

G. Viola

MARTE: FISIONOMIA DI UN PIANETA

G. Bernardi

*Il revival delle
lastre fotografiche*

G. Profita e G. Rossi

R Leonis
la stella rossa del Leone



Direttore Onorario
Prof. Mario Cavedon

Direttore Responsabile
Antonio Lucarella

Coordinatore Editoriale
Michele Ferrara

Referente Scientifico
Enrico Maria Corsini

Grafica e impaginazione
Quality Studio s.a.s

Hanno inoltre collaborato a questo numero:
Manuela Aguzzi, Gabriella Bernardi,
Umberto Berzano, Stefano Ciroi, Mario Dho,
Marco Fazzoli, Paolo Ferretti, Alessandro
Guatteri, Marco Micheli, Giuliano Monti,
Giuseppe Munno, Francesco Oldani, Angelo
Piemontese, Gabriele Profita, Massimiliano
Razzano, Fabio Rinati, Gianluca Rossi, Roberto
Serpilli, Luca Parravicini, Gianni Viola.

Per informazioni sugli autori:
www.lastronomia.it

Direzione, Amministrazione e Redazione
OPEN GAME S.r.l.
Via Lazzaretto, 19 - 20124 Milano
tel. 0245470634/35 - fax 0267382701
e-mail: redazione@lastronomia.it

Manoscritti, disegni e fotografie non richiesti
non verranno restituiti.

Copyright®2006

Tutti i diritti sono riservati: è vietata ogni
forma di riproduzione senza autorizzazione
scritta dell'editore.

Pubblicità:
OPEN GAME S.r.l.

Stampa:
NEW PRINT S.r.l.
Via C. Cattaneo, 11/13 - Gorgonzola (Mi)

Spedizione:
in abbonamento postale 70%
FILIALE DI MILANO

Distributore per l'Italia
A. G. MARCO - Via Fortezza 27 - 20126 Milano
tel. 0225261

Registrazione
TRIBUNALE di MILANO
n°4 del 9 Gennaio 1987

S O M M A R I O



IN COPERTINA

N44 è un'immensa bolla di idrogeno ionizzato (HII) situata nella Grande Nube di Magellano. Recenti osservazioni sembrano indicare che la sua particolare forma è costantemente modellata dai venti emanati dall'ammasso stellare che contiene, ma forse anche da onde d'urto originate nel passato dall'esplosione di supernovae. L'incertezza deriva dal fatto che l'intensità dei venti non sembra giustificare l'attuale disposizione dell'involucro gassoso. Si veda la notizia a pag. 7. (Gemini Legacy Image)

EDITORIALE 4

GALLERY 16

Il cielo dei lettori

SISTEMA SOLARE 18

Marte: fisionomia di un pianeta

L'attuale morfologia del pianeta rosso testimonia tempi in cui la sua superficie era idrogeologicamente vivace, al punto da poter essere assimilata all'odierna superficie terrestre. Mari, laghi e fiumi modellarono a lungo le lande marziane, e un approccio non tanto astronomico quanto geologico ci permette di rivivere quel lontano periodo di attività e di capire perché oggi l'esplorazione del piccolo pianeta si fa sempre più pressante. di Gianni Viola

OSSESSORATORI 36

Il revival delle lastre fotografiche

Le lastre fotografiche dell'Osservatorio Astronomico di Pino Torinese rappresentano un'enorme potenziale scientifico per ricerche attuali e non solo. Ora, con una pazienza da certosino, c'è chi le sta trasformando in una banca dati digitale. di Gabriella Bernardi

VARIABILI 44

La stella rossa del leone

Il settore delle stelle variabili è storicamente uno dei più graditi all'astrofilo e uno dei pochi dove un impegno costante può realmente fornire risultati utili all'astronomia. Conosceremo ora una variabile dal periodo particolarmente lungo e i complessi meccanismi fisici che ne alterano la luminosità. di Gabriele Profita e Gianluca Rossi

SKY SOFTWARE 49

La messa a punto del telescopio attraverso l'immagine digitale

Attraverso la misurazione e la comparazione delle immagini astronomiche ottenute tramite camera CCD è possibile collimare al meglio le ottiche e valutare la qualità della meccanica. Ecco un paio di applicazioni che fanno al caso nostro.

di Mario Dho

Rubriche

NOTIZIARIO 4

autori vari

ASTROAGENDA 56

di Roberto Serpilli

ASTRONAUTICA 62

Rampa di lancio

di Manuela Aguzzi

DEEP SKY 64

Verso la stagione delle galassie

di Umberto Berzano

COMETE 66

Primo approccio all'osservazione

di Marco Micheli

PIANETI 69

Dopo Saturno ecco Giove

di Fabio Rinati

ASTRONOMIA SENZA TELESCOPIO 72

Il cielo di fine inverno: Orsa Maggiore, Leone e Cancro

di Luca Parravicini

PROFILO 75

Padre Angelo Secchi

di Alessandro Guatteri

TEST 77

Geoptik Formula 125, tubo ottico

di Giuliano Monti

ASTROPOSTA 79

a cura dello staff tecnico

VETRINA UAI 81

di Paolo Ferretti

ANNUNCI 82

Arretrati senza allegati: 10,00 euro

Arretrati con allegati: il doppio del prezzo di copertina

Raccoglitori: 10,00 euro

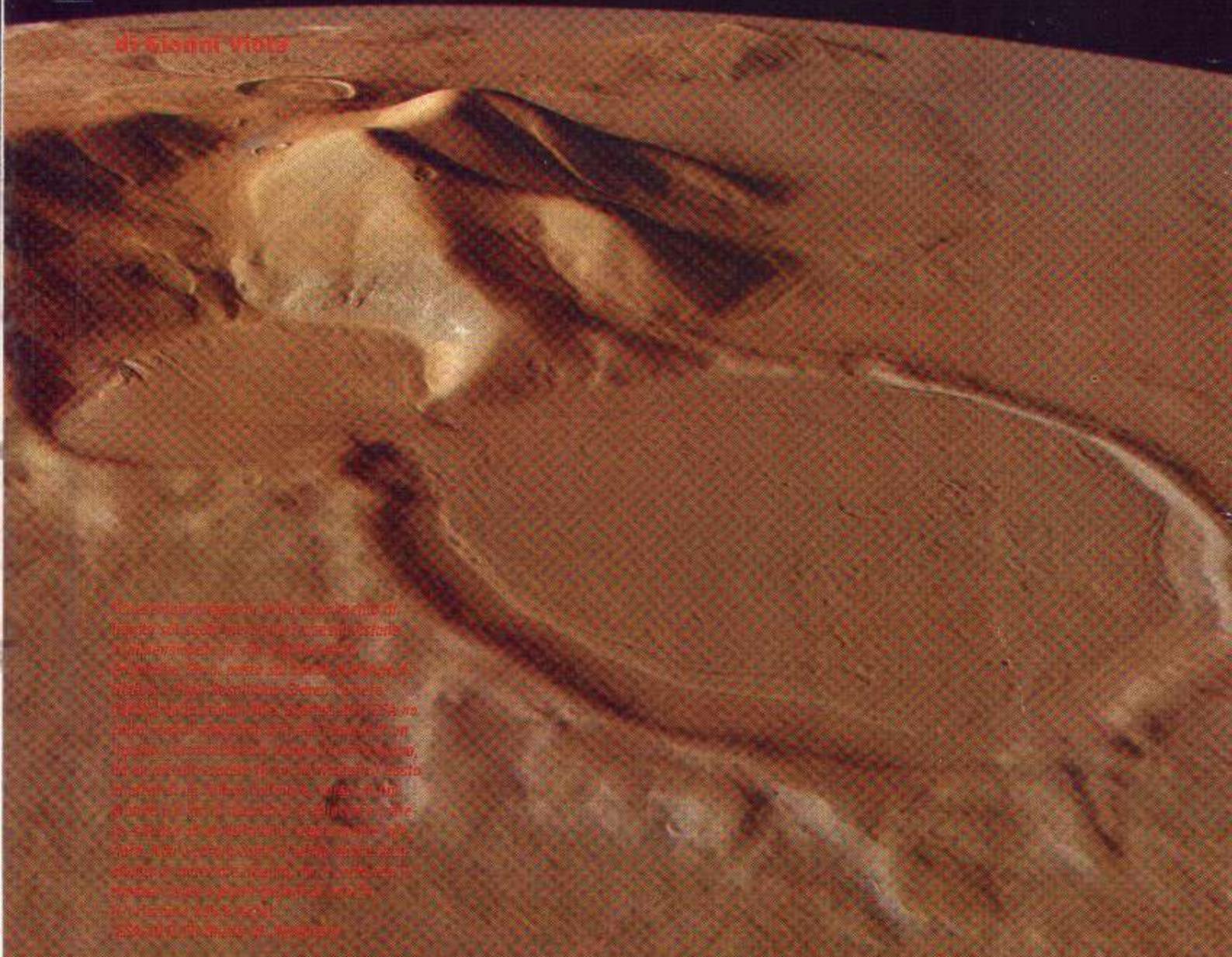
Versare l'importo sul C/C Postale n. 51606176 intestato a OPEN GAME S.r.l.

Marte: fisionomia di un pianeta

L'attuale morfologia del pianeta rosso testimonia tempi in cui la sua superficie era idrogeologicamente vivace, al punto da poter essere assimilata all'odierna superficie terrestre. Mari, laghi e fiumi modellarono a lungo le lande marziane, e un approccio non tanto astronomico quanto geologico ci permette di rivivere quel lontano periodo di attività e di capire perché oggi l'esplorazione del piccolo pianeta si fa sempre più pressante.

18

di Michael West



Un pianeta di origine terrestre, con le dimensioni di Terra ma con un contenuto di acqua molto inferiore. La sua atmosfera è molto più sottile, e la gravità è circa la metà di quella terrestre. Marte ha un aspetto molto diverso da Terra e da Venere. La sua superficie è ricoperta da un gran numero di crateri, alcuni dei quali sono molto grandi. I crateri sono formati da impatti di meteoriti, e la loro presenza suggerisce che Marte ha subito molti impatti nel suo passato. Il pianeta ha una superficie rossa, che è causata dalla presenza di ossido di ferro. La sua atmosfera è composta principalmente di zolfo e di ossigeno, e contiene anche un po' di idrogeno e di azoto. Marte ha un aspetto molto diverso da Terra e da Venere. La sua superficie è ricoperta da un gran numero di crateri, alcuni dei quali sono molto grandi. I crateri sono formati da impatti di meteoriti, e la loro presenza suggerisce che Marte ha subito molti impatti nel suo passato. Il pianeta ha una superficie rossa, che è causata dalla presenza di ossido di ferro. La sua atmosfera è composta principalmente di zolfo e di ossigeno, e contiene anche un po' di idrogeno e di azoto.

Se osserviamo il nostro mondo vediamo che esso presenta direttamente almeno tre elementi: gli oceani, o superficie d'acqua, le *terre emerse*, o superficie di terra, e l'atmosfera che avvolge gli uni e le altre. Se osserviamo il pianeta Marte ci accorgiamo che esso non ha oceani, ma di essi sono rimasti i fondi ormai prosciugati, di conseguenza non ha *terre emerse*, perché queste sarebbero tali in presenza delle terre sommerse, tuttavia esistono delle "terre alte" che erano terre emerse quando su Marte esistevano gli oceani. Infine, l'atmosfera di Marte è rappresentativa della situazione odierna del pianeta, ma gli studi condotti fino a questo momento, hanno dimostrato che essa, un tempo, doveva presentare caratteristiche simili all'attuale atmosfera della Terra. In conclusione, le differenze odierne esistenti fra la Terra e Marte, lungi dal rilevarne le diversità, ci permettono al contrario di porre in evidenza le molte analogie esistenti, ponendo l'accento proprio su una somiglianza di base.

Così come accade nell'ambito del sistema di tutti i pianeti a noi vicini (e possiamo immaginare pure dei pianeti di altri sistemi solari), il funzionamento del sistema Terra varia nel tempo e nello spazio. Si tratta di processi che possono estendersi per alcuni milioni d'anni o esaurirsi nel giro di pochi secondi, processi che possono interessare tutto un pianeta o piccole zone circoscritte. Lo studio interdisciplinare di tutti questi fenomeni è compendiato nell'espressione *scienza della Terra* e, considerata nel suo complesso, può essere assunta e applicata per un analogo studio del pianeta Marte, secondo il principio che oggetti simili possono essere studiati tramite metodologie funzionalmente analoghe.

Per tale motivo Marte non dovrebbe essere considerato qualcosa di diverso da ciò che usualmente s'intende con il termine Terra, dunque un *pianeta*. Questo significa che esso dovrebbe essere studiato per ciò che è ora, e non per come lo si è inteso in passato: un semplice oggetto *astronomico*. Si poteva considerare tale fino all'inizio dell'era spaziale, quando era possibile osservarlo solo *astronomicamente*. Dopo quella data, e grazie al numeroso materiale satellitare, (verosimilmente dopo il 1972) esso è divenuto un oggetto di studio comune, quasi quanto lo è la Terra.

Se ora noi tentiamo di immaginare Marte nella sua presumibile struttura di quando il pianeta era organicamente coperto da abbondanti acque per una larga parte della sua superficie, il primo dato che emerge è che nei due pianeti (Terra e Marte) il rapporto fra la superficie delle terre emerse e quella coperta dalle acque si presenta alquanto differente. Le terre emerse rappresentano oggi circa il 30 per cento della superficie terrestre, mentre su Marte rappresentavano circa il 70 per cento, in tal modo rappresentando un rapporto inverso rispetto alla Terra. Un rapporto simile a quello terrestre, esisteva invece nel solo emisfero settentrionale di Marte. Pressappoco si può affermare che le terre emerse marziane passate rappresentavano una quantità pari ai due terzi delle terre emerse attuali della Terra.

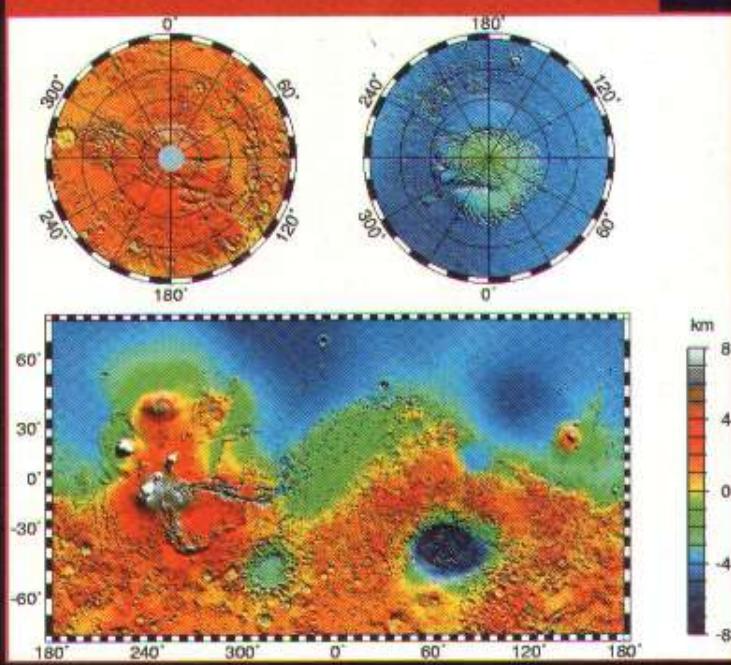
Divisione territoriale del pianeta

La superficie di Marte è stata divisa in 30 quadranti (indicati con la sigla MC (Mars Chart), seguita da un numero da 1 a 30, secondo il formato approvato dall'Unione Astronomica Interna-

zionale e comunemente usato da tutte le agenzie di mappatura. Questa divisione tiene conto della costruzione delle carte geografiche terrestri, dove la realtà è riprodotta (*riproduzione grafica*) in modo ridotto, vale a dire in scala, e simbolica, dunque attraverso l'uso di segni convenzionali, comprensivi d'oggetti, territori, regioni e zone geografiche. La riproduzione della realtà riguarda anche l'approssimazione della superficie sferica, ridotta in superficie piana. Ciò è possibile attraverso l'uso delle cosiddette proiezioni fondate su determinati procedimenti geometrici e su complessi calcoli matematici. Dei numerosi tipi di proiezioni oggi in uso, tre sono applicati alla cartografia marziana. Dai 30° di latitudine nord ai 30° di latitudine sud le proiezioni seguono il metodo di Mercatore per due bande di 8 quadranti ciascuno. Nelle bande della latitudine 30°N-65°N e 30°S-65°S, 12 quadranti vennero a suo tempo disegnati sulla base del metodo Lambert. Le due regioni polari in direzione nord di 65° e in direzione sud di 65°, furono tracciate secondo basi stereografiche polari (Universal Polar Stereographic).

I quadranti disegnati secondo il metodo di Mercatore sono 16, di cui 8 a nord dell'equatore e 8 a sud. Posto che la numerazione di tutti i quadranti procede progressivamente da nord a sud, i sedici quadranti di Mercatore sono compresi fra l'8° e il 23° quadrante.

Mappa di Marte policromatica altimetrica su proiezione di Mercatore e proiezione polare. [NASA - Mars Global Surveyor (MGS) - Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA)]



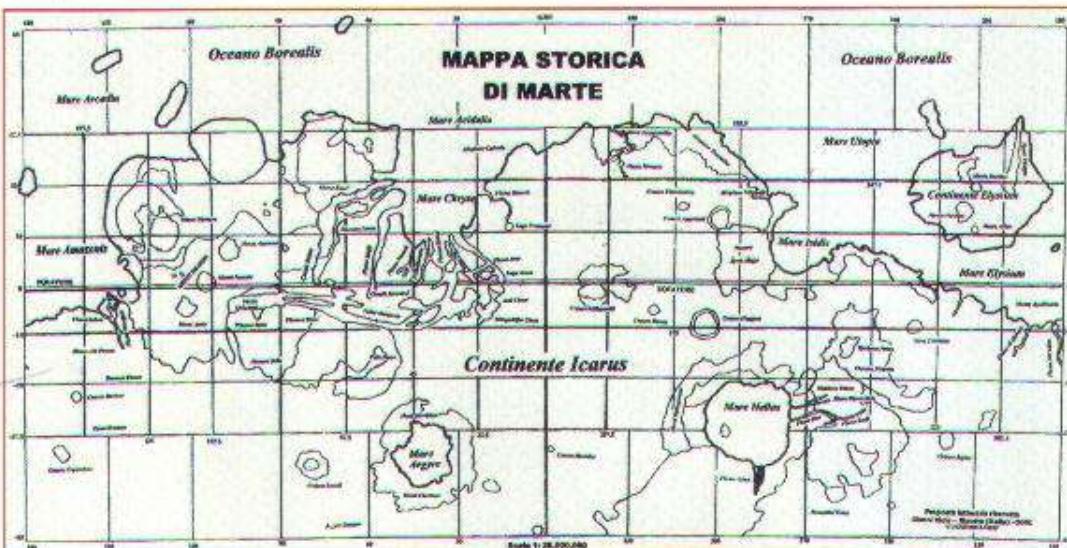
Ciascuno di questi quadranti centrali (posti a cavallo dell'equatore) è suddiviso in 4 settori, indicati secondo il relativo orientamento, dunque N-W, N-E, S-W, S-E. Mentre i quadranti sono contrassegnati con un numero accompagnato da un nome specifico (ad esempio: MC 11 - Oxia Palus), le sezioni dei quadranti non hanno ricevuto denominazioni particolari.

I quadranti costruiti secondo il metodo di Mercatore sono i seguenti: MC. 8-Amazonis, MC. 9-Tharsis, MC. 10-Limae Palus, MC. 11-

Oxia Palus, MC. 12-Arabia, MC. 13-Syria Major, MC. 14-Amenthes, MC. 15-Elysium, MC. 16-Memnonia, MC. 17-Phoenicis Lacus, MC. 18-Coprates, MC. 19-Margaritifer Sinus, MC. 20-Sinus Sabaeus, MC. 21-Iapygia, MC. 22-Mare Tyrrhenum, MC. 23-Aeolis.

I quadranti costruiti secondo il metodo di Lambert sono quelli contrassegnati con i numeri dal 2 al 7 (a nord dell'equatore) e dal 24 al 29 (a sud dell'equatore). Sono posti fra il gruppo della zona equatoriale (in numero di sedici) e quelli delle zone polari (due). In dettaglio: MC. 2-Diaria, MC. 3-Arcadia, MC. 4-Mare Acidalium, MC. 5-Ismenius Lacus, MC. 6-Casius, MC. 7-Cebrenia, MC. masia, MC. 26-Argyre, MC. 27-Noa Eridania.

20



*Mappa storica di Marte. Scala originale 1:28.000.000.
(Gianni Viola).*

MC. 30 (Mare Australe) con i lati meridionali dei quadranti di Lambert (da 24 a 29).

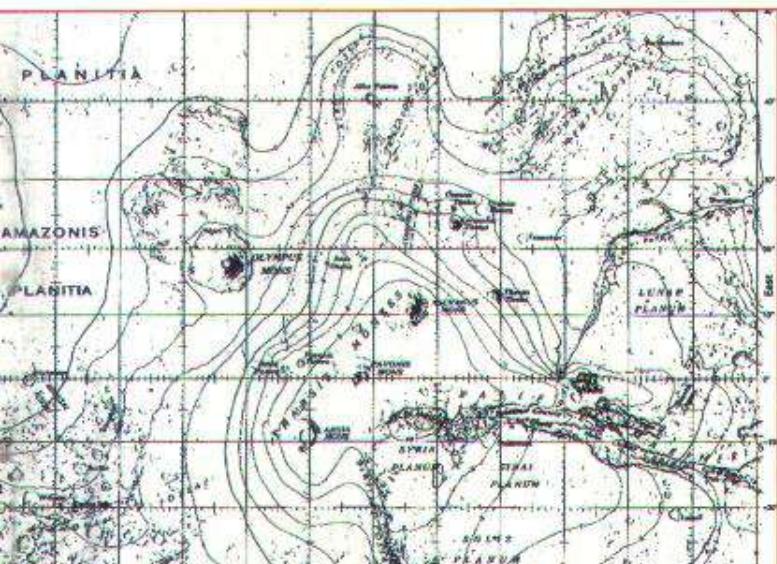
Il meridiano di riferimento di Marte (corrispondente al nostro meridiano di Greenwich) fu definito nel 1840 in occasione della produzione della prima carta topografica da parte di Beer e Madler. Tutto ciò per la semplice ragione che fino allora, causa la scarsa qualità dei telescopi utilizzati, non era stato possibile distinguere particolari di dimensione inferiore alle migliaia di chilometri.

Struttura geologica

Su Marte sono distinti quattro tipi di strutture geologiche: terreni vulcanici, terreni metamorfici, terreni antichi, terreni polari.

I terreni vulcanici (volcanic units) comprendono le strutture vulcaniche (volcanic constructs, simbolo V), consistenti in ripari, cupole, coni e crateri vulcanici; le pianure vulcaniche (volcanic plains, PV), che sono pianure con pochi crateri, nonché scarpate interpretate come fronti di corrente; le pianure moderatamente craterizzate (moderated cratered plains, PM), pianure con meno crateri o mancanti del tutto di strutture vulcaniche; infine le pianure craterizzate (cratered plains, PC) piani più densamente craterizzati con crateri contenenti crinali rassomiglianti a quelli dei mari lunari (Lunar Maria), contenenti anche più vecchie strutture vulcanicamente erose.

I terreni metamorfici comprendono le zone con frequenti solchi (C), composti probabilmente da depositi alluvionali, dal soffio del vento o dalla gran quantità di materia della parete consumata; le zone collinose arrotondate (HK), sono strutture collinose delle probabili isole e del presunto continente Elysium; le zone collinose frastagliate (HF), definite unità marginali nella scarpata Nord (la probabile linea di costa, posta tra il terreno craterico e le pianure indivise); le zone collinose caotiche (HC), consistenti in terreno composto da strutture di fondi sedimentari adiacenti ai canali o ai vicini bacini; le pianure (P), con bassa o media frequenza di crateri, per le quali si va accettando la natura di fondi di antichi mari.

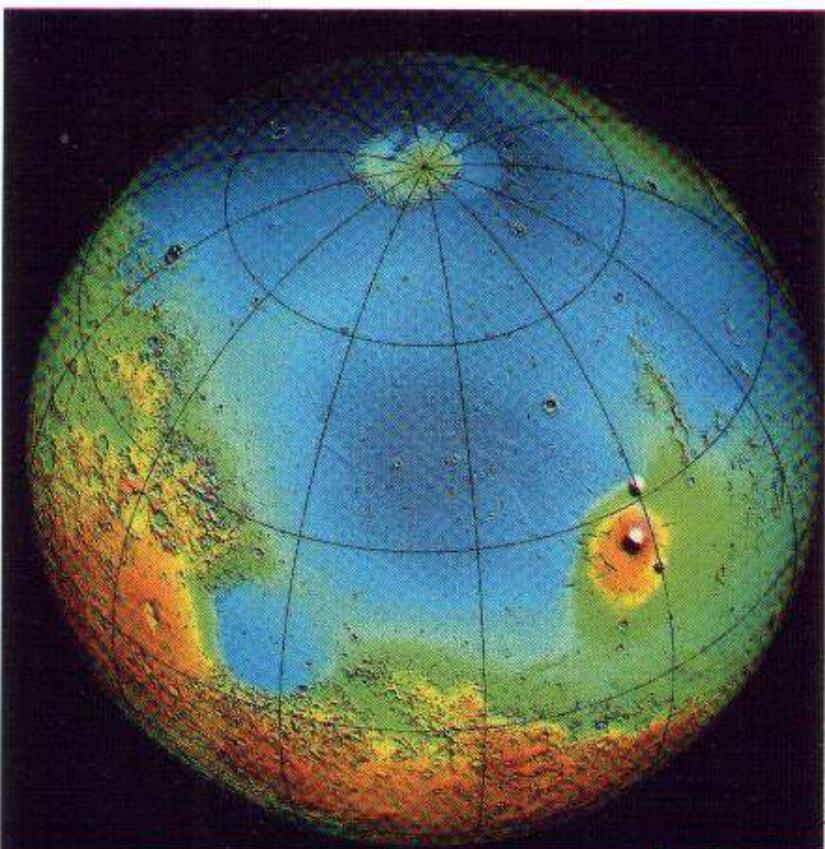


Altimetria della regione meridiana dei monti Tharsis. (NASA, United States Geological Survey (USGS))

Questi quadranti sono suddivisi, alcuni in 4 settori, altri in 5, cosicché alle quattro indicazioni di cui sopra (N-W, N-E, S-W, S-E), si aggiungono le indicazioni relative alle sezioni centrali, poste a nord dell'equatore (NC: Nord-Centrale) e a sud dell'equatore (SC: Sud-Centrale).

Le due regioni polari sono comprese in quadranti contrassegnati con i numeri 1 e 30, rispettivamente comprendenti il Polo Nord ed il Polo Sud.

Questi quadranti sono cerchi le cui circonferenze coincidono, nel caso del quadrante MC. 1 (Mare Boreum) con i lati settentrionali dei quadranti di Lambert (da 2 a 7) e, nel caso del quadrante



Globo di Marte, mappa topografica altimetrica policromatica, con prospettiva dell'Oceano Borealis, della costa del Continente Icarus (a sud) e visione globale dei continenti Boreum (Polo Nord) ed Elysium (nella parte orientale). (NASA-MGS-MOLA)

Abbiamo inoltre i terreni antichi (*ancient units*) comprendono le regioni crateriche (*cratered terrain undivided, CU*), che sono altipiani caratterizzati, densamente o moderatamente, da crateri, ritenuti più antichi di tutte le superfici; le zone montagnose (*mountainous terrain, M*) le quali comprendono i bordi dei bacini e le effusioni. Si tratta di terreno montagnoso formato in prevalenza di materiale marginale dei bacini accidentati, probabilmente erosi dalle esplosioni del bacino stesso. I terreni polari (*polar units*) comprendono i ghiacci permanenti (*permanent ice, PI*); le pianure erose e incise (*etched plains, EP*), consistenti nella superficie elevata con depositi erosi dal vento e non stratificati, talora caratterizzata da una superficie irregolare e butterata; infine abbiamo i depositi stratificati sottili (*layered deposits, ID*) che sono depositi dello spessore di meno di cento metri.

Struttura topografica

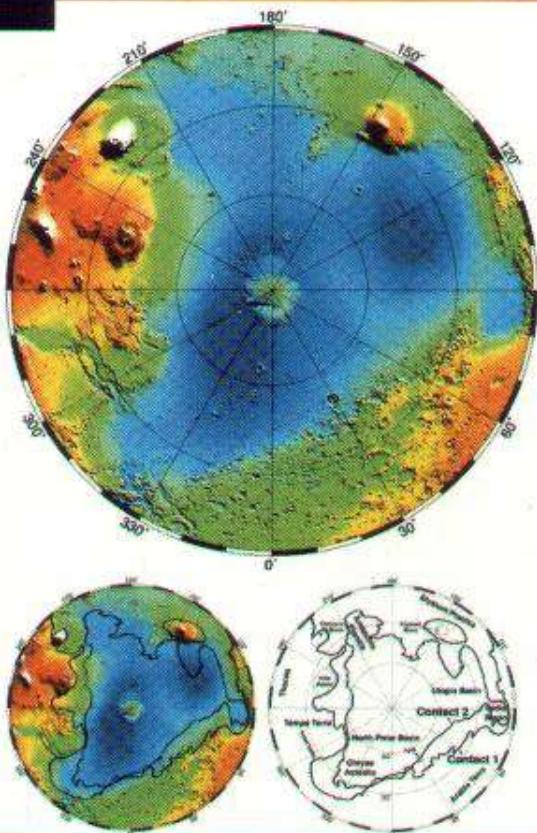
La struttura topografica di Marte, così come quella geologica, è stata dettagliatamente definita solo dopo le missioni Mariner 9 (1972) e Viking 1 e 2 (1976). Grazie ad alcune importanti scoperte compiute con il Mars Global Surveyor, si è ricostruita la topografia completa della superficie marziana con una risoluzione geometrica (altimetrica) di 13 metri. Le missioni Mars Odyssey (2002) e

Mars Express (2004) hanno ulteriormente completato il quadro generale. La conformazione attuale della superficie di Marte presenta due zone distinte, di cui una occupa quasi tutto l'emisfero settentrionale ed è posta più in basso, rispetto all'altra, di una media di due chilometri. Si presume che questa parte più bassa rappresenti il fondo di un antico oceano cui si faceva cenno sopra. Di contro la parte alta rappresenterebbe un antico continente che occupava tutto l'emisfero sud del pianeta, senza alcuna soluzione di continuità. Mentre sulla Terra vi è una fondamentale alternanza fra le acque e le terre, su Marte tale varietà non esiste, dacché sia le terre sia le acque formavano distese continue.

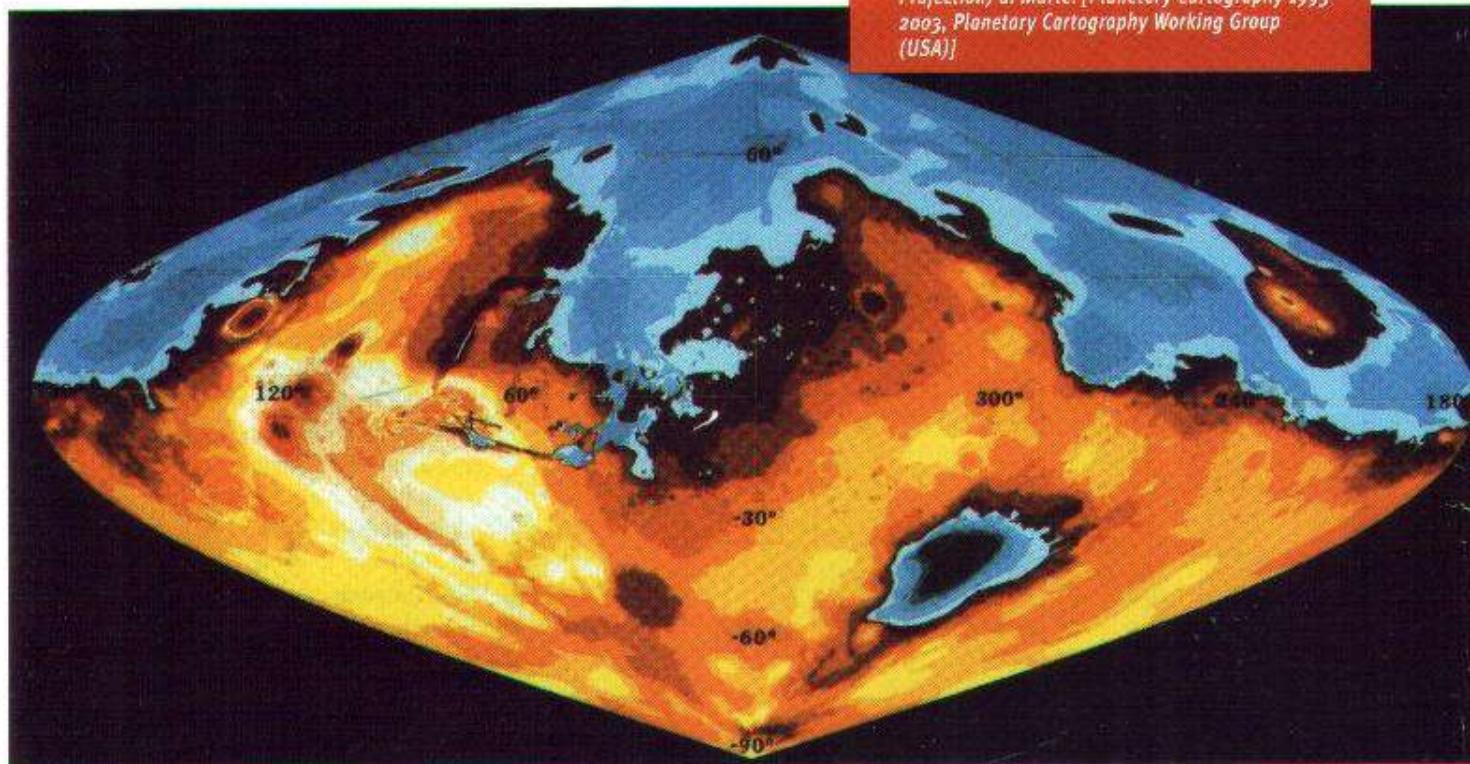
L'Oceano Borealis

Marte ha avuto una complessa storia climatica, contrassegnata da episodi relativamente caldi, quando enormi volumi d'acqua scorrevano liberamente sulla superficie del pianeta.

Già anni fa scrivevano i ricercatori Jeffrey S. Kargel e Robert G. Strom: "Non è da escludere che sia esistito su Marte un vero e proprio oceano..." e che



L'Oceano Borealis con, in basso, la medesima immagine con linea continua delimitante la porzione occupata dall'oceano e una mappa schematica con l'indicazione di alcune regioni marziane adiacenti. (NASA-MGS-MOLA)



Mappa policromatica sinusoidale (Equa-Area Projection) di Marte. [Planetary Cartography 1993-2003, Planetary Cartography Working Group (USA)]

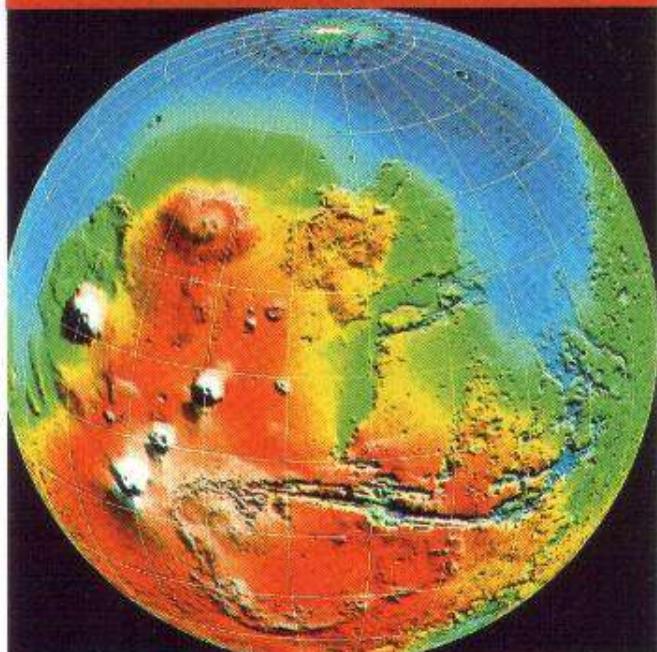
22

...la geometria dei canali d'efflusso marziani sembra indicare velocità elevatissime dei corsi d'acqua. Michael H. Carr, dell'US Geological Survey, stima che la quantità d'acqua necessaria a creare questi enormi e numerosi canali sarebbe stata sufficiente a riempire un oceano globale marziano della profondità di 500 metri" [Jeffrey S. Kargel e Robert G. Strom, "Cambiamenti climatici globali su Marte" in *Le Scienze*, n.

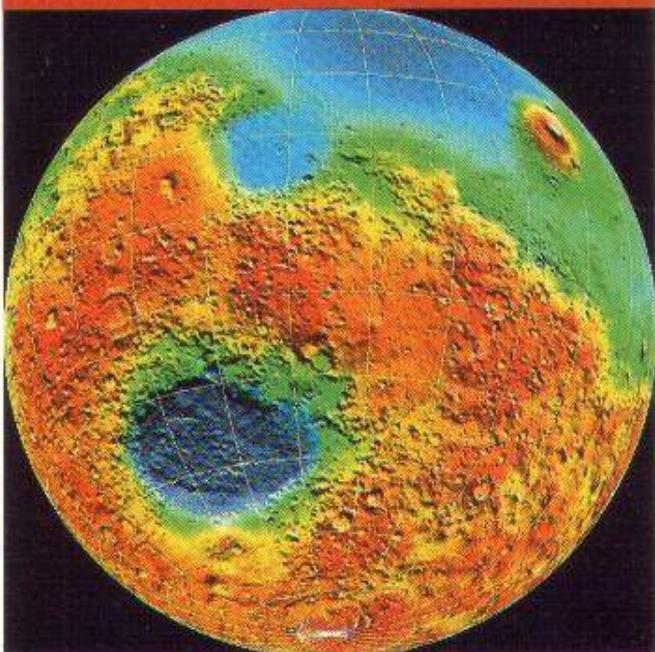
341, gennaio 1997].

Ancor prima V. R. Baker e il già citato Strom scrivevano: "Il nostro modello deriva intuitivamente dall'esperienza con il fenomeno e dalla formulazione dell'origine e delle conseguenze di un oceano [...] l'evidenza oceanica fu accertata perlopiù da Parker e Saunders del JPL, che, stimolati dal loro lavoro e da un vasto archivio di studi di molti geo-

Globo di Marte, mappa topografica altimetrica policromatica, con prospettiva nella regione dei Monti Tharsis e della Valles Marineris. [NASA-MGS-MOLA]



Globo di Marte, mappa topografica altimetrica policromatica, con prospettiva nel bacino di Hellas e la parte meridionale del continente Icarus. [NASA-MGS-MOLA]



TOPOGRAFIA DI MARTE

STRUTTURE OROGRAFICHE

A. Sistemi montuosi

1. **Catena, catenae:** linee o catene di crateri.
2. **Collis, colles:** colli, colline, piccole colline o alture.
3. **Dorsum, dorsi:** dorsali, rilievi irregolari allungati, catena di montagne, creste, crinali.
4. **Mons, montes:** montagne o vulcani.
5. **Patera, paterae:** strutture vulcaniche simili ad un piatto, complessi craterici poco profondi con orli dentellati, bordi scanalati o smerlati, vulcani di medie dimensioni.
6. **Rupes, rupi:** rupi, rocce, pendici, scogliere, dirupi, scarpate.
7. **Scopulus, scopuli:** scogli, rupi, scarpate irregolari, degradate.
8. **Sulcus, sulci:** area di solchi sub-parallel, catene di montagne, rete complessa di depressioni e creste lineari.
9. **Tholus, tholi:** piccola montagna a forma di cupola, collina a duomo.

B. Altopiani

1. **Mensa, mensae:** mesa, piccoli altopiani o tavolati, montagne a sommità piatta.

C. Pianure

1. **Planum:** pianure, altopiani regolari.

D. Depressioni

1. **Cavus, cavi:** depressioni irregolari con lati scoscesi e pareti ripide.
2. **Fossa, fossae:** fosse, fossati, depressioni lunghe, strette e poco profonde.

E. Denominazioni varie

1. **Fluctus:** terreno fluido

2. **Labes:** frana

3. **Terra, terrae:** vasta estensione di territorio

4. **Undae:** terreno a forma di dune

STRUTTURE IDROGRAFICHE

A. Mari

1. **Planitia:** mare.
2. **Vastitas:** oceano.

B. Laghi

1. **Chaos:** fondo sedimentario lacustre, zona di terreno irregolare.
2. **Chasma:** lago tettonico.
3. **Crater:** lago craterico (cratere da impatto) o vulcanico.
4. **Planitia:** lago craterico, lago reliquale o residuale.

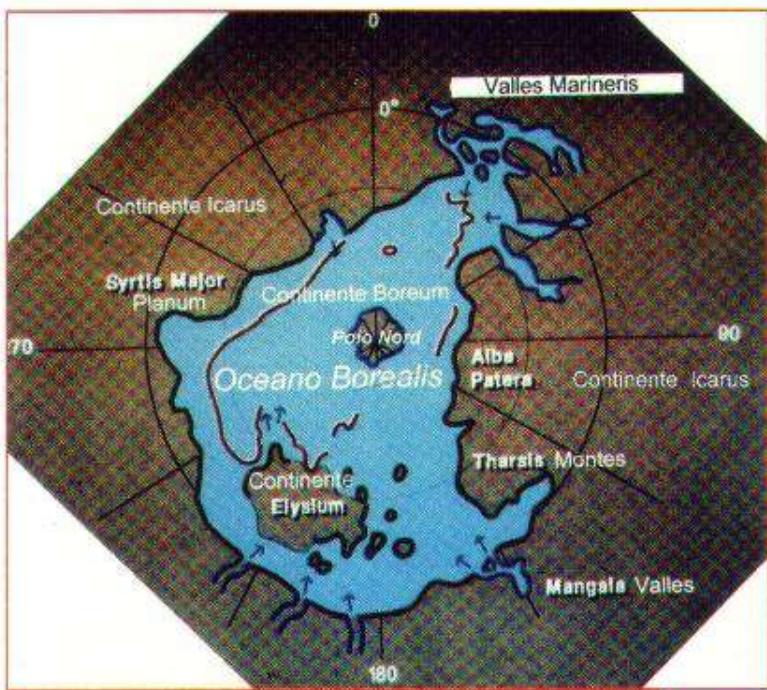
C. Fiumi

1. **Channels:** fiumi di piccole dimensioni.
2. **Chaos:** fondo sedimentario fluviale.
3. **Chasma, chasmata:** canyons, canaloni fluviali molto profondi.
4. **Fossa, fossae:** canyons, valli curvate.
5. **Labyrinthus:** intreccio di canali fluviali di media dimensione, complessi di valli intersecanti, reti di depressioni lineari d'origine fluviale.
6. **Vallis, valles:** canali sinuosi, spesso con tributari; fiumi di grandi dimensioni.

Nota: Le strutture orografiche si riferiscono al passato e al presente, poiché esse sono, in parte, persistenti almeno nella struttura di base. Così ad esempio di una pianura presumibilmente coperta di materiale di terra, nonché di probabile vegetazione, oggi è rimasta la sola nuda terra. Le strutture idrografiche sono invece quasi del tutto scomparse. Ad esempio di un fiume è rimasto solo il letto ormai privo d'acqua, la stessa cosa vale per un lago o un mare.

logi planetari, svilupparono il modello globale della formazione dell'oceano su Marte" [Jeffrey S. Kargel e Robert G. Strom. "Ancient martian oceans", in Planetary Geosciences, 1989-1990, NASA SP-508 1991].

Una circostanza notevole evidenziata dai già citati Kargel e Strom è che "gruppi di ricerca guidati da David H. Scott e Kenneth L. Tanaka, dello US Geological Survey, e Jeffrey M. Moore, dell'Ames Research Center della NASA, sono giunti indipendentemente alla conclusione che ripetute inondazioni dai canali di flusso si siano riversate verso nord, formando una successione transitoria di laghi e mari. Tanaka e Moore ritengono che gli spessi strati di sedimenti depositati in questi mari si estendono ora su gran parte delle vaste piane settentrionali. Secondo diverse valutazioni, uno dei più ampi fra i mari settentrionali di Marte potrebbe avere contenuto un volume d'acqua pari a quello del Golfo del Messico sommato a quello del Mediterraneo".



24

Una rappresentazione grafica dell'Oceano Borealis. (Jeffrey S. Kargel e Robert G. Strom. "Ancient martian oceans", in *Planetary Geosciences*, 1989-1990, NASA SP-508 1991. Elaborazione dell'autore)

[di Cydonia Mensae, n.d.a.] all'epoca della presenza del mare. Queste morfologie non si sarebbero potute formare se la superficie del mare fosse stata ghiacciata. Questi venti risultano avere avuto una provenienza da E-N-E".

Le osservazioni effettuate dalla sonda Mars Global Surveyor, secondo quanto riferito dai ricercatori E. Franzini e A. Zeoli (l'astronomia 208 pag. 40) ci dicono che "alcuni rilievi posti in prossimità dell'ipotetica costa presentano, a quote diverse, superfici quasi orizzontali che potrebbero essere state splanate dall'azione del moto ondoso, come sulla Terra lo sono i terrazzi d'abrasione marina". I medesimi autori specificano che: "il livello d'approssimazione dei cordoni marziani alla spirale logaritmica (la linea di costa - n.d.a.) è estremamente elevato, tanto da conferire una certezza statistica all'ipotesi di una loro origine costiera. Infatti, essendo queste forme dovute alla diffrazione delle onde, è evidente che si deve accettare l'ipotesi dell'esistenza, in passato, di un mare con acqua allo stato liquido, nel quale le onde si potevano sviluppare e propagare". E inoltre precisato che "poiché tali forme sono raggiunte solo se le condizioni al contorno rimangono stabili per lungo tempo, questo mare deve essere stato liquido per un periodo molto lungo, anche se non vi è modo di stabilire quanto" e "non è, infatti, possibile calcolare il tempo necessario per la formazione di baie a spirale sulla Terra e, tanto meno, su Marte".

Altre osservazioni operate dalla sonda Mars Global Surveyor hanno confermato l'esistenza passata di un grande oceano in corrispondenza del suo polo nord, e hanno inoltre consentito di valutare il volume della massa oceanica, calcolata in 14 milioni di km³, con una profondità media di circa 500 metri e con punte di 1.500 metri. Una ulteriore conferma dell'esistenza di un antico oceano marziano ci viene dalle ultime osservazioni condotte dalla Far-

Ultraviolet Spectroscopic Explorer (FUSE), stando alle quali Marte potrebbe aver avuto in proporzione più acqua rispetto alla Terra, tenuto conto della massa dei due pianeti. In particolare il satellite ha evidenziato la presenza di idrogeno molecolare (H₂) nell'alta atmosfera marziana, che è notoriamente originato dalla dissociazione dell'acqua. Dalle analisi effettuate si è giunti alla conclusione che Marte deve aver posseduto in epoche remote una massa oceanica profonda almeno 1.250 metri. Proprio dai dati emersi dalle osservazioni operate dal satellite FUSE è stato possibile calcolare la quantità d'acqua un tempo presente su Marte: si tratterebbe di circa 18 milioni di km³ (dunque una valutazione superiore al precedente, di 14 milioni) e si presume una profondità dell'oceano che poteva giungere fino ad un massimo di 2 km, con una profondità media di 560 metri.

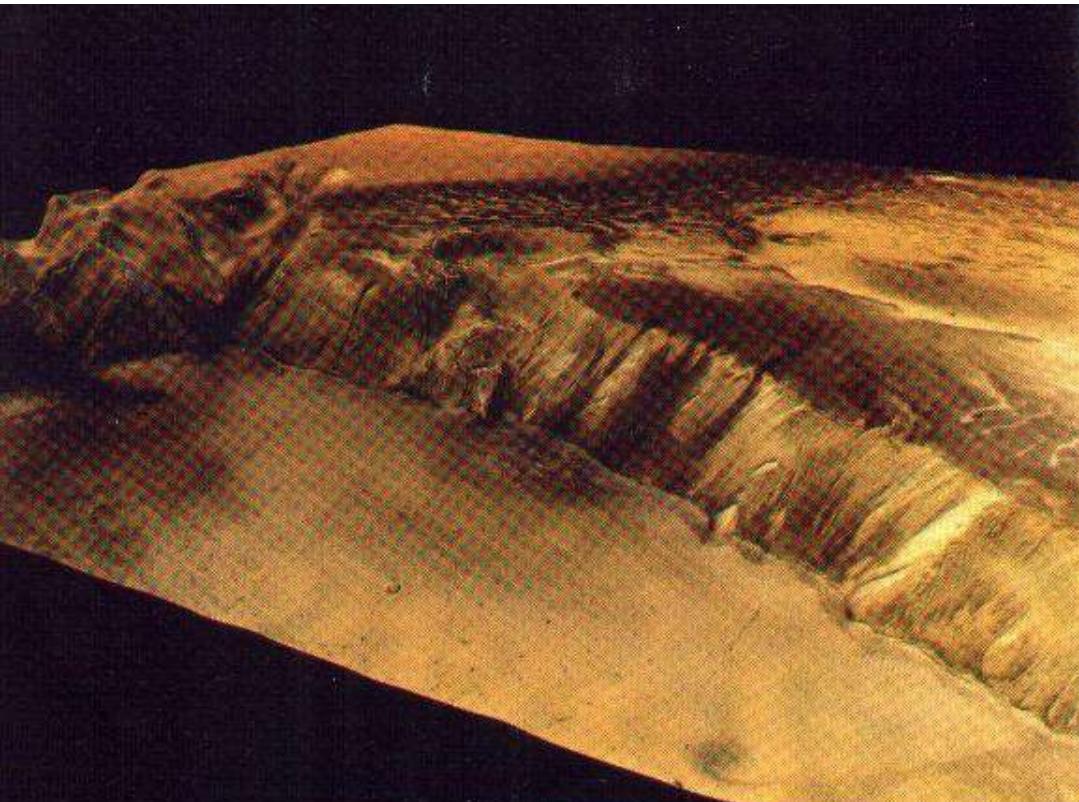
Dal canto loro, i dati provenienti dalla Mars Global Surveyor indicano che in epoca remota le condizioni ambientali di Marte potevano essere simili a quelle della Terra attuale, con una densa atmosfera e molta parte della superficie (circa un terzo) ricoperta dai mari.

Nel mese di marzo 2002 i ricercatori della NASA comunicano la riconferma della presenza di acqua sul pianeta rosso.

La prova dell'esistenza di acqua su Marte è stata ricavata poi dalla sonda Mars Odyssey attraverso rilevamenti sub-superficiali, riconoscendo indirettamente la presenza di idrogeno e quindi di acqua. Le osservazioni sono state effettuate con uno spettrometro a

Strutture fluviali dendritiche a spina di pesce, nel presso della regione di Thaumasia Fossae. (Viking, NASA)





La Kasei Valles, nella regione di Echus Chasma, è verosimilmente il residuo di un antico bacino di origine glaciale. Si suppone che fosse coperto dalle acque circa 20 milioni di anni fa, quando l'attività vulcanica era ancora in grado di sciogliere i ghiacci. Ricostruzione tridimensionale basata sulle immagini della Mars Express. (ESA/ DLR/ FU Berlin (G. Neukum))

neutroni, uno strumento realizzato dai laboratori di Los Alamos. Osservando i neutroni provenienti dalla superficie, l'apparecchio è in grado di rilevare la presenza di alcuni elementi, tra i quali, appunto, le molecole che l'idrogeno concorre a formare. La conclusione (vedi *l'astronomia* 233 pag. 10) è che su Marte c'è tanta, tantissima acqua, forse già ad un metro sotto la crosta marziana, secondo le dichiarazioni di William Boynton, dell'Università dell'Arizona a Tucson. Si tratta ovviamente di immense riserve di ghiaccio in una tale quantità che se fosse sciolto potrebbe coprire tutto il pianeta con un oceano profondo 500 metri, mentre se la stessa quantità di acqua potesse coprire solo le zone un tempo verosimilmente occupate dall'oceano Borealis (oltre ai due bacini interni di Hellas ed Argyre), il livello probabile medio sarebbe di oltre 1.500 metri.

Secondo altre fonti (*Archives des brèves martiennes-Année 2001* – sito Internet Nirgal) la massa d'acqua attualmente presente su Marte potrebbe coprire il pianeta per un'altezza di 1,25 km, in questo caso, tenendo in considerazione le zone un tempo occupate dall'Oceano Borealis, l'altezza del mare giungerebbe ad oltre 3 chilometri una stima poco verosimile.

Più recentemente (2004), analizzando nuovi dati raccolti dalla sonda Mars Express, è stata confermata la presenza di ghiaccio al polo sud di Marte, grazie allo spettrometro di fabbricazione francese Omega-Vnir, alla cui progettazione hanno contribuito anche ricercatori italiani dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) di Roma.

Sempre nel corso dello stesso anno, un comunicato della NASA riferito al rover Opportunity (per

bocca di Steve Squyres, della Cornell University, capo del team di scienziati che segue la missione), diceva quanto segue: "Siamo convinti che in questo momento Opportunity si sia fermato su quella che un tempo era la spiaggia di un mare salato di Marte" aggiungendo poi: "Siamo di fronte a un ambiente adatto alla vita". In particolare, lo studio condotto da Opportunity sulla superficie di Marte ha rivelato l'esistenza di solfati e di altri minerali che si formano in presenza di acqua.

Oggi la ricerca scientifica dispone almeno di quattro prove a favore dell'esistenza passata di un antico oceano marziano: l'altezza del contatto (la linea di demarcazione fra le terre emerse e quelle sommerse) è in sostanza costante; la topografia è sempre più dolce al disotto del contatto che al di sopra; il volume dell'ipotetico oceano è compatibile con le stime delle risorse d'acqua del pianeta; il contatto è costeggiato da una serie di terrazze di regressione che si sviluppano in senso parallelo.

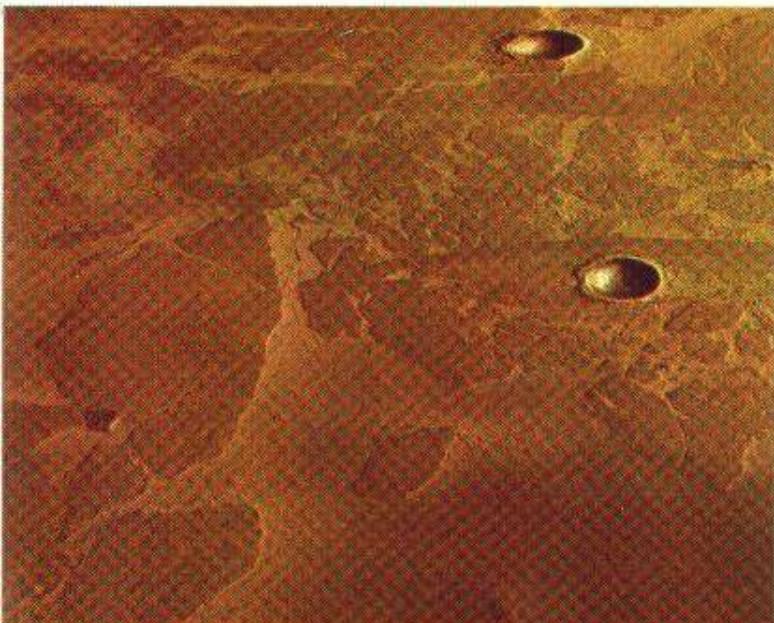
Abbiamo forse anche elementi riguardanti il "sale" dell'oceano di Marte: l'analisi chimica di un meteorite di origine marziana proverebbe che la composizione dell'antico oceano è simile a quella della nostra acqua marina. Il meteorite in questione, denominato Nakhla, è vecchio di 1,2 miliardi di anni e cadde in Egitto nel 1911. In esso troviamo il cloruro di sodio come minerale dominante.

I mari dell'Oceano Borealis

Come già accennato, i due emisferi del pianeta si distinguono nettamente dal punto di vista orografico: nell'emisfero meridionale osserviamo altopiani desertici disseminati di crateri, fra i quali si aprono vaste depressioni ricolme di depositi sabbiosi; nell'emisfero settentrionale è invece presente una vasta depressione, molto meno craterizzata e più bassa rispetto al livello del blocco continentale, di circa due chilometri. Questa depressione corrisponde all'oceano unico di Marte, chiamato Oceano Borealis. Mentre sulla superficie terrestre le acque oceaniche formano un insieme continuo suddiviso in tre oceani, su Marte, le acque oceaniche formavano sì un insieme continuo, tuttavia non erano presenti suddivisioni di sorta, a causa dell'assenza di più masse continentali, dal momento che i due continenti in esso presenti (il Boreum nel polo nord e l'Elysium nella zona temperata) non erano vasti a sufficienza per realizzare una suddivisione della massa oceanica unica.

L'oceano bagnava le coste del grande continente Icarus [Icarus è un nome di fantasia, qui utilizzato dall'autore in mancanza di una denominazione ufficiale, n.d.r.] ed aveva una superficie di oltre 40 milioni di km². I mari minori occupavano complessivamente circa 28 milioni di km², cioè il 65% del totale, e dei sette mari che bagnavano il continente Icarus, l'Acidalia, l'Amazonis, l'Isidis e il Chryse





Questo scorcio dell'Elysium Planitia sembra tradire la presenza di un mare ghiacciato composto di acqua e detriti sabbiosi. L'origine dell'acqua andrebbe ricercata nel sottosuolo, dal quale sarebbe scaturita andando a formare un bacino di circa 800x900 km, profondo circa 45 metri. Un esame mirato della zona potrà indicare se l'acqua è ancora presente, oppure se quella che vediamo è solo la sua "impronta". [ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)]

bagnavano esclusivamente le coste del continente, mentre i restanti mari, cioè l'Elysium, l'Arcadia e l'Utopia, erano condivisi con il continente Elysium.

Il più esteso fra i mari era quello oggi indicato con il termine di *Elysian Planitia*, che noi traduciamo subito in *Mare Elysium* e che comprendeva circa 7,0 milioni di km². Questo mare bagnava un largo tratto di costa del continente *Icarus*, dalla foce del *Mangala* al golfo d'*Iside*, ed era occupato nella sua parte centrale dal continente Elysium e da dieci isole maggiori, tutte facenti parte della stessa base continentale.

In ordine di grandezza abbiamo al secondo posto il *Mare Arcadia* (circa 5 milioni di km²) che bagnava un piccolo tratto del continente *Icarus*, adiacente la zona del monte *Olympus*, e la parte nord-orientale del continente Elysium. Il *Mare d'Arcadia* comprendeva almeno cinque isole appartenenti al continente *Icarus* e tre al continente Elysium.

Il *Mare Acidalia* (4,3 milioni di km²) bagnava le due sponde del gran golfo di *Chryse* (*Cydonia Mensae* e *Tempe Terra*) e non contava nessuna grande isola. Il *Mare Utopia* (4 milioni di km²) bagnava piccoli tratti del continente *Icarus* (*Nilosyrtis Mensae*) e tutta la parte settentrionale e nord-occidentale del continente Elysium. Vi si contavano quattro isole maggiori, tutte facenti parte del continente Elysium. Il *Mare d'Amazonia* (3,3 milioni di km²) bagnava solo un piccolo tratto del continente *Icarus*, fra le regioni dell'*Olympus Mons* e il golfo di *Mangala*. Si contavano almeno sette isole maggiori e un numero davvero considerevole di fiumi, oltre cinquanta contando anche quelli minori. Il *Mare d'Iside* (2 milioni di km²) occupava uno spazio abbastanza compatto, oltre al

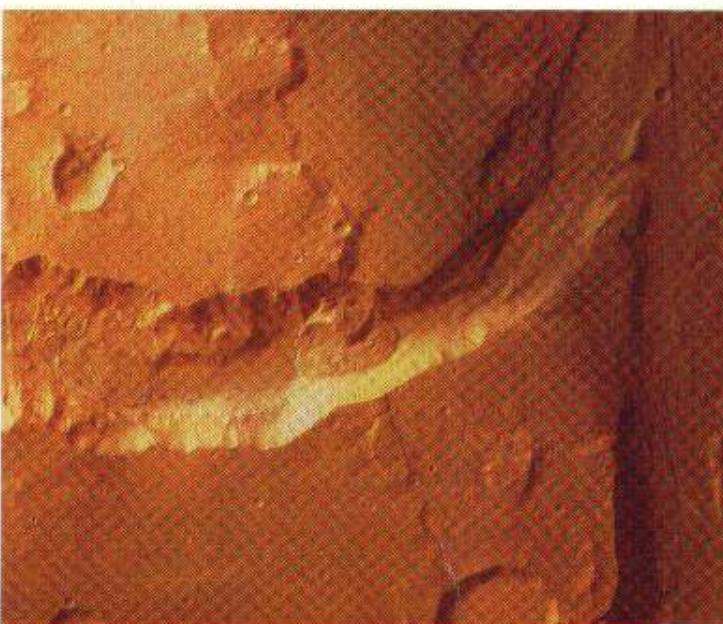
golfo d'*Iside* (su cui si affacciava la pianura *Isidis Major*), si estendeva su due tratti di costa verso ovest e verso est. In questo mare non vi erano grandi isole. Uno dei più piccoli fra i mari minori facenti parte dell'*Oceano Borealis* era il *Mare Chryse* (1,5 milioni di km²). Bagnava solo un piccolo tratto di costa nel punto in cui il mare penetrava fin sotto la linea dell'equatore. Il più piccolo fra i mari facenti parte dell'*Oceano Borealis* era il *Mare Olympia* (1,0 milioni di km²), posto a ridosso di una parte delle coste del continente *Boreum*, e si trattava, con tutta probabilità, di un mare ghiacciato rassomigliante al nostro *Mare Glaciale Artico*.

I continenti e le isole

Il più grande fra i continenti, *Icarus*, comprendeva oltre il 90% dell'emisfero meridionale e poco più di un quinto dell'emisfero settentrionale. La sua superficie, calcolata in oltre 90 milioni di km², è pari alle superfici d'*Europa*, *Asia* ed *Africa* messe insieme.

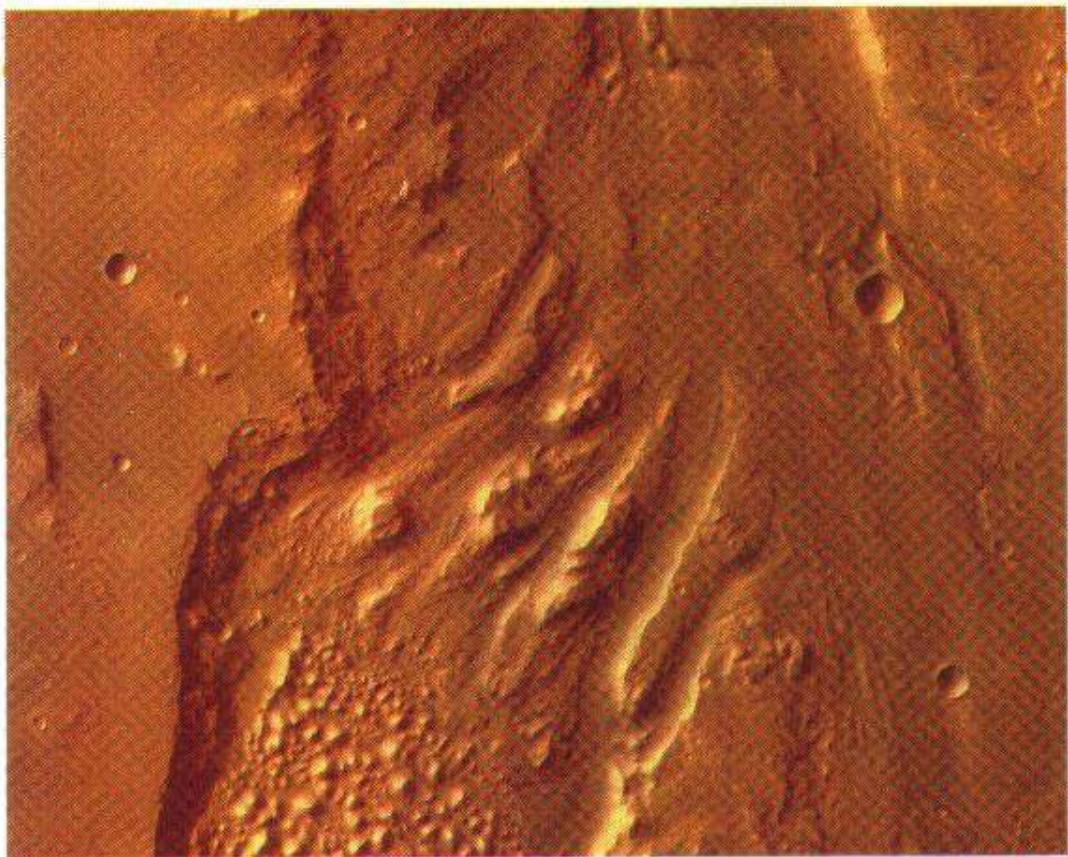
Gli altri due continenti (molto piccoli se paragonati al continente principale) si estendevano nell'emisfero settentrionale: l'uno, il *Boreum*, occupava una piccola parte dello spazio che, sulla Terra, è occupato dalla calotta polare settentrionale; l'altro, l'*Elysium*, si estendeva in mezzo all'unico grande oceano di Marte, in una posizione che sulla Terra sarebbe pressappoco rapportabile a quella del Giappone.

La massa del continente *Icarus* era dunque bagnata dall'oceano



Un dettaglio dell'Ares Vallis ripresa dalla Mars Express che mostra l'affluenza di un vasto canale (è largo circa 10 km). Molte delle strutture idrogeologiche di Marte suggeriscono un violento e repentino movimento di acque, vere e proprie inondazioni catastrofiche sull'origine delle quali ancora poco si conosce. [ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)]

Borealis, da sette mari minori (Elysium, Arcadia, Acidalia, Utopia, Amazonia, Iside, Chryse) e da due mari interni (Argyre, Hellas). Il continente Elysium era invece bagnato da tre mari (Utopia,



Un'altra testimonianza dell'erosione da liquidi nell'Ares Vallis. In questo caso l'occhio della Mars Express ha puntato i terreni di transizione con lani Chaos. Tra le formazioni che più di altre testimoniano l'escavazione operata dalle acque, ci sono quelle "isole" oblunghe nel centro dell'immagine, che ricordano strutture alluvionali terrestri. [ESA/ DLR/ FU Berlin (G. Neukum)]

Elysium e Arcadia), mentre il continente Boreum da due (Oceano Borealis e mare Olympia). L'altitudine massima del continente Icarus è data dal complesso vulcanico dell'Olympus Mons, alto fino a 27 km, mentre la massima depressione continentale è data dalla fossa in mezzo al mare Hellas con -6,5 km. Alcune fonti recenti, riferite alle osservazioni operate dalla Mars Global Surveyor, riportano la notizia secondo cui l'altitudine massima sarebbe invece rappresentata dal Pavonis Mons. Ad ogni modo la differenza tra il punto più alto e il punto più basso sulla superficie di Marte è di circa 30 chilometri, sulla Terra è invece di 20 chilometri. Una fra le più importanti scoperte effettuate dalla Mars Global Surveyor è certamente quella secondo cui Marte avrebbe avuto in passato un'attività tettonica simile alla deriva dei continenti terrestri. Il resto delle terre emerse era rappresentato da un gran numero di isole: nel contesto dello studio della geomorfologia marziana queste sono indicate con il termine specifico di "stepped massif", e indicano massicci emergenti dalle "lowlands" (cioè le unità topograficamente più depresse emergenti dal complesso delle strutture formanti l'oceano Borealis), circondati da terrazzi che presentano una pianta circolare, senza elementi lobati e caratterizzati da una superficie liscia e piana. Secondo Parker e Goldspiel (citati da Zeoli) "essi possono

essere confrontati con strutture presenti sulla Terra in quanto risultano morfologicamente simili alle isole erose dal moto ondoso dei paleolaghi terrestri". Nell'ambito dell'Oceano (e dei relativi mari minori) esisteva un gruppo di una decina di grandi isole, e un'altra ventina di minore entità, che ricoprivano complessivamente circa 700.000 km².

Le isole più grandi erano, nella stragrande maggioranza, isole continentali, ovvero si ergevano dalla stessa piattaforma su cui posavano i tre continenti marziani, quindi si trovavano ad una distanza non eccessiva dalla terraferma. Esistevano

però alcune isole di grandi dimensioni proiettate in mezzo alle solitudini oceaniche. A nord dell'equatore i mari rappresentavano quasi il 60% della superficie complessiva, a sud costituivano appena il 2%. È presumibile dunque che anche il clima delle terre boreali presentasse notevoli differenze rispetto a quello delle terre australi. Il fattore principale è che le terre emerse erano in pratica continue e non si suddividevano (come invece accade sulla Terra) in continenti e subcontinenti o parti del mondo, poiché il principale fra essi (Icarus) comprendeva da solo oltre il 90% di tutte le terre emerse di Marte. In conseguenza i mari formavano un sistema continuo diviso solo da due piccoli continenti (Boreum ed Elysium). Infine, sebbene l'emisfero meridionale di Marte presentasse solo piccole porzioni del grande Oceano Borealis, la massa continentale era internamente spezzata da alcuni bacini di enormi dimensioni (Hellas e Argyre) che supplivano in parte all'assenza della massa di mare aperto. Sulla Terra gli oceani coprono più del 71% della superficie (di cui l'appellativo "pianeta azzurro") e contengono più del 97% per cento dell'acqua totale disponibile.

LUNGHEZZA DELLE STAGIONI SULLA TERRA E SU MARTE

Emisfero Nord	Emisfero Sud	Marte (giorni marziani)	Terra (giorni terrestri)
Primavera (afelio)	Autunno	194,2	29,0%
Estate	Inverno	176,8	26,4%
Autunno (perielio)	Primavera	141,8	24,2%
Inverno	Estate	155,8	23,3%

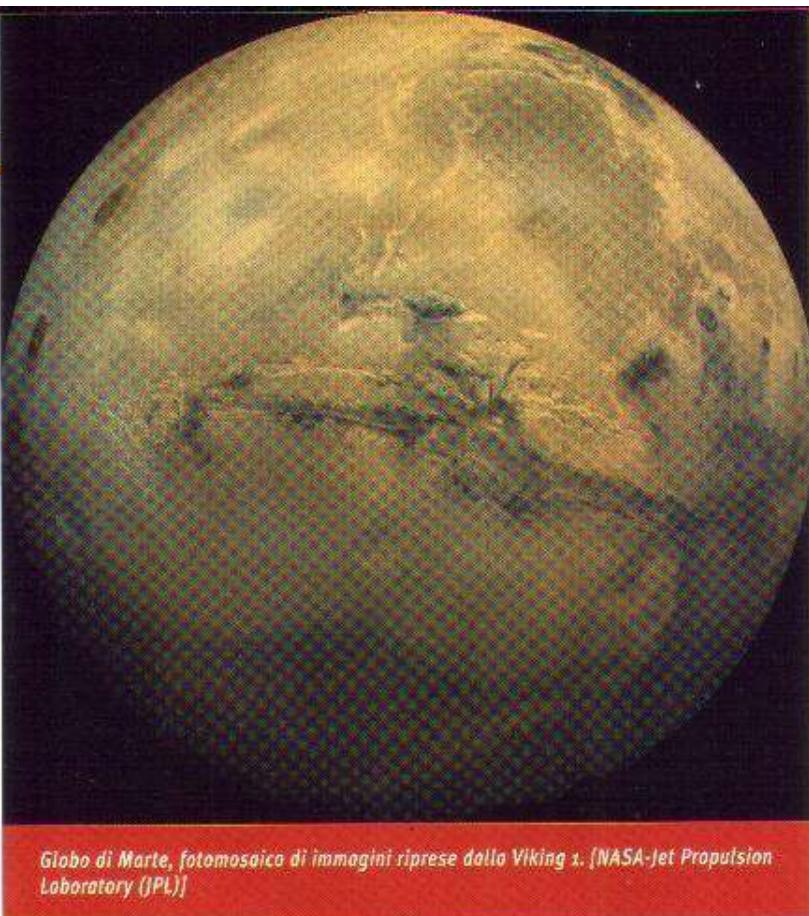
Da questo quadro si deduce che le variazioni stagionali di Marte sono simili a quelle della Terra. A causa dell'eccentricità dell'orbita di Marte, l'insolazione dell'afelio è molto più piccola di quella del perielio (il rapporto è di circa 5:6), e nell'emisfero meridionale l'estate è molto più calda ma molto più breve che nell'emisfero settentrionale.

I CONTINENTI: ICARUS

Descrizione areografica

Icarus aveva una superficie di circa 94,5 milioni di km² e rappresentava pertanto il principale continente di Marte. Si estendeva dalle medie latitudini dell'emisfero settentrionale alle latitudini estreme dell'emisfero meridionale: per seimila chilometri da nord a sud e per diecimila chilometri da est ad ovest. Comprendeva il 97,0% circa dell'emisfero meridionale ed il 33,0% dell'emisfero settentrionale, pari a circa il 94% delle terre emerse, in altre parole alla quasi totalità della terraferma marziana e ad oltre due terzi dell'intera superficie del pianeta.

Icarus presentava uno sviluppo costiero relativamente modesto, se rapportato all'estensione complessiva e ciò perché era bagnato solo nella sua parte settentrionale, mentre nella sua parte meridionale esso era composto solo di terre. In alcuni tratti (dalla costa di Cydonia Mensae, verso oriente e fino all'Huo Hsing Vallis) presentava complicate articolazioni, in altri (pianura di Syrtis Major e altre zone) le coste erano abbastanza uniformi, nonostante che in queste zone il mare si addentrassero profondamente nell'entroterra. Lo sviluppo costiero complessivo era di circa 30 mila chilometri,



Globo di Marte, fotomosaico di immagini riprese dalla Viking 1. [NASA-Jet Propulsion Laboratory (JPL)]

all'incirca lo stesso sviluppo dell'Africa attuale. All'interno presentava i paesaggi più differenti e i climi più diversi.

Le isole costituivano almeno lo 0,35% della superficie totale e comprendevano 6 isole di grandi dimensioni e 9 di dimensioni minori, distribuite nei mari Amazonia (7) e Arcadia (8), per un totale di 335.000 km² circa.

Dall'esame delle varie strutture topografiche rilevate, è stato possibile stabilire l'esistenza di due distinte categorie morfologiche che, analogamente alle strutture presenti sulla Terra, possono essere denominate *strutture orografiche* e *strutture idografiche*.

Strutture orografiche

L'orografia del continente Icarus comprende quattro tipi di strutture: *sistemi montuosi*, *altopiani*, *pianure e depressioni*, negli studi di geografia marziana, analiticamente distinte attraverso una serie di denominazioni prese in prestito dalla lingua latina.

I sistemi montuosi comprendono le montagne, ovvero i vulcani di grandi dimensioni, indicati con il termine di *mons* (pl. *montes*), mentre il termine *tholus* (pl. *tholi*) indica le piccole montagne a forma di cupola o di collina. In questo caso si tratta di vulcani di piccole dimensioni (la dimensione è riferita all'altezza e non al diametro, essendo possibile trovare su Marte vulcani con un ampio diametro e contemporaneamente molto bassi). Si usa poi il termine *patera* quando si configura un complesso craterico poco profondo con *orli* dentellati. Una catena di crateri riceve il nome di *catena* e se si è alla presenza di una catena di montagne (non crateriche) si usa il termine *dorsum* (pl. *dorsa*). Vi sono alcune strutture che sono direttamente riconducibili alle aree ad alta intensità vulcanica, si tratta delle *sulci*, aree di solchi sub-parallel (catene di montagne) e delle *rupes*. Infine, abbiamo dei rilievi denominati *scopulus*. Il sistema orografico presentava (e presenta) vulcani e depressioni tettoniche di dimensioni superiori a quelle di analoghe strutture riscontrabili negli altri pianeti rocciosi del sistema solare. I grandi vulcani sono con-

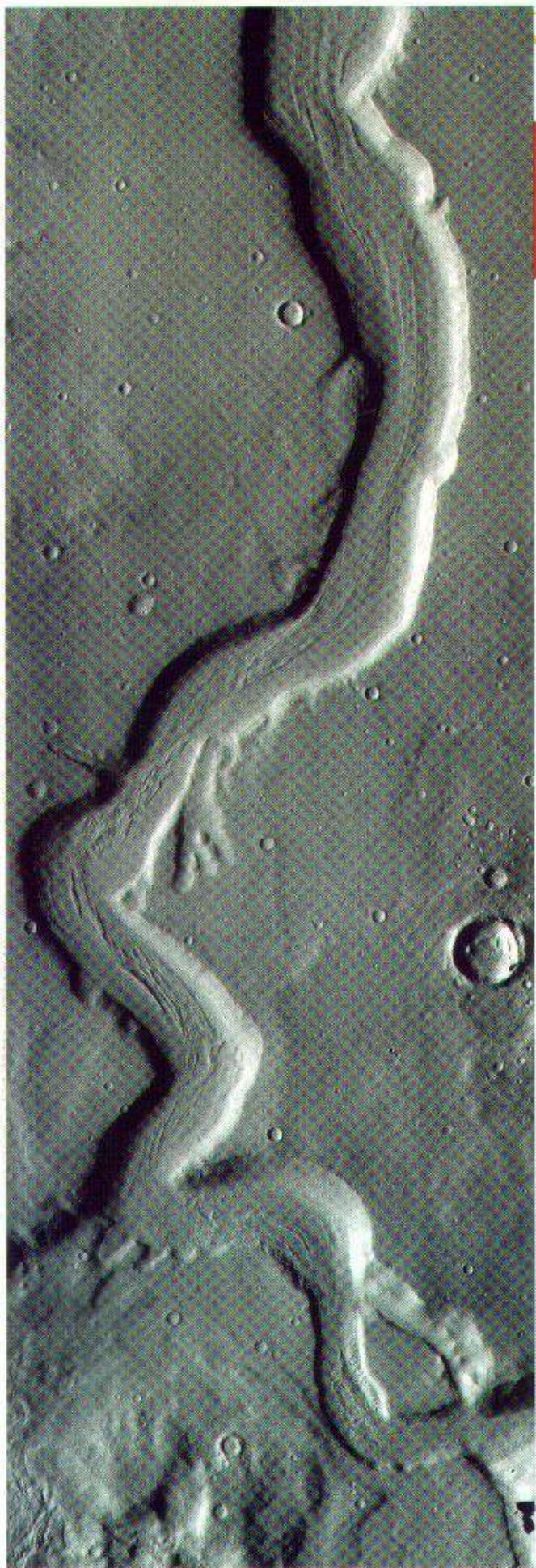
LE TERRE EMERSE SULLA TERRA E SU MARTE (dati in milioni di kmq)

Sup. totale	Sup. terre emerse (*)	%
Terra 509,7	153,0	30,0
Marte 43,9	100,5	69,8

(*) Il dato riferito alla Terra è attuale, il dato riferito a Marte concerne la situazione passata.

ALCUNI DATI FISICI DEL PIANETA MARTE

Dato assoluto	Dato relativo (Terra=100)
Diametro equatoriale km 6.779,84	53,20
Diametro polare km 6.760	53,17
Raggio equatoriale km 3.397	53,25
Raggio polare km 3.372	53,10
Circonferenza equatoriale km 21.311,18	53,17
Circonferenza polare km 21.182,44	52,94
Superficie kmq 143.998.000	28,25



Questo canale, che origina dal bordo del cratere Cerulli, si snoda complessivamente per un migliaio di chilometri fra le lande di un altopiano, prima di raggiungere la Deuteronilus Mensae. A scavarlo potrebbe essere stata l'acqua, ma non se ne esclude un'origine lavica. I corrugamenti presenti lungo l'alone non depongono a favore di una o dell'altra ipotesi, trattandosi di probabili fessurazioni del permafrost. (NASA/JPL/MOLA)

centrati nella regione equatoriale e precisamente sull'altopiano Tharsis. Il più imponente fra questi è l'Olympus Mons (la Nix Olimpica di Giovanni Schiaparelli) che presenta un diametro alla base di 600 km e una caldera che supera gli 80 km. Tre volte più alto del monte Everest, si erge per circa 27 chilometri al di sopra del livello medio di Marte ed è, per quanto ne sappiamo, il più grande vulcano conosciuto del sistema solare. Il monte Olympus è visibile da Terra come un "punto brillante". Gli altri grandi vulcani presenti in quest'area sono tre e si trovano lungo una stessa retta. Sono, da nord a sud, l'Ascreus Mons, l'Arsia Mons e il Pavonis Mons. L'Arsia Mons presenta la caldera più grande, con un diametro di 110 km. Altre grandi caldere coronano i vulcani Ascreus Mons (64 km) e Pavonis Mons (4 km). Si tratta di vulcani spenti (o quiescenti), presenti in un'area circolare, chiamata Regione di Tharsis, con 370 km di diametro che scende per circa 11 km sulle pianure circostanti. La regione Tharsis domina l'emisfero occidentale del pianeta, è intensamente fratturata e si estende radialmente dal suo centro a centinaia di chilometri ed è circondata da fratture di compressione fino a 1.800 km dal suo centro. Il termine *terra* indica genericamente delle enormi estensioni di superficie al momento prive di denominazioni topografiche, per cui si intende che tale termine non si riferisce a strutture determinate, bensì ad indistinte porzioni di superficie. Per tale motivo il termine *terra* indica un tratto di superficie che, sovente, comprende varie strutture morfologiche topograficamente determinate. Gli altopiani sono chiamati *mensae* e sono presenti lungo le coste della zona orientale del continente Icarus e spesso si presentano solcati da profondi canali che si presume siano di origine fluviale.

Le pianure sono denominate *planum*, mentre le *planitia* sono propriamente dei "fondi di mare in secca". Le *planum* erano presenti soprattutto lungo le coste, in molte zone adiacenti la Valles Marineris e in altre zone molto interne del continente. Quelle fra le strutture denominate *planum*, e collocate nelle regioni polari (Planum Australe), per ragioni legate alle latitudini corrispondono a ghiacciai (attuali) perenni, ovvero a strutture con morfologia glaciale di vario tipo. Si può calcolare che complessivamente il 10% della superficie del continente Icarus era formato da pianure.

Le depressioni marziane comprendono le strutture denominate *cav*, cioè cavità, propriamente depressioni irregolari con lati scoscesi, e *fossa* (pl. *fossae*), termine che indica un lungo fossato stretto, in linea retta o una valle curvata. Con riferimento a quest'ultima struttura c'è da osservare che almeno metà delle formazioni topografiche denominate con tale termine è assimilabile a strutture di carattere fluviale. Infine, con il termine *labes* s'indica uno sprofondamento, posto su strutture di carattere idrografico.

Complessivamente si può calcolare che l'84% della superficie del continente Icarus fosse occupata da zone montuose, il 10% da pianure, il 5% da altopiani e il resto da depressioni di vario tipo.

Idrografia delle terreemerse: i fiumi

Il sistema idrografico del continente Icarus, oggi inesistente, è di estremo interesse. Si tratta di un sistema molto complesso e comprendeva due tipi di strutture: i fiumi e i laghi.

Esiste la prova inconfondibile che molti canali osservati su Marte sono stati formati o resi più ampi dall'azione dell'acqua. In particolare sembrano originati dall'acqua i canali di modeste dimensioni, mentre sono resi più ampi dall'azione dell'acqua i canali di grandi dimensioni. Si può ritenere che i canali abbiano un'origine molto antica e, tra quelli studiati, nessuno è più giovane di 100 milioni d'anni. Addirittura l'origine di molti risale a quasi quattro miliardi di anni fa, vicino al periodo di formazione di Marte. Noi sappiamo che le acque correnti sono le più importanti tra le forze esogene ed è possibile che esse abbiano agito pressoché ovunque sulla superficie marziana, condizionate, s'intende, dal clima. Analogamente a ciò che avvenne sulla Terra, l'acqua su Marte avrebbe esercitato la sua funzione morfologica in tre modi: per erosione, per corrosione e per sedimentazione.

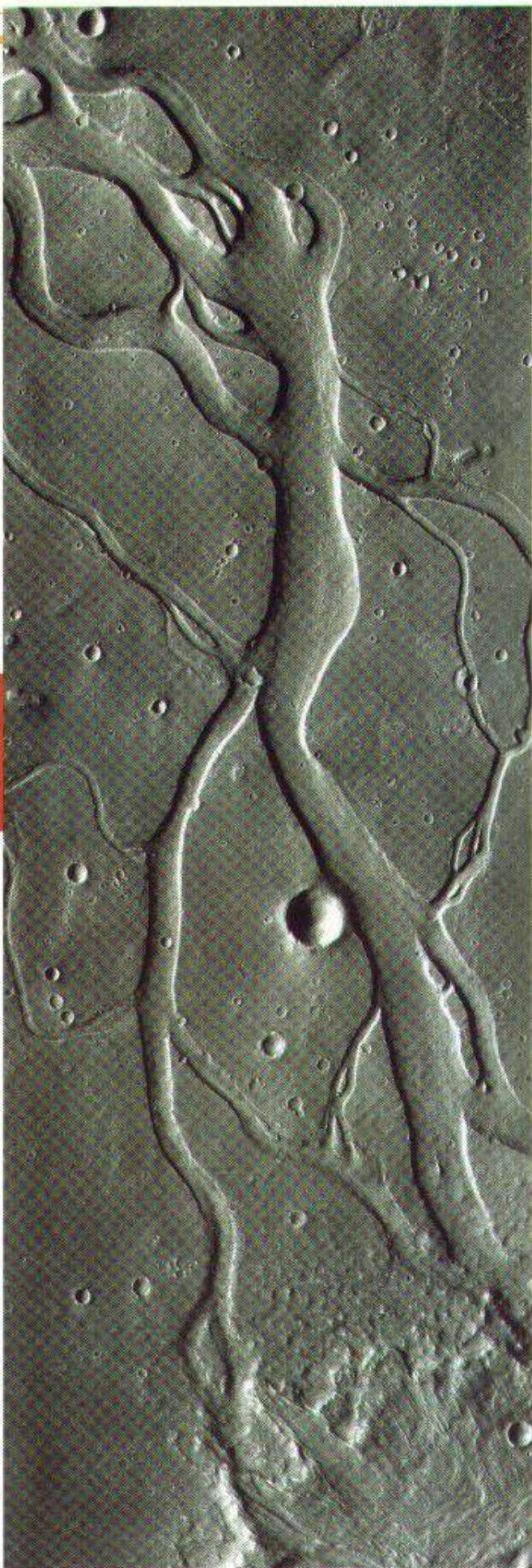
30

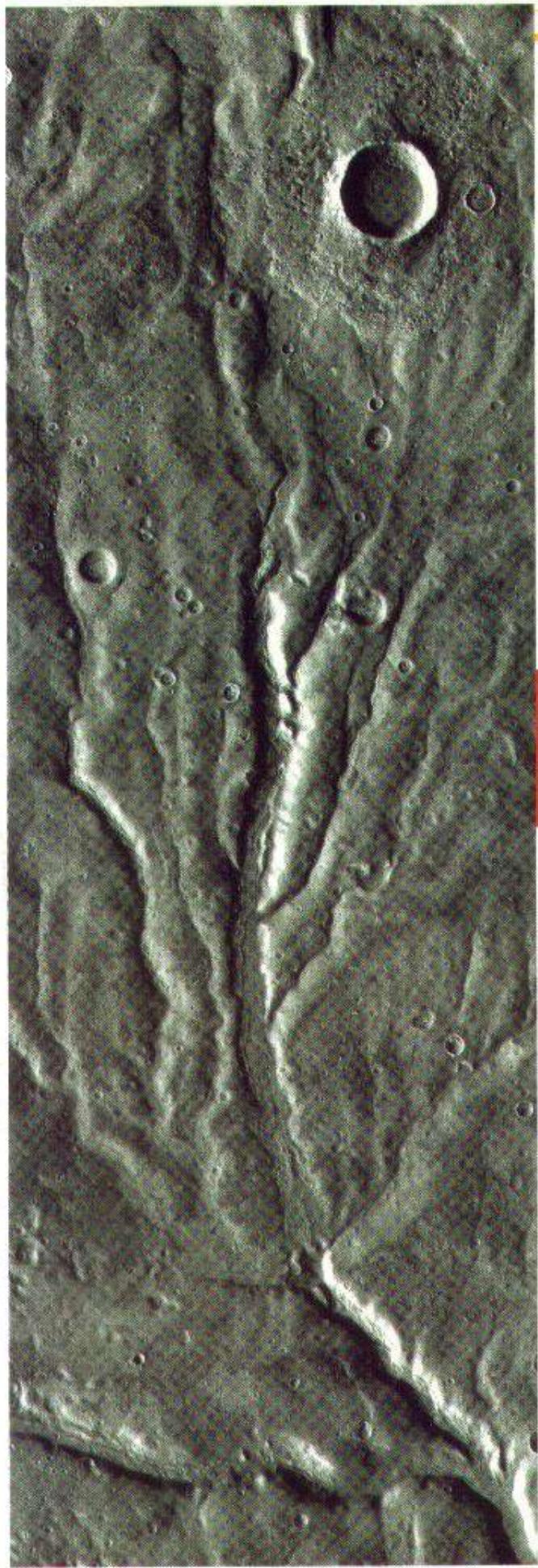
I canali marziani possono essere stati scavati da flussi di acqua o di lava, distinzione che deve essere chiara se si vuole ricostruire con precisione il sistema idrogeologico marziano. Qui vediamo una porzione della Hebrus Vallis attraversato da un sistema di canali che per la vicinanza al complesso vulcanico di Elysium sono stati scavati con ogni probabilità da flussi lavici. (NASA/JPL/MOLA)

Per stabilire l'epoca della formazione di un canale bisogna prima fissare l'età di un terreno nel quale gli spostamenti di materiale hanno segnato con solchi i piccoli canali. E' chiaro dunque che "l'analisi morfologica dei canali marziani ha - come illustrava Albert Ducrocq nel suo libro 'Marte pianeta rosso' - la conseguenza di imporsi l'idea di un'origine idrologica. Carl Sagan non esita a vedere i piccoli canali come fiumi che avrebbero alimentato una condensazione dell'acqua nell'atmosfera. Nessun'altra spiegazione gli pare soddisfacente: in particolare la presenza continua di canali su tutta la superficie di Marte esclude l'ipotesi di incrinature dovute a movimenti di sprofondamento del suolo (caso nel quale il fenomeno avrebbe manifestato un carattere locale)".

Una prima mappa dei canali fu preparata a suo tempo da David Pieri, astronomo della Cornell University, e ben presto furono catalogati quasi 2.000 piccoli canali. A proposito di ciò che rimane oggi dei fiumi di Marte, citiamo ciò che affermava sul numero 212 di questa rivista Vincenzo Orefino "... attualmente non sembra che possano sussistere molti dubbi sul fatto che la maggior parte di questi numerosi canali marziani siano stati prodotti dall'azione di acqua allo stato liquido". I corsi d'acqua a regime fluviale (fiumi) erano quanto di più complesso e di più intricato si potesse immaginare nel panorama di ciò che un tempo si presume fosse l'aspetto di Marte, quando il pianeta presentava condizioni simili a quelle attuali della Terra. Oggi è possibile distinguere in maniera dettagliata quelli che si presume potessero essere i vari tipi di corsi d'acqua.

La topografia applicata alla geomorfologia marziana distingue sei tipi di strutture fluviali, sulla base dell'origine geologica, della pro-





babile portata d'acqua e delle dimensioni: *labyrinthus*, *chasma* (canyon), *fossa*, *vallis* (*outflow channel*), *channel* (*run-off channel*), *chaos*. Con riferimento alle dimensioni va detto che il *labyrinthus* (su Marte una sola delle due formazioni indicate con tale denominazione risponde ai connotati di *struttura fluviale*) ha una dimensione di poco più di mille chilometri; le strutture denominate *chasma* (canyon) presentano dimensioni che variano da un minimo di 200 km ad un massimo di 1.500 km di lunghezza, le strutture denominate *chaos*, le quali solo in parte presentano caratteristiche fluviali, hanno dimensioni dell'ordine di alcune centinaia di chilometri di lunghezza e di larghezza.

Il termine *labyrinthus*, inizialmente applicato ad una sola struttura (la Noctis Labyrinthus), rappresentava propriamente la sorgente da cui scendeva l'acqua della Valles Marineris, la maggiore formazione fluviale di Marte. La Valles Marineris era formata da una serie di canaloni chiamati *chasma*, termine che significa propriamente *canyon* (profondo canalone) e le cui dimensioni, rimaste ovviamente immutate, "polverizzano" quelle delle corrispondenti strutture terrestri. Un'ipotesi concernente la formazione dei grandi canali marziani afferma che "i canyon sono causati dall'incisione linea-

Anche la Warrego Valles mostra un'intricata canalizzazione alla cui origine c'è lo scorrere di liquidi. E' presto per dire con certezza quando e per quanto tempo l'acqua fluì nelle varie regioni di Marte, vi sono tuttavia indizi che la vogliono presente da qualche miliardo di anni fa sino a qualche milione di anni fa. (NASA/JPL/MOLA)

re dell'acqua, che determina uno sprofondamento progressivo della vallata, ma non una variazione nella pendenza dei versanti. Sulla Terra ciò è possibile solo in ambienti aridi, dove i pochi corsi d'acqua di una certa importanza sono alimentati da piogge cadute in regioni lontane. L'assenza di precipitazioni locali inibisce l'erosione del suolo e favorisce il mantenimento di versanti quasi verticali" (Pranzini, Zeoli).

Un discorso a parte va fatto per le strutture denominate *fossae*. Sono queste delle formazioni che presentano talvolta caratteristiche di origine fluviale che hanno precise somiglianze con quella parte di *vallis* di maggiori dimensioni. Il termine *fossa* significa *canyon*, *valle* curvata o, semplicemente, *canale* fluviale. Il termine *vallis* (*outflow channel*) indica un canale fluviale, un fiume o una valle sinuosa (d'origine fluviale), propriamente i *canali d'efflusso*. Le *vallis* sono alvei di dimensioni molto variabili, associati con il terreno cosiddetto caotico, molto frequenti nei dintorni della costa del mare Chryse (Chryse Planitia). Presentano dimensioni che variano da 1.000 a 2.000 km, con una larghezza che supera in generale i 100 km (e si avvicina a volte ai 200) e una profondità di circa 1 km. Tutto ciò testimonia l'esistenza in epoche passate di fenomeni erosivi su vasta scala, rapportati ad episodi di inondazioni catastrofiche. È stato calcolato che queste strutture fluviali vennero formate da portate alluvionali di molto superiori alla portata del Rio delle Amazzoni. Per trovare un esempio che si avvicini alle proporzioni dei grandi canali marziani, bisogna riportarsi all'era del Periodo Pleistocene, all'epoca del Lago Missoula, nell'estremo nord-ovest degli USA. Sempre secondo Pranzini e Zeoli, i canali "sono stati interpretati come il risultato dello scorrimento superficiale ad alta densità

prodotto dalla rapida fusione di ghiaccio superficiale o del "permafrost" (ghiaccio inglobato nel suolo). In questo caso il reticolto idrografico presenta una gerarchizzazione ancor minore di quella che caratterizza i *run-off channel*, a riprova del fatto che i processi che alimentavano i canali erano occasionali, e molto probabilmente catastrofici".

Un tipo particolare di fiumi sono appunto i *run-off channels*, canali che presentano intricati reticolti idrografici. Propriamente si parla di struttura dentritica, la caratteristica struttura a spina di pesce, con filamenti e ramificazioni, dove sono assenti le cosiddette aste fluviali rettilinee e geometricamente ordinate. Ciò che in ultima analisi dimostra che lo sviluppo della rete idrografica non può essere stato determinato dalle strutture geologiche, dunque dalla natura del terreno (pieghe, faglie, fratture), bensì dall'azione del corso naturale dell'acqua che ha percorso quello specifico tratto di superficie. Questo tipo di canali è quello osservato sugli altopiani cosparsi di crateri, dove un gran numero di piccoli fiumi è situato a breve distanza gli uni dagli altri e sono denominati anche canali di scorrimento o *channels*. Segnano i lati di grandi crateri e corrono lungo le pianure tra un cratere e l'altro. Queste formazioni sono le più numerose (fra tutte le strutture fluviali) e ricevono anche il nome di *mini-vallis*, e arrivano ad una larghezza di qualche centinaio di metri soltanto. Il tipo di struttura denominata *chaos* (*chaotic terrain*), indica talvolta il fondo sedimentario dei canali, oltre che di alcuni tipi di laghi, detti tettonici.

Oltre al generale criterio di classificazione dei fiumi in base alle dimensioni (lunghezza in km), essi possono essere classificati secondo il tipo di percorso seguito, dunque in rapporto al *mare*, ovvero a seconda che si tratti di bacini fluviali che raggiungevano la massa oceanica, nel qual caso si parla di *bacini esoreici* (o aperti), oppure che non la raggiungevano, nel qual caso si parla di *bacini endoreici* (o chiusi) o, ancora, se ci si trovava alla presenza di terraferma sprovvista di superficie d'acqua, dunque sia fiumi sia laghi, ed in questo caso si parla di *bacini areici*. La categoria dei *bacini esoreici* o *aperti* comprendeva fiumi con normale deflusso, dove le acque giungevano regolarmente al mare. In questi casi la pendenza del terreno consentiva un percorso del fiume fino alla costa marina. I corsi d'acqua che si presume sfociassero in mare, presentavano, come i fiumi della Terra, foci ad estuario (ad es. nel mare di Chryse) o a delta (ad es. nel mare di Amazonia). Erano fiumi con foci ad estuario, fra i tanti, il Kasei Vallis, l'Ares Vallis e il Mawrth Vallis (quest'ultimo originato dal lago Trouvelot), tutti e tre presenti nella zona dei canali. Erano fiumi con foci a delta, fra i tanti, lo Shalbatana Vallis e il Mangala Vallis, il primo con sbocco nel mare Chryse, il secondo nel mare Amazonia.

Osservando la situazione delle foci dei fiumi sulla Terra, possiamo presumere che anche su Marte le foci ad estuario indichino la presenza di maree molto ampie, e le foci a delta indichino invece la presenza di maree d'ampiezza minore. I *bacini endoreici*, o chiusi, riferiscono di una particolare struttura del terreno che impedisce al fiume un regolare deflusso a mare, facendone confluire le acque in qualche lago *chiuso*, quindi senza fiume emissario. Infine i *bacini areici* che comprendevano le zone del tutto prive d'acque superficiali; la causa di ciò poteva risiedere nella scarsità di precipitazioni, alla forte evaporazione o alla permeabilità del terreno.

Mentre sul nostro pianeta la porzione maggiore delle terre emer-

se appartiene a bacini di tipo esoreico (72%), su Marte la parte fondamentale apparteneva ai bacini endoreici (poco meno del 50%) e ciò perché Marte presentava una massa continentale, comprendente oltre il 90% di tutte le terre emerse, e una superficie di acqua molto inferiore a quella dei continenti. Le zone del tutto prive di acque superficiali erano su Marte di poco superiori a quelle esistenti ora sulla Terra.

Dai fiumi ai laghi

Nei punti in cui la superficie di un pianeta presenta cavità o depressioni possono formarsi i *laghi*, nei quali le acque continentali sono raccolte e trattenute. Così, mentre i fiumi creano con il movimento della massa d'acqua l'alveo entro cui scorrere, i laghi sfruttano strutture già esistenti. L'origine dell'acqua di un lago può essere almeno di triplice natura: *fiume immissario*, *sorgente sotterranea*, *acqua piovana*. Generalmente i laghi hanno anche degli emissari (vale a dire fiumi che svuotano il lago dell'acqua eccedente), ma vi sono alcuni casi in cui i laghi ne sono sprovvisti. Sulla Terra, in questi casi, si hanno laghi d'acqua salata (un esempio è dato dal Mar Morto in Palestina). I maggiori laghi marziani erano poco più di un centinaio e le loro ampiezze variavano da 15 km ad un centinaio di km, con due casi straordinari di strutture lacustri i cui diametri si misuravano in centinaia di km, è il caso di Argyre, o addirittura in migliaia di km, è il caso di Hellas. I laghi erano presenti su tutta la superficie del pianeta, tuttavia, in certe regioni (come nel caso della parte orientale della zona dei canali, MC 10,11,12,17,19) erano più frequenti e si presentavano a gruppi. In queste regioni umide, i fiumi ricchi d'acqua collegavano i bacini interni con il mare (principalmente Chryse); invece nelle regioni aride (poste nelle zone più interne del continente Icarus) prevalevano le zone prive di deflusso. In quest'ultimo caso i fiumi presentavano una quantità d'acqua insufficiente a raggiungere il mare, e terminavano per lo più in laghi chiusi o in grossi bacini da considerarsi veri e propri mari interni (Hellas e Argyre). Oltre che nella zona dei canali, i laghi si trovavano lungo le coste settentrionali (MC 13,15), nella parte meridionale delle coste (MC 22,23), e anche in alcune zone dell'interno (MC 20,21,26,27,28). I laghi delle regioni aride erano spesso i rimasugli di masse d'acqua un tempo più cospicue.

I laghi marziani possono essere classificati in due categorie: *laghi tettonici* e *laghi craterici*. I laghi tettonici sono i laghi formati da movimenti orogenetici, in pratica quelli che occupano depressioni formatesi in seguito a movimenti delle placche della superficie del pianeta. Una zona di questo tipo è senz'altro la regione della Valles Marineris, in parte ricoperta di strati sedimentari che si presentano come antichi depositi lacustri. Tali formazioni sono comprese entro le strutture denominate *chasma* (canyon) e *chaotic terrain* (terreno caotico). Fra i più rappresentativi la Pyrrhae Chaos, l'Hebes Chasma e l'Aram Chaos. I laghi craterici sono i laghi formati da crateri vulcanici (laghi vulcanici) o da crateri da impatto (laghi meteoritici). I laghi vulcanici sono laghi che riempiono i crateri di origine vulcanica (crateri di vulcani ormai spenti). Spesso i laghi erano originati dal crollo delle pareti del vulcano. Presentano tracce d'erosione dovuta all'acqua. Hanno una forma generalmente circolare, ad imbuto, e occupano il cratere di un vulcano spento (sulla Terra

abbiamo i laghi italiani di Bolsena, Bracciano, Castelgandolfo, Trasimeno, ecc.). Una parte dei laghi vulcanici è considerata costiera, perché posta a poche decine di chilometri (o solo pochi chilometri) di distanza dalla costa. Un esempio notevolissimo è il lago Gusev (ora semplice cratere) che riceveva l'apporto del grande fiume Ma'adim, ed era prospiciente il Mare Elysium. Proprio nel cratere Gusev il rover Spirit della NASA ha trovato indizi della storia acquatica di Marte, su una roccia vulcanica costituita per il 10% da un minerale chiamato jarosite, sostanza che si forma soltanto in acido solforico diluito in acqua. Infine abbiamo i laghi meteoritici, in merito ai quali, affermava Battali Cosmovici, "vi sono [...] molti crateri con diametro superiore ai 30 km, che una volta dovevano contenere acqua stagnante. Questi laghi dovevano esistere nello stesso periodo dei grandi corsi d'acqua che hanno scavato i canali marziani". Si può ipotizzare che poco più della metà dei maggiori crateri marziani fossero un tempo occupati da formazioni lacustri. Analogamente a quanto accade sulla Terra, dove il lago Caspio, notevolmente fuori della norma, è chiamato mare, è possibile chiamare mari almeno due laghi marziani, entrambi di dimensioni titaniche: i già menzionati Argyre, che è più grande del mar Caspio (460.000 km² contro 371.000 km²) ed Hellas, che ha una estensione pari alla Groenlandia.

Dai rilevamenti effettuati dalla Mars Global Surveyor si evincono anche episodi lacustri più recenti di quanto ritenuto finora. In pratica su 65 mila immagini provenienti dalla sonda, in 250 casi sono presenti tracce che ricordano "sorgenti" di acqua liquida che si aprono sempre lungo pareti molto scoscese e friabili, ad una profondità massima di 200-500 metri.

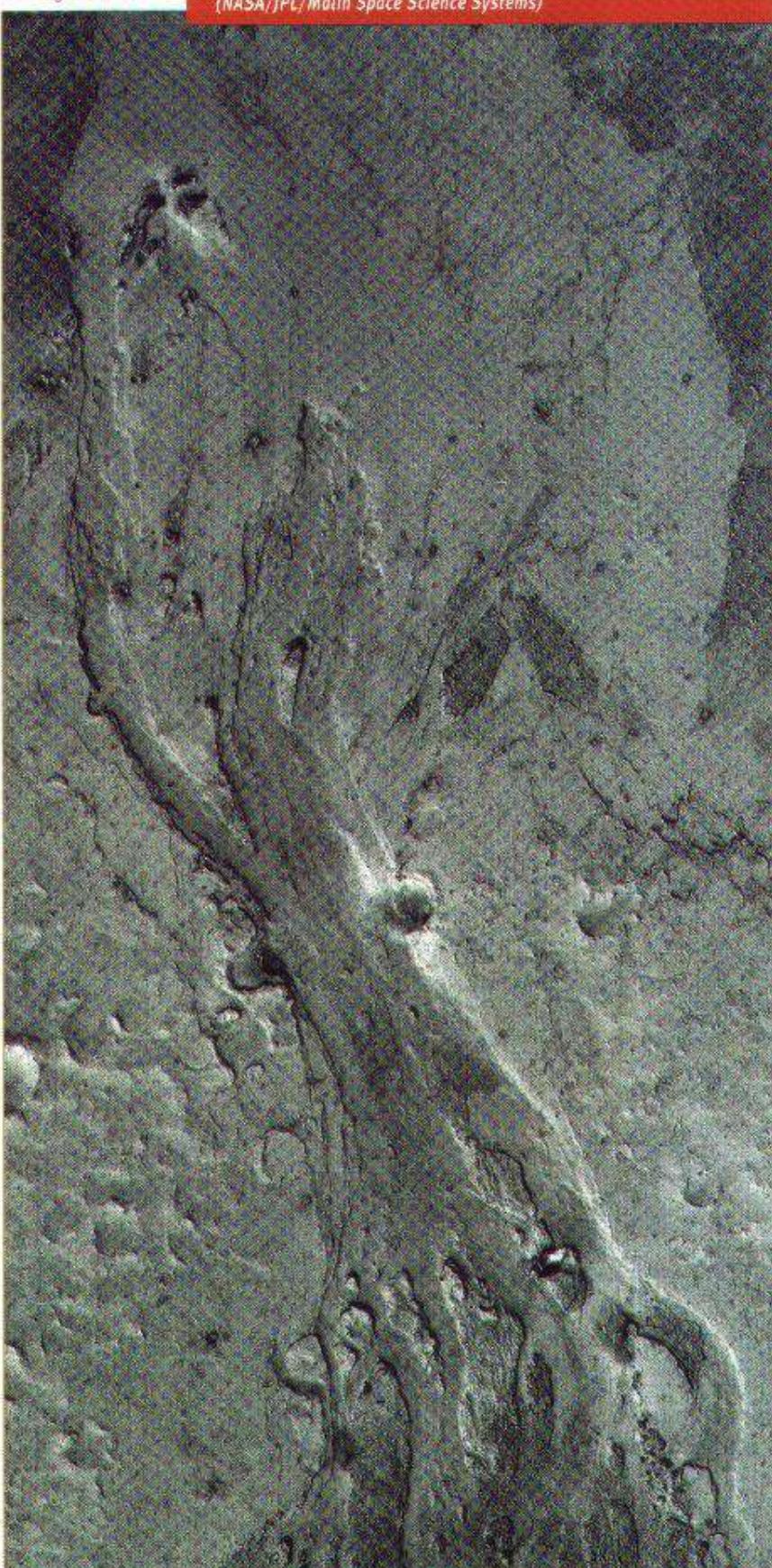
CONTINENTE ELYSIUM

Descrizione areografica

Il continente Elysium era per estensione la seconda più importante regione di terre emerse marziane.

Con 4 milioni di km², rappresentava il 2,8% del totale della superficie, il 5,5% del solo emisfero settentrionale e il 4% delle terre emerse. Si estendeva fra 197,5-247,5°W e 10-55°N. Aveva come punti estremi a nord la probabile isola d'Evpatoriya, a sud l'Albor Tholus, ad est la Granicus Vallis (fiume) e ad ovest i Phlegra Montes. Si estendeva per 1.500 km da nord a sud e per 2.800 km da ovest ad est. Le isole costituivano il 5% circa della superficie totale del continente e comprendevano 3 isole maggiori e 14

Il canale Zephyria, qui ripreso dalla Mars Orbiter Camera (MOC) della Mars Global Surveyor (MGS), è uno dei numerosissimi esempi di strutture fluviali scavate dallo scorrimento di liquidi estremamente fluidi, molto probabilmente acque più o meno fangose. (NASA/JPL/Malin Space Science Systems)



minori, per una superficie totale di circa 215.000 km². I gruppi insulari erano presenti nei mari Utopia (4), Elysium (10) e Arcadia (3).

Strutture orografiche

L'elevazione del territorio va da 0 a 3 chilometri. Alcune formazioni montuose giungono fino a oltre i 10 chilometri d'altitudine e, considerando le ridotte dimensioni di questo tratto di superficie marziana, si presentano molto numerose e con indici d'altitudine molto elevati.

km di diametro e 1 km di altezza), l'Albor Tholus (165-1) e l'Hecates Tholus (183-10). Altre catene montuose sono i Phlegra, estesi per 1.310 km. La formazione montuosa più importante è l'Elysium Mons, con un diametro di 432 km e un'altezza di 11 km. Fra le strutture depressionarie la più estesa è l'Elysium (1.114 km). Il continente Elysium non ha in pratica pianure, mentre presenta un altopiano, la Galaxias Mensae, larga 432 km.

Strutture idrografiche

L'osservazione della superficie del continente Elysium ci mostra l'assenza di bacini fluviali endoreici; ciò dipende dalla circostanza che vede le coste molto ravvicinate rispetto al punto più interno del continente stesso. La conseguenza è che qualsiasi fiume, anche con una portata d'acqua minima, riusciva a raggiungere il mare con facilità. Pur essendo bagnato da tre mari (Utopia, Elysium e Arcadia), il continente Elysium presentava bacini fluviali esoreici solo in relazione ai primi due, mentre non risultava nessuna struttura fluviale con riferimento al tratto di costa bagnato dal mare Arcadia.

Nel continente Elysium si contavano complessivamente una ventina di fiumi principali. Quelli tributari del mare Elysium erano: Elysium Fossae (1.114 km), Hephaestus Fossae (550 km), Hyblaeus Fossae (405 km), Hebrus Valles (299 km), Patapsoco V. (149 km), Iberus V. (149 km), Ituxi V. (123 km), Elysium Chasma (92 km), Hyblaeus Chasma (71 km) e la Stura V. I fiumi tributari del mare Utopia erano: Hrad V. (719), Granicus V. (445), Tinjar V. (390), Galaxias Fossae (200), Apsus V. (137), Buvinda V., Trebia V., infine una serie di piccoli fiumi della regione di Galaxias. Le chasma Elysium ed Hyblaeus dovrebbero essere strutture parzialmente fluviali. Una particolare struttura topografica fluviale è la *fluctus*, con l'unico esempio della Galaxias Fluctus presente solo nel continente Elysium. Le formazioni lacustri osservabili sono solo due: il Wk-Eddie, con un diametro di 100 km, e il lago Rh con un diametro di 75 km.

CONTINENTE BOREUM

Descrizione geografica

Compreso nell'emisfero boreale, il continente Boreum occupava la calotta polare al di sotto del circolo polare artico (65°N). Aveva una superficie di circa 1.250.000 km² e rappresentava la terza parte delle terre emerse. Era circondato da un oceano (Borealis) e da un mare minore (Olympia), comprendeva almeno quattro isole

I MONTI PRINCIPALI DI ICARUS

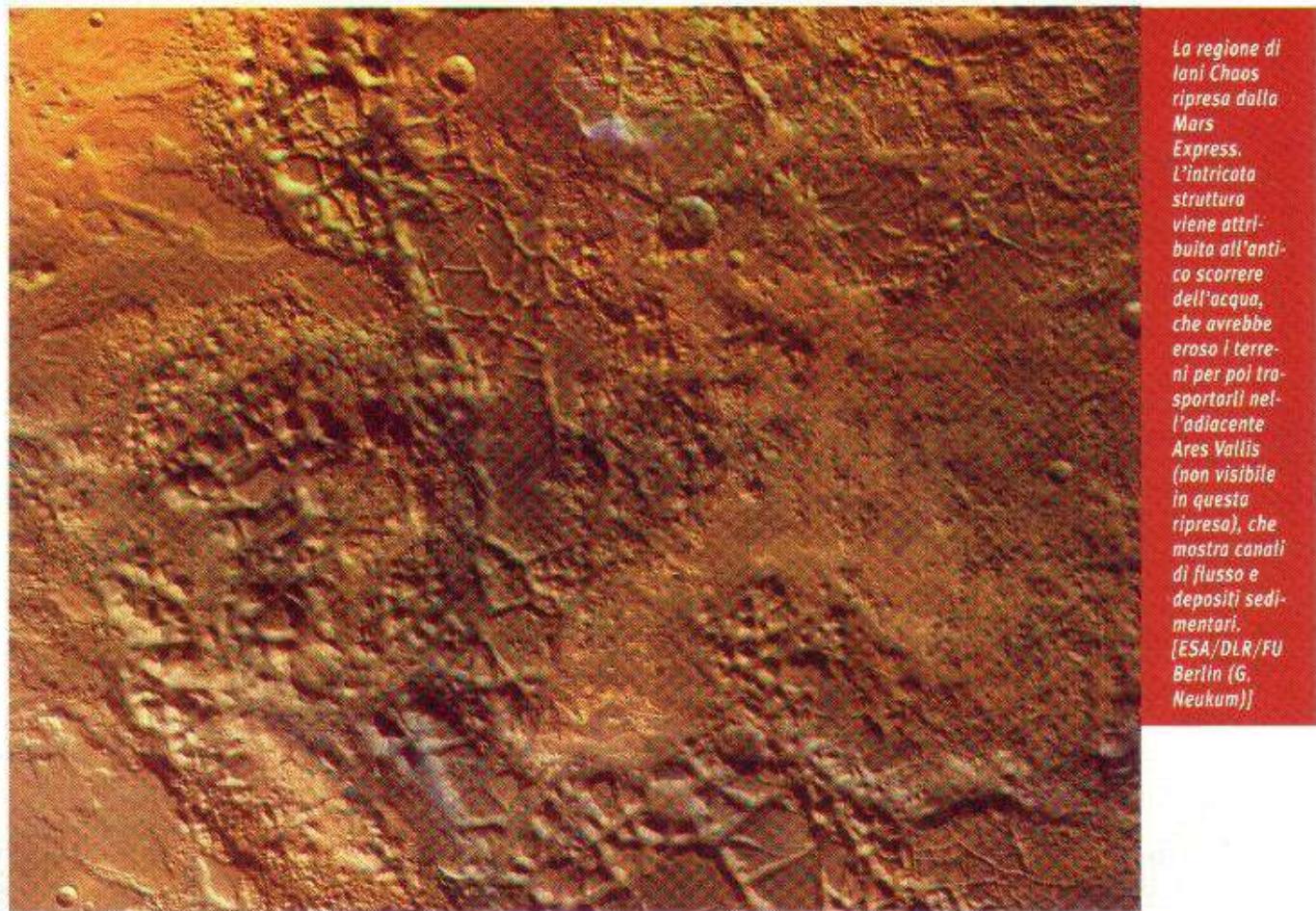
Denominazione	Diametro in km (dal livello "0")	Altezza in km
1.Olympus Mons	624	27,0
2.Ascraeus Mons	462	27,0
3.Pavonis Mons	375	27,0
4.Arsia Mons	485	26,0
5.Biblis Patera	117	8,5
6.Ulysses Patera	274	8,5
7.Geryon Montes	274	8,0
8.Ceraunius Tholus		5,6
9.Tharsis Tholus	153	5,9
10.Uranius Tholus	71	4,5
11.Apollinaris Patera	198	4,0
12.Tyrrhena Patera	597	3,5
13.Hadriaca Patera	451	3,5
14.Uranius Patera	276	3,5
15.Alba Patera	464	3,0
16.Echus Montes	203	3,0
17.Ceraunius Tholus	108	2,5
18.Amphitrites Patera	138	2,0
29.Australis Patera	40	2,0
20.Orcus Patera	381	1,0

Fra le catene montuose sono la Stygis (ampia 99 km) e l'Elysium (ampia 66 km). I monti più importanti sono L'Orcus Patera (381

km di diametro e 1 km di altezza), l'Albor Tholus (165-1) e l'Hecates Tholus (183-10). Altre catene montuose sono i Phlegra, estesi per 1.310 km. La formazione montuosa più importante è l'Elysium Mons, con un diametro di 432 km e un'altezza di 11 km. Fra le strutture depressionarie la più estesa è l'Elysium (1.114 km). Il continente Elysium non ha in pratica pianure, mentre presenta un altopiano, la Galaxias Mensae, larga 432 km.

I FIUMI PRINCIPALI DI ICARUS

Denominazione	km	mare	settori interessati (MC)
1.Valles Marineris	4.128	Chryse	10.1306-17.1206-19.1381
2.Kasei Vallis	2.222	Chryse	10.1303-1305-1306
3.Claritas Fossae	2.033	bacino endoreico	17.1190-25.1263
4.Ares Vallis	1.690	Chryse	11.1342-1343-1345
5.Tempe Fossae	1.553	Acidalia, Borealis	4.1437-3.1352-1353
6.Capri Chasma	1.498	Chryse	18.1208-19.1381
7.Maja Valles	1.311	Chryse	10.1305-1307
8.Acheron Fossae	1.120	Arcadia	2.1356-1357
9.Thaumasia Fossa	1.118	Argyre	25.1263
10.Simud Vallis	1.074	Chryse	11.1343-1345
11.Ius Chasma	1.003	Chryse	17.1206-18.1207



La regione di Iani Chaos ripresa dalla Mars Express. L'intricata struttura viene attribuita all'antico scorrevole dell'acqua, che avrebbe eroso i terreni per poi trasportarli nell'adiacente Ares Vallis (non visibile in questa ripresa), che mostra canali di flusso e depositi sedimentari. [ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)]

(di cui tre di una certa importanza), poste tutte oltre il 65° di latitudine nord, che ricoprivano circa 150.000 km² di terre.

Strutture orografiche e idrografiche

Le strutture orografiche del continente Boreum si trovano in gran parte coperte sotto uno spesso strato di neve e ghiaccio, così come succede nella nostra Antartide, dove solamente controlli effettuati in loco hanno messo in luce l'esistenza di grandi catene costiere.

Ad ogni modo, le rilevazioni operate dal Mars Global Surveyor hanno appurato che la massa continentale di Boreum si eleva di circa 3 km rispetto al fondo dell'Oceano Borealis, che oltretutto si trova a -5 chilometri in rapporto al livello zero di Marte. A tutt'oggi l'osservazione della superficie del continente Boreum ci mostra l'assenza di bacini fluviali. ■

I LAGHI PRINCIPALI DI ICARUS

Denominazione	Sup. in kmq	Settori interessati (MC)
1.Hellas	2.800.000	27.1585-1586-28.1452-1454
2.Argyre	500.000	26.1191-1192-1683
3.Schiaparelli	196.450	20.1376
4.Huygens	192.550	21.1623-1441
5.Hebes	80.460	18.1207
6.Secchi	30.810	28.1453
7.Aram	25.460	11.1342
8.Becquerel-Es	24.070	11.1344
9.Holden-Td	24.070	19.1209
10.Gale-Yv	22.710	23.1213
11.Gusev	22.686	23.1497-1215
12.Knobel-Av	20.120	22.1469
13.Hale	17.680	26.1192
14.Trouvelot-Gn	17.680	11.1344
15.Galilaei-Qe	13.900	11.1343
16.Senza nome	12.280	16.1186
17.Pyrrhe	11.600	19.1381
18.Curie-Cz	10.400	11.1344

• Gianni Viola, nato ad Acireale (CT) nel 1951. È scrittore e giornalista freelance. Ha fatto parte della Planetary Society (USA) e della Associazione Tuscolana di Astronomia (Italia), attualmente è membro sostenitore della Société Astronomique de France (Francia). Socio dal 1978 del Sindacato Nazionale Scrittori di Roma. Ha svolto studi di sociologia presso l'Università di Urbino. Ha pubblicato Polizia (in due edizioni 1976-1978) e ha redatto una Enciclopedia delle religioni dell'URSS (Premio P. Ulisse Floridi, 1989). Dal 1990 ha contatti con ricercatori NASA. Nel 2002 ha pubblicato "La civiltà di Marte" per le Edizioni Mediterranee (Roma). •