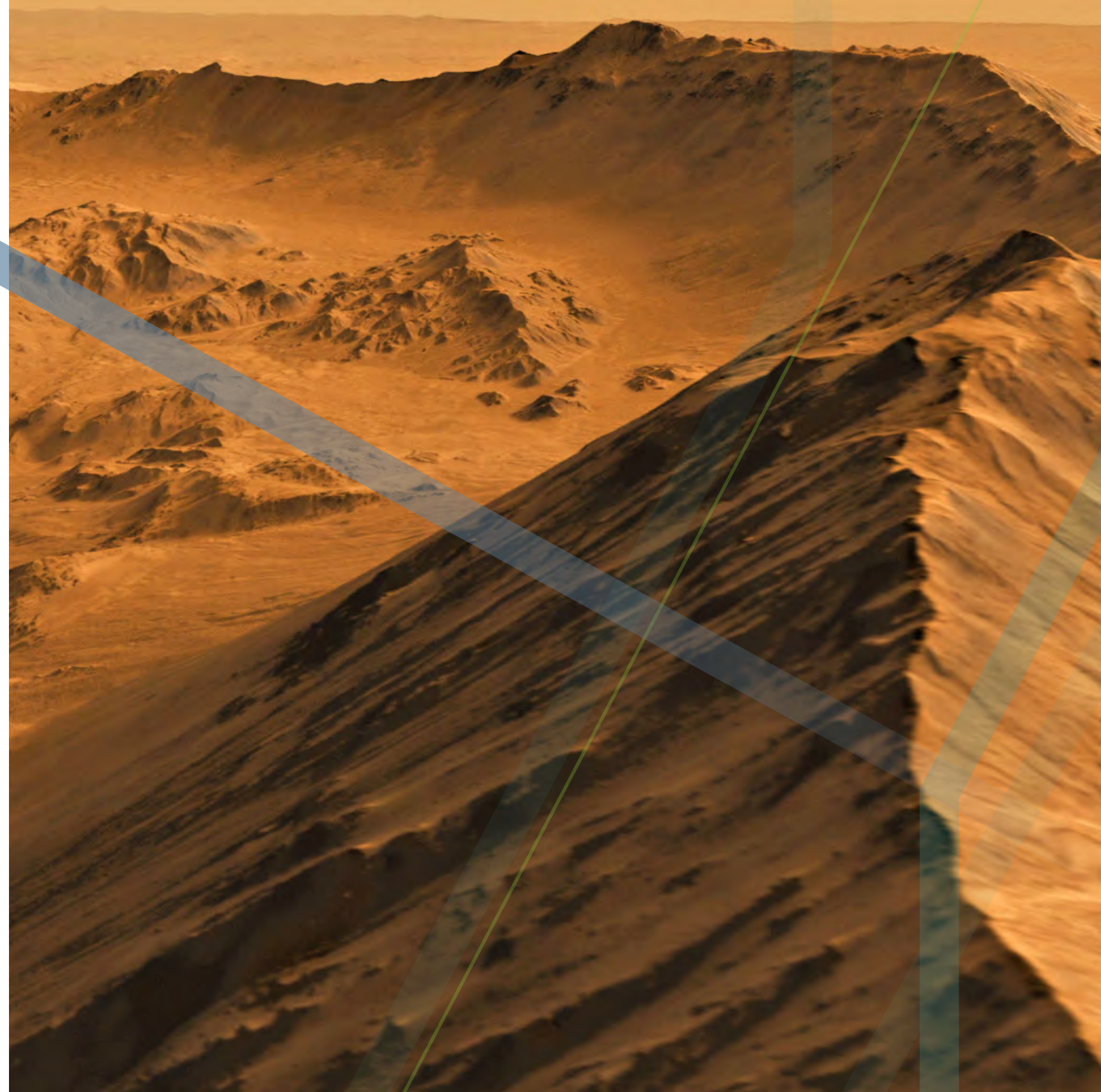
<https://solarsystem.nasa.gov/planets/mars/overview/>

<https://mars.nasa.gov/>

https://www.nasa.gov/mission_pages/mars/main/index.html

<http://exploration.esa.int/mars/>

<http://www.nhm.ac.uk/discover/life-on-mars.html>



ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ

αφήγηση

ΓΙΑΝΝΗΣ ΣΤΑΝΚΟΓΛΟΥ

narration

ARIS GERONTAKIS

σκηνοθετική επιμέλεια

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ

επιστημονική επιμέλεια &

κείμενο αφήγησης

ΑΛΕΞΗΣ ΔΕΛΗΒΟΡΙΑΣ

μουσική & sound design

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Κ. ΚΑΤΣΑΡΗΣ

διεύθυνση παραγωγής

ΜΑΝΟΣ ΚΙΤΣΩΝΑΣ

σύμβουλος παραγωγής

ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ Π. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΣ

διεύθυνση φωτογραφίας συνεντεύξεων

ΗΛΙΑΣ ΜΠΑΛΑΝΤΑΣ

title animation & compositor

συνεντεύξεων

ΓΙΑΝΝΗΣ ΒΑΜΒΑΚΑΣ

graphic design

ΕΥΓΕΝΙΑ ΣΤΑΒΑΡΗ

ΧΡΥΣΑΝΘΗ ΒΑΣΟΠΟΥΛΟΥ

τεχνικοί πλανηταρίου

ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΛΟΥΒΑΡΗΣ

ΧΡΗΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΓΙΩΡΓΟΣ

BOCHUM PLANETARIUM

Bochum, Germany

producer

MANFRED HUNERBEIN

executive producer

Dr. BJORN VOSS

3d artists & compositing artists

ROBERT R. PERDOK

TOBIAS WIETHOFF

CREATIVE PLANET

Latchorzew, Poland

supervisor

MACIEJ LIGOWSKI

art direction

MACIEJ RASALA

3d animation

MACIEJ RASALA

MACIEJ LIGOWSKI

MACIEJ SZNABEL

LESZEK MIELCZARSKI

2d animation

MACIEJ SKALKOWSKI

modeling & textures

MACIEJ RASALA

ADAM TUSSZCZYNSKI

MIROSLAW RESTEL

MACIEJ LIGOWSKI

LESZEK MIELCZARSKI

ADAM BAKOWSKI

compositing & light

MACIEJ RASALA

MACIEJ LIGOWSKI

ESO IMAGES

Munich, Germany

fulldome video of Mars

NASA

M. KORNMESSER

out there: the quest for extrasolar worlds

MARC HORAT

(director & executive producer)

UELI THALMANN *(production support)*

LARS LINDBERG CHRISTENSEN (ESO)

(production support)

GUIDO SCHWARZ

(NCCR PlanetS/Universitat Bern)

(production support)

WILLY BENZ

(NCCR PlanetS/Universitat Bern)

(production support)

PIERRE BRATSCHI

(NCCR PlanetS/Universitat Bern)

(production support)

LUIS CALCADA (ESO)

(3d modeling & texturing)

ALVIM CORREA

(war of the worlds illustrations)

EVANS & SUTHERLAND

Salt Lake City, Utah

executive producers

TERENCE MURTAGH

KIRK JOHNSON

producer

MICHAEL DAUT

art & animation director

DON DAVIS

animators

KEN CARLSON

MARTY SISAM

post-production

BRYCE BUCHANAN

MIRAGE 3D STUDIO

The Hague, Netherlands

producer

ROBIN SIP

c.g. production manager

JEROEN TANIS

concept art

DON DAVIS

animation

SIMEN STROEK

TODD SHERIDAN

JEROEN TAINIS

ERIK VISSCHERS

MARIJN KUIPER

character animation

ARJO MUNNIK

BRYAN NOTER

JONAS BORGEMEISTER

COLIN MORRISON

CAROL DO

TODD SHERIDAN

3d modeling manager

LAURA JOLLY

3d modeling

KEN CARLSON

MARTY SISAM

JEROEN TANIS

TONY MORRILL

TRUNG DANG

ROB MIENTJES

HOA DINH

KOLDO GARCIA

THIJS DE HAAS

MORRISSEY ALEXANDER

LIEKE VAN DER BERK

3d modeling additional

AARON WILGENBROED

TIFFANY JANSEN

ADRIAN HAGE

NORI DAVID

ELENA REBULLA

NATIONAL CENTER FOR SUPERCOMPUTING APPLICATIONS

Urbana, Illinois

producer

DONNA COX

visualizations

DONNA COX

ROBERT PATTERSON

STUART LEVY

AJ CHRISTENSEN

KAUNA BORKIEWICZ

JEFF CARPENTER

MATTHEW TURK

NORTHDOCKS

Kiel, Germany

vfx producer

JOACHIM PERSCHBACHER

3d artists

BOB WEBER

MARTIN KOSSMANN

MICHA TWARDY

compositing artist

SVEN WELLBROCK

SPITZ CREATIVE MEDIA

Chadds Ford, Pennsylvania

supervisor

THOMAS LUCAS

producers

MIKE BRUNO

DONNA COX

ROBERT PATTERSON

BRADLEY THOMPSON

animation & vfx production

BILL CARR

INNA LEONOV-KENNY

BRADLEY THOMPSON

WES THOMPSON

visualizations

GORAN STRAND

STEVEN REILLY

CASEY JOHNSON

DAVE DENEEN

WES THOMPSON

ISABELLA BRUNO

LEE PARKER

CLINT WEISBROD

SUDEKUM PLANETARIUM

Nashville, Tennessee

supervisor

DERRICK ROHL

media artist

DREW GILMORE

planetarian

CELESTE HOLLIMAN

radio play inspired by *War of the Worlds*

H.G. WELLS

ORSON WELLES

HOWARD E. KOCH

comics inspired by golden age originals

published by

AVON & PLANET COMICS

fulldome & post-production

video services

ΕΥΓΕΝΙΔΕΙΟ ΠΛΑΝΗΤΑΡΙΟ

post-production audio services

STARGAZER AUDIO

Ιδρύματος Ευγενίδου

παραγωγή



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

© 2019

ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ: ΟΜΑΔΑ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ