



16 Febbraio 2018
Marte

Bedogni Roberto INAF Osservatorio Astronomico di Bologna

<http://www.bo.astro.it/~bedogni/>

email: roberto.bedogni@oabo.inaf.it

H₂O

Acqua-ghiaccio-vapore



Acqua

Caratteristiche generali	
Formula molecolare	H ₂ O
Massa molecolare (u)	18,0153 g/mol
Aspetto	liquido incolore
Proprietà chimico-fisiche	
Indice di rifrazione	1,3330
Temperatura di fusione	0,00 °C (273,15 °K)
$\Delta_{\text{fus}}H^0$ (kJ·mol⁻¹)	6 (a 0,00 °C)
$\Delta_{\text{fus}}S^0$ (J·K⁻¹mol⁻¹)	21,9 (a 0,00 °C)
Temperatura di ebollizione	100,00 °C (373,15 °K)
$\Delta_{\text{eb}}H^0$ (kJ·mol⁻¹)	40,7
Punto triplo	273,16 °K (0,01 °C)-611,73 Pa
Punto critico	647 °K (374 °C)-2,2064 × 10 ⁷ Pa
Tensione di vapore (Pa) a 293,15 °K	2338,54
Sistema cristallino	esagonale (vedi ghiaccio)
Viscosità dinamica (mPa.s a 20 °C)	1

Unità di misura della pressione - Pascal (Pa)

L'unità di misura nel SI della pressione è il **pascal (Pa)**, che equivale a 1 newton su metro quadrato o $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$

$$Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2}$$

Atmosfera (atm) approssimativamente pari alla pressione esercitata dall'atmosfera terrestre al livello del mare

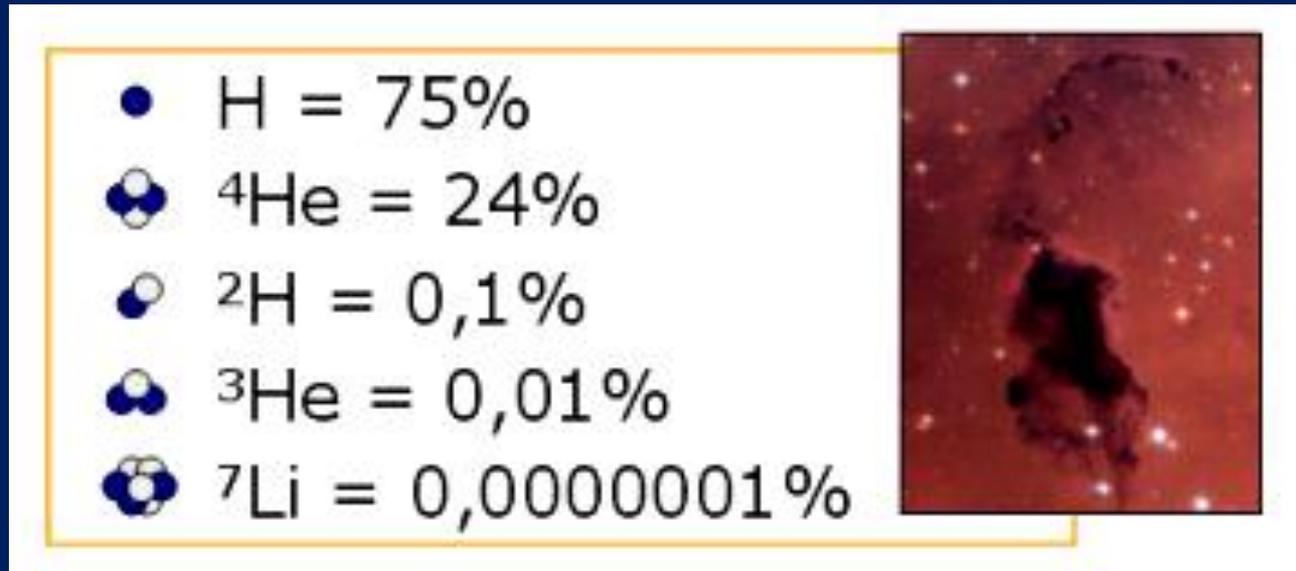
$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr}$$

Inoltre è usato anche il **bar**

$$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}$$

Perché si trova l'acqua ?
Elementi ed abbondanze

La nucleosintesi primordiale



Quando l'universo si è raffreddato (dopo circa 3 minuti dal Big Bang), i neutroni si sono trasformati in protoni ed elettroni oppure si sono ricombinati con i protoni formando il **deuterio, un isotopo di idrogeno**. In seguito la maggior parte del **deuterio** si è combinata in **elio** e si è prodotto del **litio**. La diminuzione della temperatura e della densità resero altre fusioni improbabili.

Quindi nei primi tre minuti dopo il Big Bang si sono formati elementi leggeri (la cosiddetta **nucleosintesi primordiale**), la cui abbondanza finale in percentuale dipende dal rapporto tra fotoni e barioni (neutroni e protoni) e dal numero di specie di neutrini.

La nucleosintesi primordiale

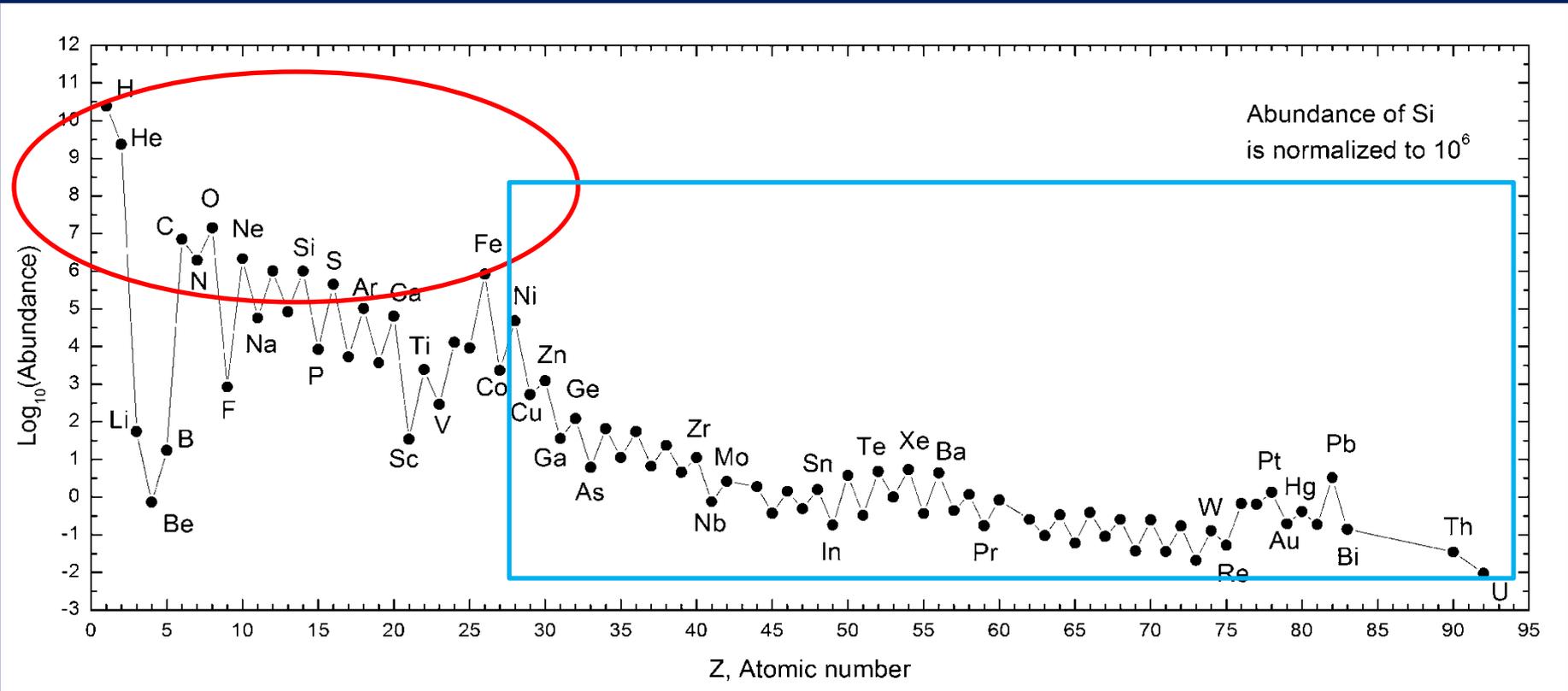
La Nucleosintesi Primordiale

Solo i primi tre elementi si sono formati nel Big Bang

Tutti gli altri si sono formati nelle stelle!

1																	2				
H																	He				
3	4															5	6	7	8	9	10
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
11	12															13	14	15	16	17	18
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86				
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun												
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71								
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu								
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103								
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr								

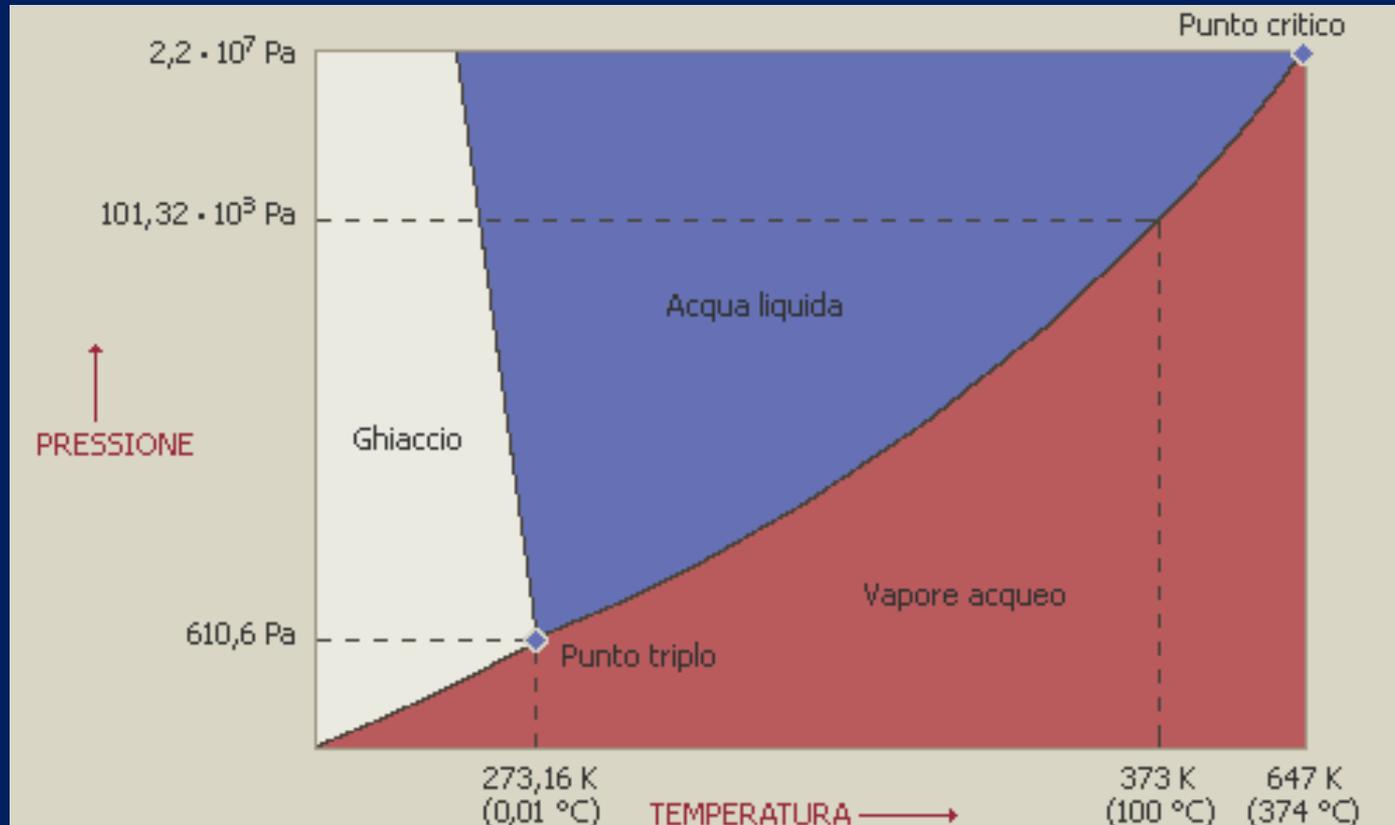
Le abbondanze degli elementi dopo la sintesi stellare



Le abbondanze previste dalla teoria sono in buon accordo con le osservazioni, che mostrano come l'elemento più diffuso nell'universo sia l'idrogeno (circa il 75%), seguito dall'elio (circa il 24%), mentre gli elementi più pesanti metalli rappresentano soltanto una frazione trascurabile del totale.

NB il più abbondante tra i "metalli" è l'ossigeno O

Acqua - diagramma di stato



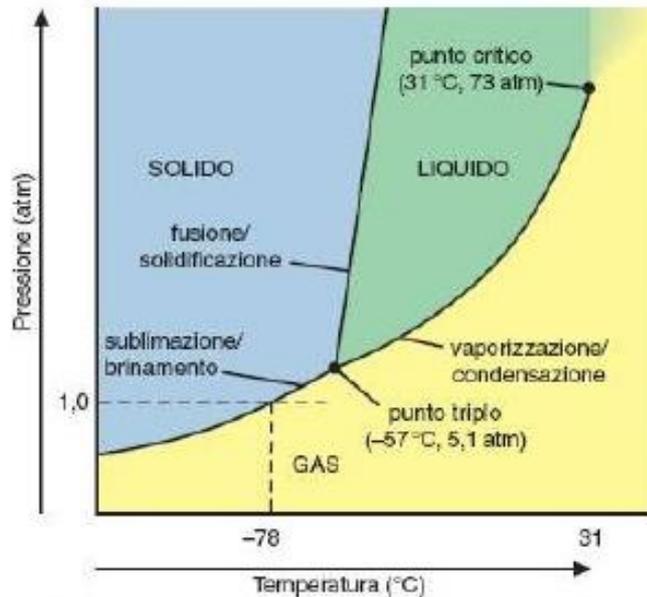
NB il punto triplo acqua è a $T=273,17 \text{ }^\circ\text{K}=0,01 \text{ }^\circ\text{C}$ $P=0,006 \text{ atm}=610 \text{ Pa}$

Queste condizioni sono poco distanti dalla temperatura media atmosferica il che rende **la Terra un pianeta in cui è abbondante lo stato liquido dell'acqua**

Al contrario nello spazio l'acqua, pur abbondante, si trova soprattutto come solido o vapore

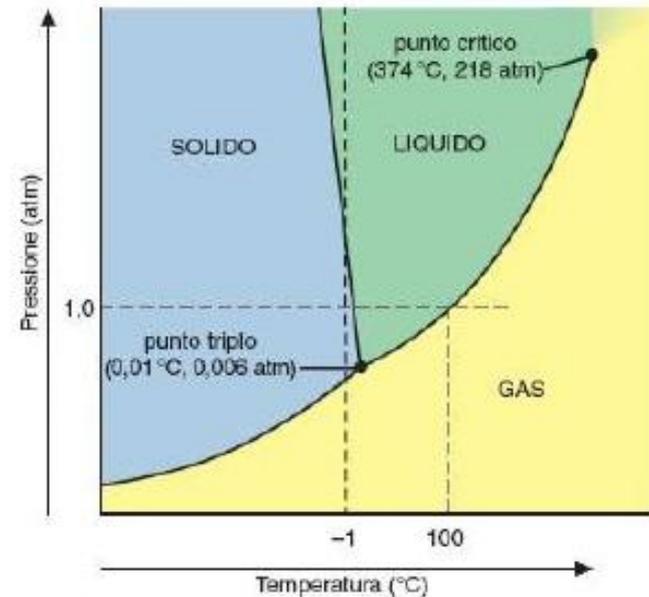
Acqua e CO₂- diagramma di stato

Diagrammi di fase per CO₂ e H₂O



A. CO₂

A. Il diagramma di fase per CO₂ è tipico della maggior parte delle sostanze in quanto la curva solido-liquido si inclina verso destra al crescere della pressione: il solido è *più* denso del liquido.

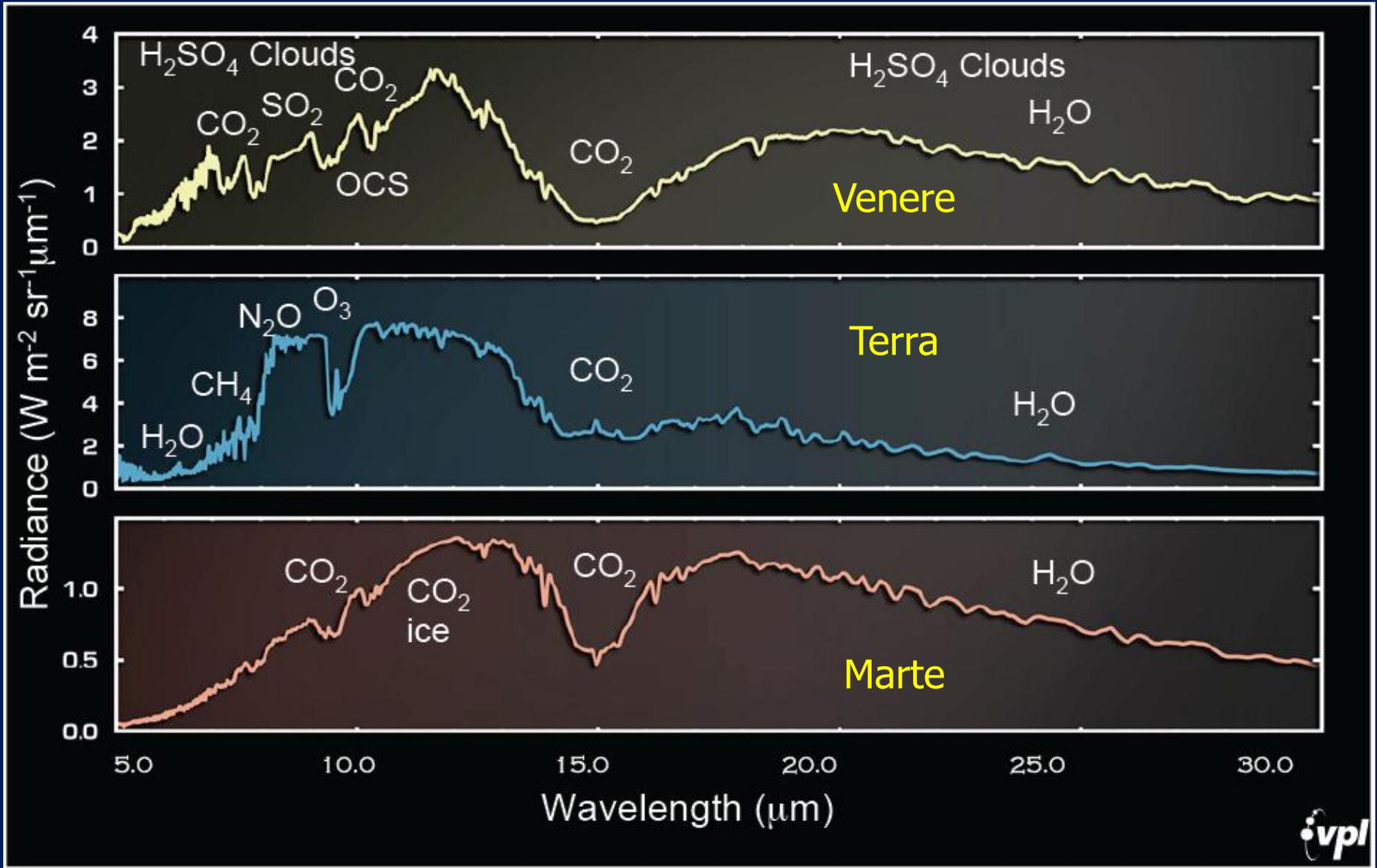


B. H₂O

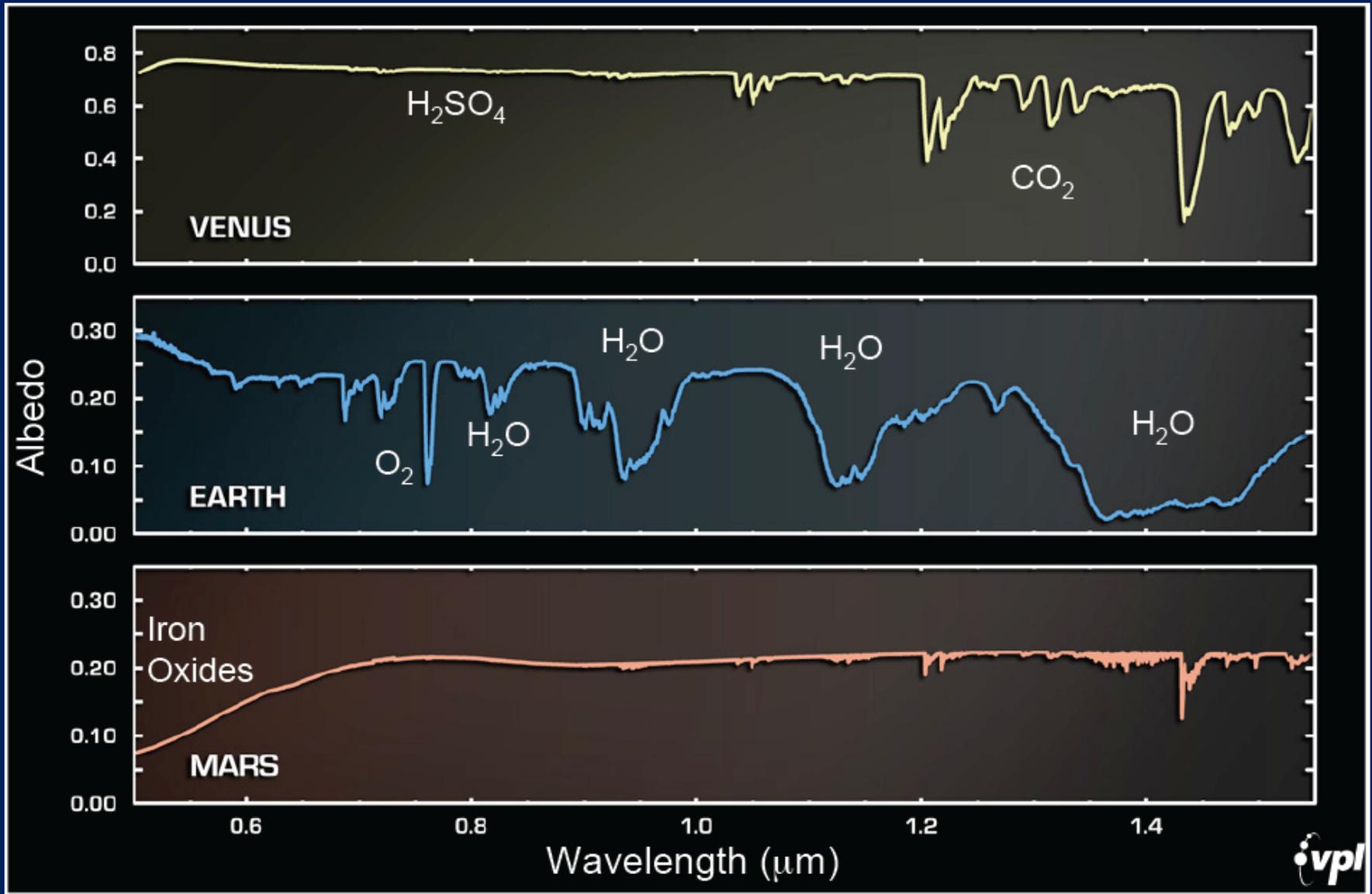
B. L'acqua è una delle poche sostanze la cui curva solido-liquido si inclina verso sinistra al crescere della pressione: il solido è *meno* denso del liquido.

Acqua nella fascia interna del sistema Solare

Radianza dei pianeti terrestri



Albedo dei pianeti terrestri



Marte



Nomenclatura dei dettagli superficiali di Marte

Classificazione di Antoniadi del 1930:

catena, catenae : una fila di crateri

cavus, cavi : depressione

chaos, chaoses : regione accidentata

chasma, chasmata : (dal greco voragine) un canyon oppure una depressione con pareti ripide

collis, colles : collina o piccolo rilievo

dorsum, dorsa : una cresta o cratere allungato o irregolare

fluctus, fluctus : area coperta da colata lavica

fossa, fossae : un fossato o depressione lunga e sottile

labyrinthus, labyrinthi : un complesso di valli

lingula, lingulae : altopiano con margini lobati o arrotondati

mensa, mensae : piccolo altopiano

mesa una collina con sommità piatta e fianchi ripidi

mons, montes : montagna o vulcano

palus, paludes : piccola pianura

patera, paterae : cratere irregolare o un complesso di crateri

planitia, planitae : bassopiano-una pianura od un bacino piatto e liscio

planum, plana : un altopiano

rupes, rupes : scarpata

scopulus, scopuli : scarpata irregolare

serpes, serpentes : formazione sinuosa con alture e depressioni

sulcus, sulci : creste o solchi quasi paralleli

terra, terrae : regione estesa

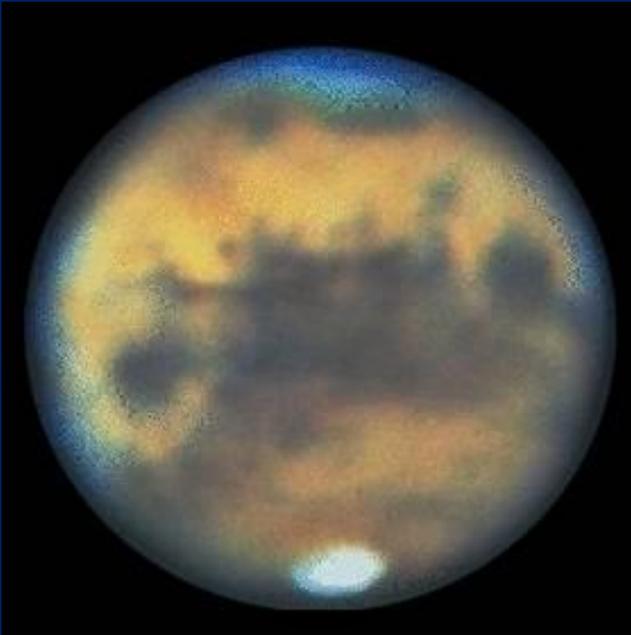
unda, undae : duna

tholus, tholi : collina o picco isolato

vallis, valles : vallata

vastitas, vastites : pianura molto estesa

Marte



Una foto di Marte presa dall'Osservatorio Lowell

Distanza dal Sole (U.A.) = 1,52

Distanza dal Sole (km) = 227 940 000

Periodo di rivoluzione (anni) = 1,8808

Eccentricità = 0,093

Inclinazione rispetto all'eclittica = 1° 51'

Velocità orbitale media (km/sec) = 24,14

Massa (Terra = 1) = 0,107

Raggio equatoriale (km) = 3 397,2

Raggio equatoriale (Terra = 1) = 0,532

Densità media (Terra = 1) = 0,72

Accelerazione di gravità (Terra = 1) = 0,38

Velocità di fuga (km/sec) = 5,0

Periodo di rotazione = 24h 37m 22s

Periodo di rotazione = 24,6 ore

Inclinazione sul piano dell'orbita = 25,19°

Albedo = 0,25

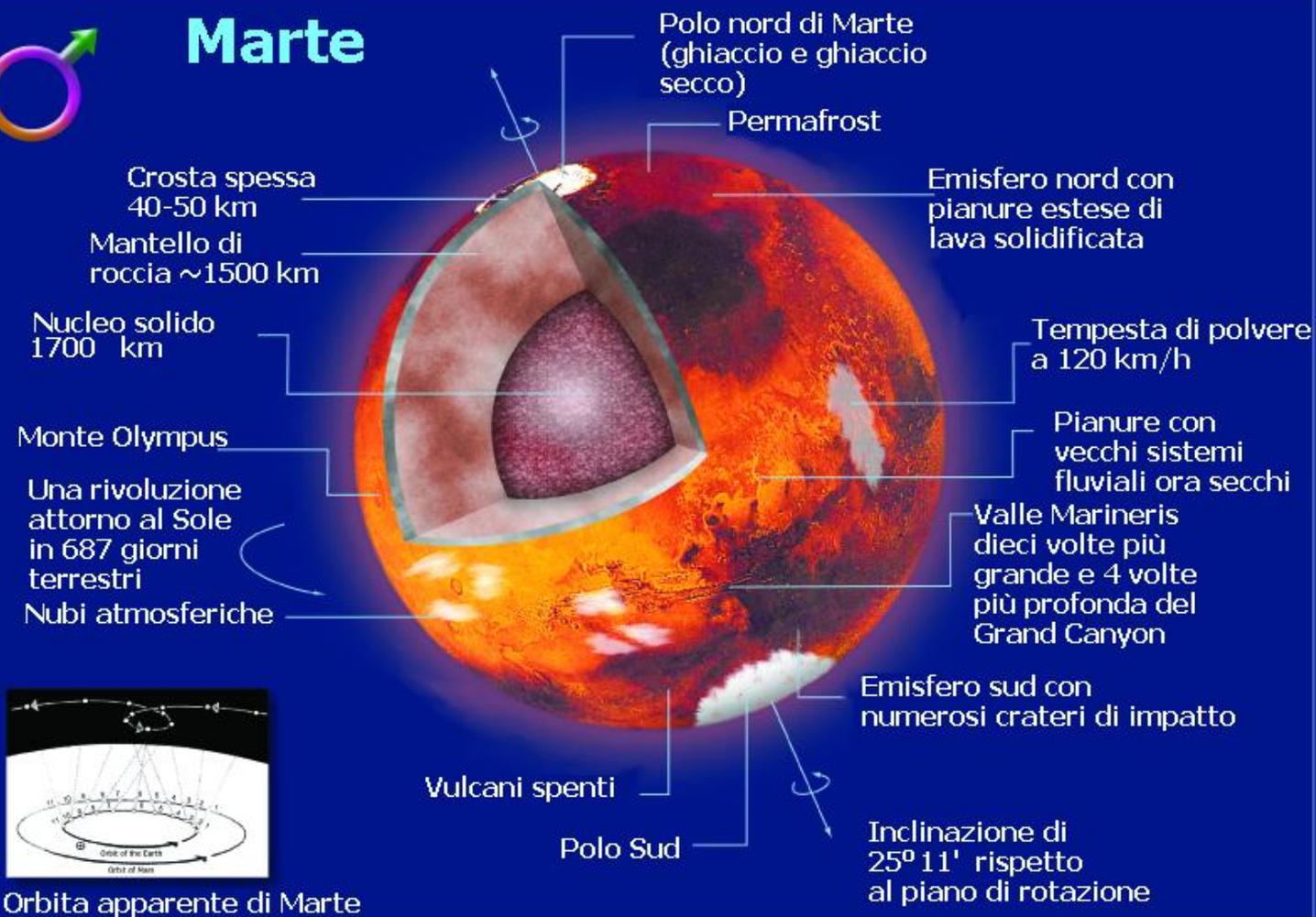
Magnitudine visuale = -2,01

Numero satelliti = 2

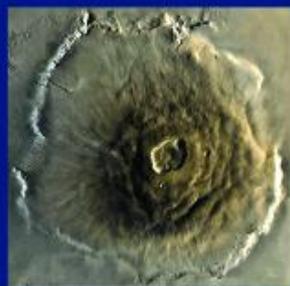
Nota sin dall'antichità



Marte



Orbita apparente di Marte



Monte Olympus



Pianure e crateri arrossati



Fiumi antichi ora secchi (arroyo)



La superficie di Marte Spirit 2001

Mars Exploration Family Portrait

40: Mars Science Laboratory Curiosity
November 26, 2011
Mission to Gale Crater

39: Phobos-Grunt
November 8, 2011
Stranded in Earth orbit

38: Phoenix
August 4, 2007
Landed, dug for water

37: Mars Reconnaissance Orbiter
August 12, 2005
Orbiting Mars

35, 36: Mars Exploration Rovers Spirit and Opportunity
June 10 / July 7, 2003
Both landed on surface, Opportunity still in operation

34: Mars Express / Beagle 2 lander
June 2, 2003
Orbiting Mars, Beagle lost after separation

33: Mars Odyssey
March 7, 2001
Orbiting Mars

32: Mars Polar Lander
January 3, 1999
Crashed on surface

31: Mars Climate Orbiter
December 11, 1998
Crashed due to imperial/metric unit mixup

30: Nozomi
July 4, 1998
Missed planet

29: Mars Pathfinder
December 4, 1996
Landed on surface, deployed Sojourner rover

28: Mars 96
November 16, 1996
Destroyed during launch

27: Mars Global Surveyor
November 7, 1996
Orbited and returned data

1, 2: MARS 1M No. 1 / MARS 1M No. 2
October 10 / October 14, 1960
Both destroyed during launch

3, 4, 5, 8: MARS 2MV-4 No. 1 / Mars 1 / Mars 2MV-3 No. 1 / Zond 2
October 24 / November 1 / November 4, 1962 / November 30, 1964
Broke up in Earth orbit / Radio failure en route / Stranded in Earth orbit / Radio failure en route

6, 7: Mariner 3 / Mariner 4
November 5 / November 28, 1964
Payload fairing failed to open / First flyby and picture return

9, 10: Mariner 6 / Mariner 7
February 25 / March 27, 1969
Both flew by, returned pictures

11, 12: Mars 1969 A / Mars 1969 B
March 27 / April 2, 1969
Both destroyed during launch

13, 17: Mariner 8 / Mariner 9
May 8 / May 30, 1971
Destroyed during launch / First probe to orbit Mars

14, 15, 16: Cosmos 419 / Mars 2 / Mars 3
May 10 / May 19 / May 28, 1971
Failed in Earth orbit / Lander crashed / Lander failed

18, 19, 20, 21: Mars 4 / Mars 5 / Mars 6 / Mars 7
July 21 / July 25 / August 5 / August 9, 1973
Missed planet / Orbited planet / Lander failed (6 and 7)

22, 23: Viking 1 / Viking 2
August 20 / September 9, 1975
Both landed on surface, returned data

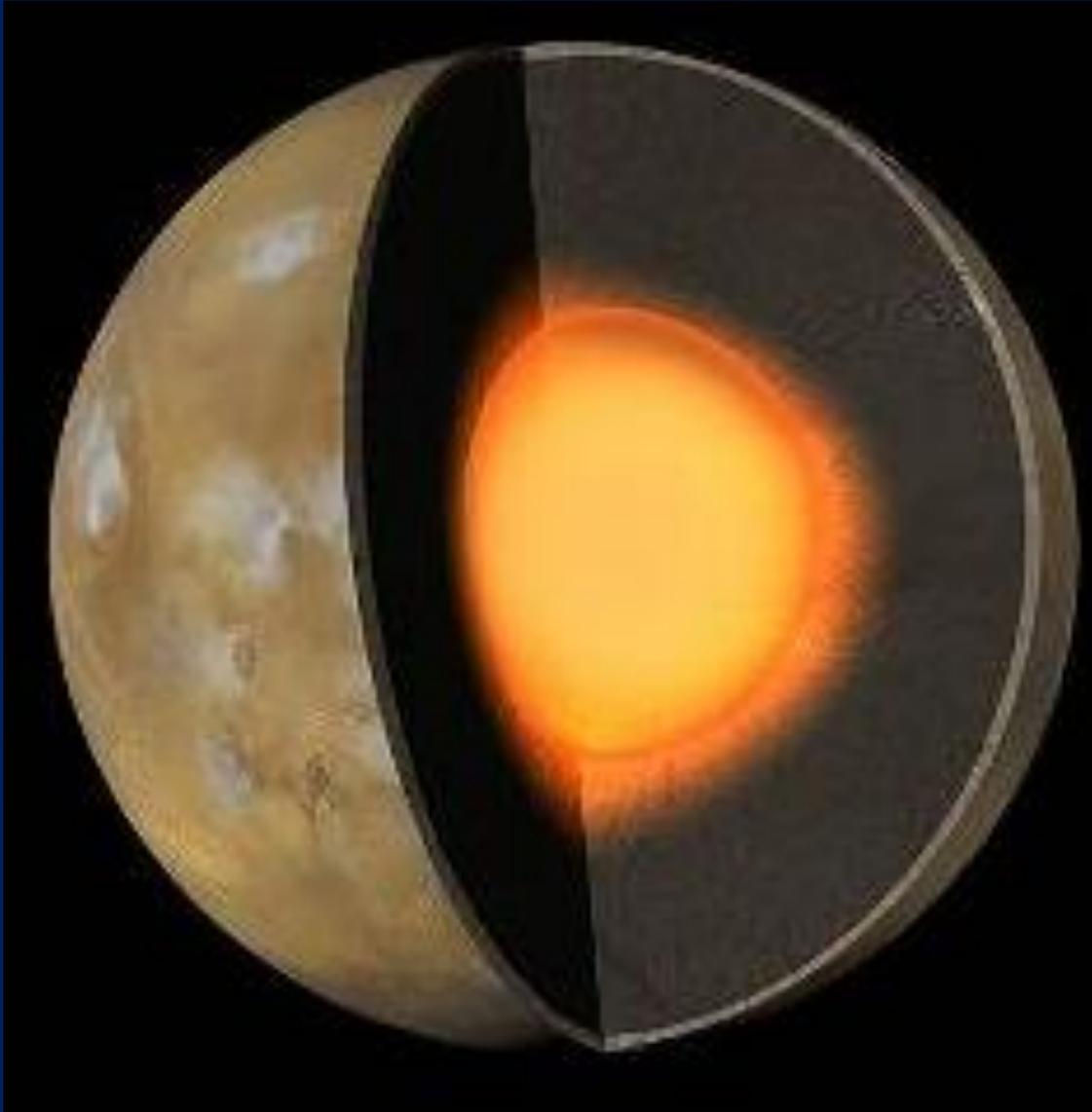
24, 25: Phobos 1 / Phobos 2
July 7 / July 12, 1988
Lost communication en route / Lost communication near Phobos

26: Mars Observer
September 25, 1992
Lost communication near Mars

Viking 1 and 2
Sojourner
Spirit and Opportunity
Phoenix
Curiosity

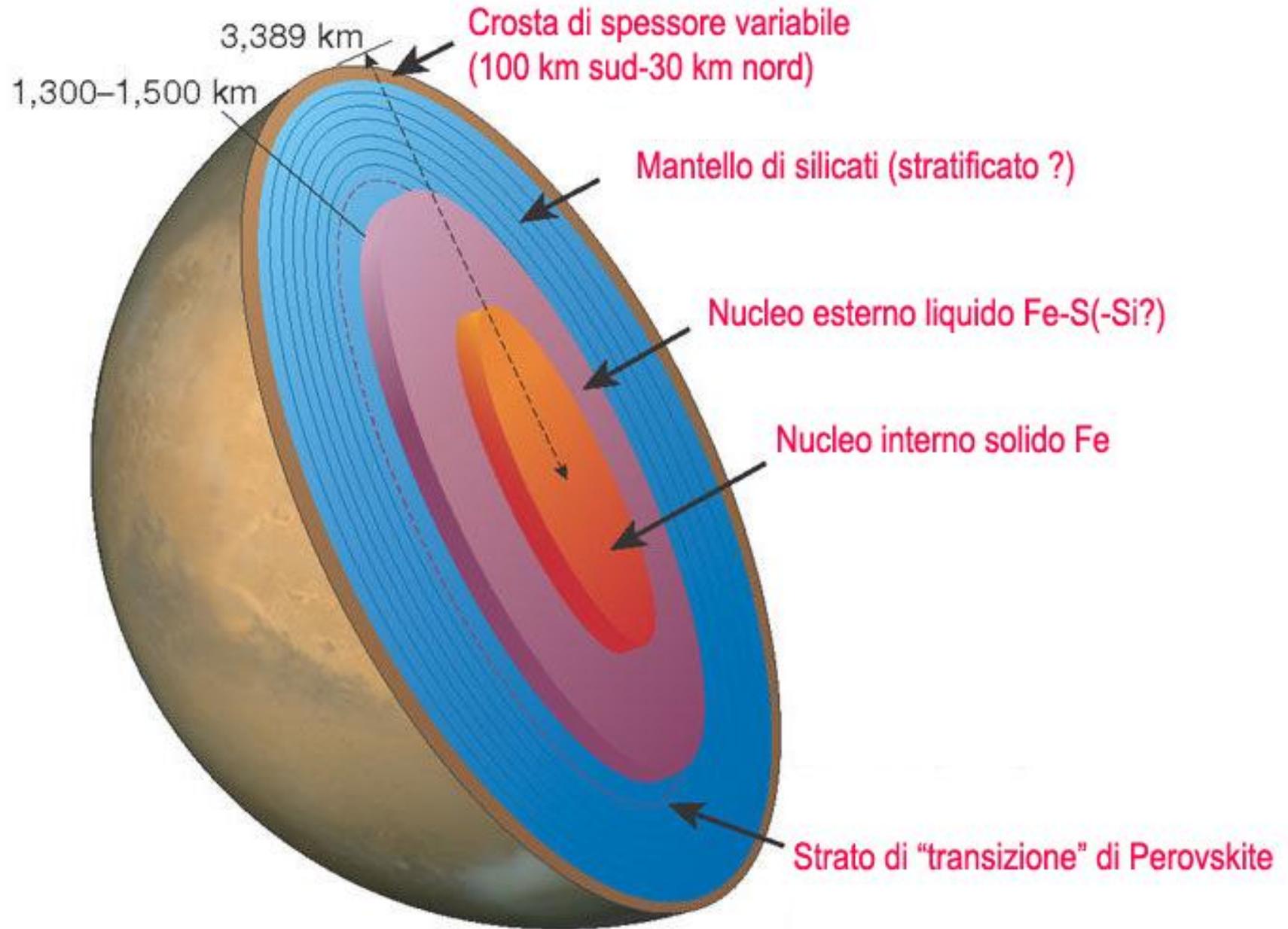
Image credits: NASA, Roscosmos, ESA, JAXA, Exchange3D.com
Additional research sources: space.com, Roscosmos@yandex.ru
Dates indicated are for launch. Only dedicated Mars missions are listed.
Created by Jason R. Davis
www.astronautix.com

Struttura interna di Marte

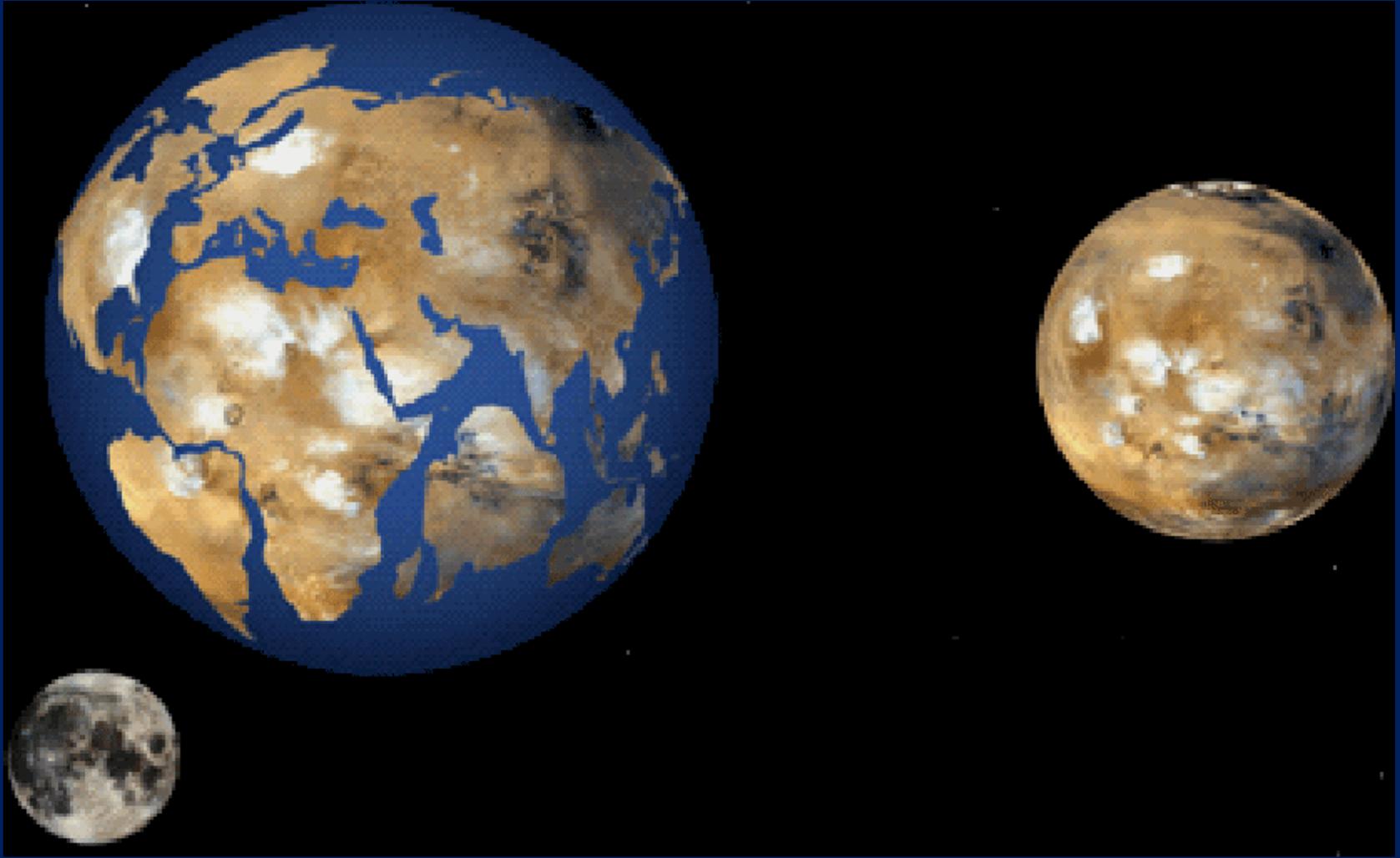


-	Spessore (km)
Crosta	100
Mantello di Silicati	1800
Nucleo di Ferro e Solfuro di Ferro	1500

Struttura interna di Marte

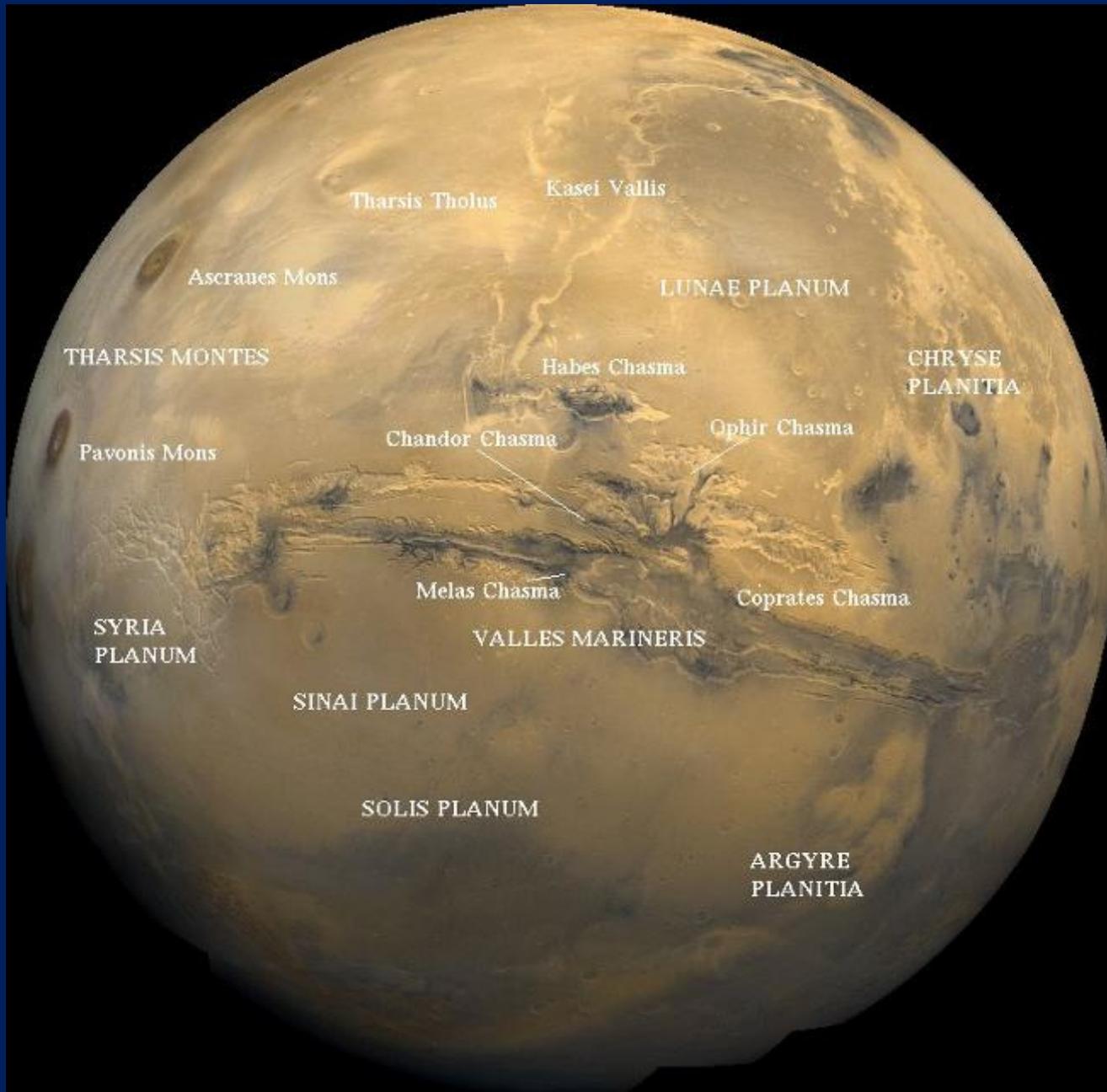


Confronto tra le dimensioni di Terra, Luna e Marte

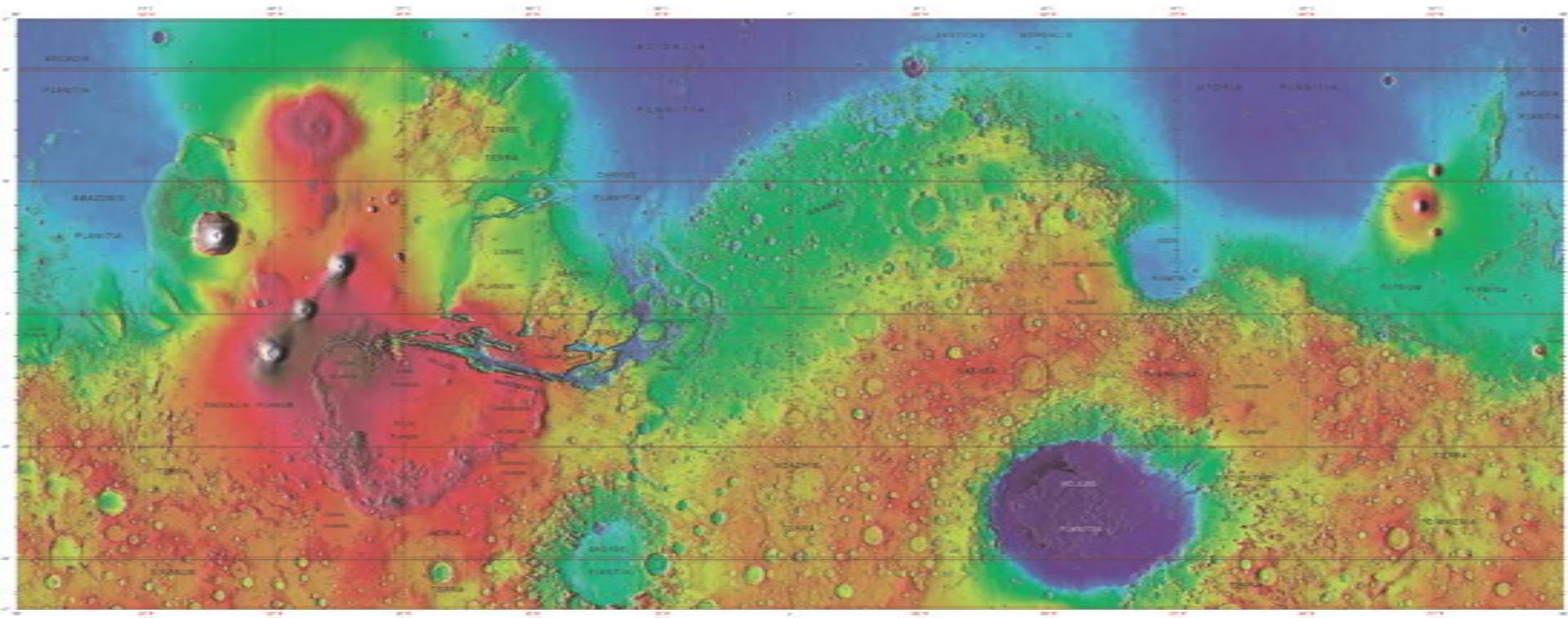


Marte

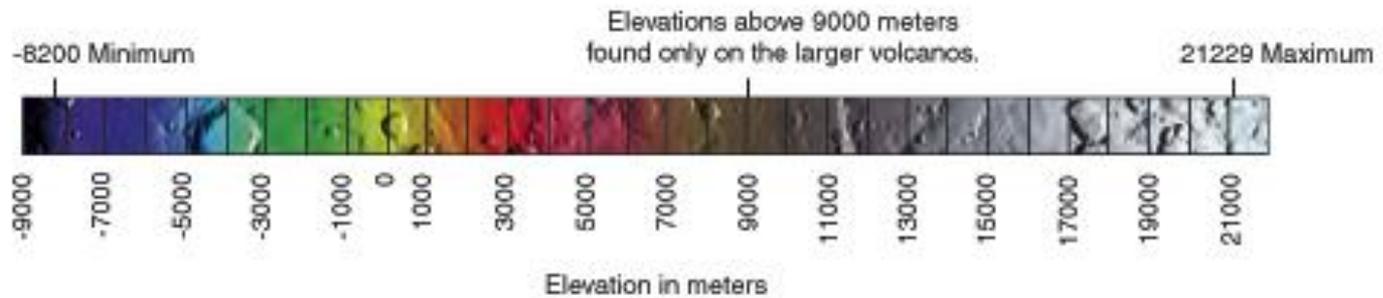
Sonda
Viking
orbiter



Planimetria di Marte



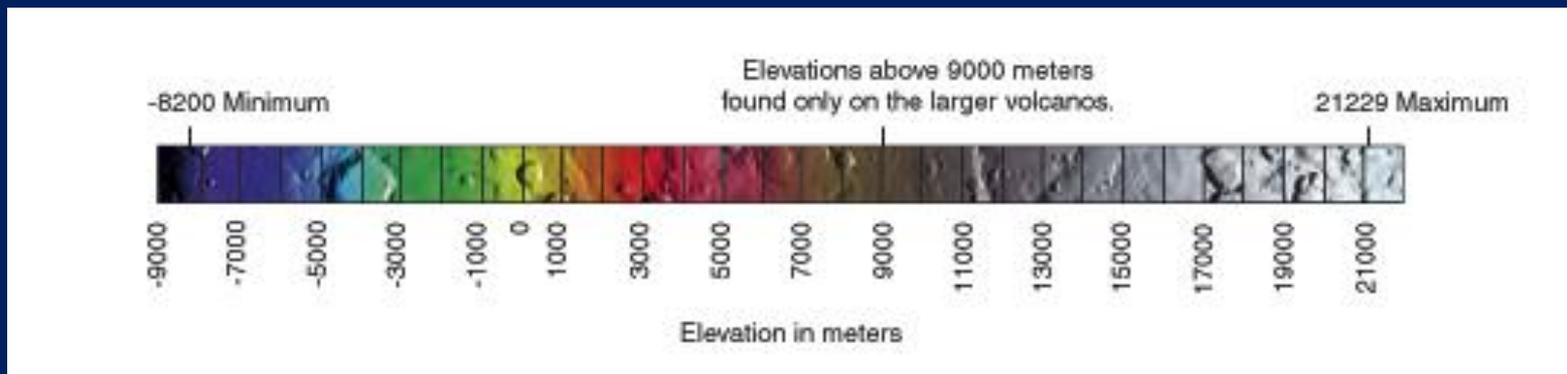
MARS REGIONAL NAMES



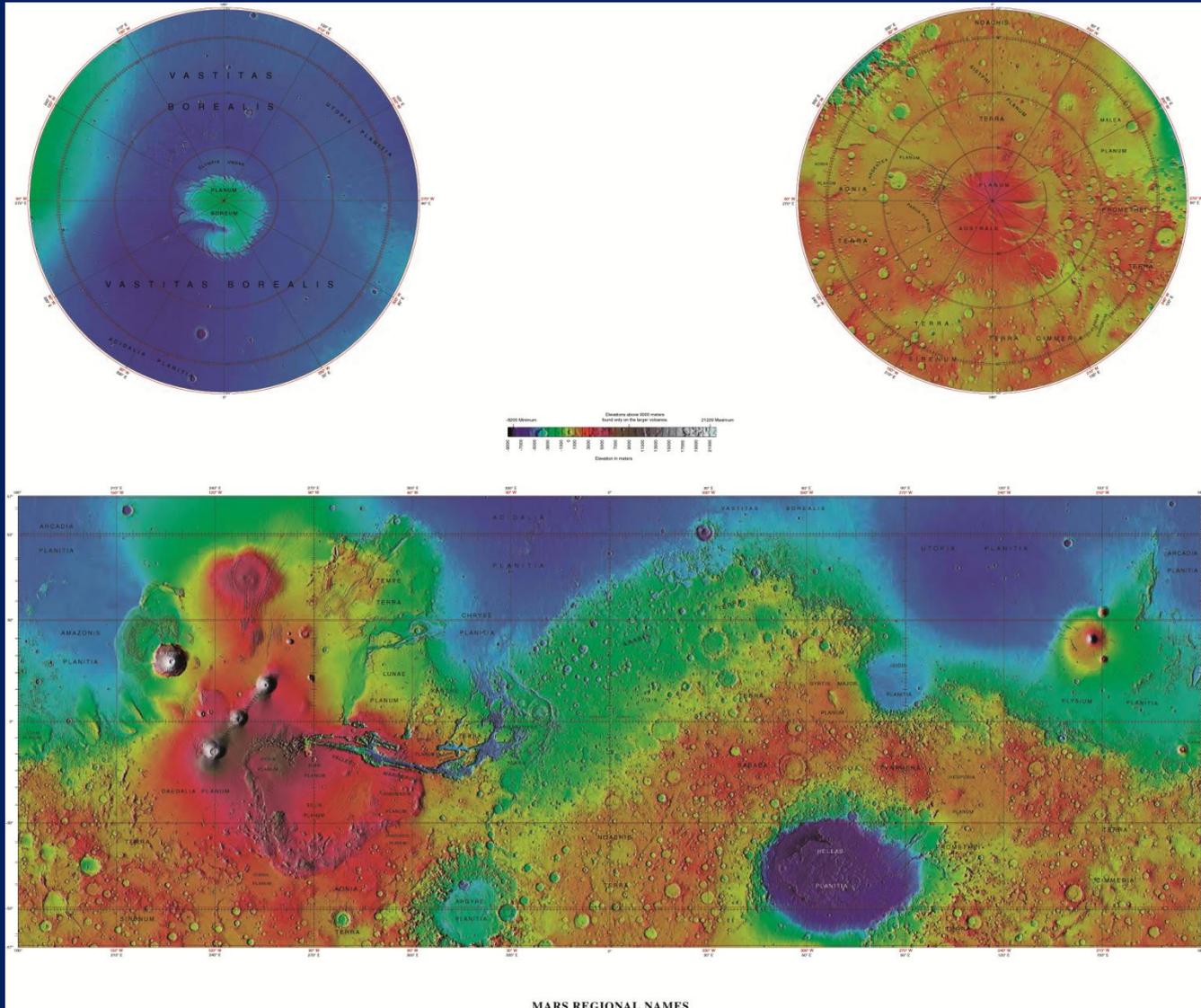
MOLA-Sonda Mars Global Surveyour

Planimetria di Marte

Data l'assenza di un *livello del mare* rispetto a cui valutare l'altitudine o la profondità delle varie formazioni geologiche presenti su Marte, si è convenuto di definire un **livello topografico di riferimento** corrispondente alla quota alla quale la pressione atmosferica vale 610,5 Pa ad una temperatura di 273,16 K (si tratta delle medesime condizioni del punto triplo dell'acqua).



Marte

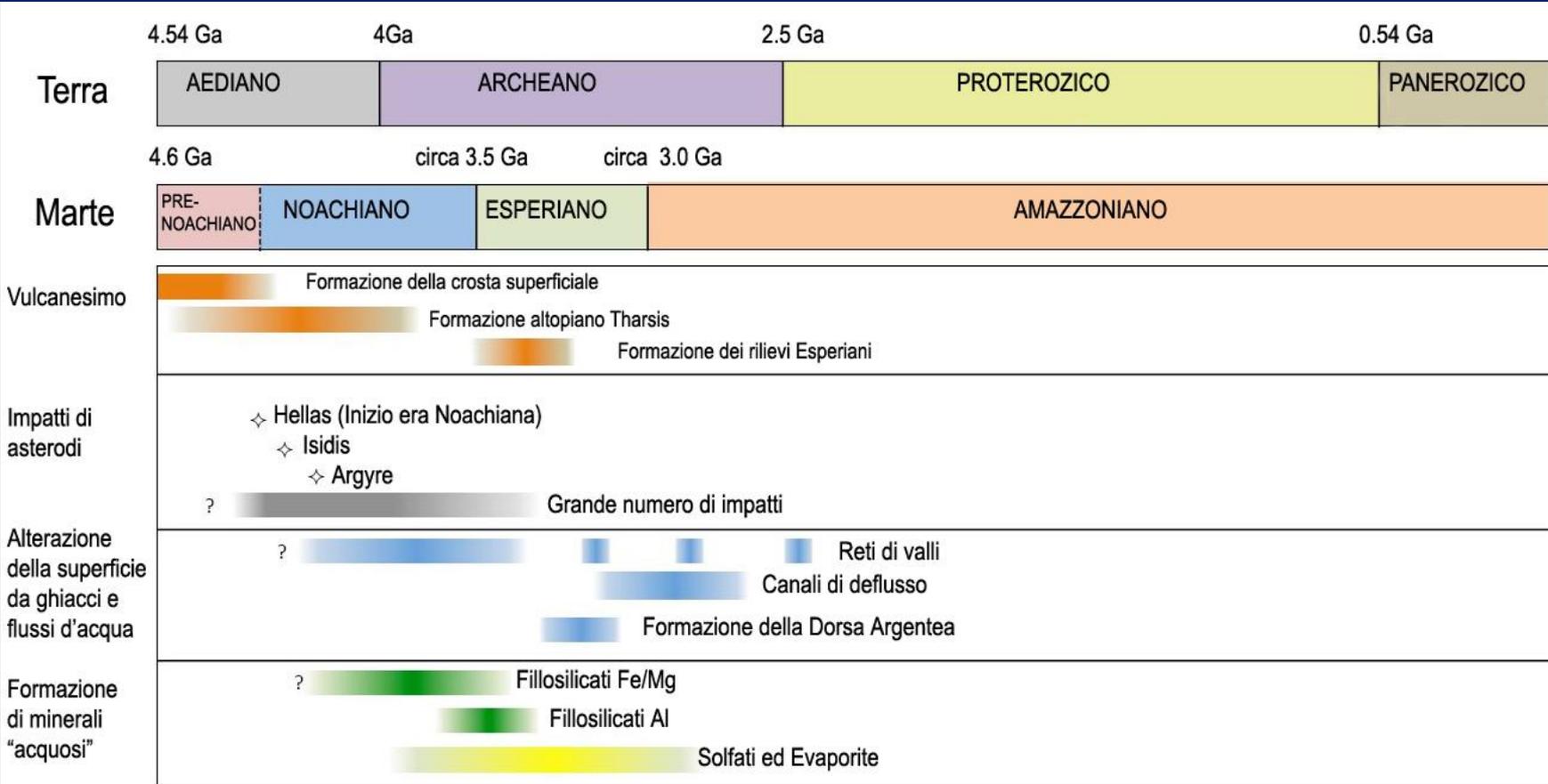


MOLA-Sonda Mars Global Surveyour

Ricostruzione Geo-Climatica di Marte primordiale

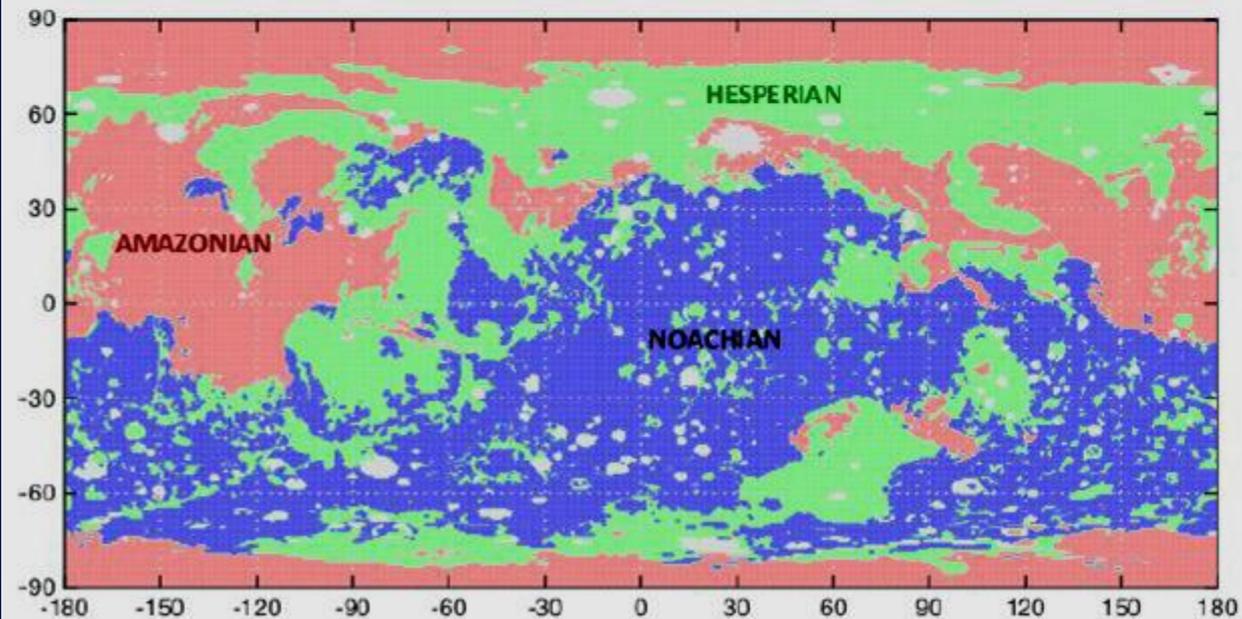
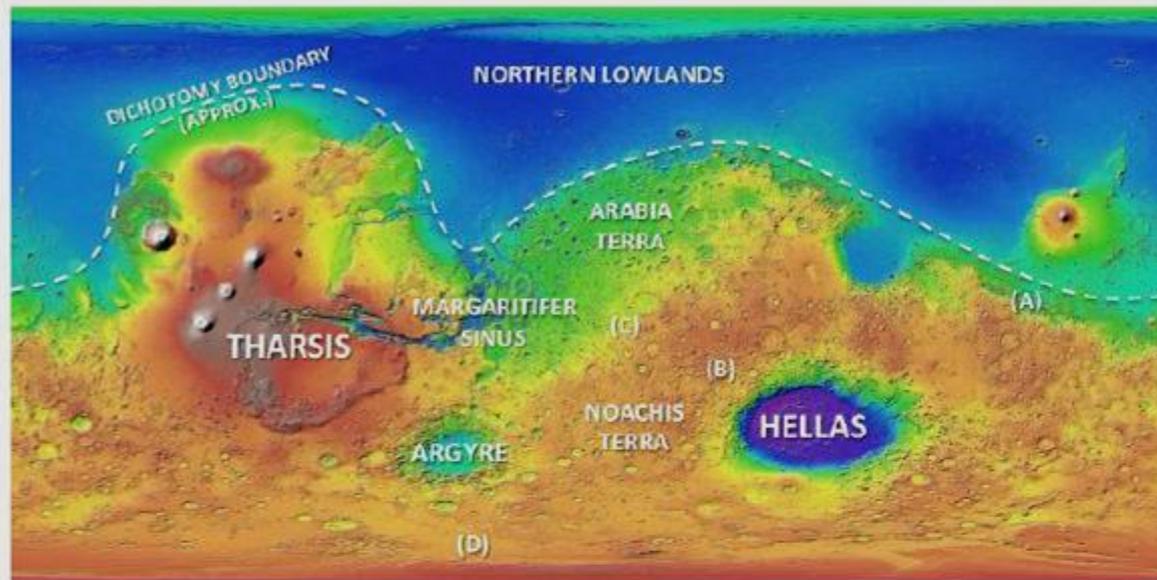


Una sintesi della storia primordiale di Marte

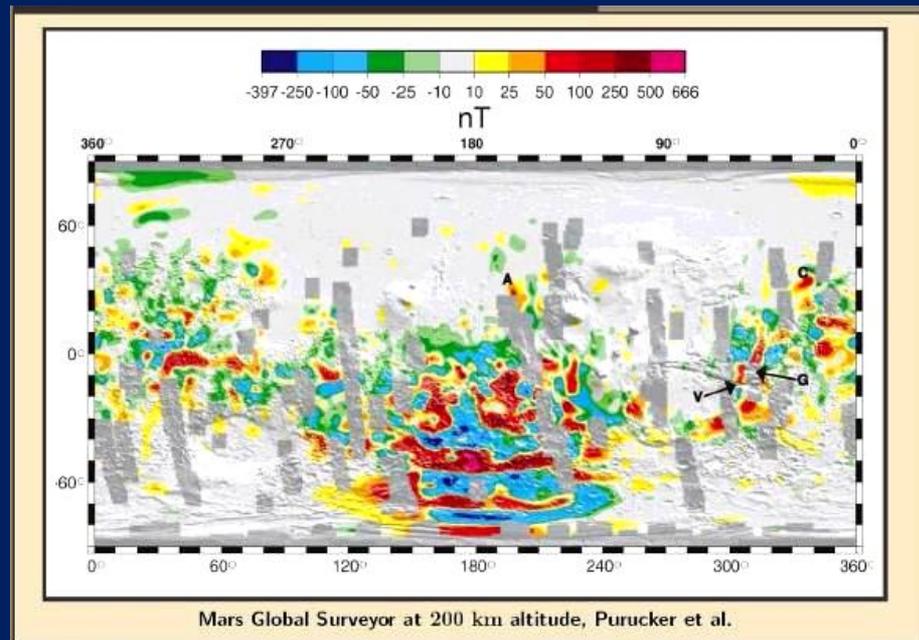
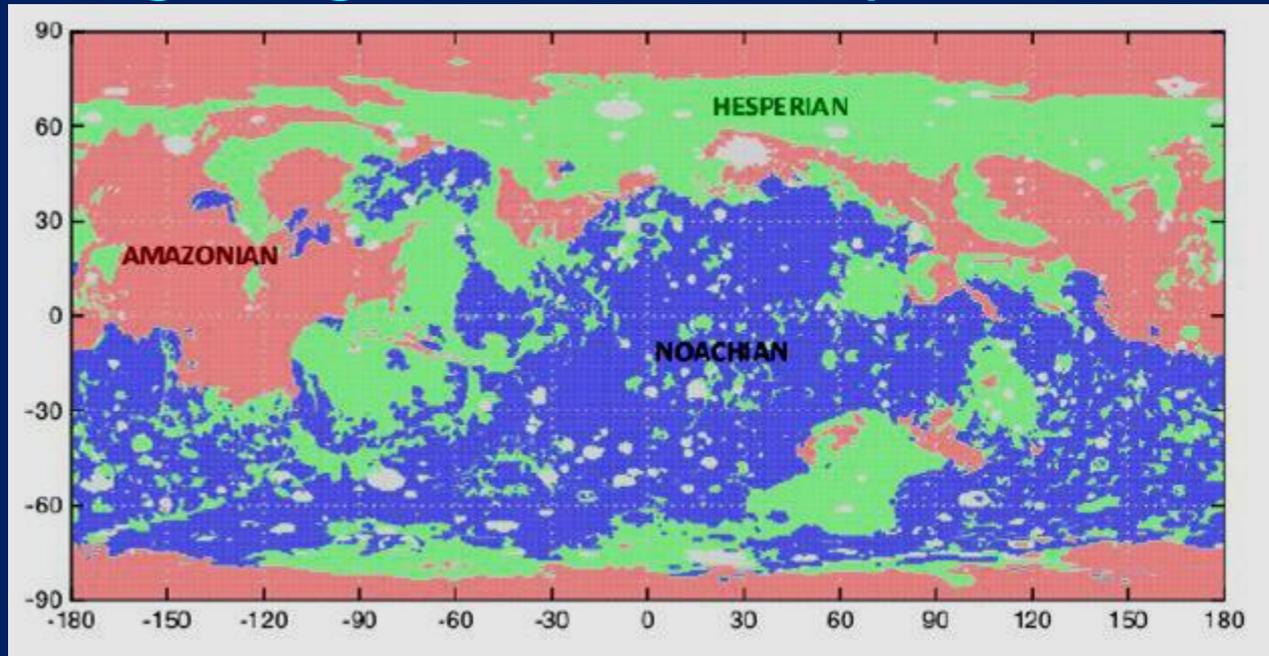


PHYLLOSILICATES: any silicate mineral having the tetrahedral silicate groups linked in sheets, each group containing four oxygen atoms, three of which are shared with other groups so that the ratio of silicon atoms to oxygen atoms is two to five.

Una sintesi geologica della storia primordiale di Marte

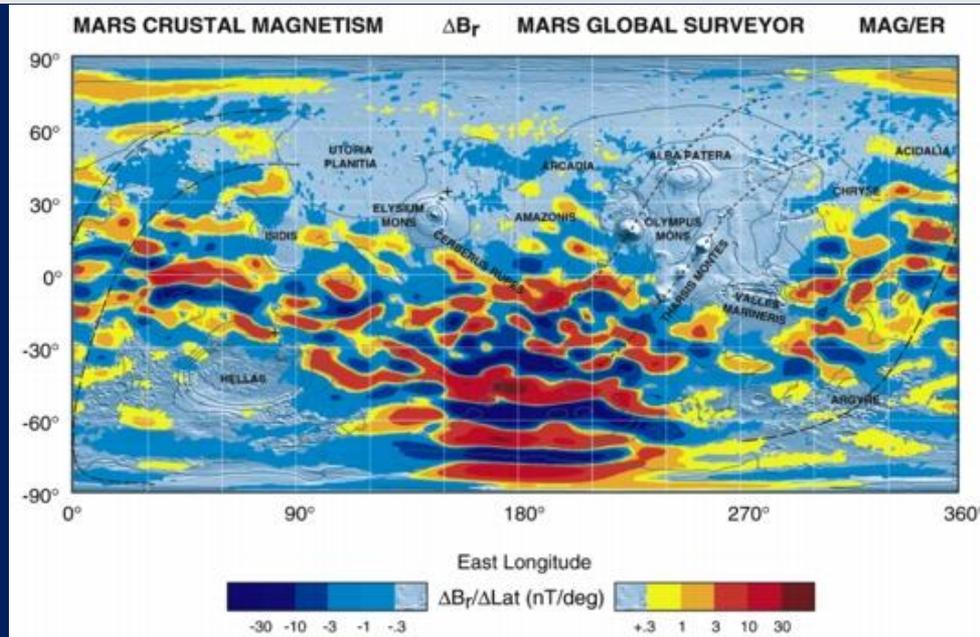
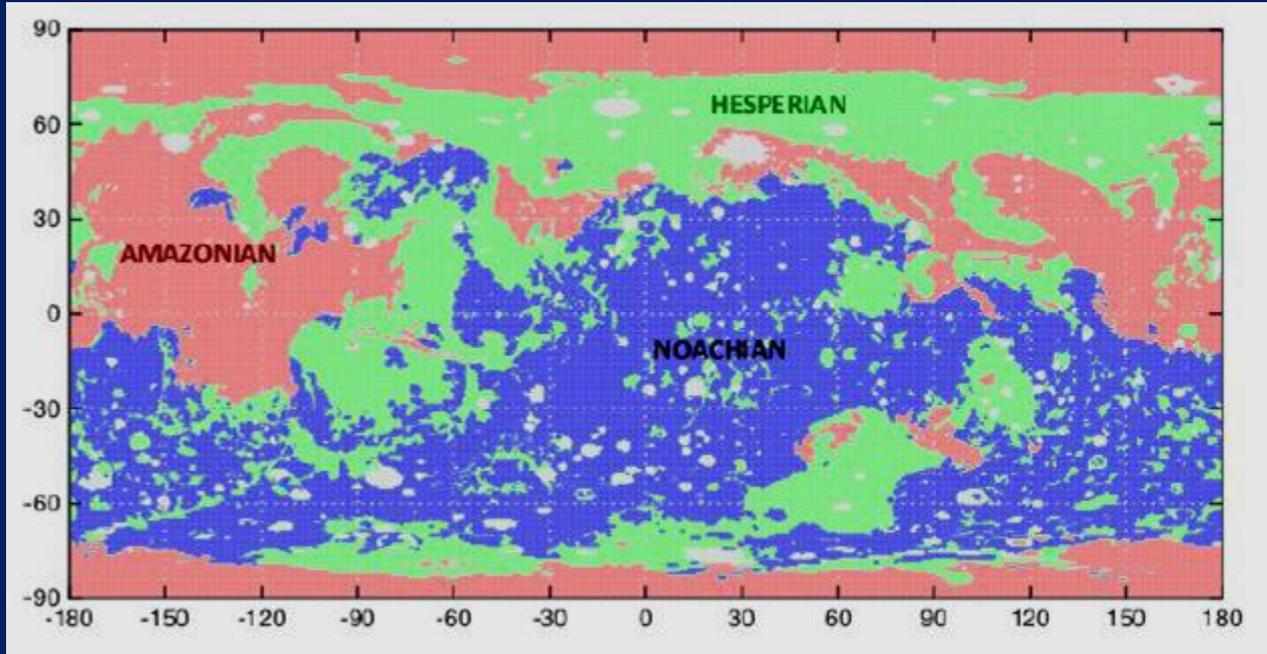


Una sintesi geologica della storia primordiale di Marte



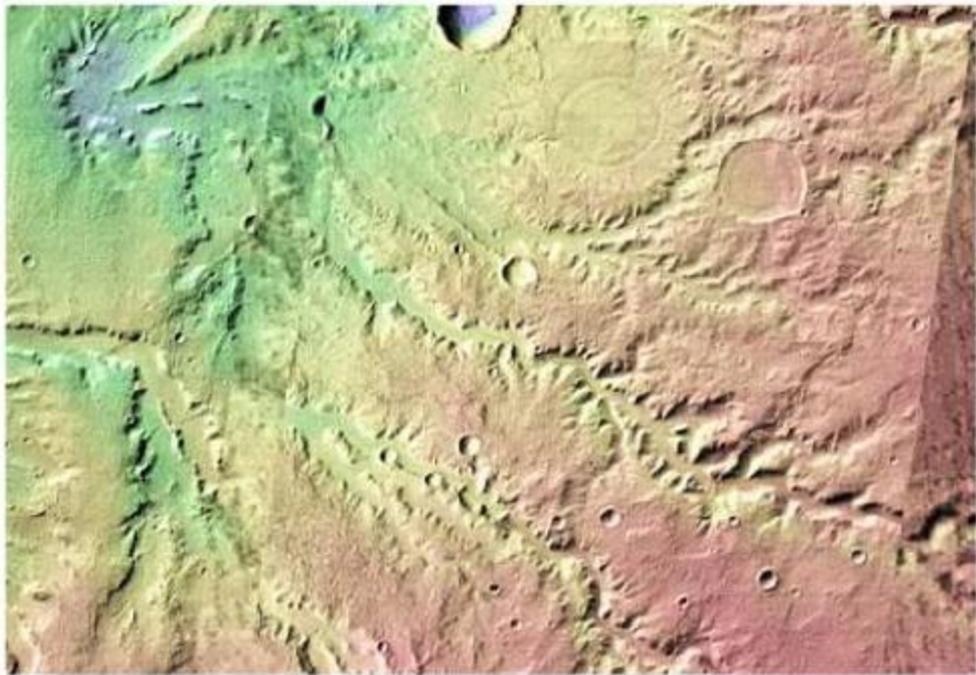
Magnetic map of Mars

Una sintesi della storia primordiale di Marte



Magnetic
crustal map of
Mars

Reti di valli fluviali nella Parana Valley-Crater Gale

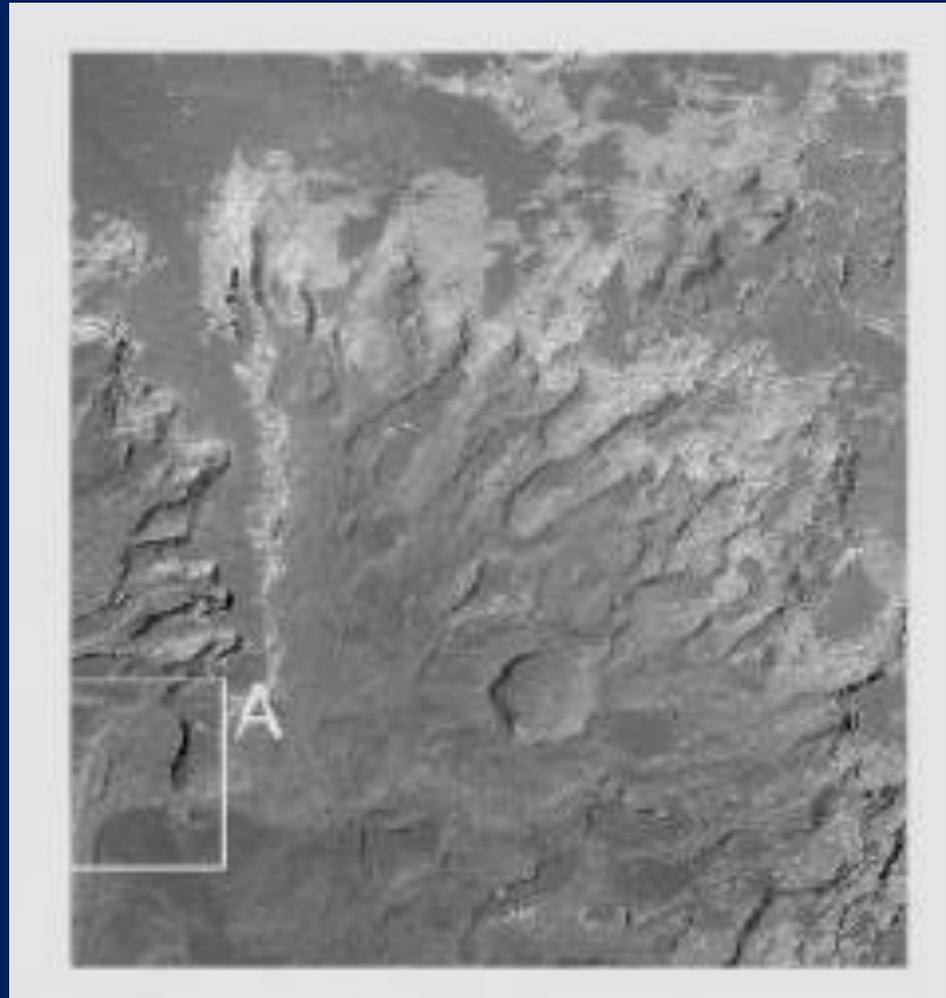
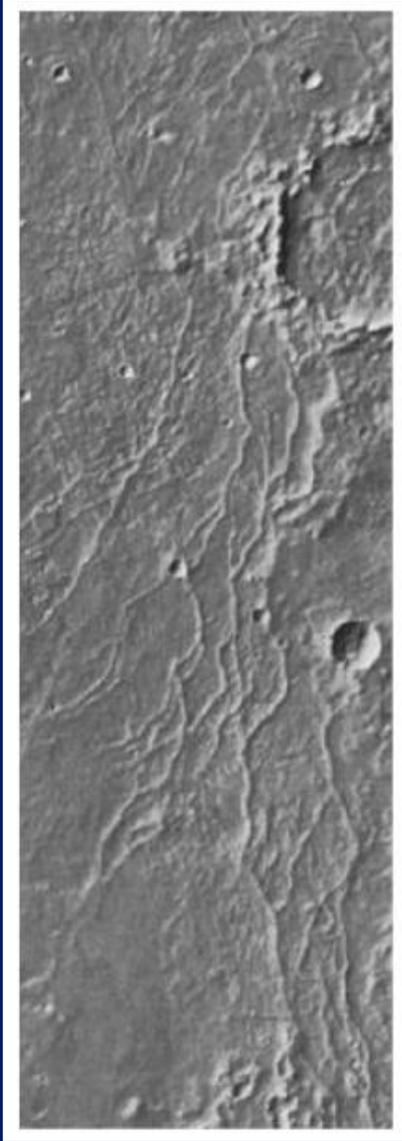


Valley networks nella Parana Vallis



Conglomerati fluviali osservati dal Curiosity rover nel Gale Crater

Dorsa Argentea-Crateri Eberswalde



Depositi fluviali nel cratere Eberswalde

Strutture superficiali "sinuose" nella Dorsa Argentea
Formazioni interpretate come eskers glaciali

Eberswalde

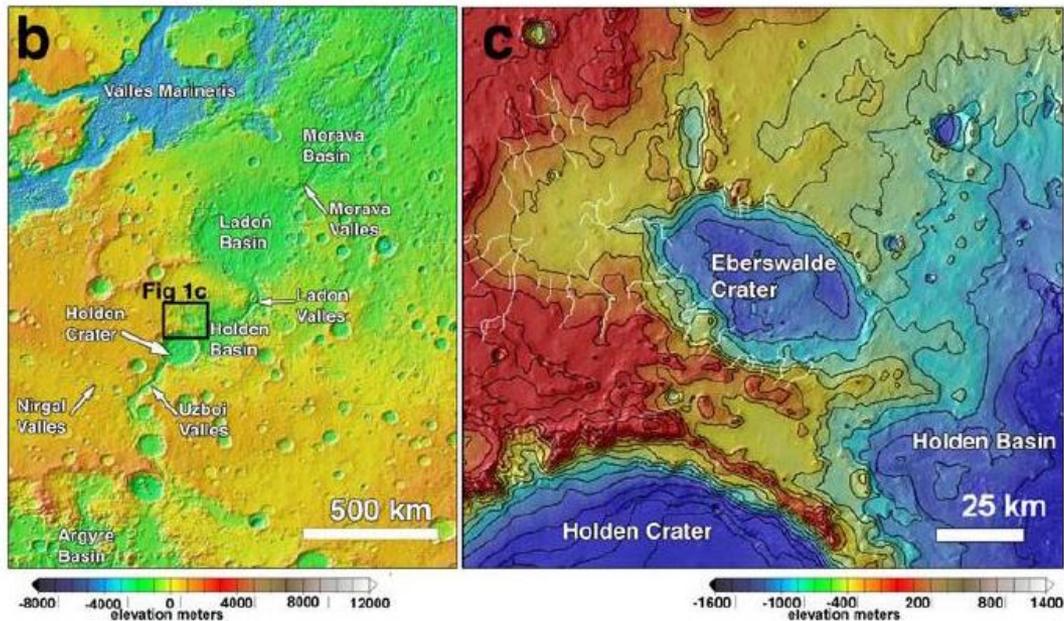
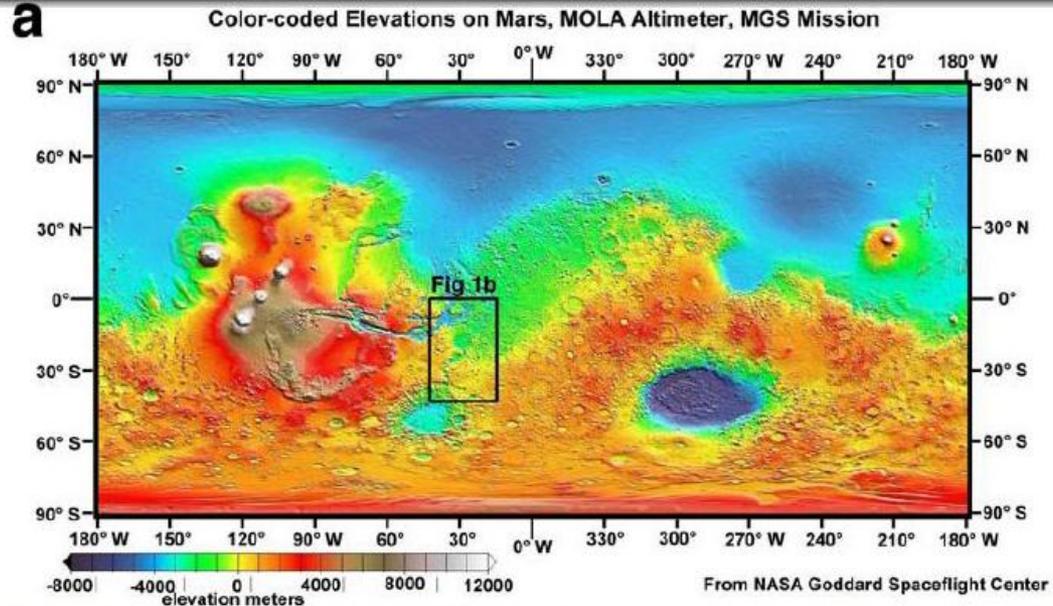
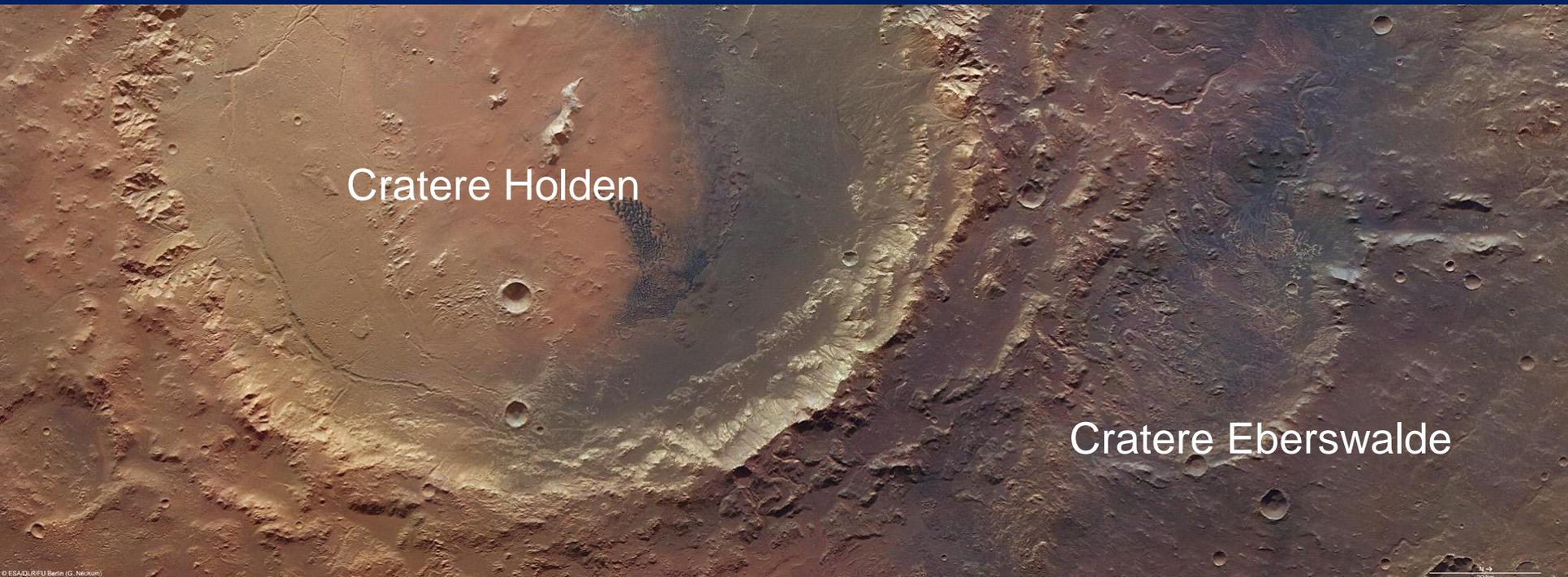


Figure 1. (a) Global topographic map of Mars based on MOLA data (Smith et al., 2001); (b) MOLA map of the Uzboi-Ladon-Morava system, with the location of Eberswalde crater indicated by the black box; (c) MOLA map of Eberswalde crater and immediate surroundings with 200 m contour lines drawn in black. Locations of major drainage channels are indicated by white lines. Note that the color scale of (c) is different from that of (a) and (b). ([figure1.jpg](#))

Crateri Holden ed Eberswalde



Cratere Holden

Cratere Eberswalde

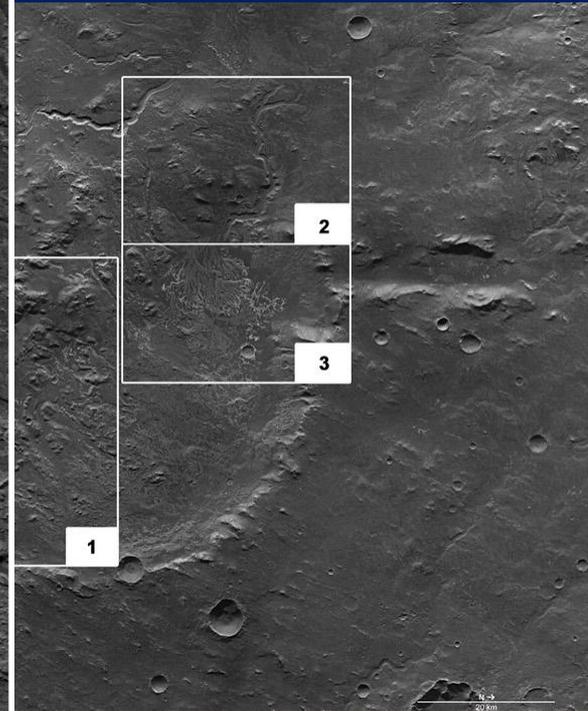
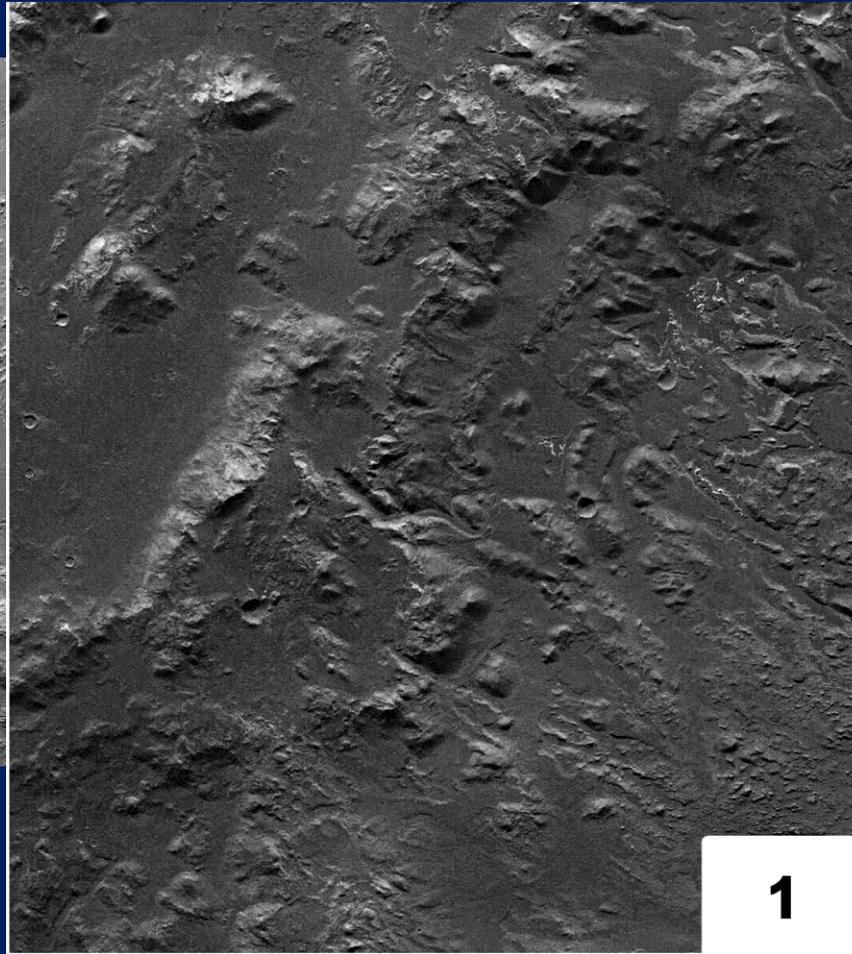
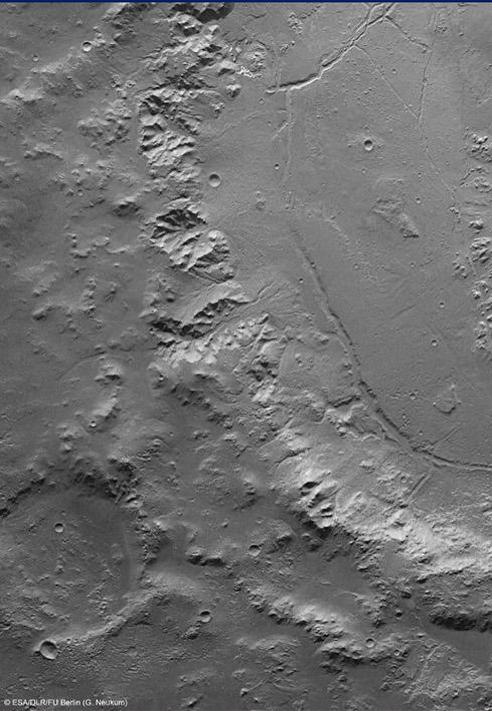
Cratere Holden a sinistra: diametro 140 km. A destra quel che resta del cratere Eberswalde diametro di 65 km. E

I due crateri sono entrambi nella zona degli altopiani meridionali di Marte.

Immagine del Mars Express tra 25°S / 326°E durante orbita 7208 del 15 Agosto 2009. Risoluzione di 22 m per pixel. Il nord è in alto

HRSC-Sonda Mars Express 15-8-2009

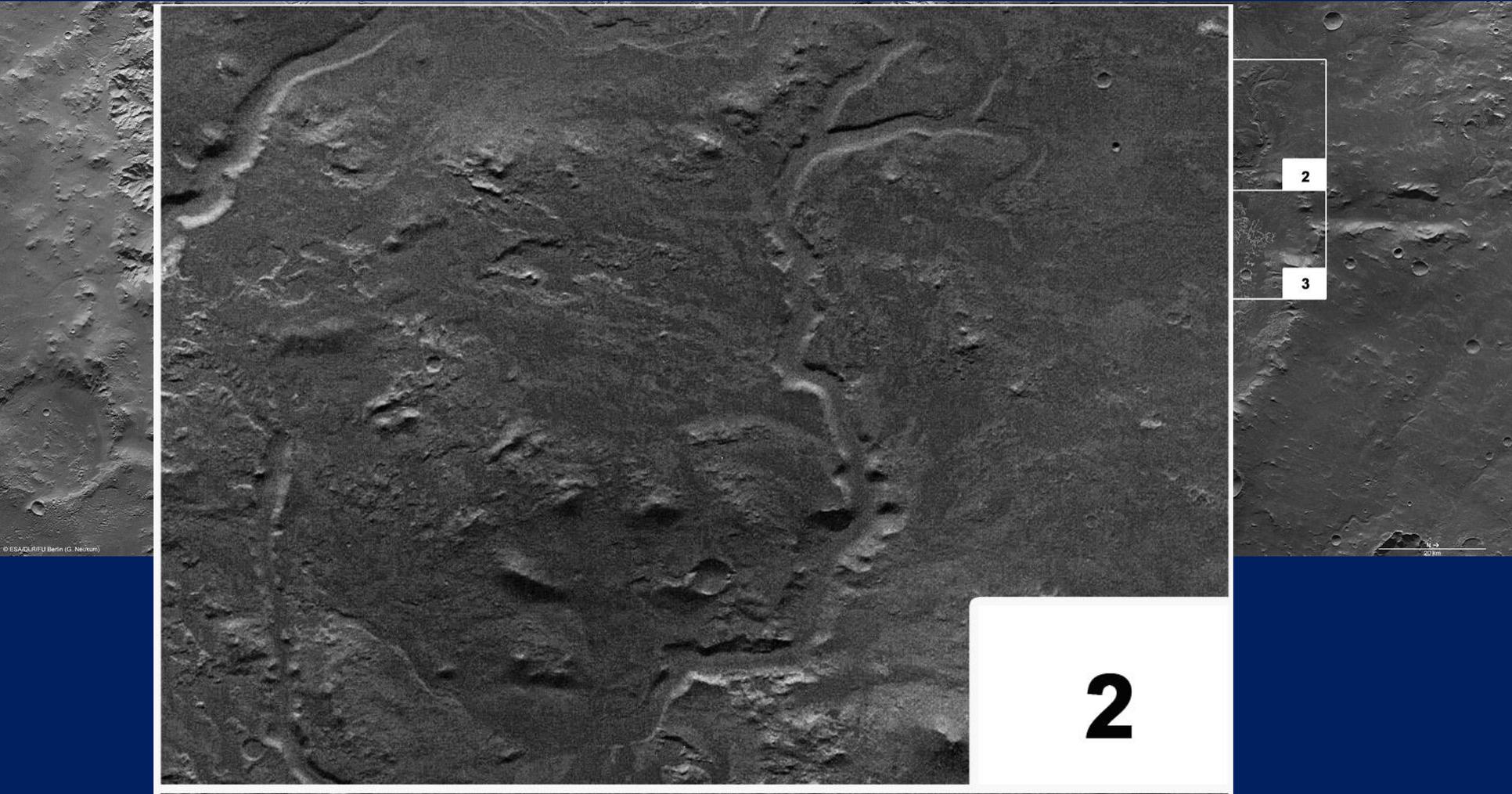
Cratere Eberswalde [BOX 1]



[BOX 1] Il cratere Eberswalde si è formato su Marte più di 3,7 miliardi di anni fa. In bordo del cratere è intatti solo nel lato destro dell'immagine. Il lato sinistro è stato riempito dal materiale proiettato del più recente impatto che ha formato il cratere Holden

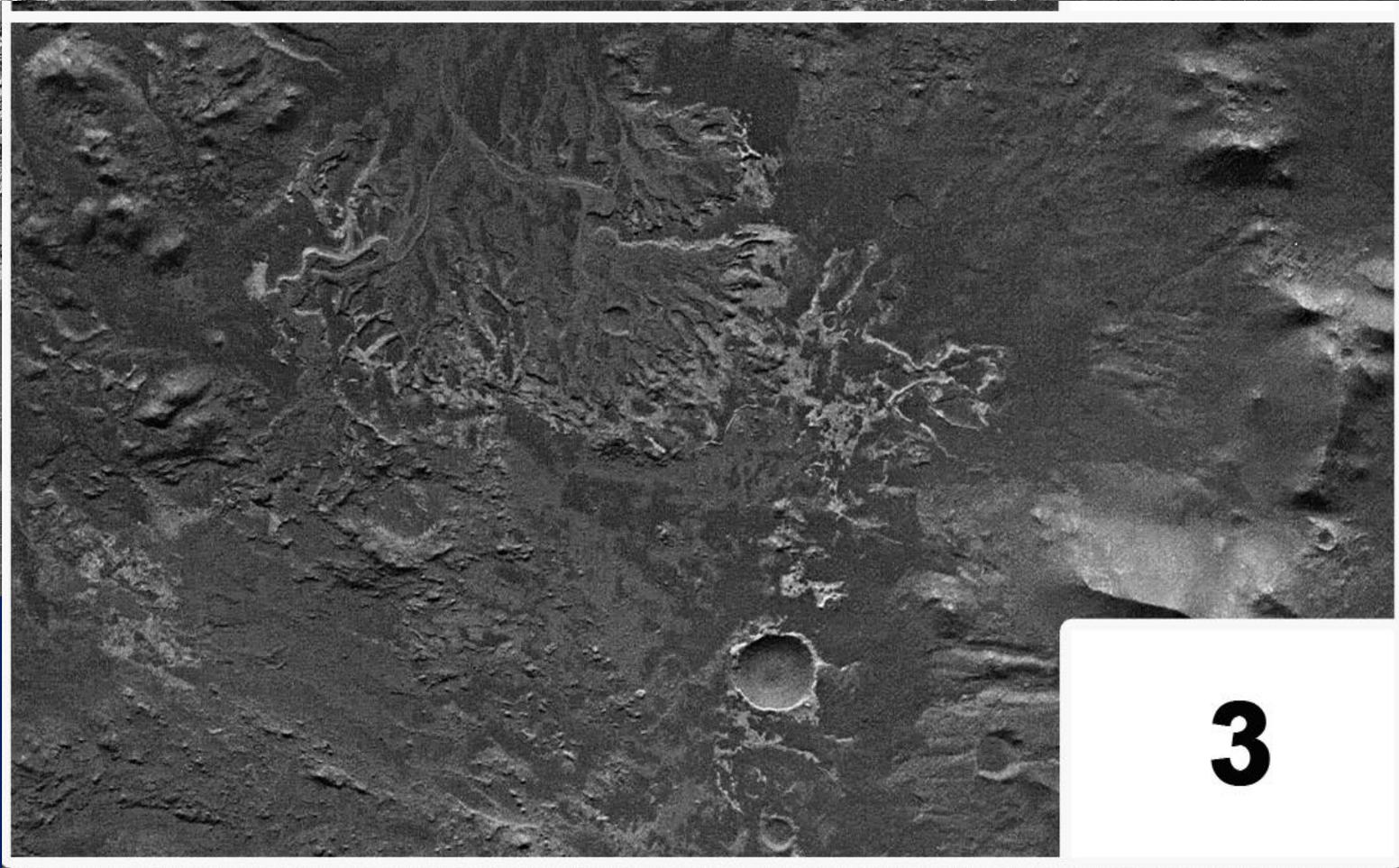
Immagine del Mars Express tra 25°S / 326°E durante l'orbita 7208 del 15 Agosto 2009. Risoluzione di 22 m per pixel. Il nord è in alto.

Cratere Eberswalde [BOX 2]



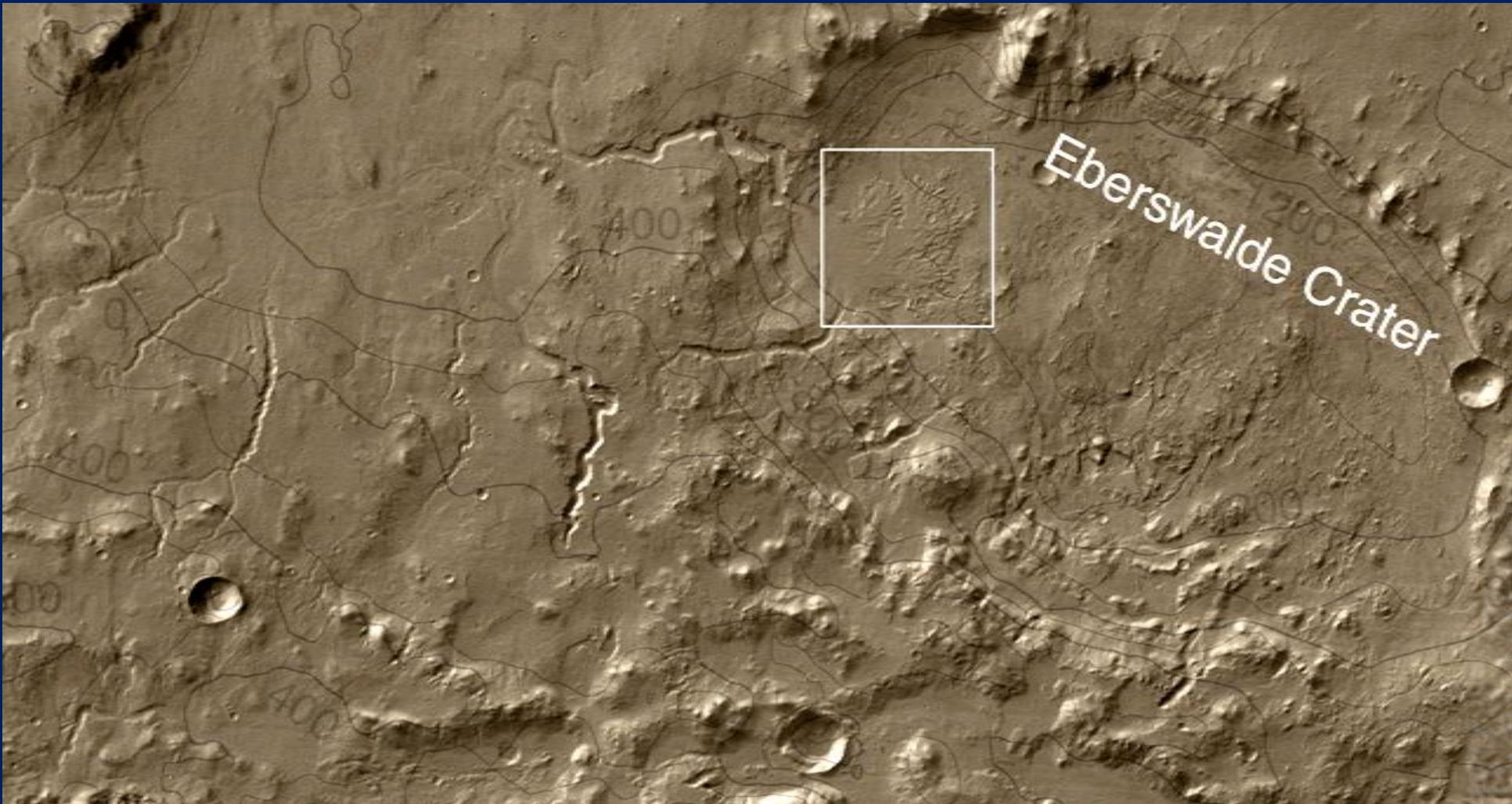
[BOX 2] Si notano “canali” che riempiono il “lago” nel cratere. I depositi ed i canali forniscono una chiara indicazione della presenza, durante la fase primordiale della storia geologica di Marte, di flussi di acqua liquida sulla sua superficie.

Delta nel Cratere Eberswalde [BOX 3]



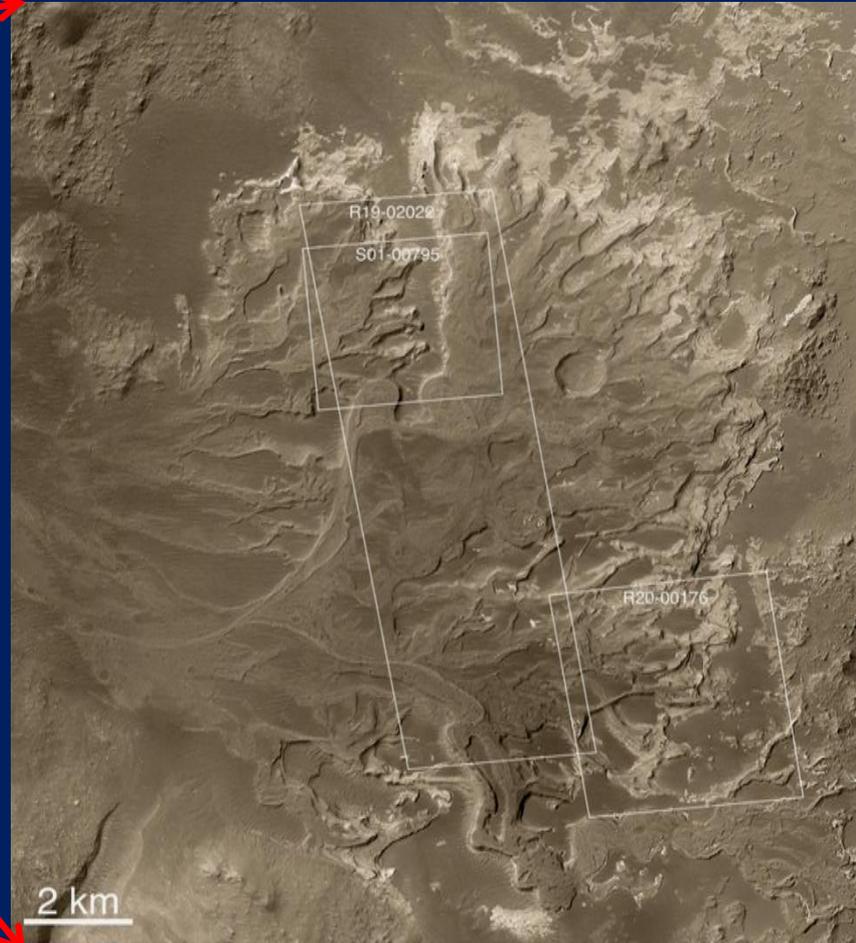
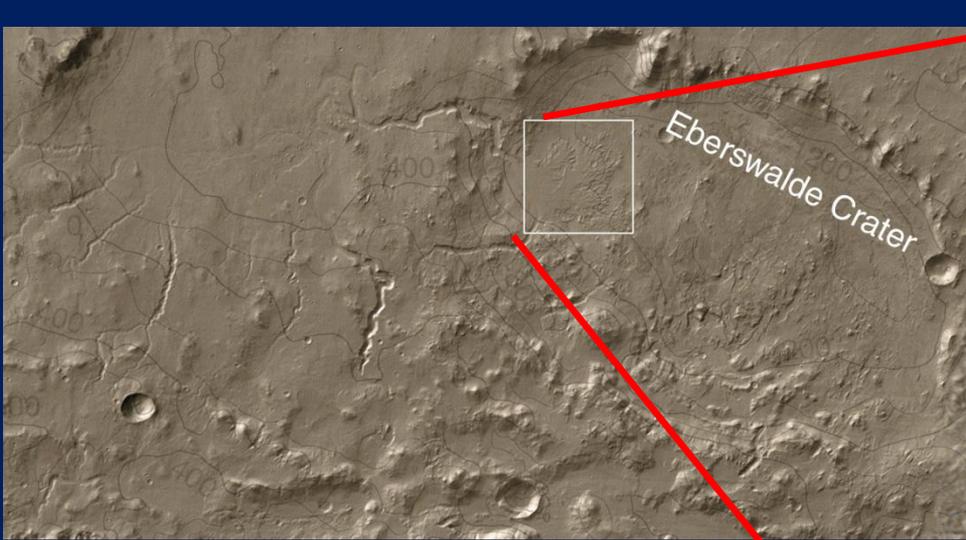
[BOX 3] Delta nel cratere Eberswalde.

Eberswalde



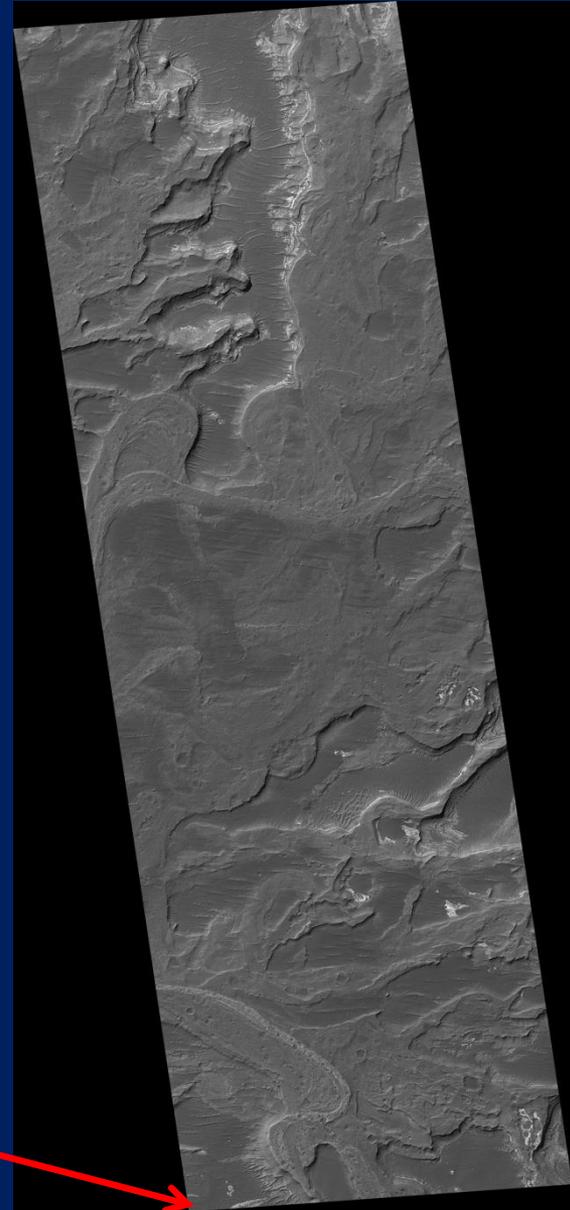
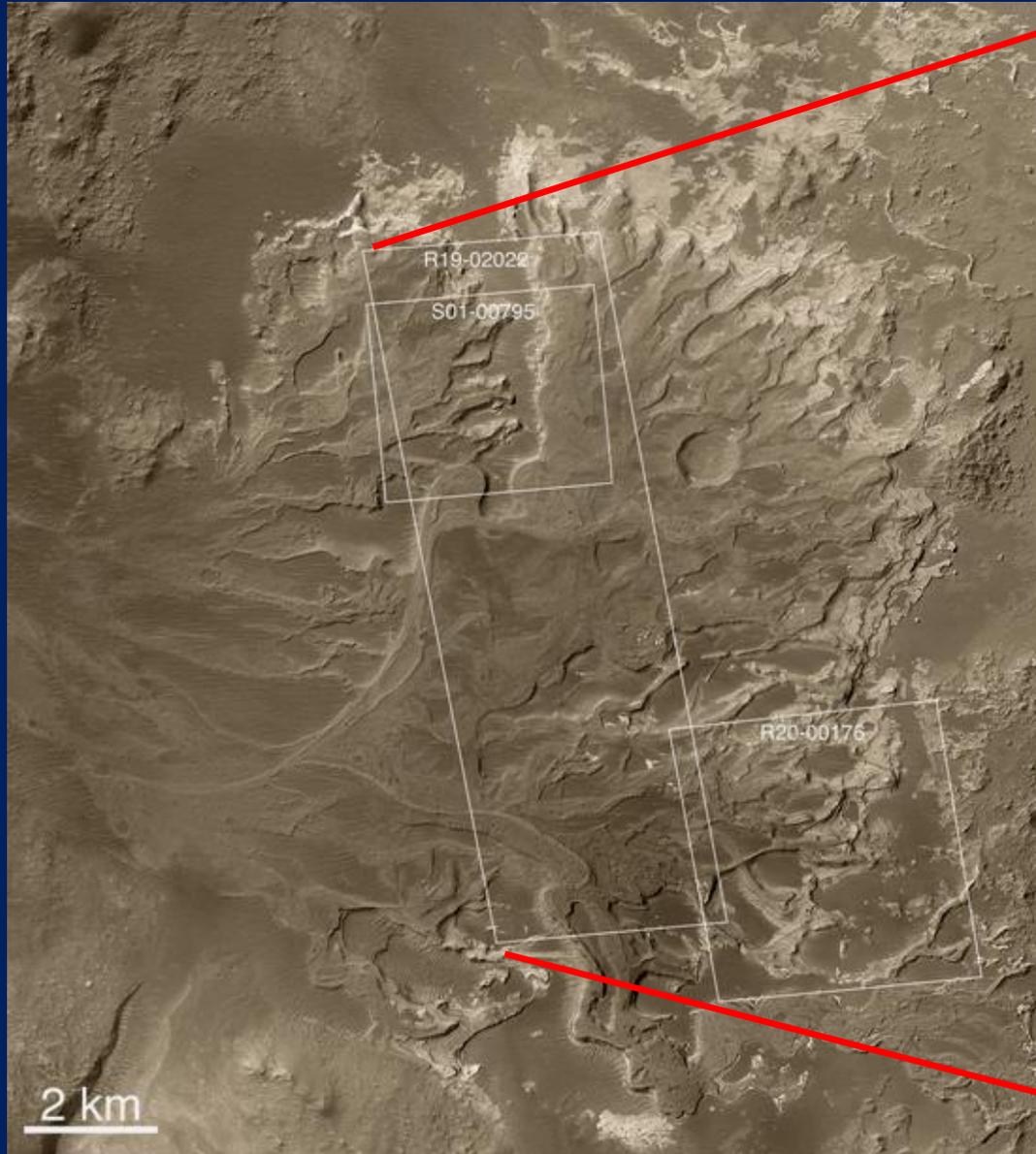
Marzo-giugno 2002 MOC-Sonda Mars Global Surveyor

Eberswalde



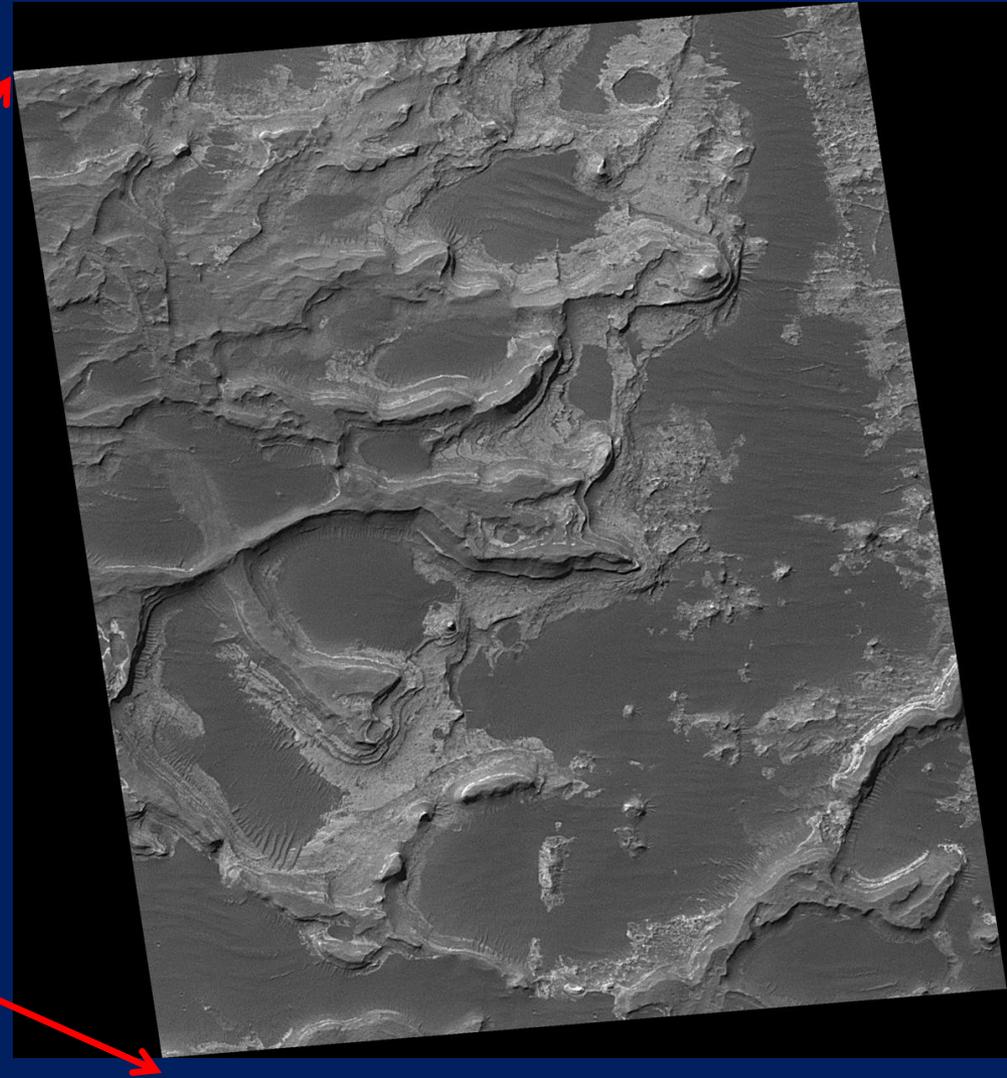
Marzo-giugno 2002 MOC-Sonda Mars Global Surveyor

Eberswalde



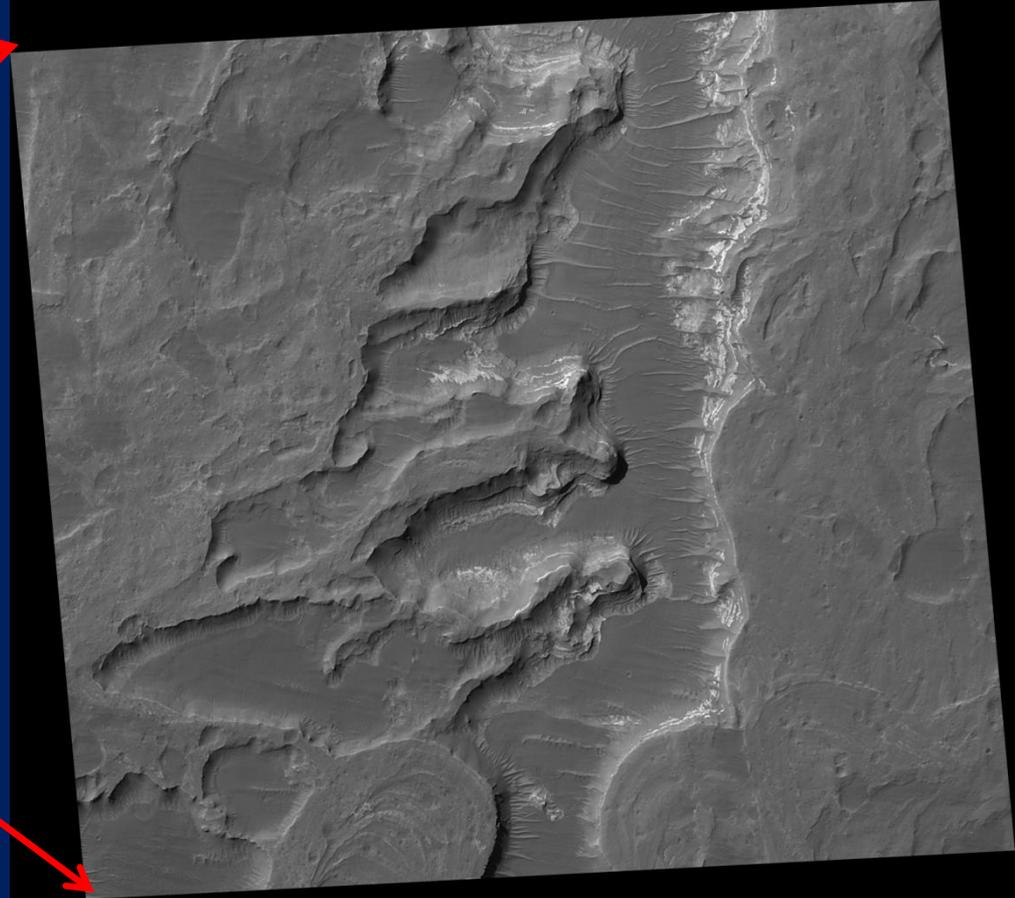
Marzo-giugno 2002 MOC-Sonda Mars Global Surveyor

Eberswalde



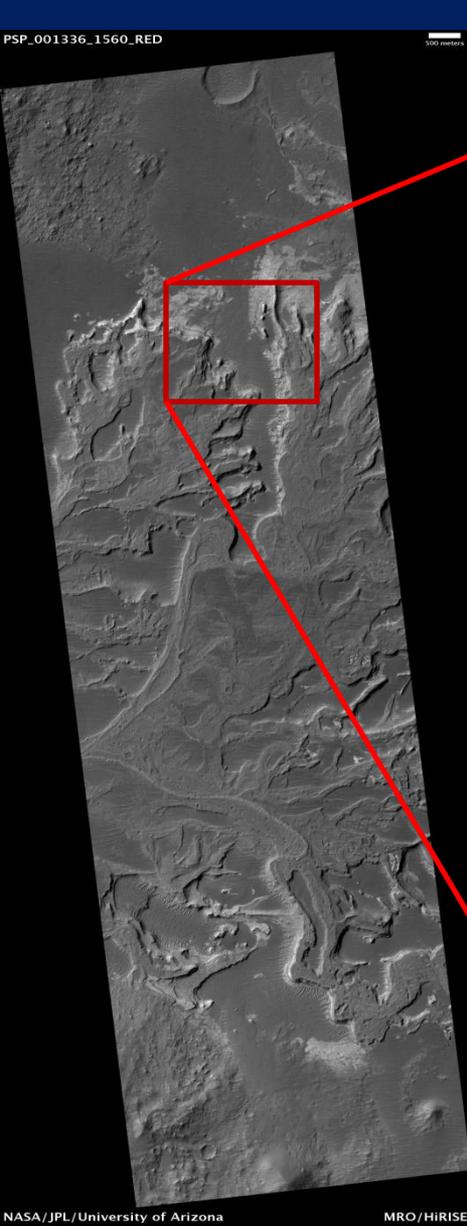
Marzo-giugno 2002 MOC-Sonda Mars Global Surveyor

Eberswalde



Marzo-giugno 2002 MOC-Sonda Mars Global Surveyor

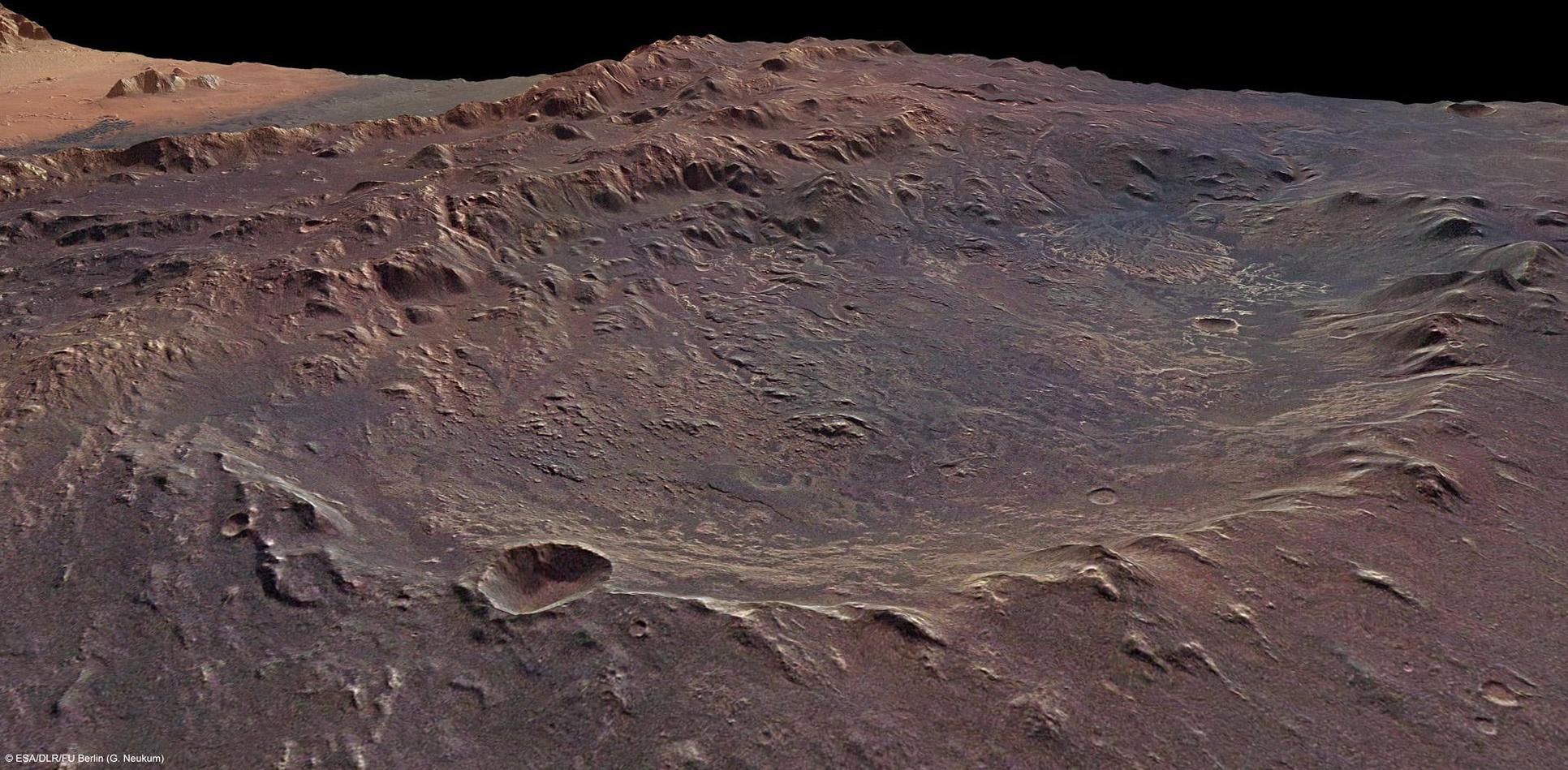
Eberswalde



Il cratere Eberswalde contiene rocce stratificate spesse circa 100 metri nella struttura del delta. In questi depositi sedimentari si alternano strati di depositi scuri e brillanti di spessore variabile tra 1 e 10 metri. Le immagini di HiRISE mostrano come queste strutture siano probabilmente depositi lacustri

HiRISE-Mars Reconnaissance Orbiter

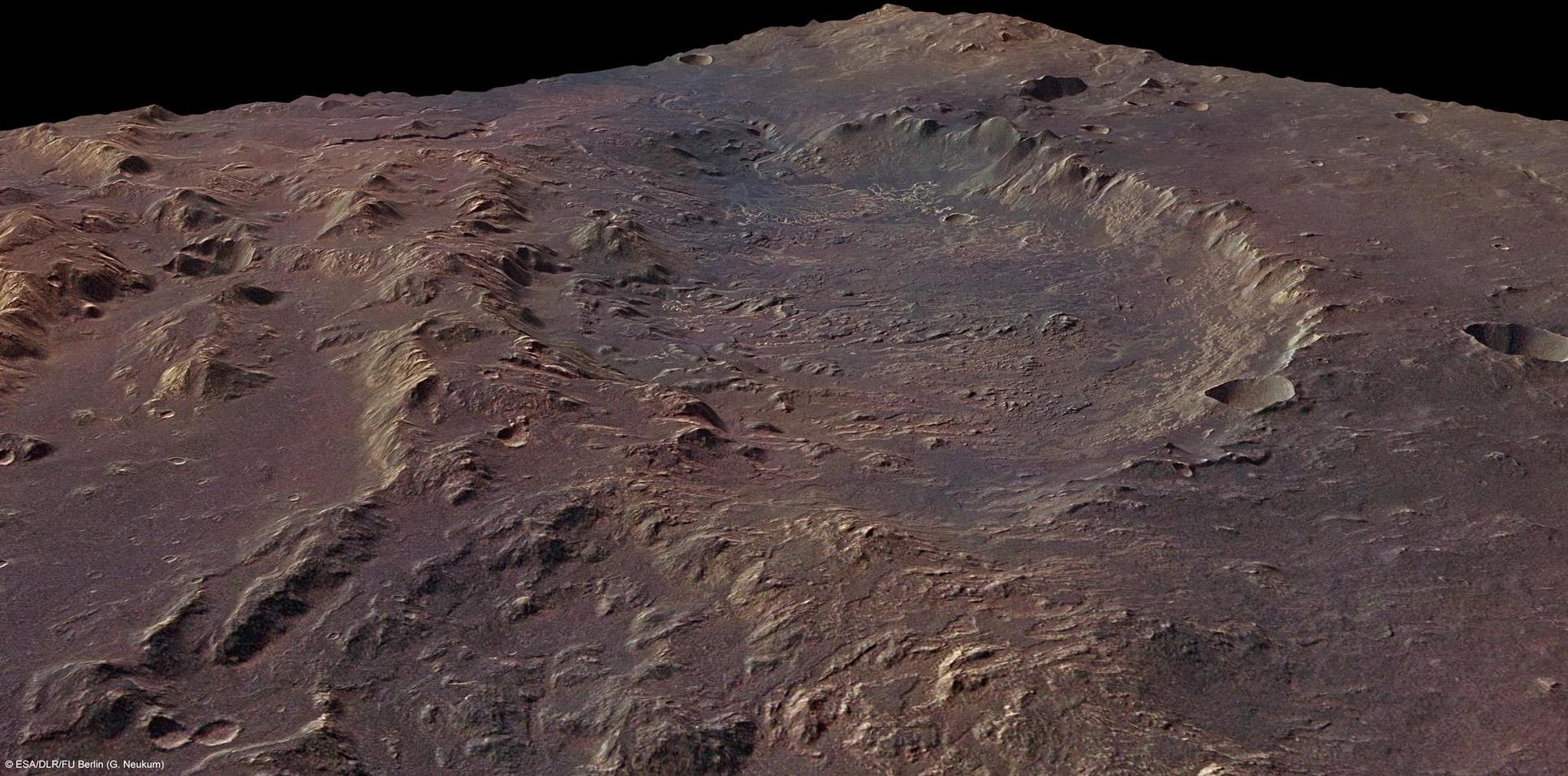
Cratere Eberswalde-visione prospettica



© ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

HRSC-Sonda Mars Express 15-8-2009

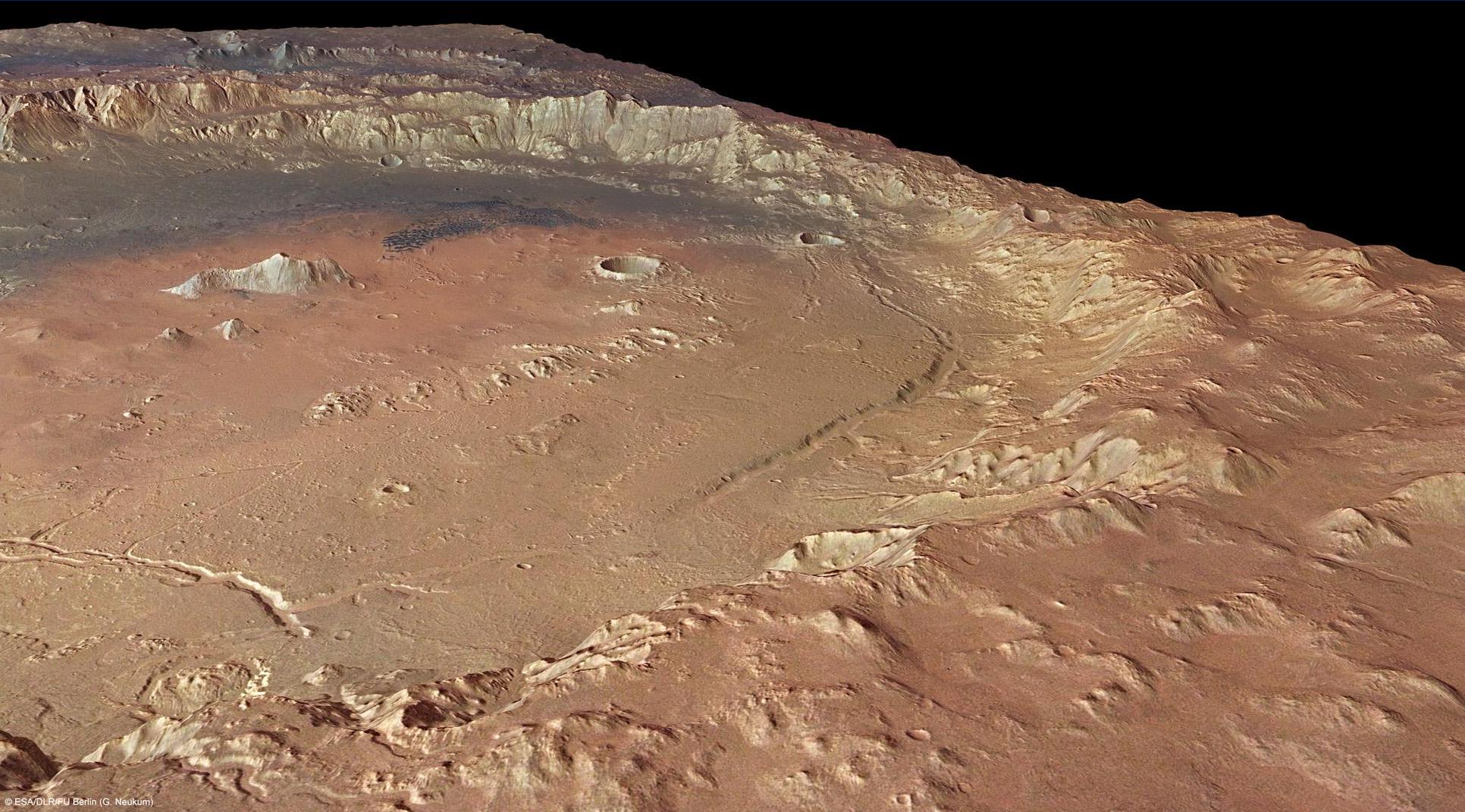
Cratere Eberswalde-visione prospettica



© ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

HRSC-Sonda Mars Express 15-8-2009

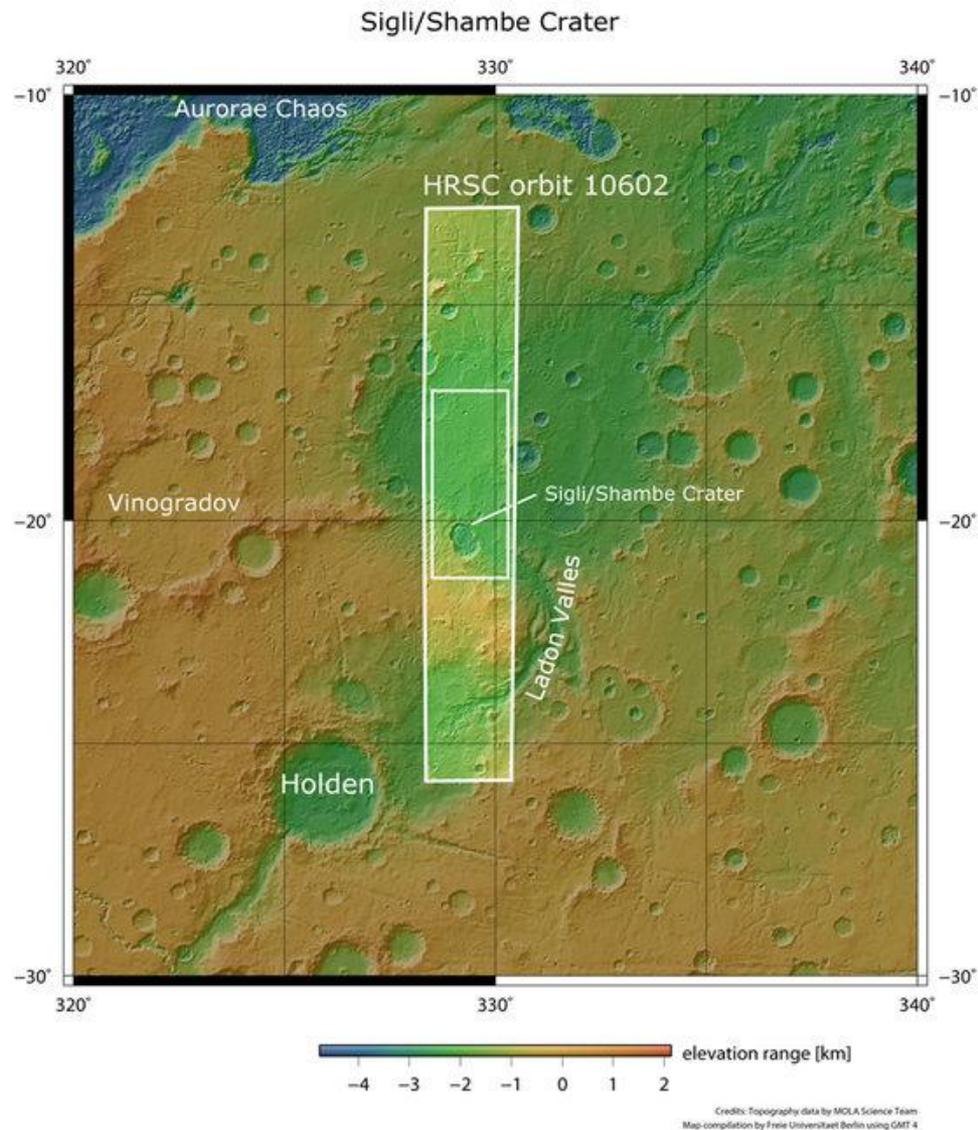
Cratere Holden-visione prospettica



© ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

HRSC-Sonda Mars Express 15-8-1009

Ladon Valles e Bacino Ladon



MOLA-Mars Global Surveyor

Bacino Ladon

Crateri Sigli e Shambe



Detriti dovute ai flussi “liquidi” dalla Ladon Valles

HRSC-Sonda Mars Express 27-4-2012

Bacino Ladon

Crateri Sigli e Shambe



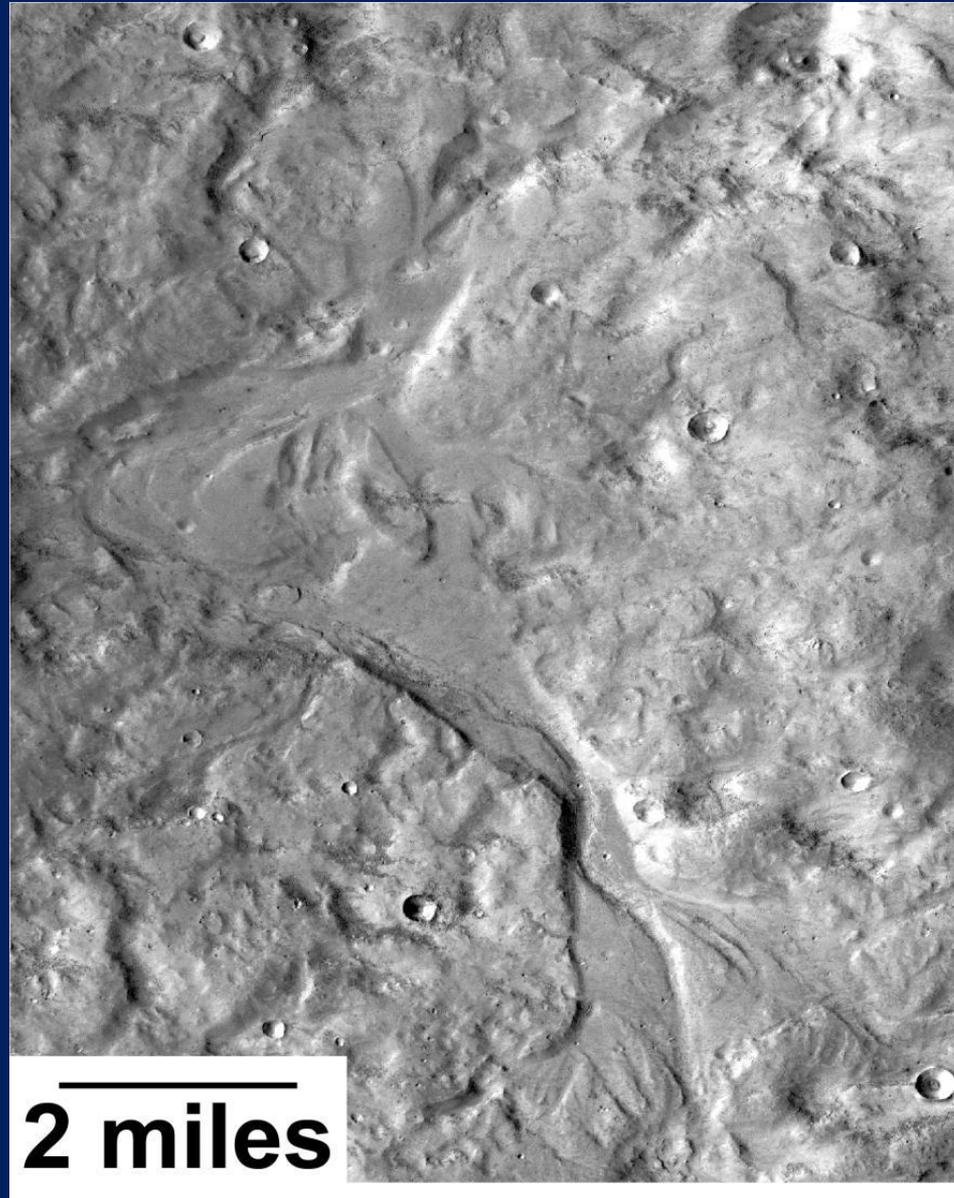
La risoluzione è circa 20 m per pixel.

I crateri Sigli e Shambe si sono probabilmente formati contemporaneamente da un unico meteorite che si è spezzato in due parti. Delle fratture estese si possono notare entro i due crateri. Sopra i crateri appaiono canali che defluiscono in un più ampio bacino di impatto.

HRSC-Sonda Mars Express 27-4-2012

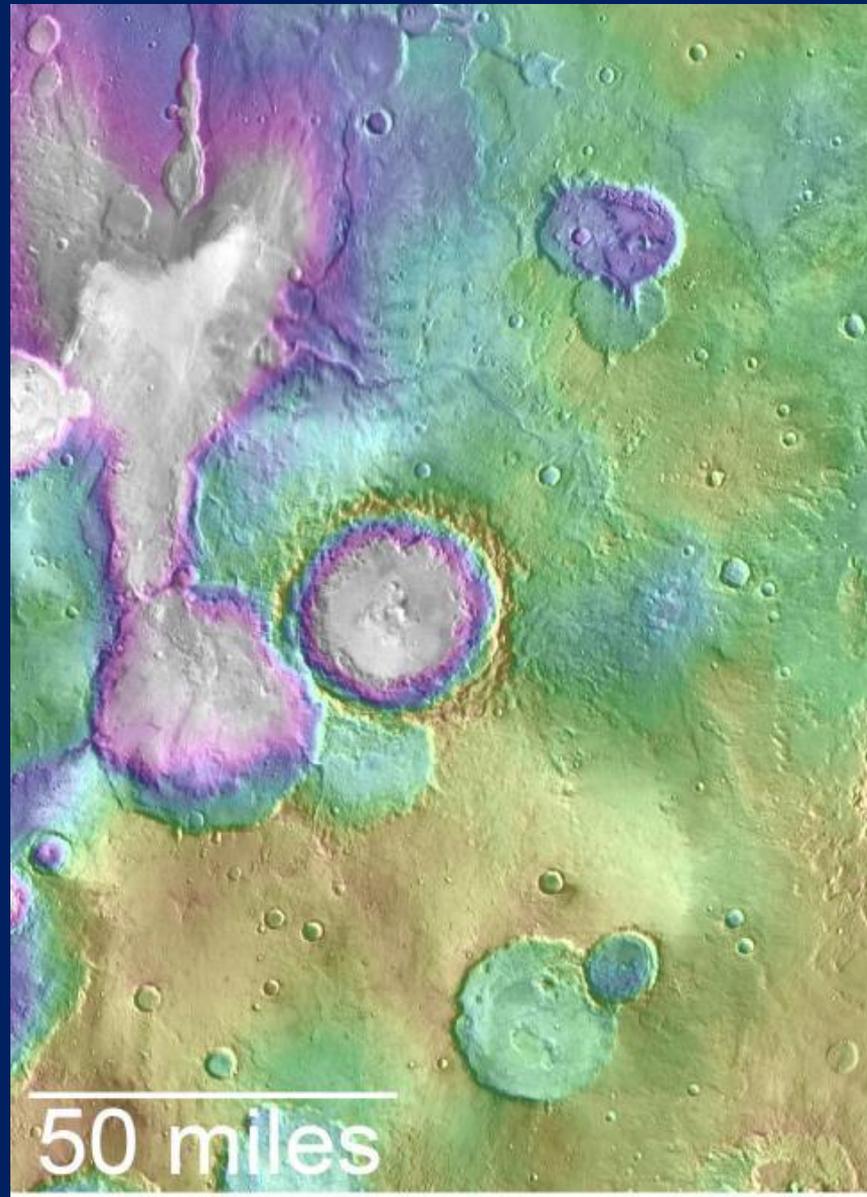
Arabia Terra

Arabia Terra



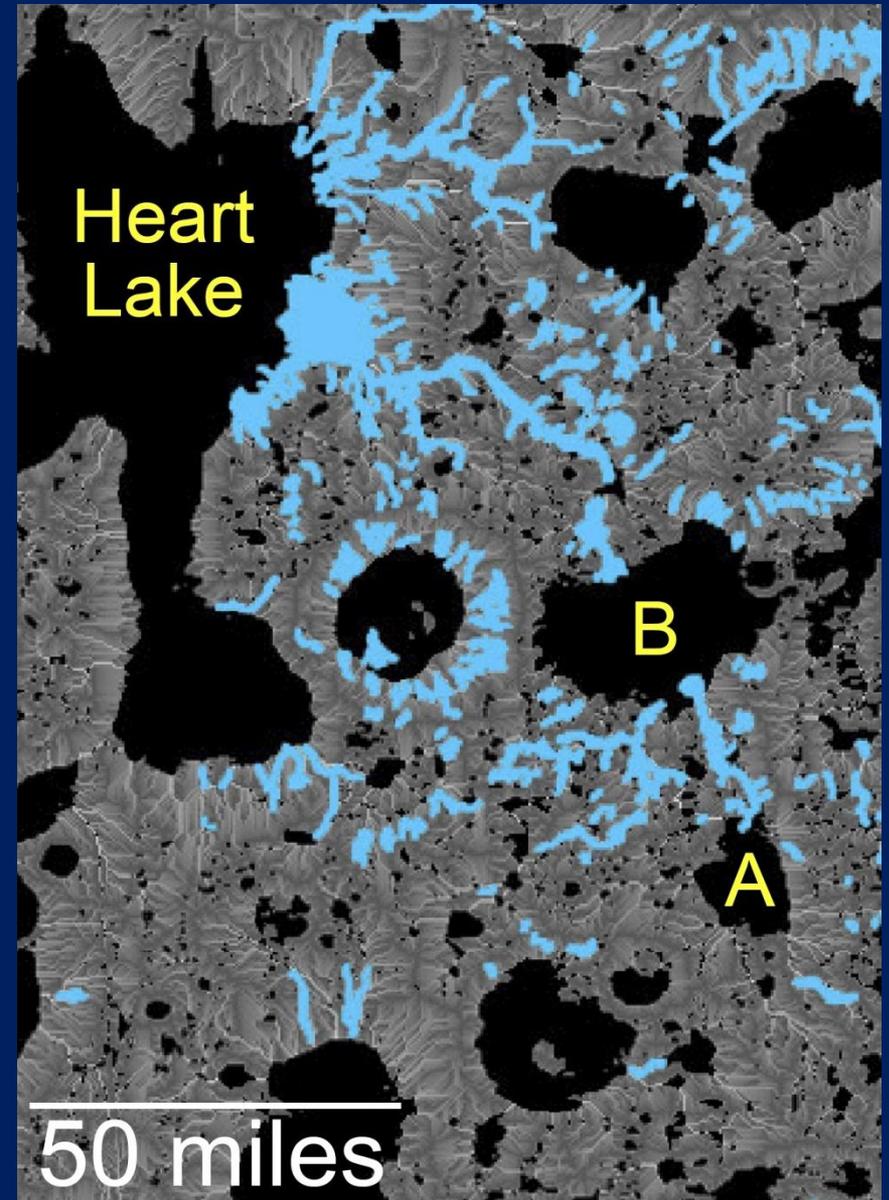
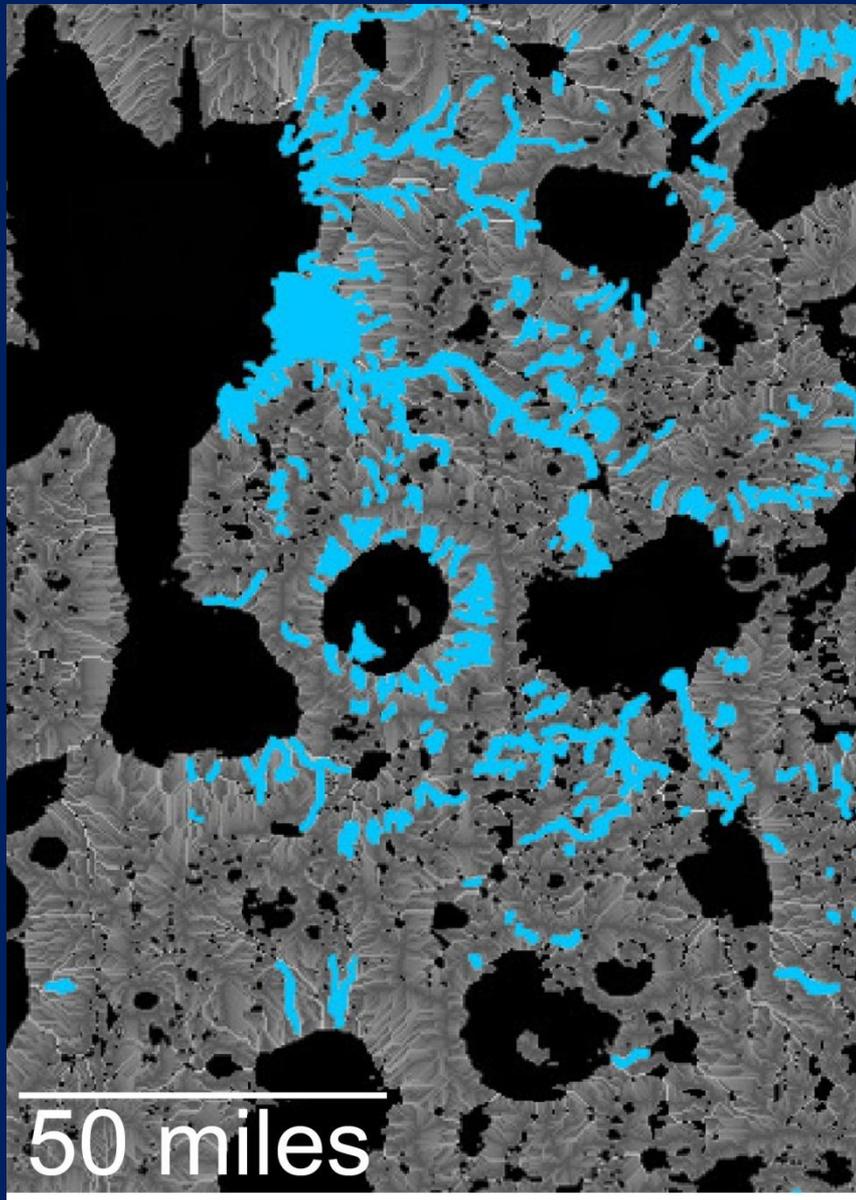
CTX-Sonda Mars Reconnaissance Orbiter

Arabia Terra



MOLA-THEMIS-Sonda Mars Global Surveyor + Sonda Mars Odyssey

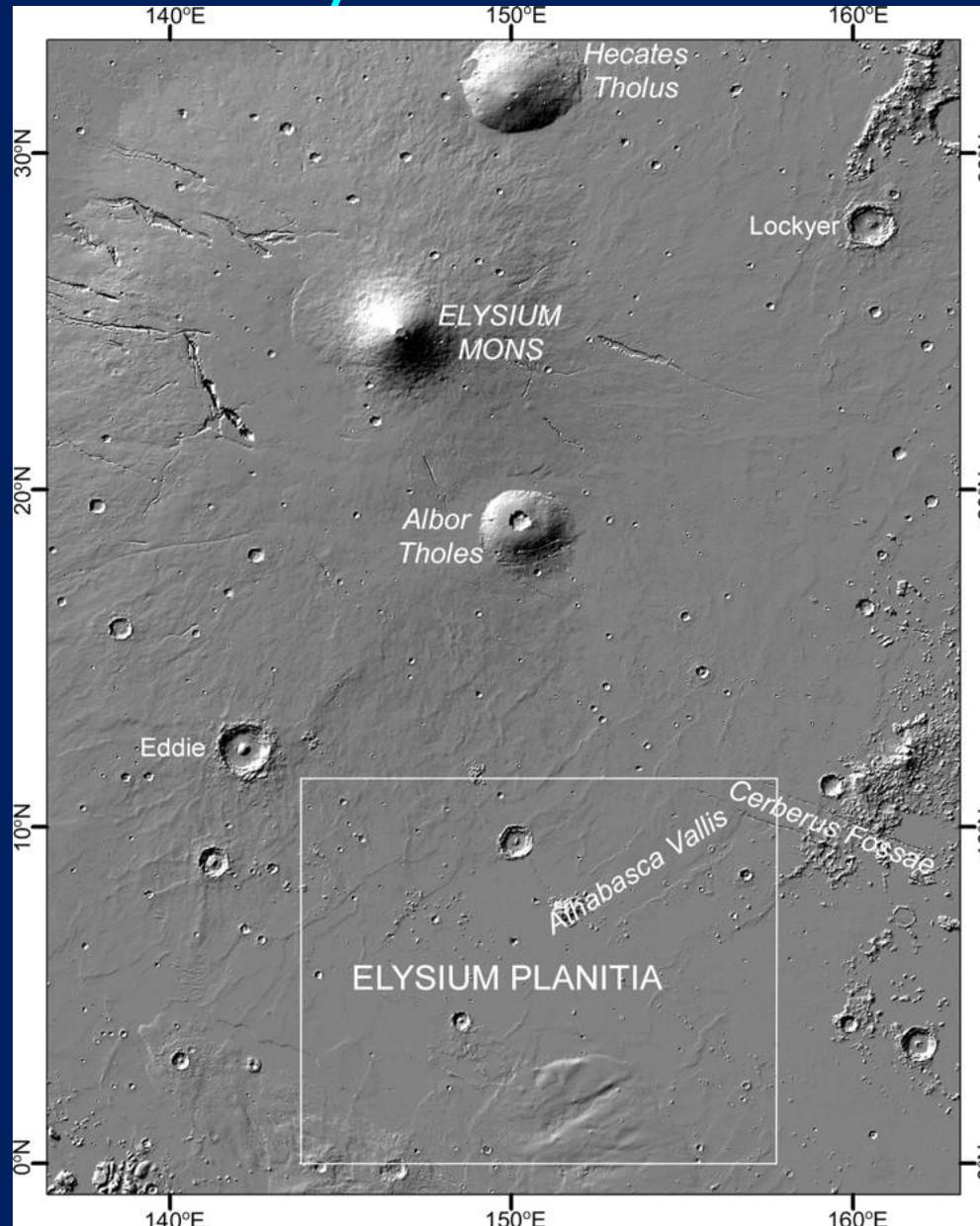
Arabia Terra



MOLA-THEMIS-Sonda Mars Global Surveyor + Sonda Mars Odyssey

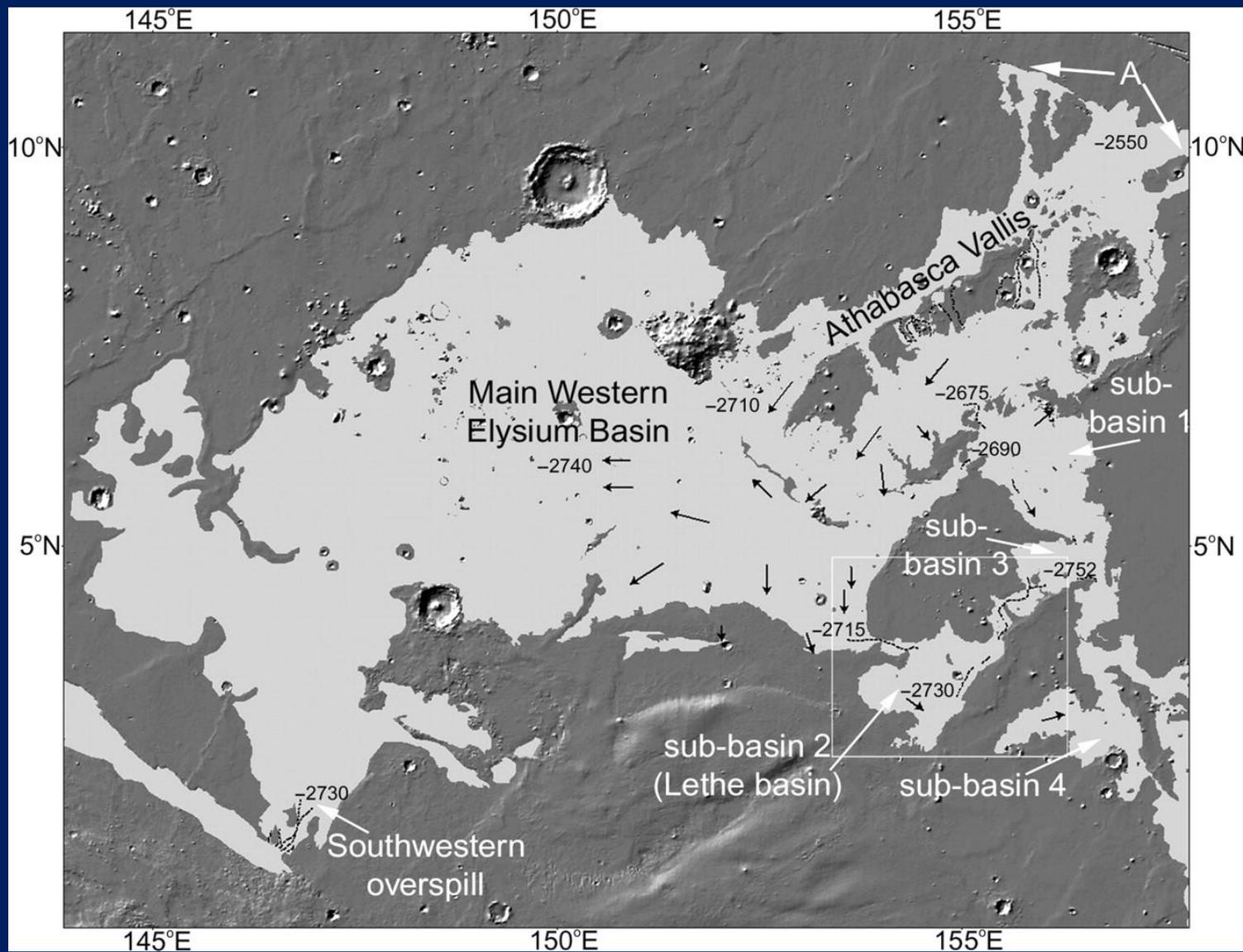
Lethe Basin

Elysium Planitia

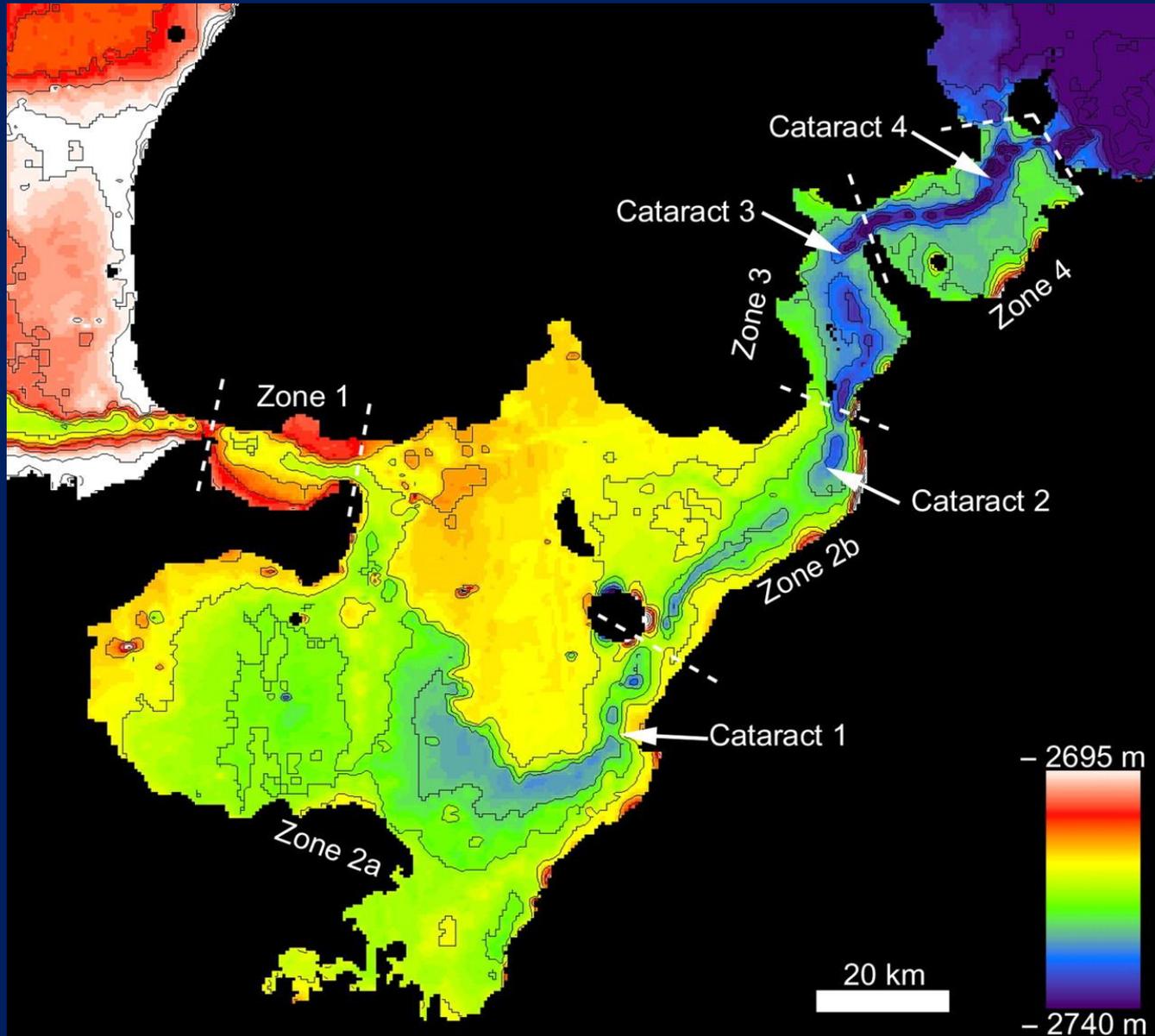


4-6-1998 MOC-Sonda Mars Global Surveyor

Regione nell'Elysium Planitia

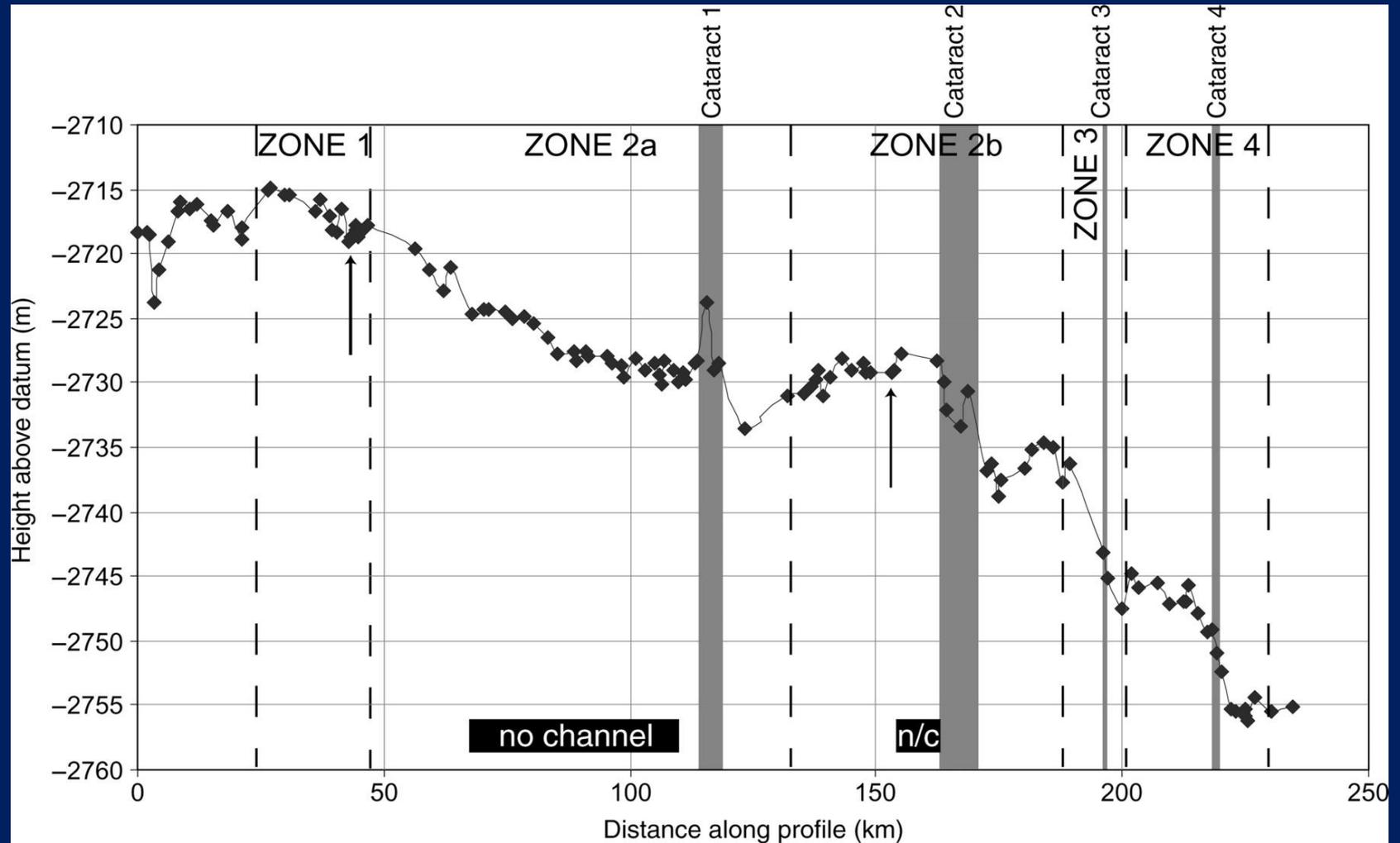


Bacino Lethe

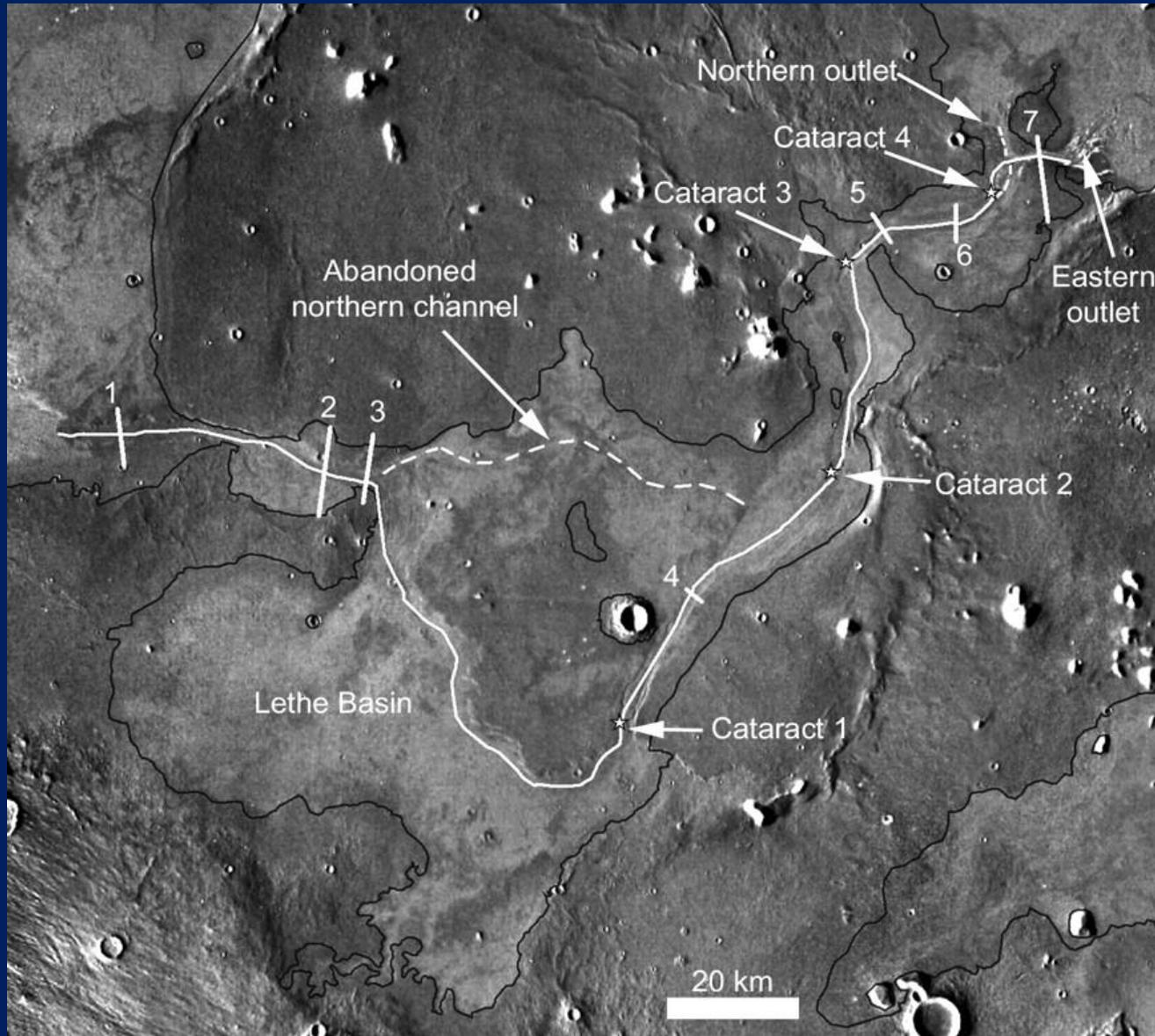


MOC-Sonda Mars Global Surveyor

Bacino Lethe-profilo altimetrico



Bacino Lethe



Themis

Bacino Lethe

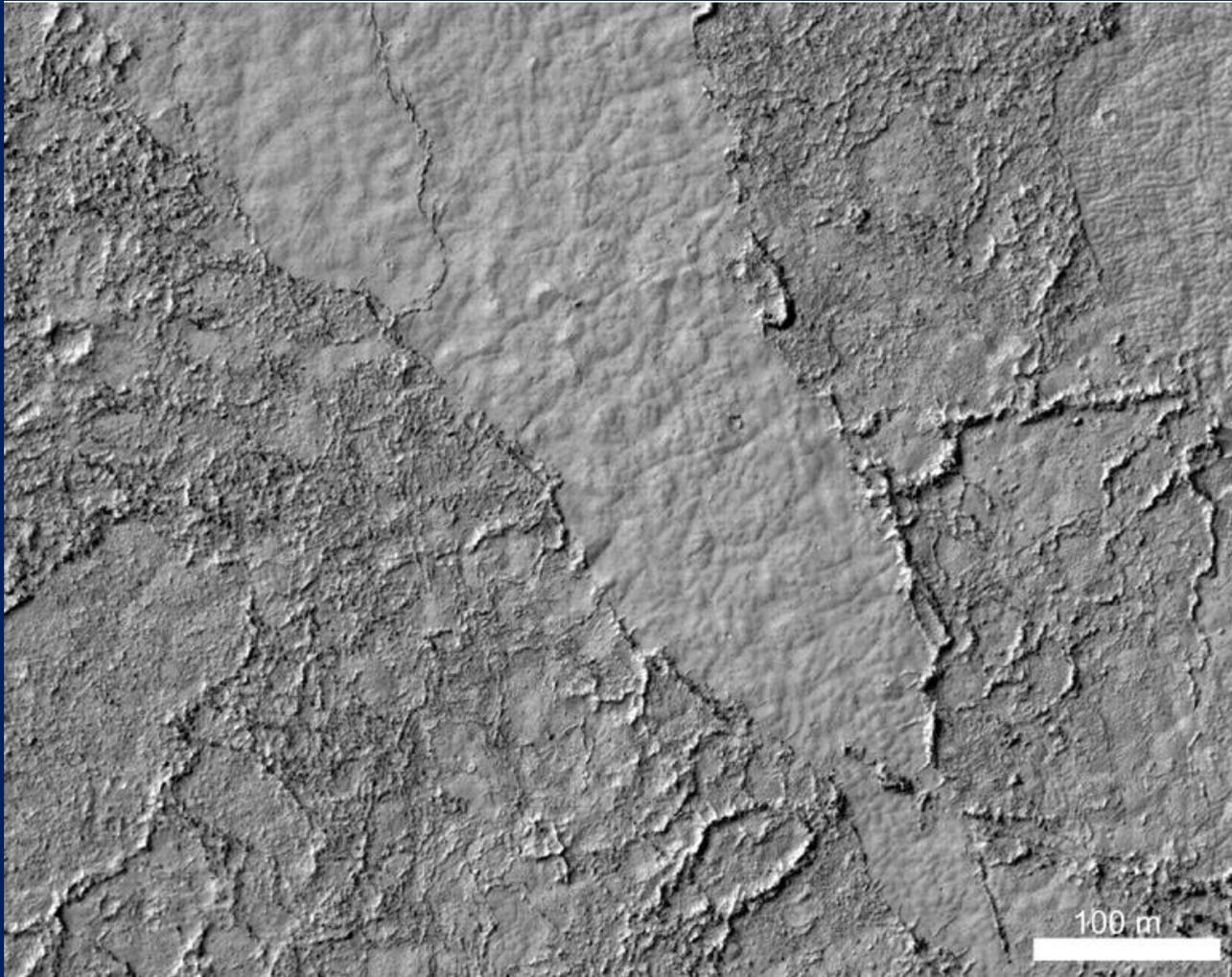
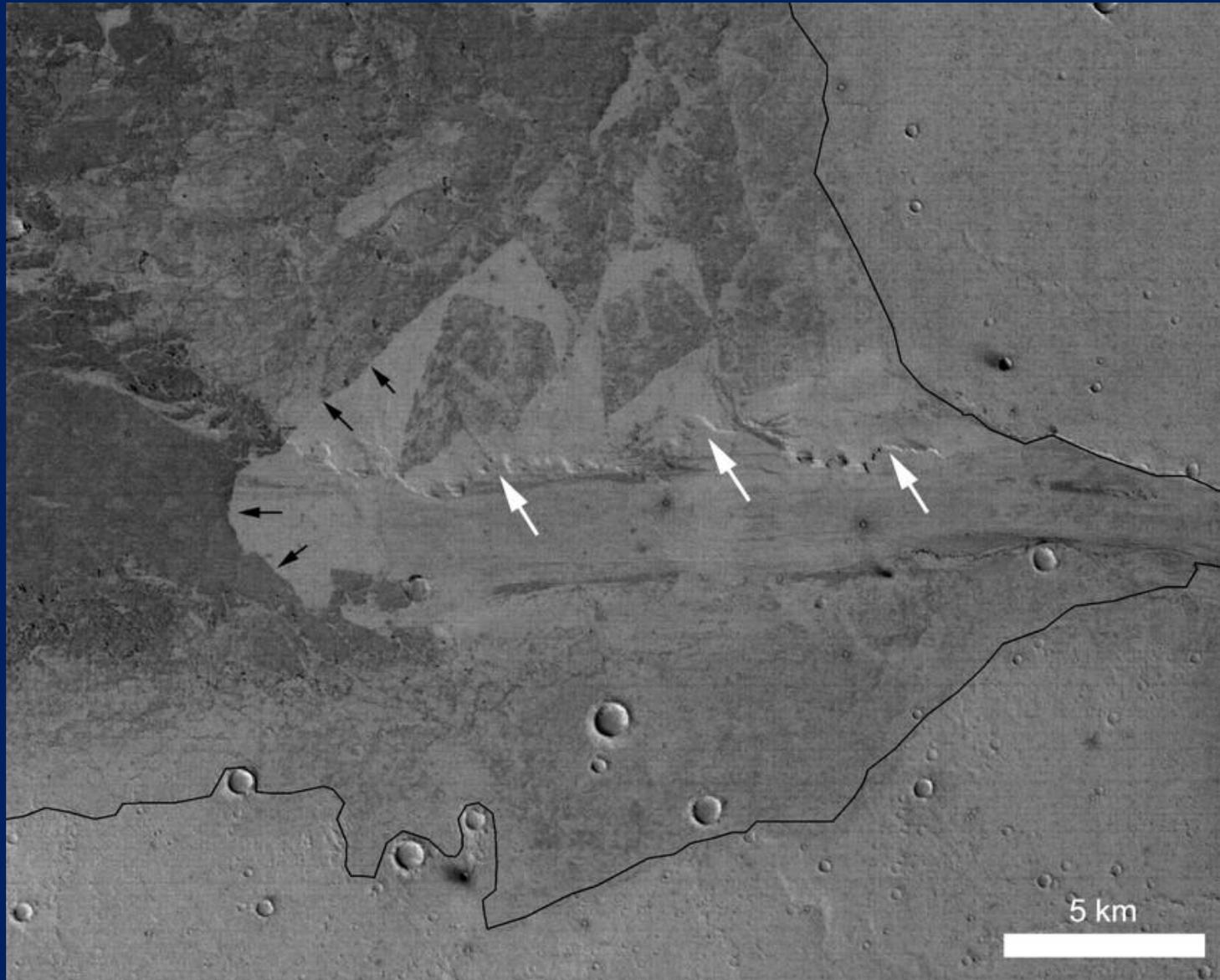


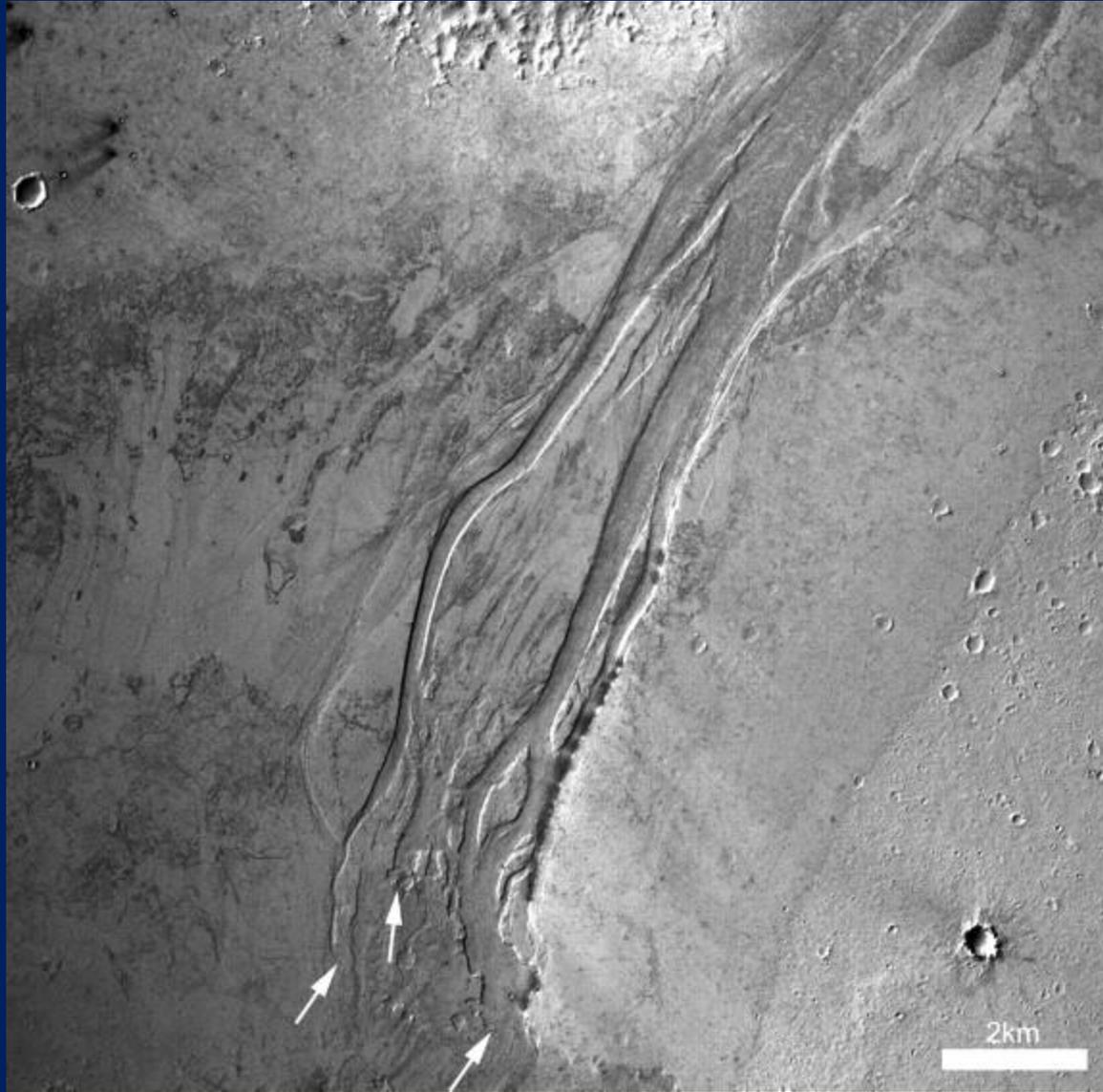
Fig. 2. Platy-ridged-polygonized terrain. The rougher, lower albedo material is characterized as 'platy', and the smoother, higher albedo hummocky material as 'polygonized'. The ridges in the lower part of the image demonstrate the last part of the description. The plates can often be reassembled like a jigsaw, and demonstrate relative movement. The polygonization occurs at several scales, with the domed patterns having a wavelength from a few metres to about 50 m. Part of HiRISE image PSP_009056_1840. Image credit: NASA/JPL/UofA

Bacino Lethe



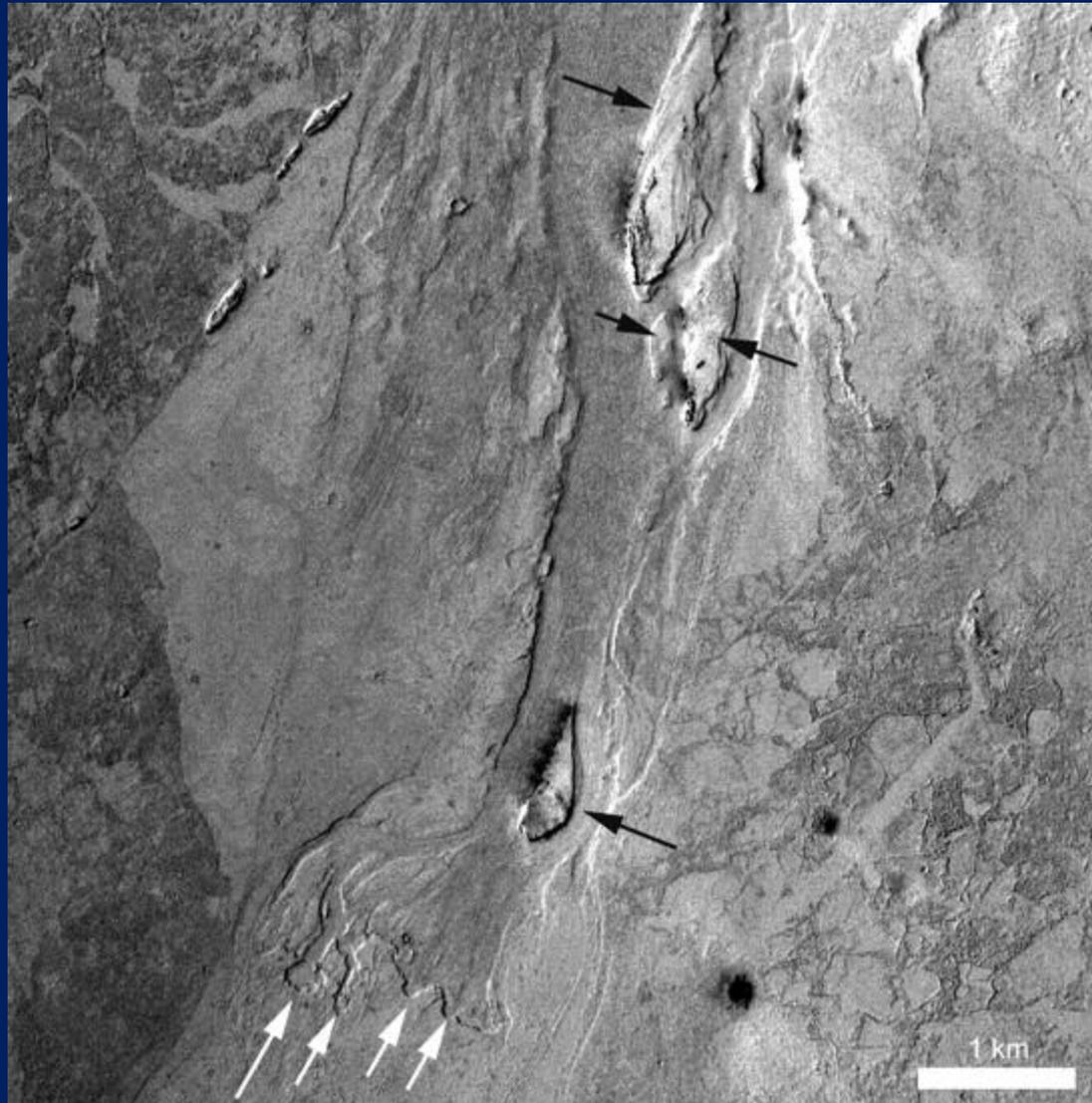
Themis

Bacino Lethe



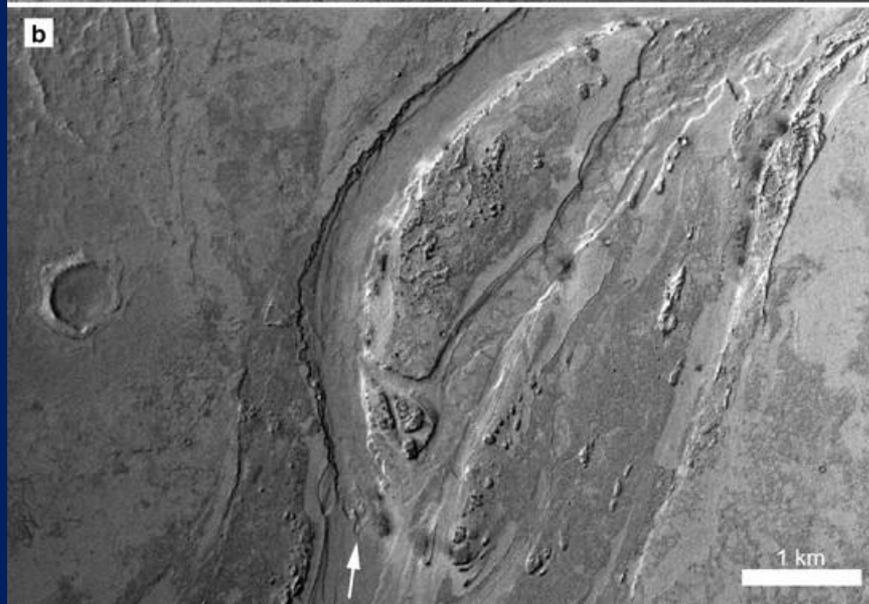
Themis

Bacino Lethe



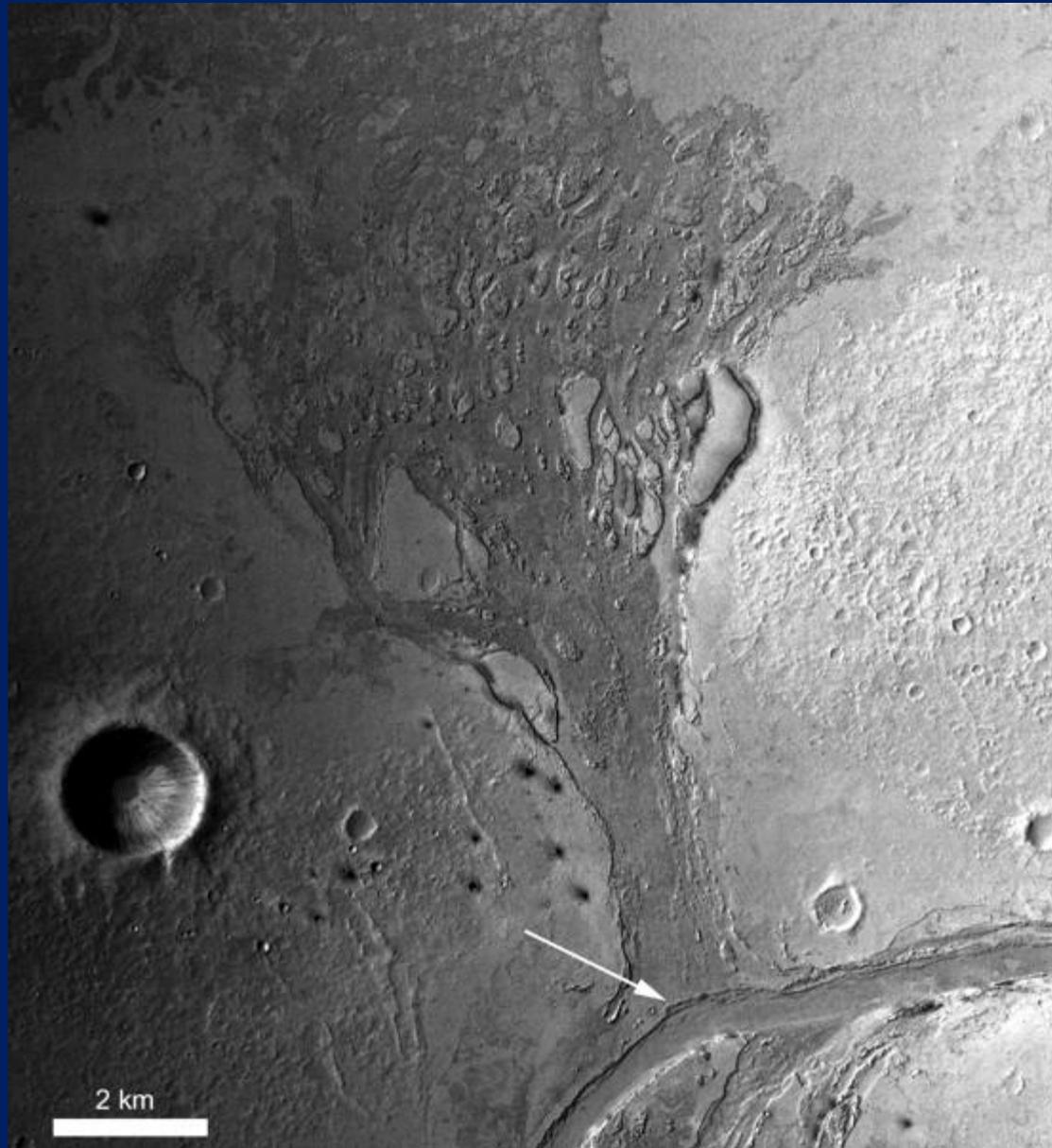
Themis

Bacino Lethe



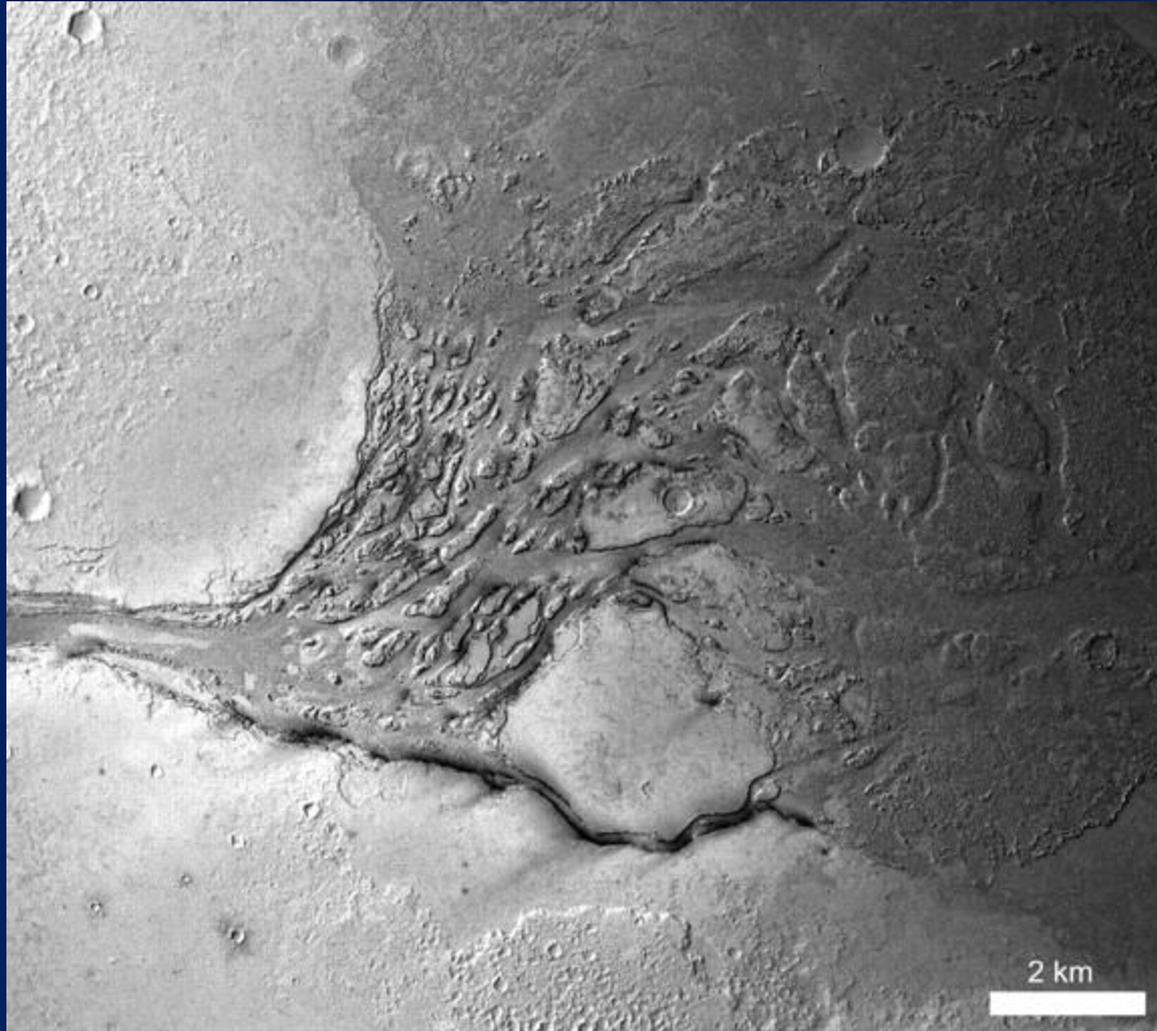
Themis

Bacino Lethe



Themis

Bacino Lethe



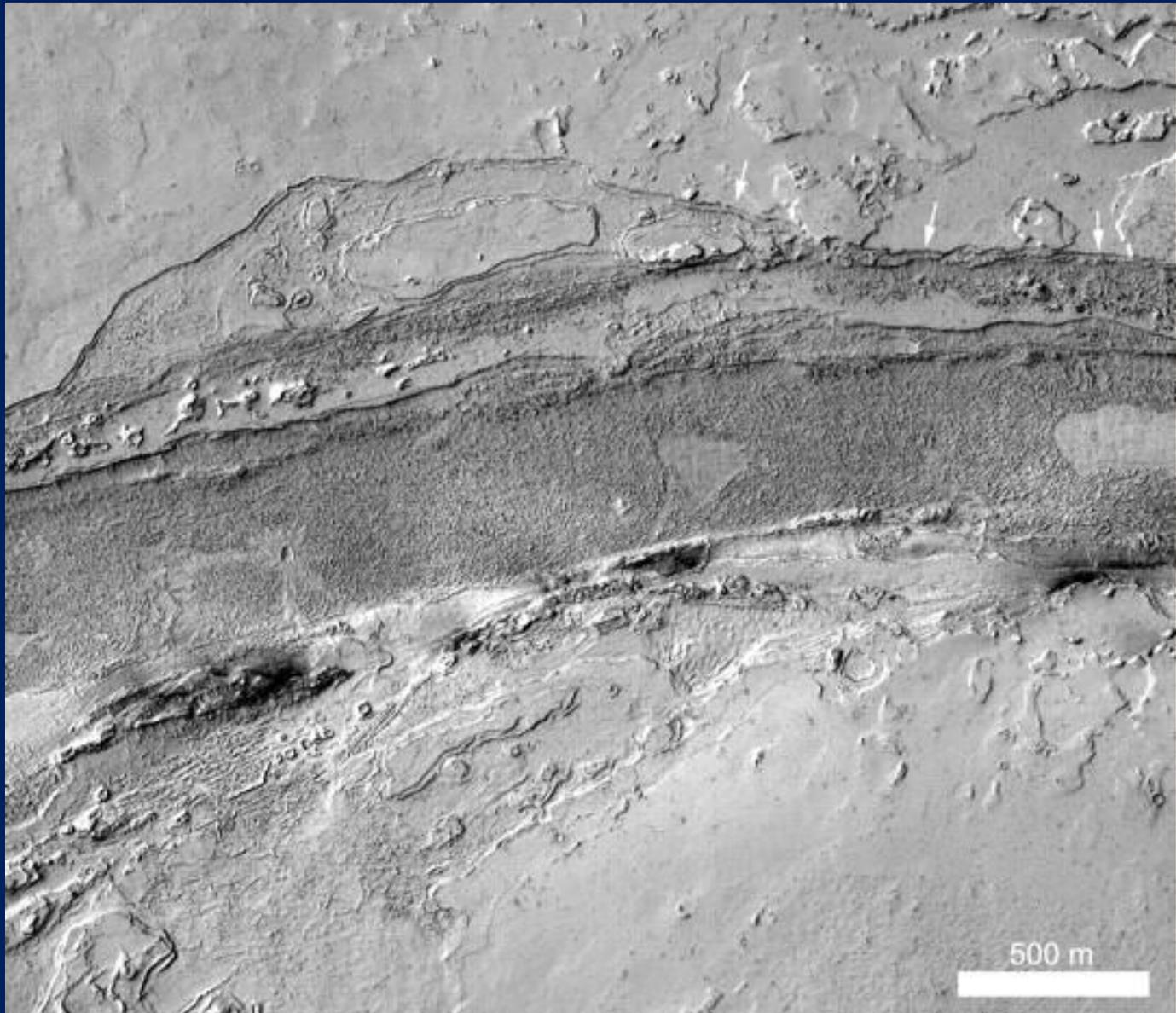
Themis

Bacino Lethe



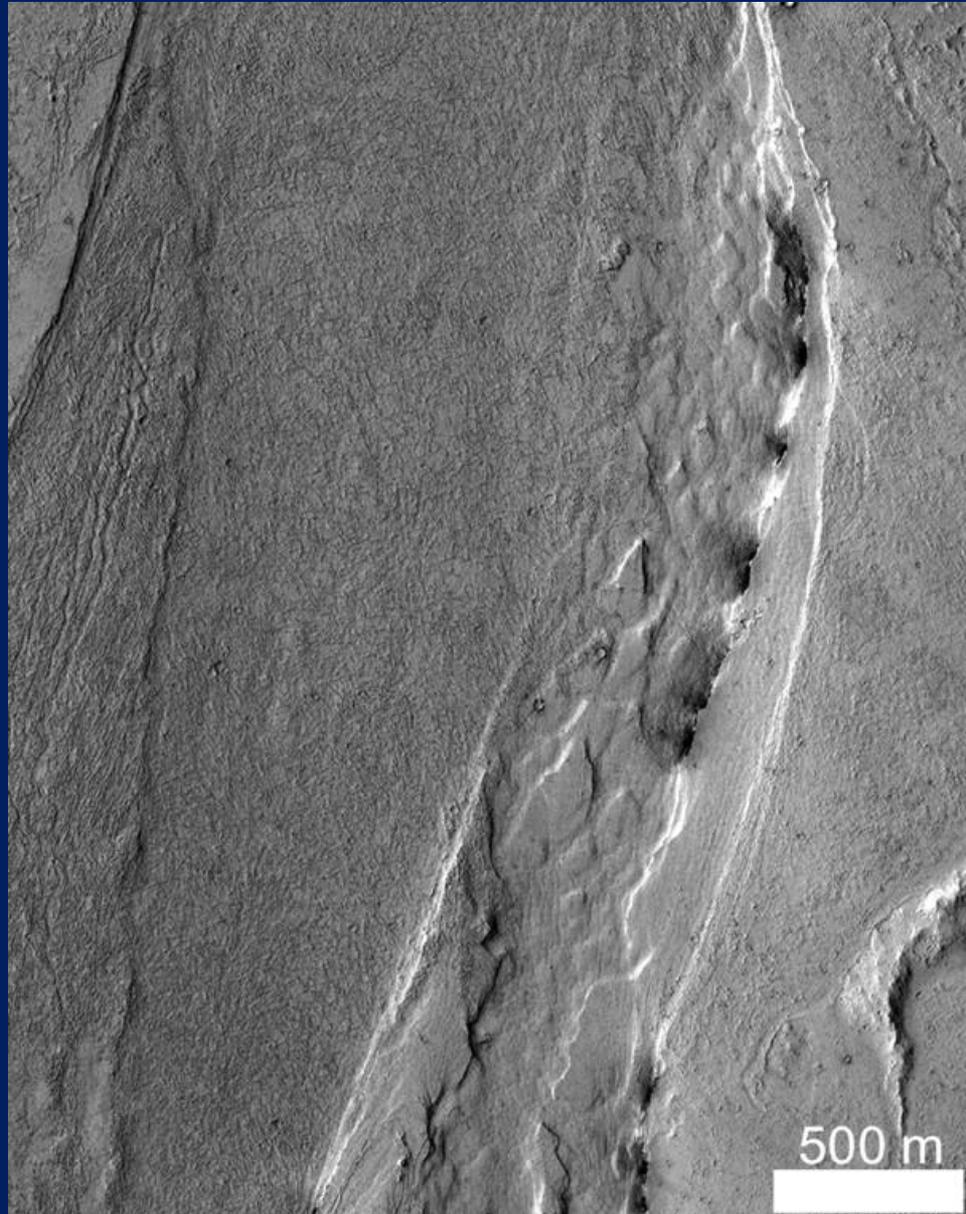
Themis

Bacino Lethe



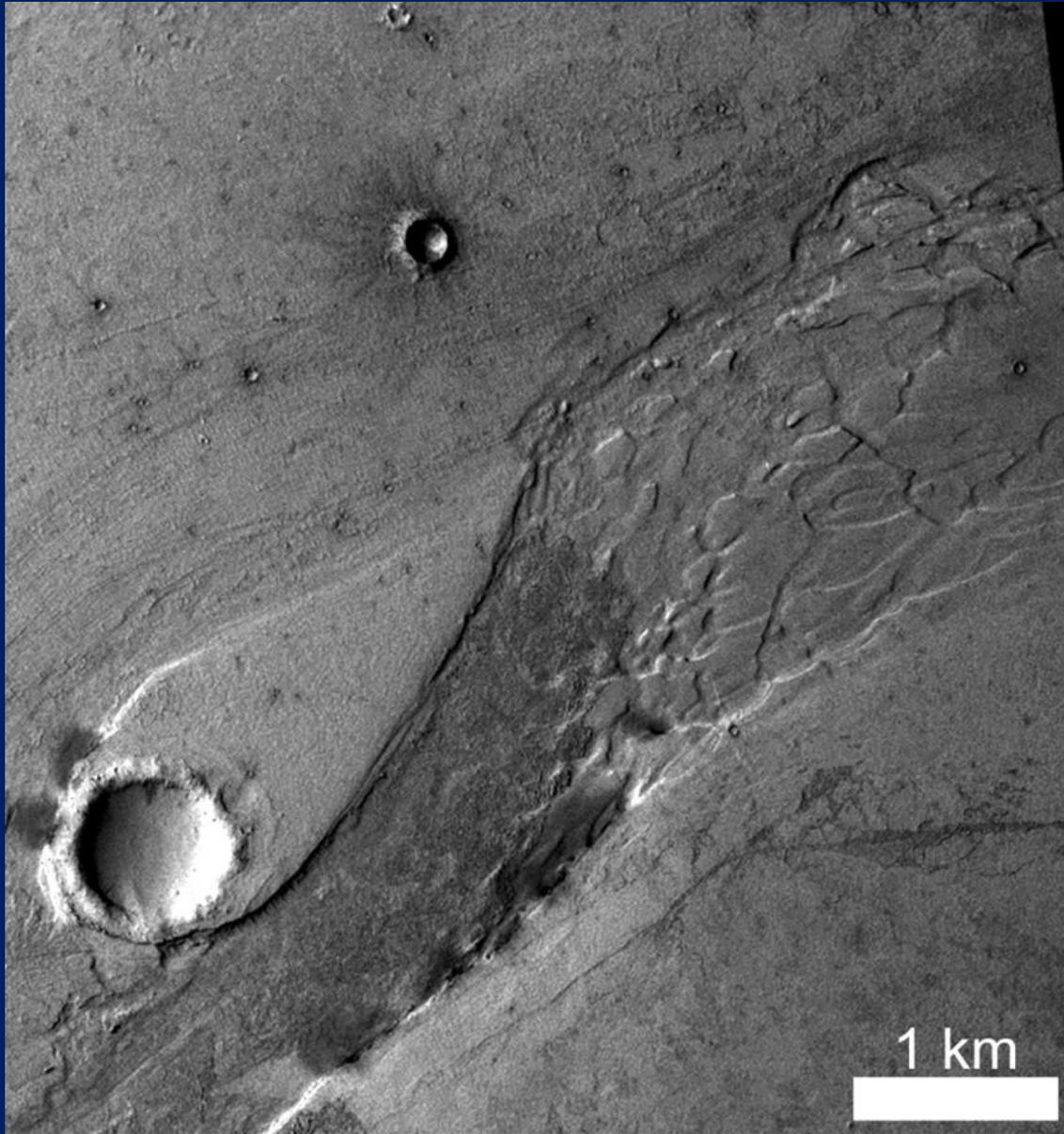
Themis

Bacino Lethe



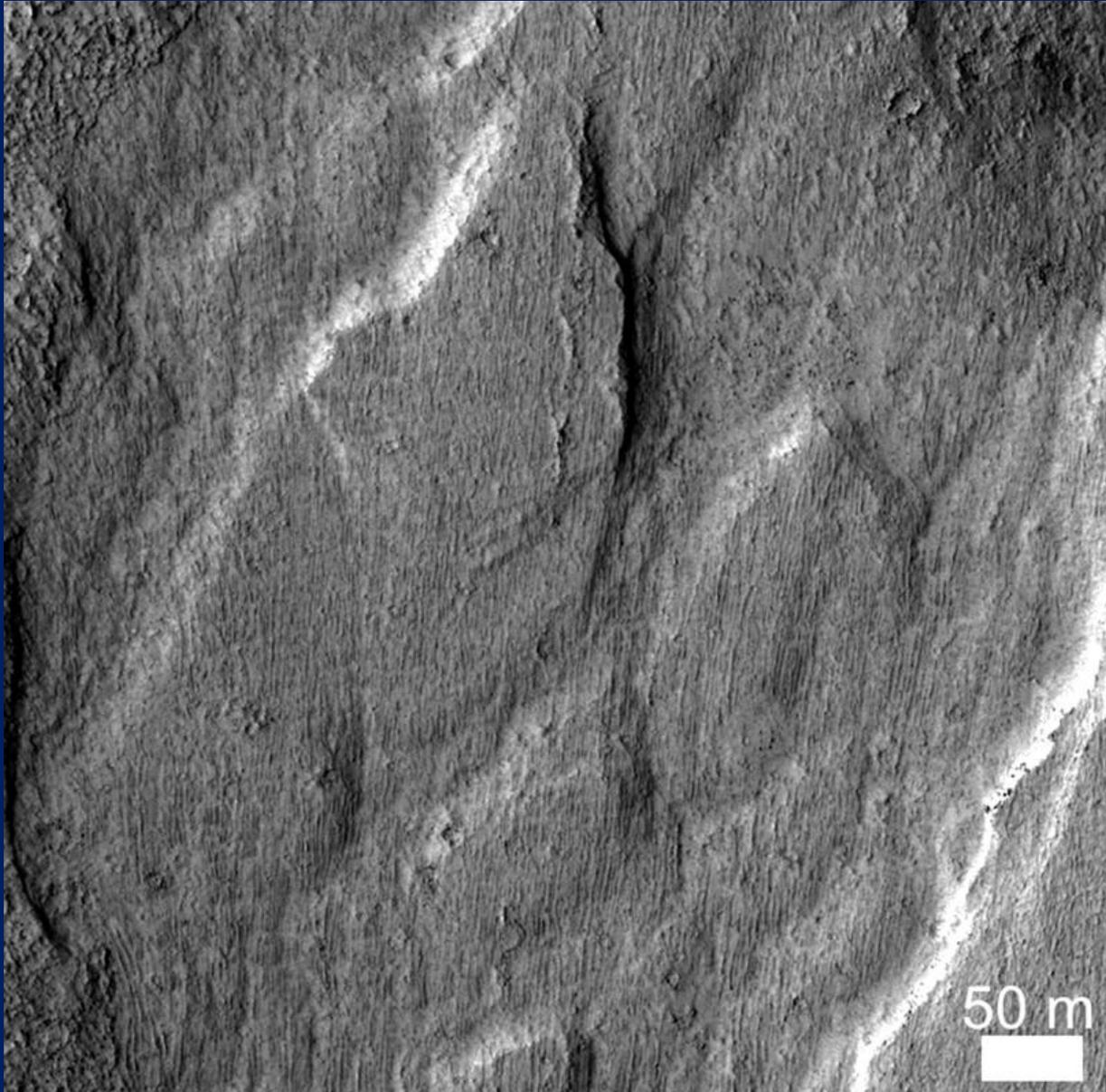
Themis

Bacino Lethe



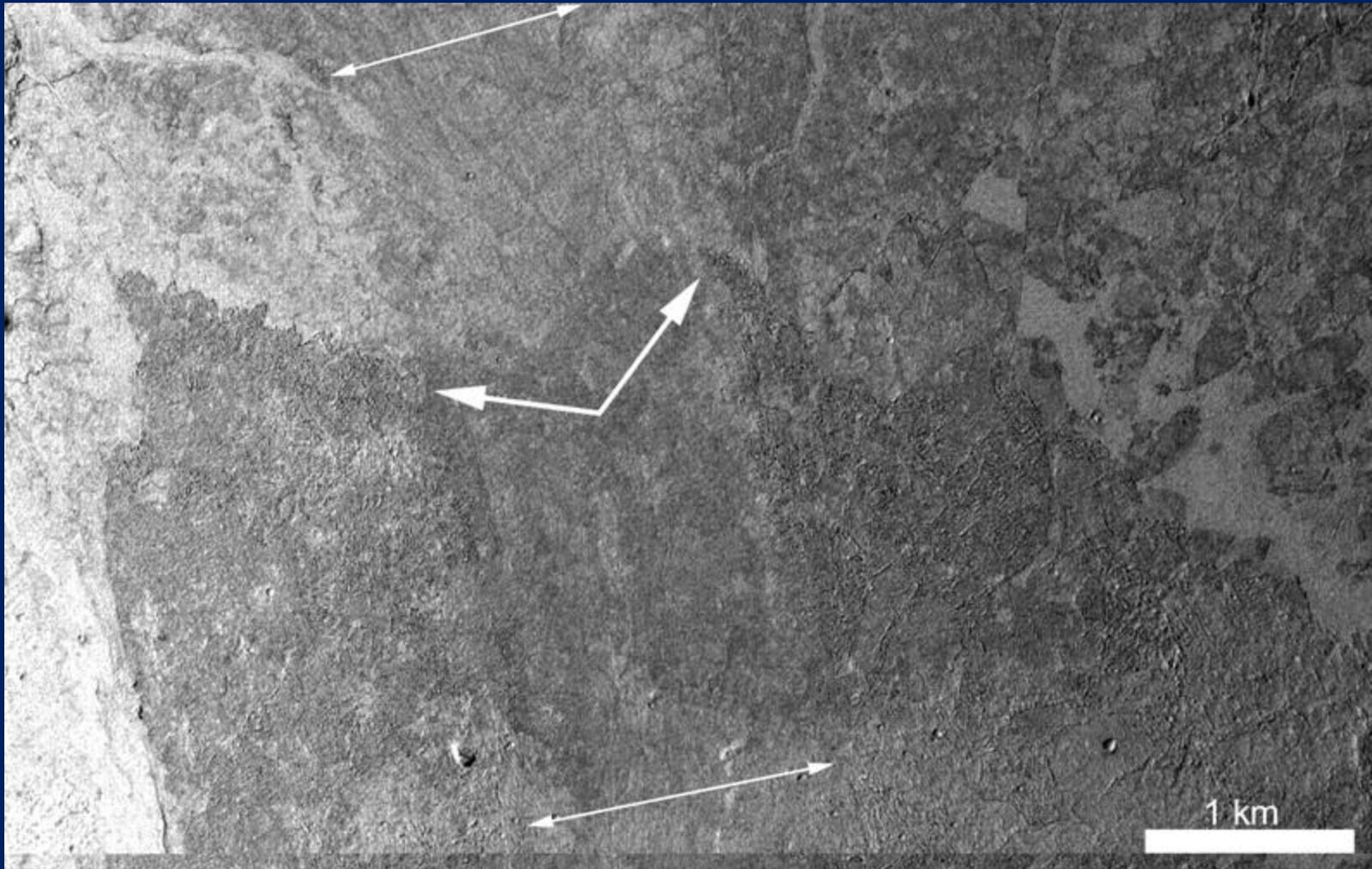
Themis

Bacino Lethe



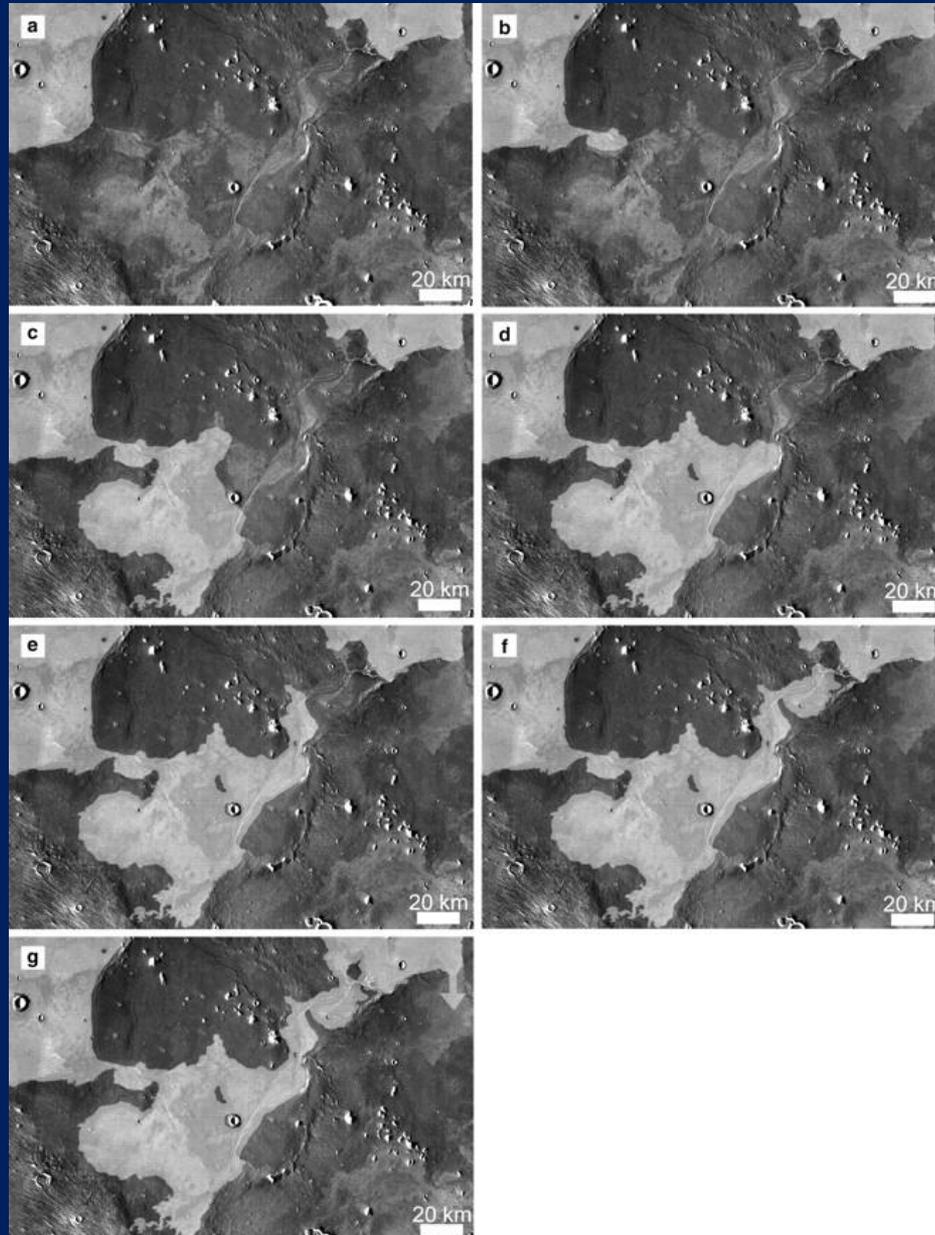
Themis

Bacino Lethe



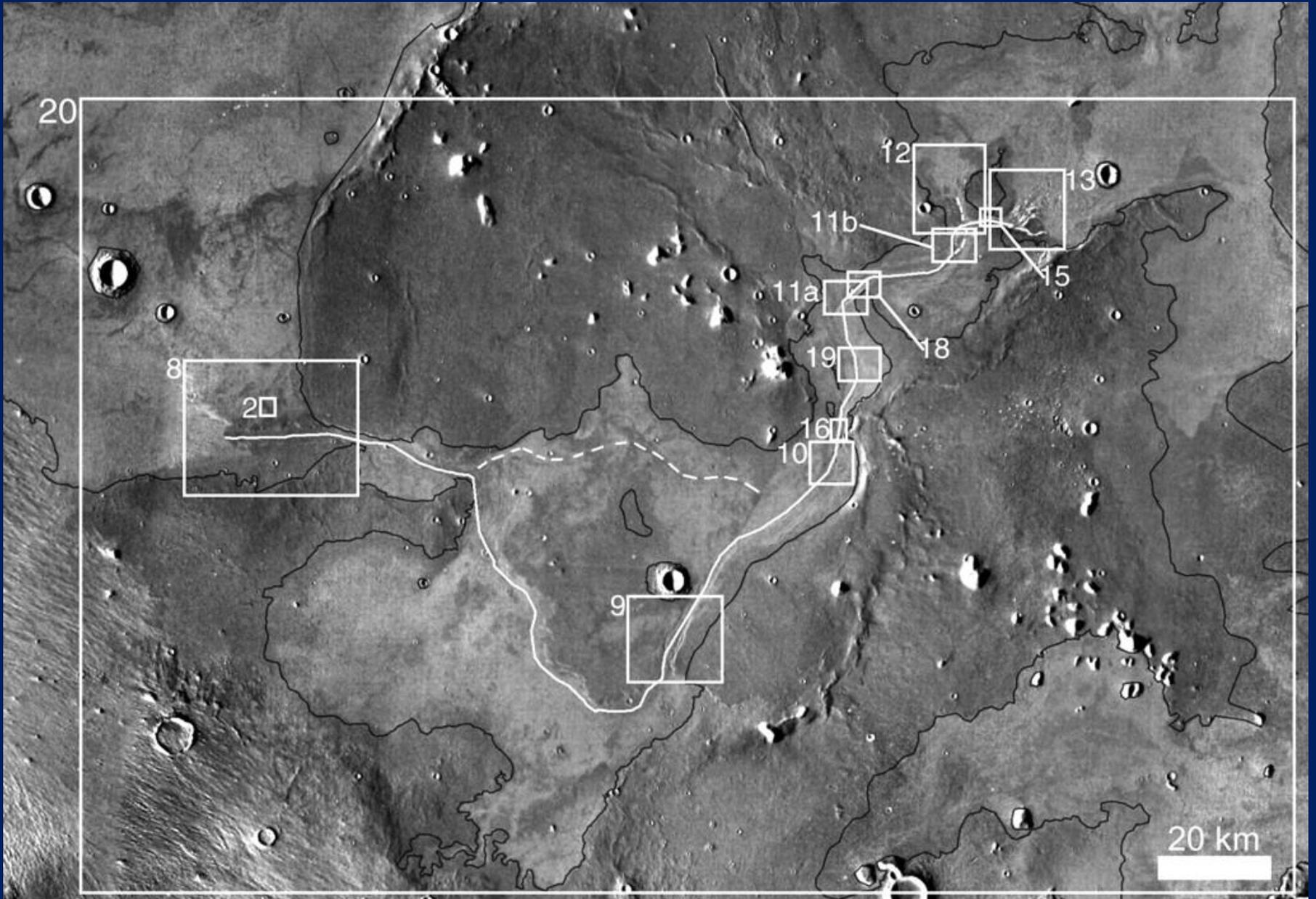
Themis

Bacino Lethe



Themis

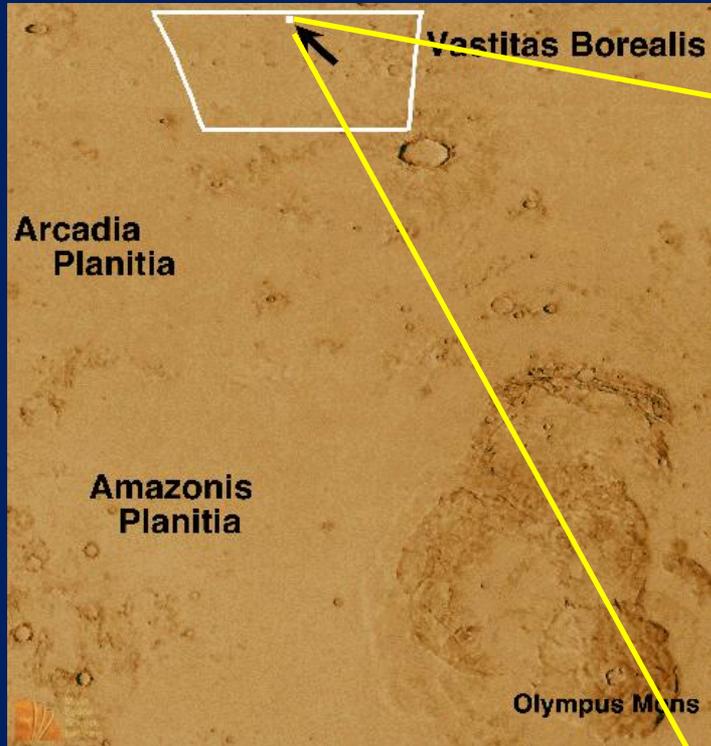
Bacino Lethe



Ihemis

Vastitas Borealis

Vastitas Borealis

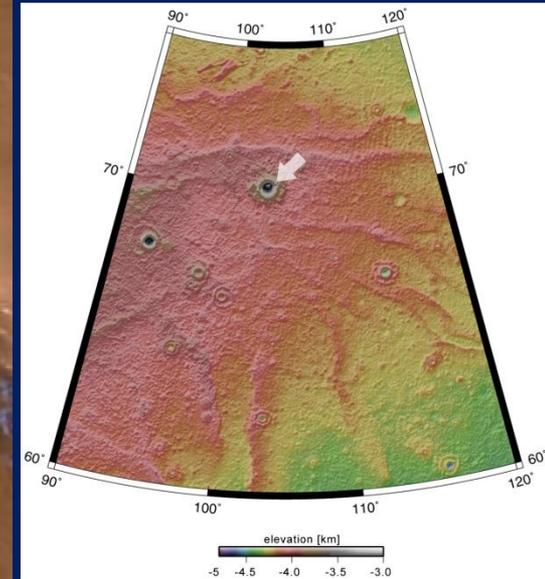


Questa "macchia bianca" è presente per tutto l'anno perché la temperatura e la pressione non sono sufficientemente alte da causare la sublimazione del ghiaccio d'acqua.

La CO₂ non può congelare poiché al momento in cui era stata fatta l'osservazione era già scomparsa dalla calotta polare del polo nord di Marte (tarda estate nell'emisfero nord)

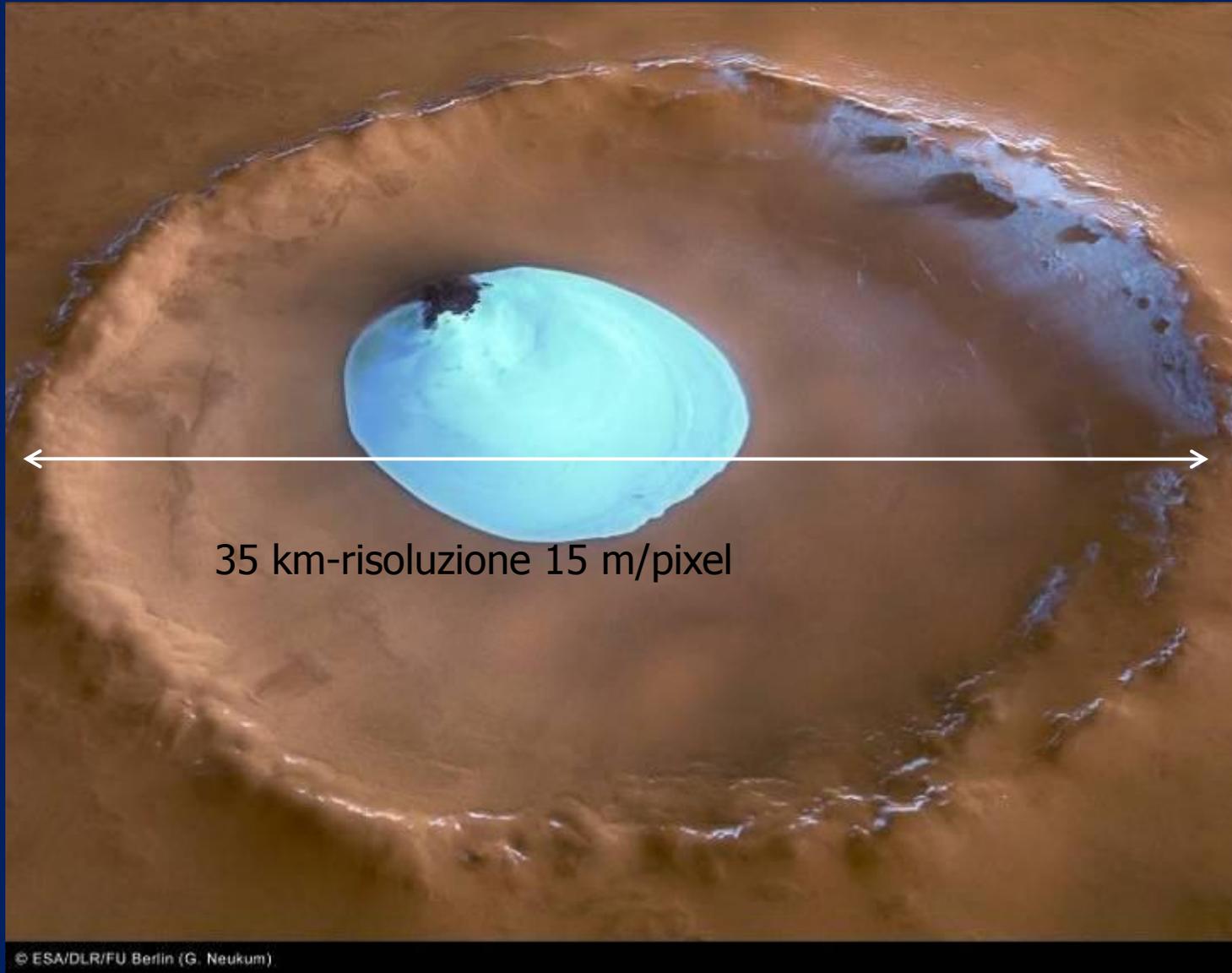
HRSC-Sonda Mars Express 28-7-2005

Cratere di ghiaccio d'acqua nella Vastitas Borealis



HRSC-Sonda Mars Express 28-7-2005

Cratere di ghiaccio d'acqua nella Vastitas Borealis

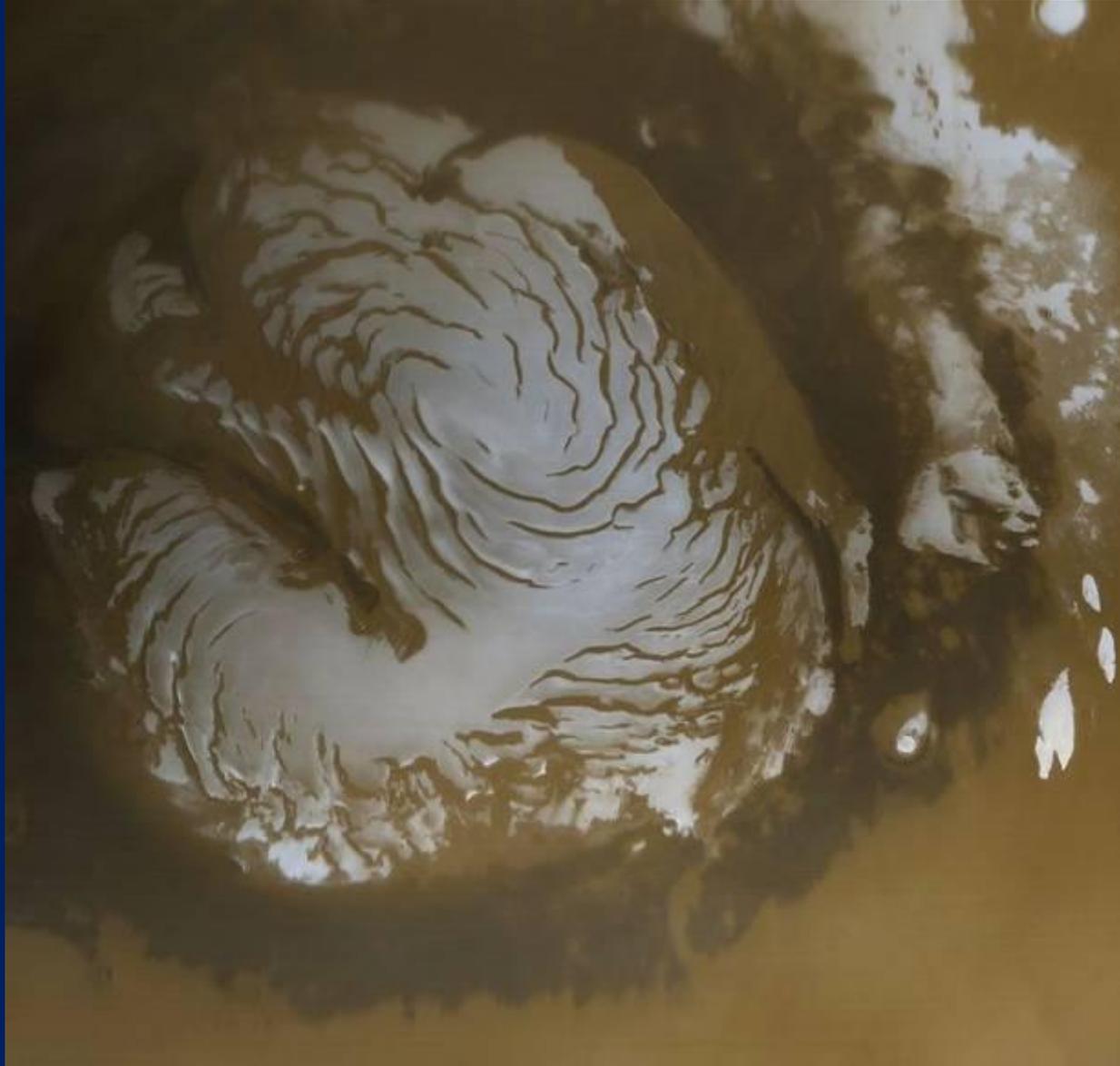


HRSC-Sonda Mars Express 28-7-2005

Poli di Marte

Il Polo Nord di Marte

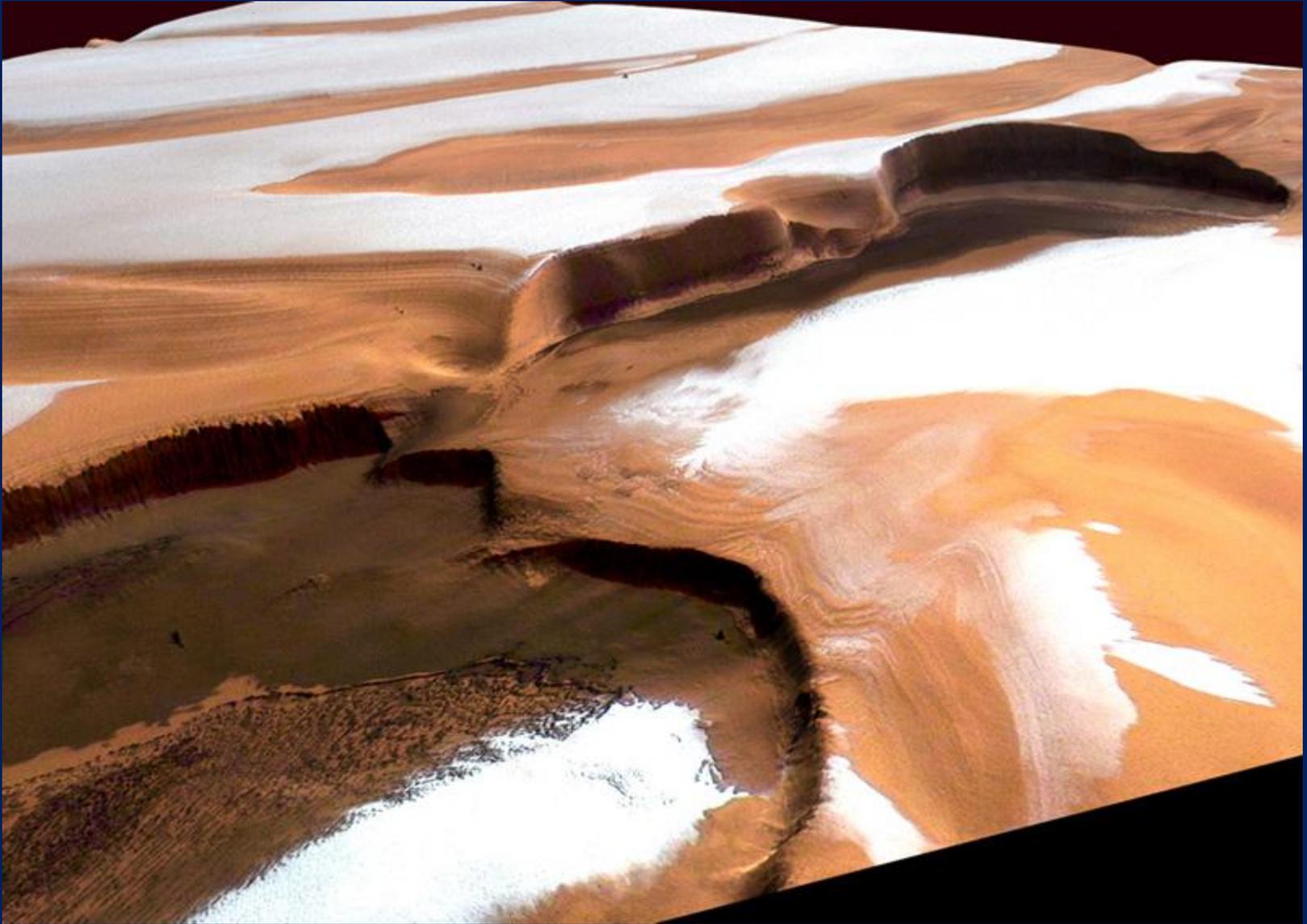
La calotta polare del polo nord è estesa circa 1100 km



Mars Global Surveyor (MGS) Mars Orbiter Camera (MOC)

Strati di ghiaccio e polvere al Polo Nord di Marte

L'altezza è
circa 2 km



HRSC-Sonda Mars Express

Il Polo Sud di Marte



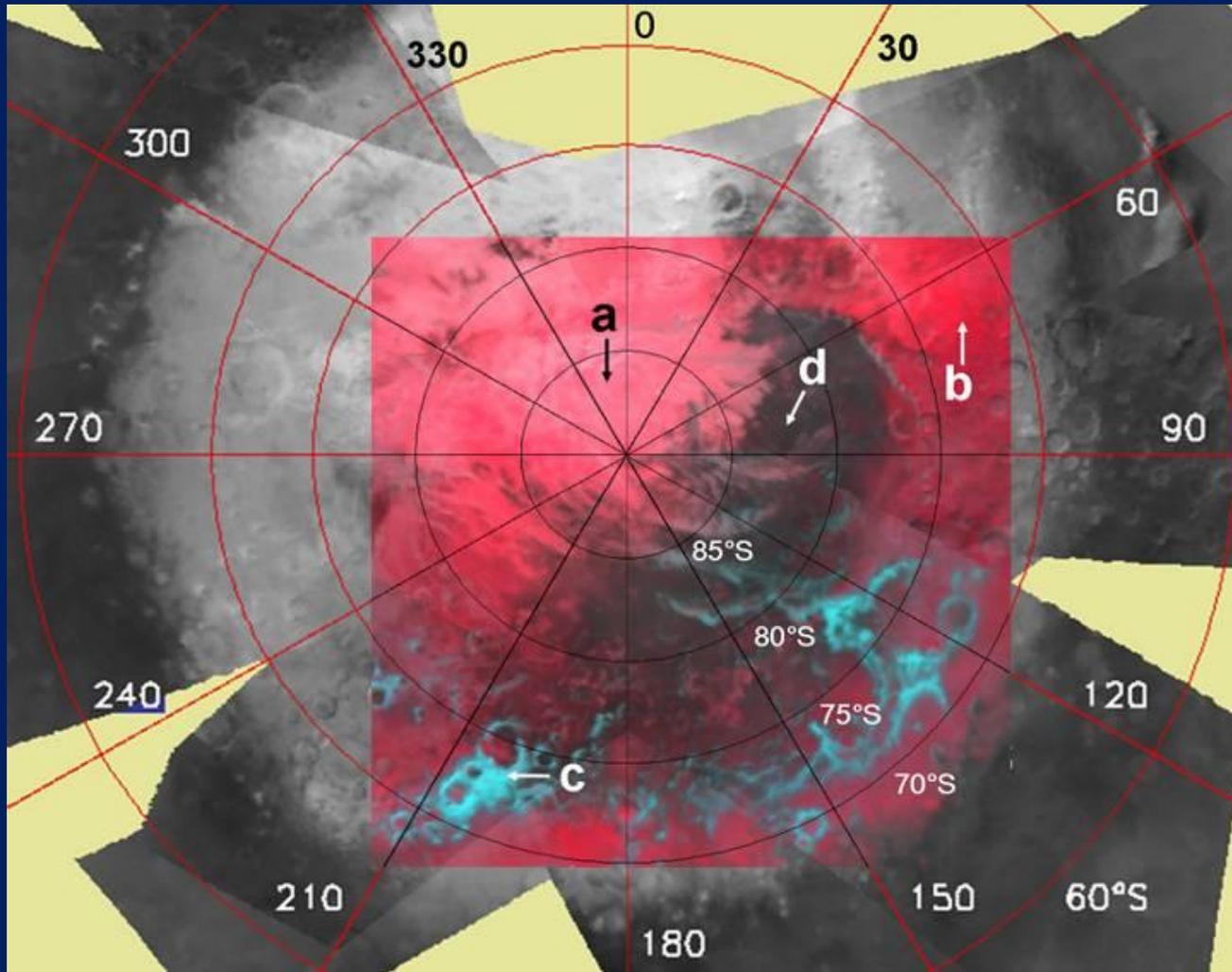
17-4-2000 MOC-Mars Global Surveyor

Il Polo Sud di Marte



HRSC-Sonda Mars Express 17-4-2000

Il Polo Sud di Marte



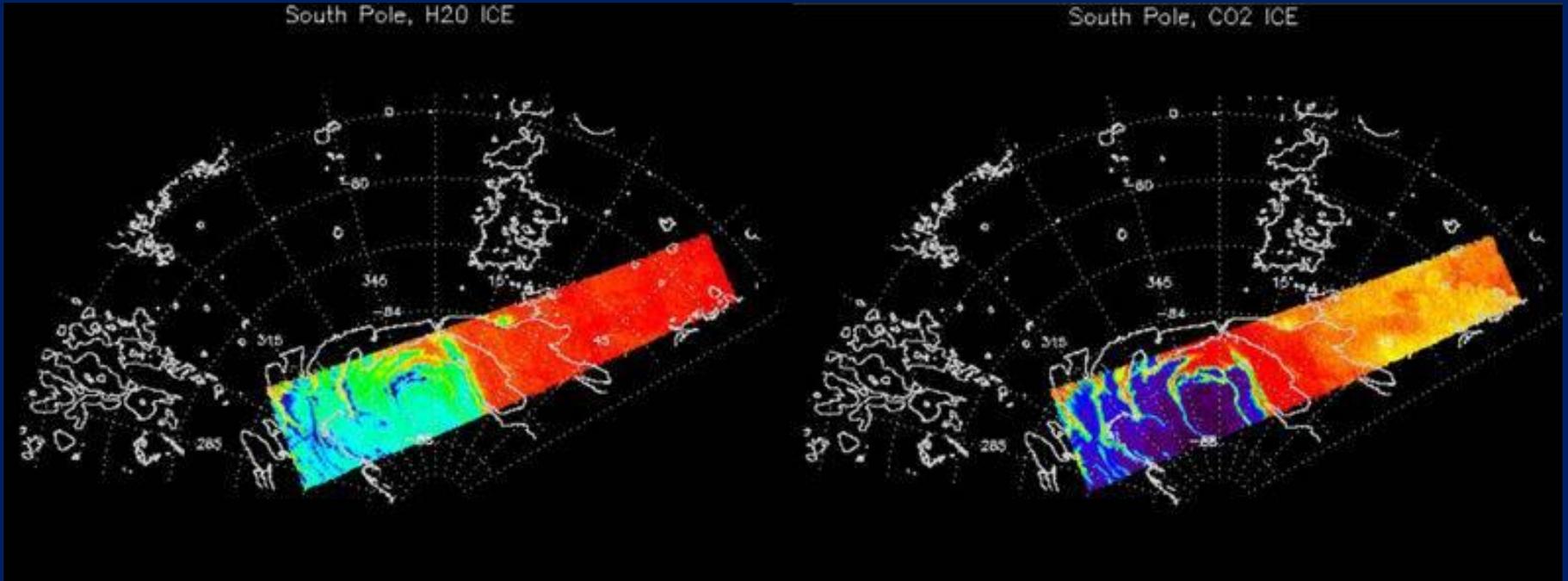
a = "ghiaccio secco"
sottile

b = "ghiaccio secco"
spesso

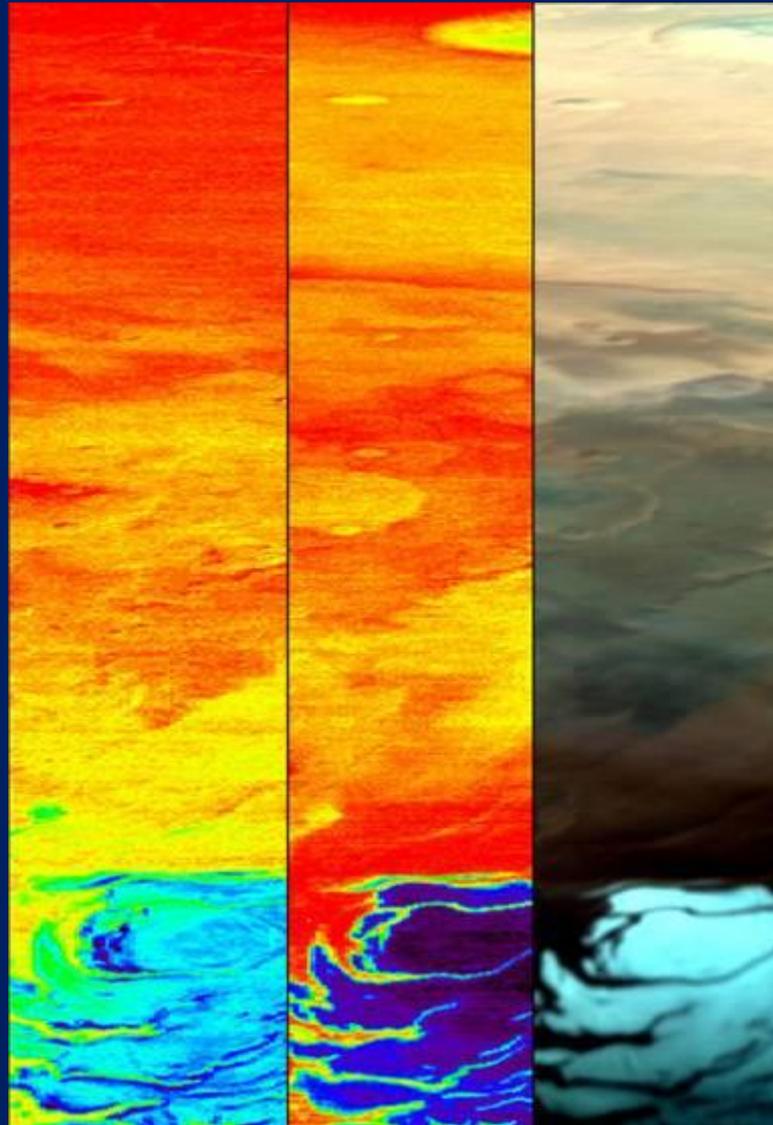
c = "ghiaccio di acqua"

d = "cryptic region"

Il Polo Sud mappa di H₂O e CO₂

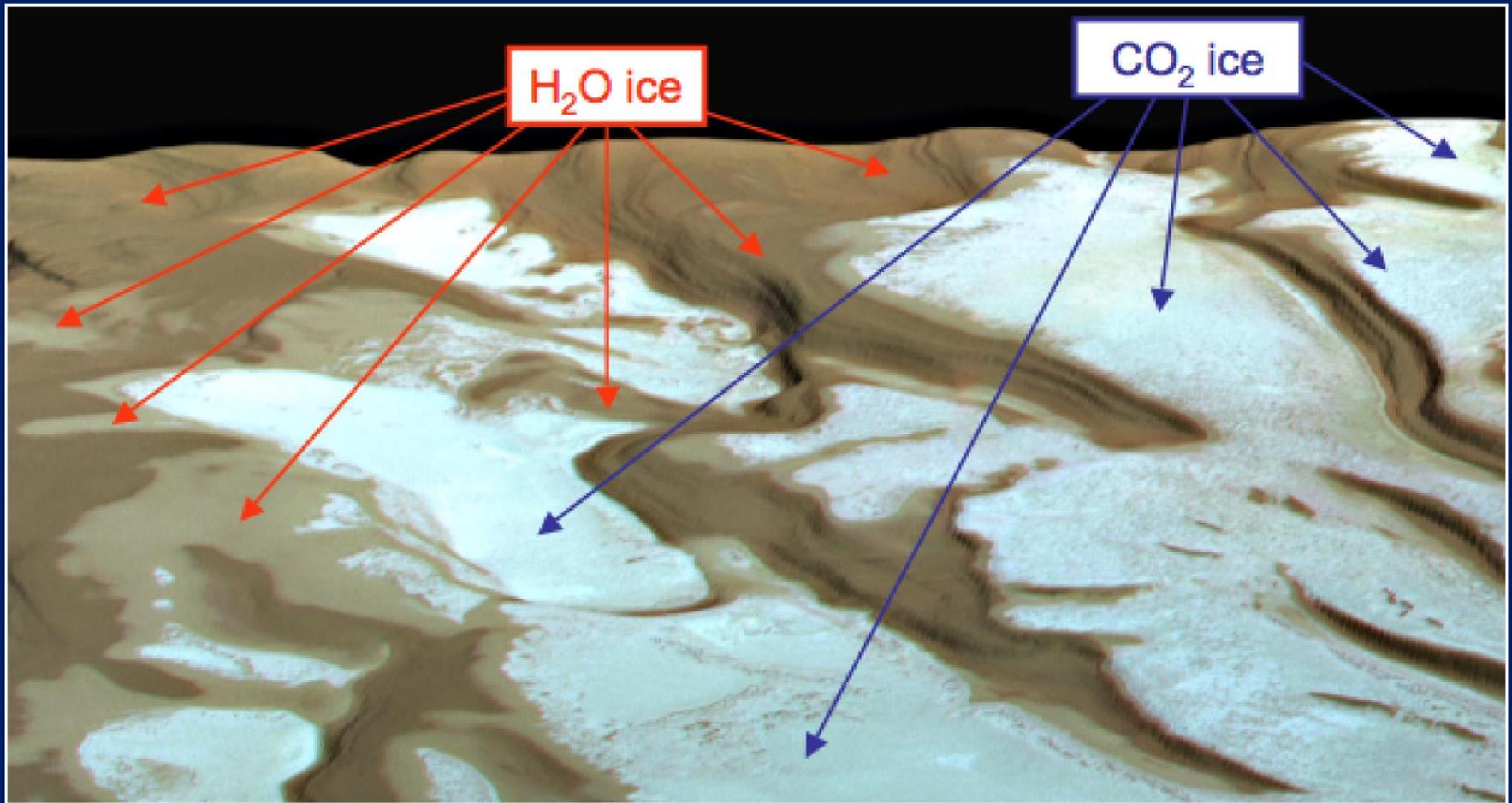


Il Polo Sud mappa di H₂O e CO₂



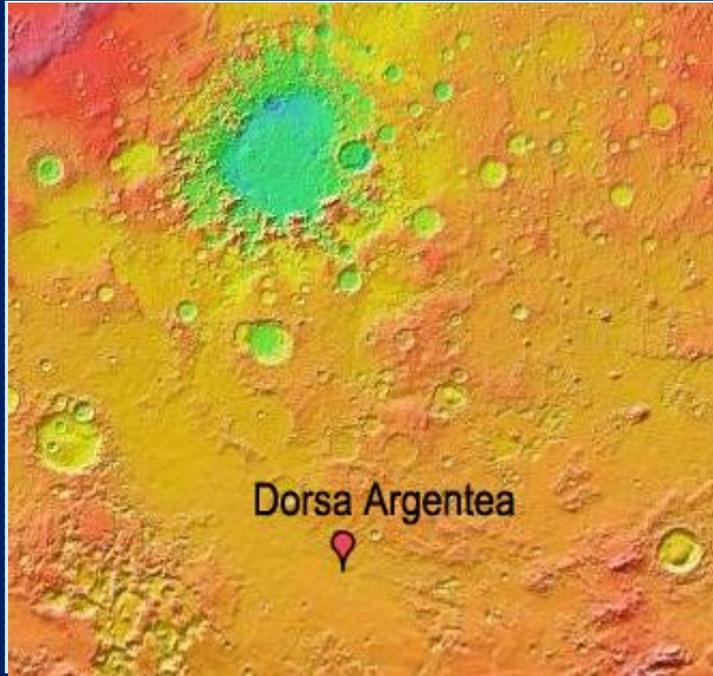
OMEGA-Sonda Mars Express 23-1-2004

Il Polo Sud di Marte

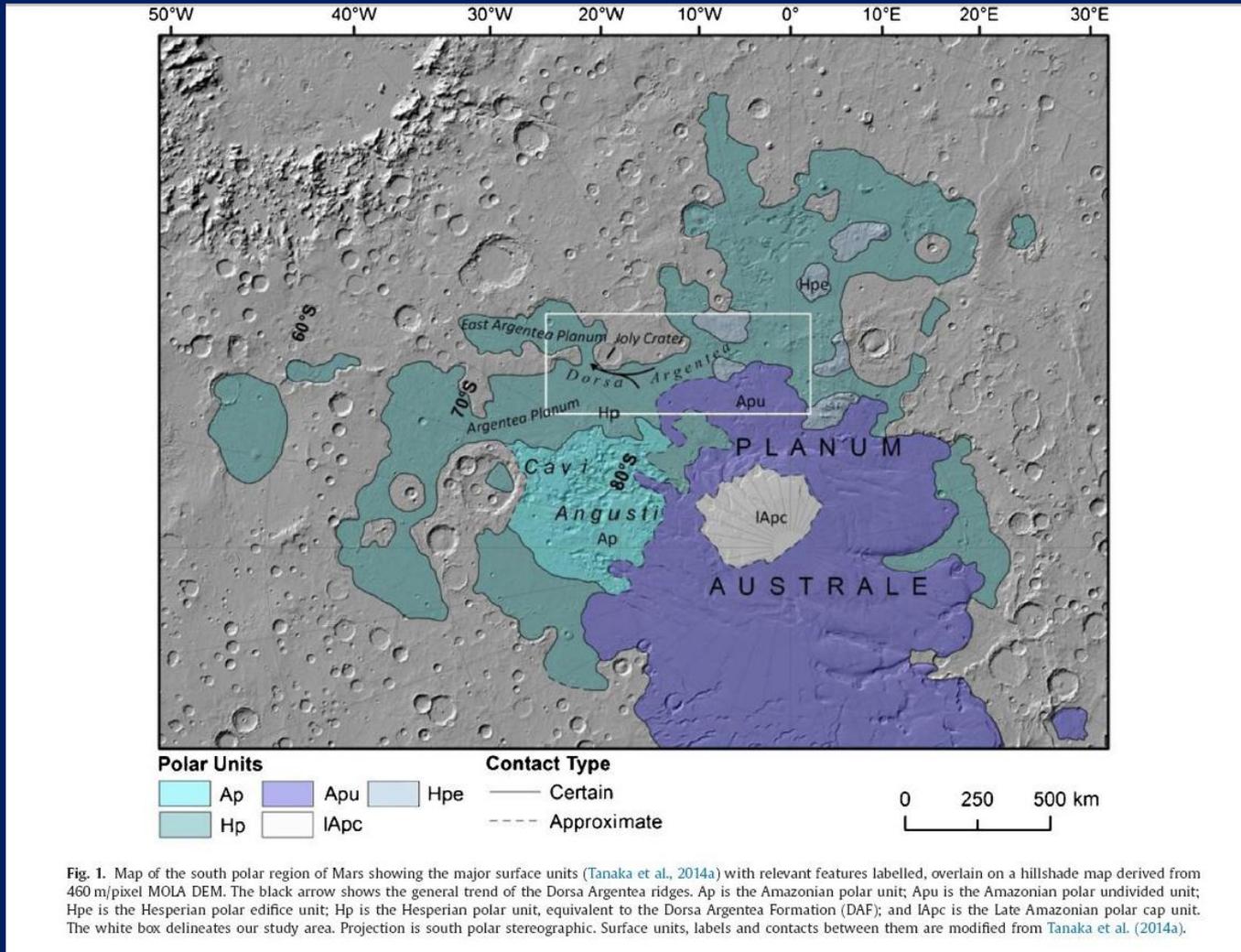


HRSC-Sonda Mars Express

Dorsa Argentea-emisfero sud



Dorsa Argentea-terreni di diversa età geologica



Ap periodo Amazzoniano - Apu Amazzoniano polare - HP Esperiano -

IApc tardo Amazzoniano polare

THEMIS-Sonda Mars Odyssey

Altezza del bordo e dentro il cratere nella Dorsa Argentea

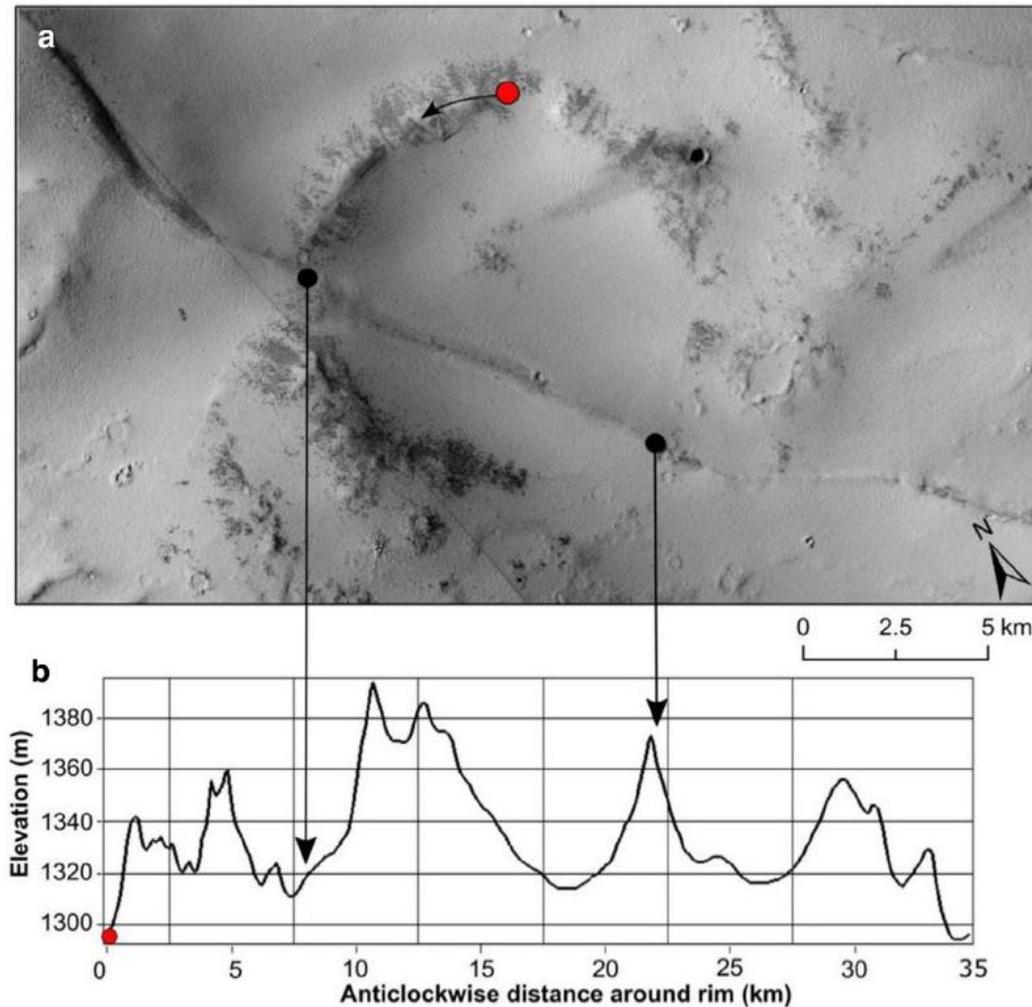
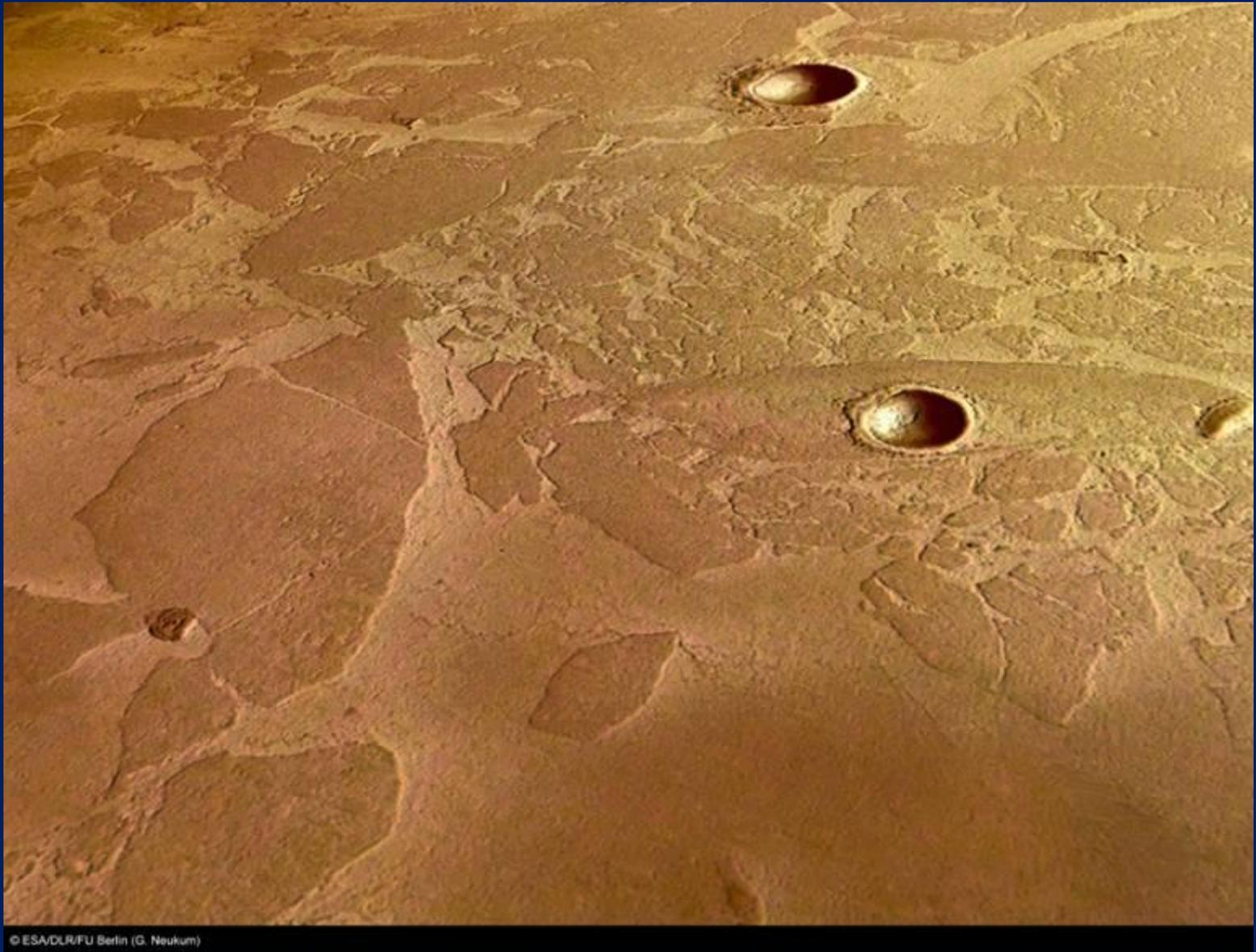


Fig. 13. (a) Passage of Ridge A through an infilled crater (CTX images B12_014_285_1025_XN_77S026W and B12_014_351_1024_XN_77S028W, image credit: NASA/JPL-Caltech/MSSS). Image extent is displayed in Fig. 5. (b) Topographic profile of the crater rim derived from the ~ 115 m/pixel MOLA DEM, passing anticlockwise from the point marked in (a). Points on the profile that intersect Ridge A are indicated with vertical arrows.

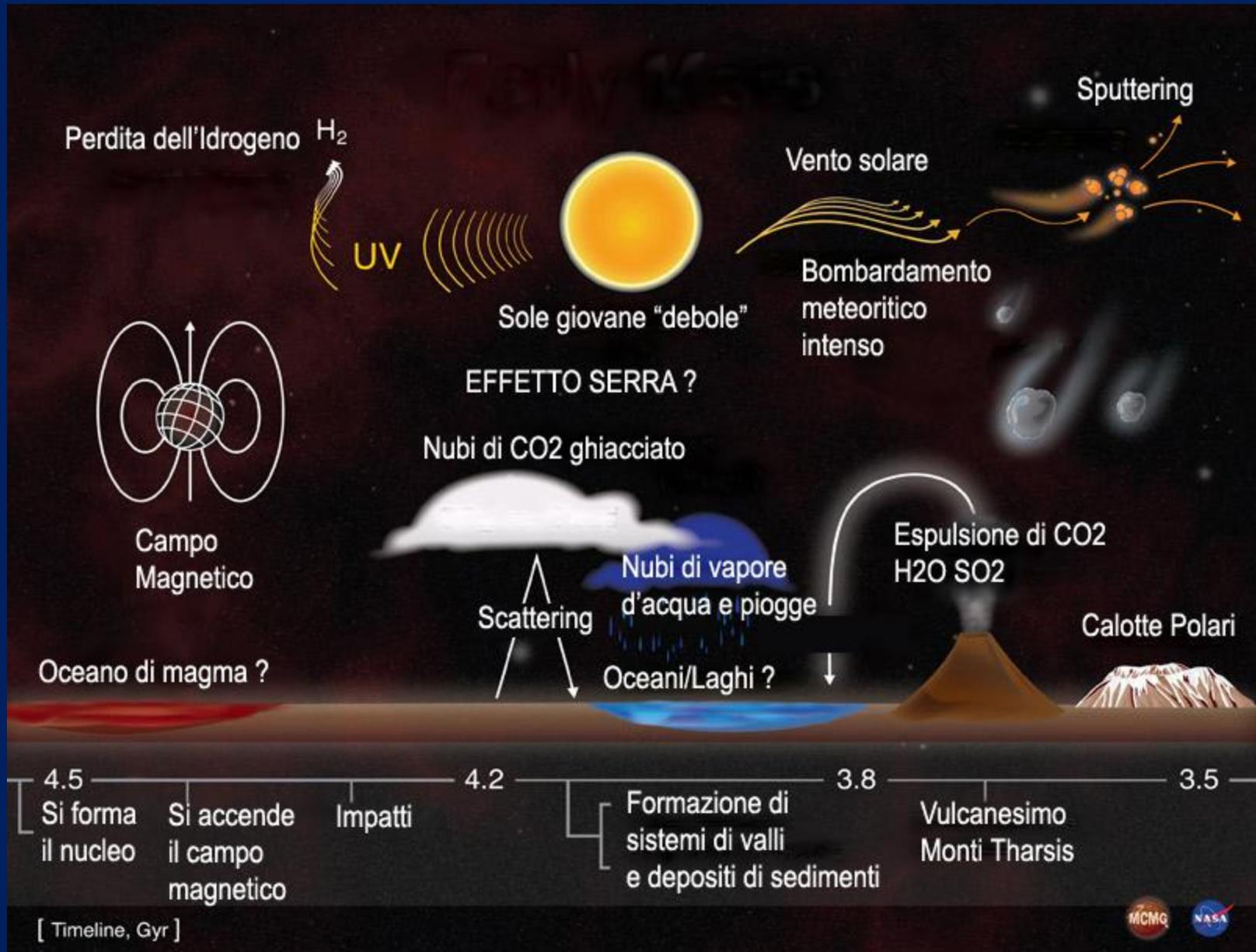
Pack ghiacciato nei pressi dell'equatore di Marte ?



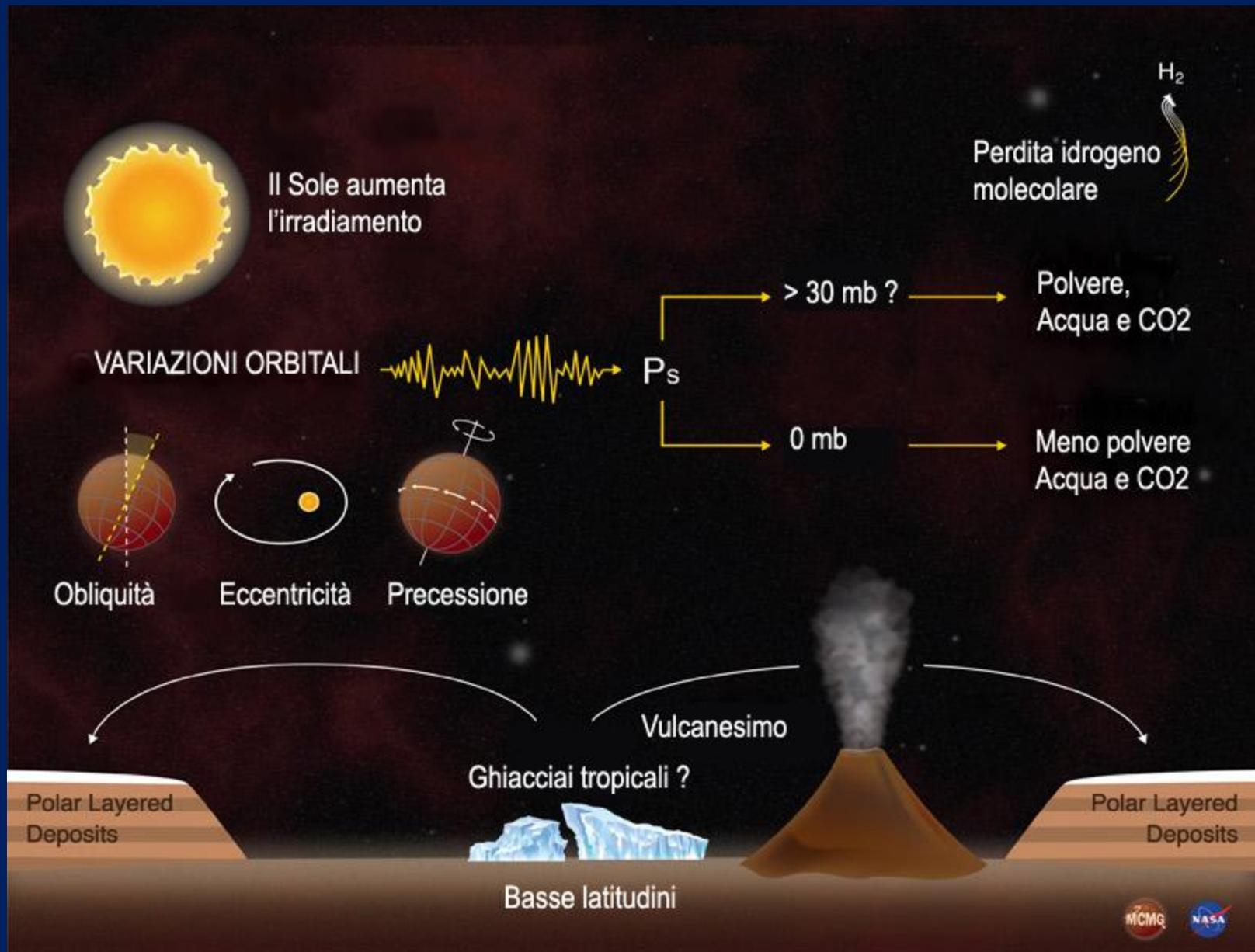
© ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

HRSC-Sonda Mars Express

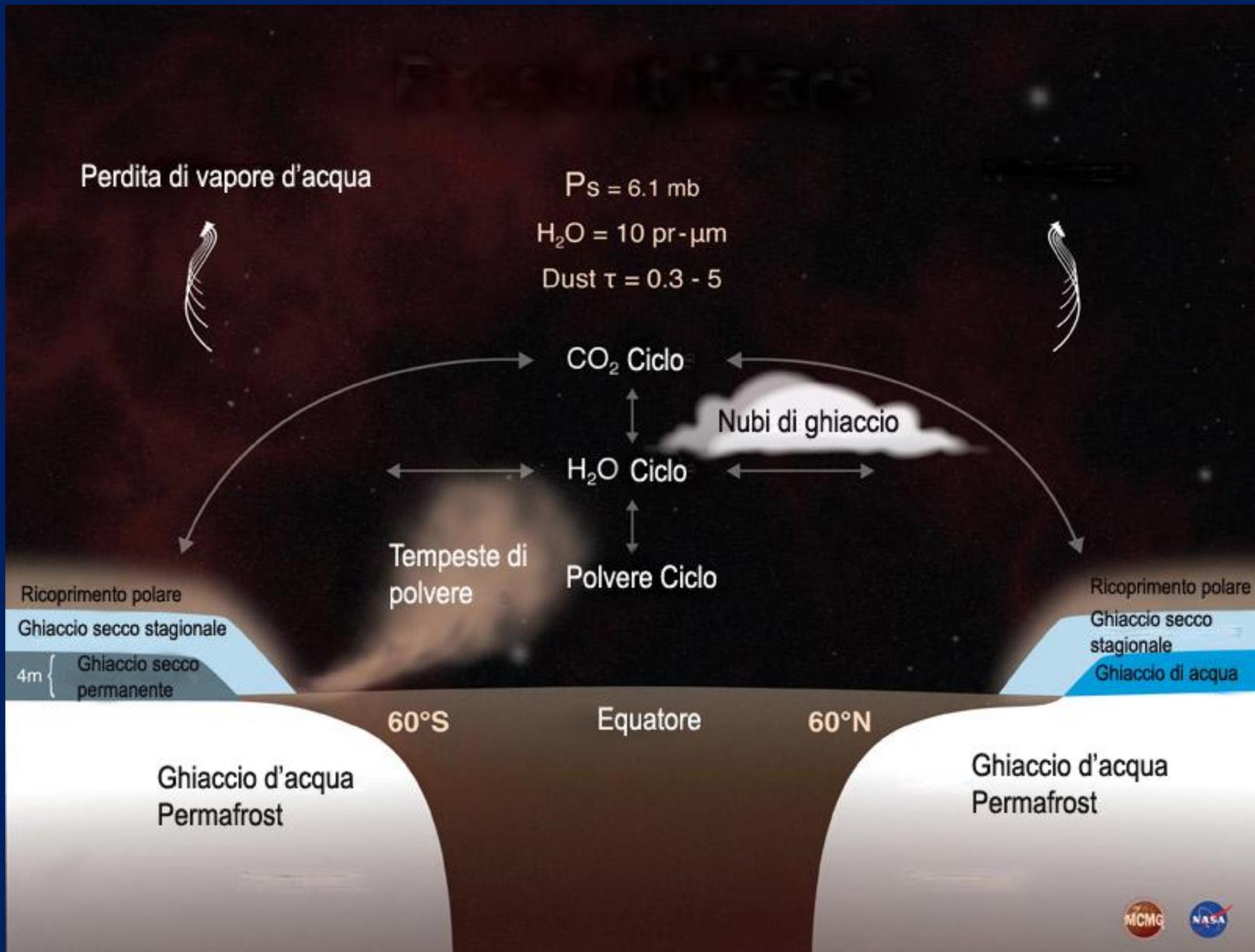
Marte primordiale-Noachiano



Marte-fase Post-Noachiana



Marte oggi



Una sintesi della storia primordiale di Marte

-4.5 miliardi di anni fa

- Formazione di Fillosilicati
- Si forma Marte (acqua + atmosfera di CO₂)
- Attività geologica che determina la formazione dell'altopiano Tharsis e della Valle Marineris
- Flussi giganti di acqua in superficie

-4.0 miliardi di anni fa

- Attività vulcanica con specie ricche di solfati
- Formazione dei solfati
- L'acqua termina il suo ruolo- attività transiente
- Svanisce l'attività interna, ed il campo magnetico, e sparisce l'atmosfera

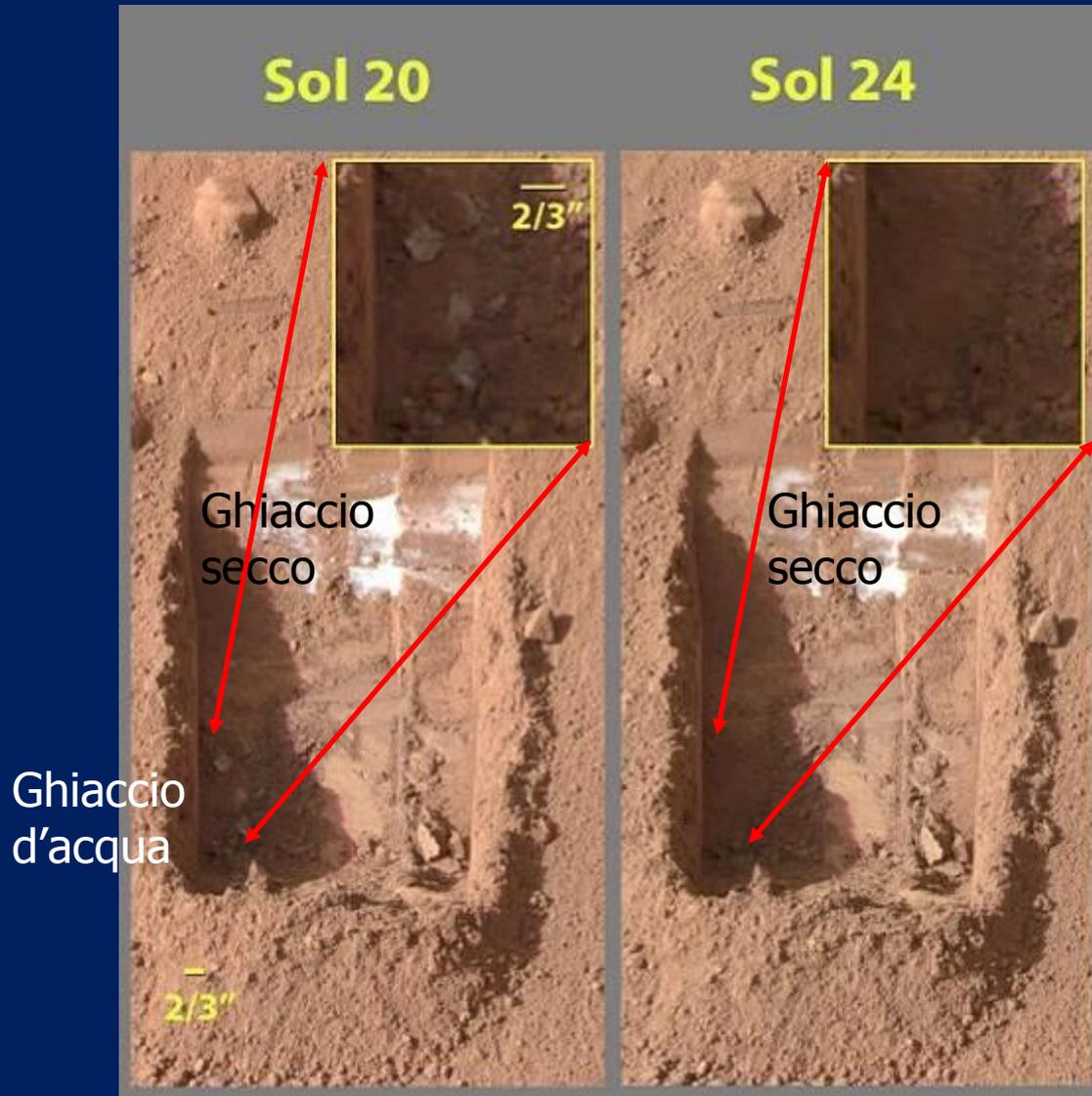
-3.0 miliardi di anni fa

- Ossidazione della superficie
- Assenza di acqua

Sommario dell'evoluzione di Marte

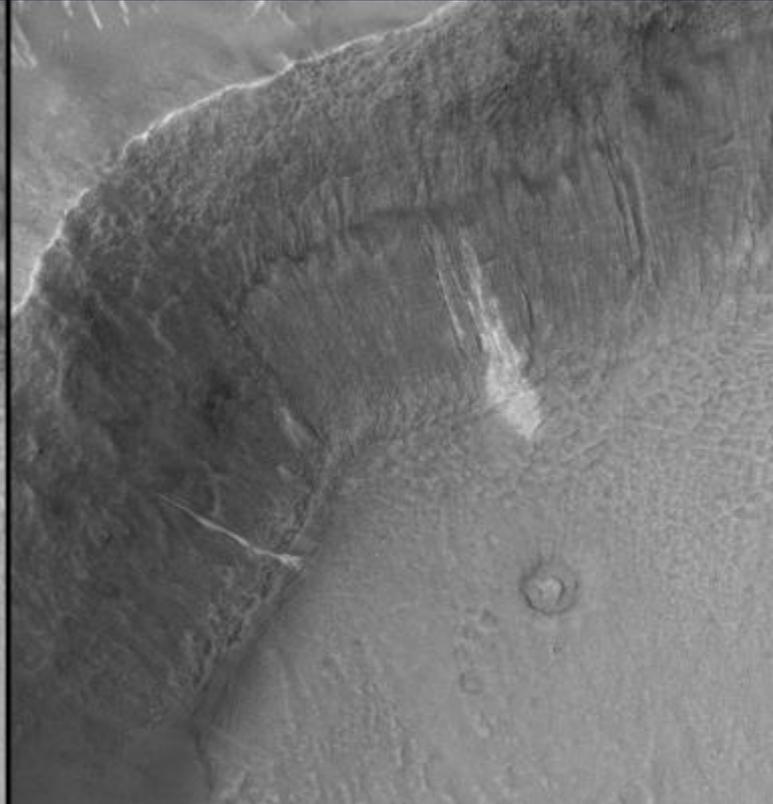
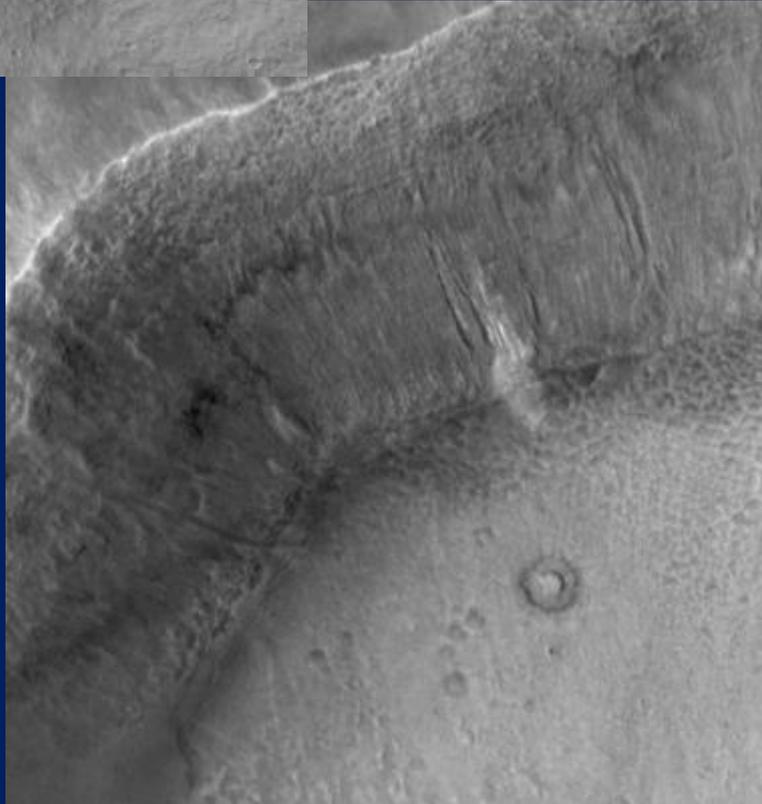
1. A circa 3.5 miliardi di anni, **tra il tardo Noachiano e l'inizio dell'Esperiano**, Marte risente di un periodo di erosione superficiale e variazioni chimiche della superficie indotte da acqua liquida.
2. Le evidenze osservative della superficie favoriscono la presenza di un clima freddo con eventi episodici di caldo piuttosto che un clima a lungo caldo ed umido.
3. L'ipotesi di un clima caldo umido è sfavorita perché si sarebbero poi formati spessi strati ghiacciati alla fine del Noachiano sugli altopiani che a loro volta, sciogliendosi, avrebbero prodotto, alla fine del periodo caldo, significative erosioni glaciali.
4. Le informazioni sulla luminosità solare nel Noachiano e le variazioni orbitali di Marte tendono a rendere poco probabile un periodo caldo dovuto all'effetto serra dell'H₂O e della CO₂.
5. Se l'atmosfera fosse stata più "densa" si avrebbe avuto un ulteriore raffreddamento alla superficie dovuto al trasposto di neve e ghiaccio nel sistema di valli superficiali.
6. Episodi "caldi" però ci sono stati ed hanno prodotto lo scioglimento del ghiaccio d'acqua scavando ulteriormente la rete di valli superficiali.
7. La causa dei riscaldamenti episodici non è nota.

Mars Phoenix Lander-Polo Nord di Marte

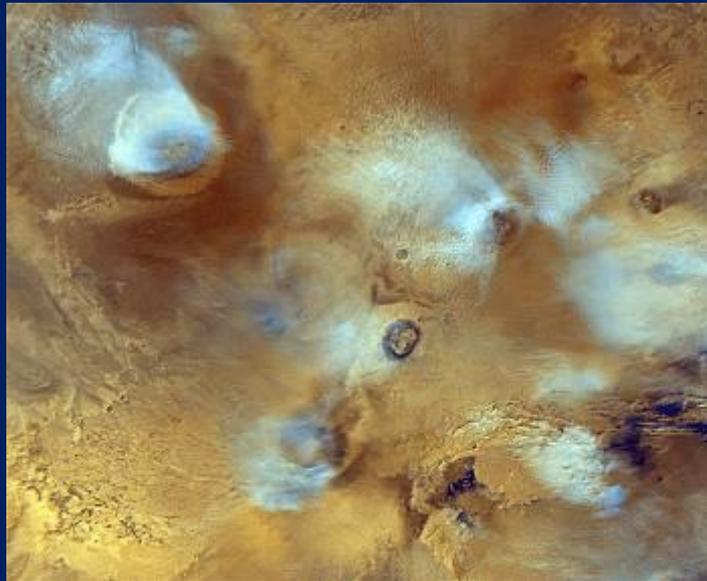


Il lander Phoenix mostra la prova di presenza di ghiaccio d'acqua nei pressi del Polo Nord di Marte

Acqua liquida ... su Marte?



Vapor d'acqua nell'atmosfera di Marte



Pressione superficiale 6,36 mb \sim 0,006 atm

Densità superficiale \sim 0,20 kg/m³

Altezza di scala 11,1 km

Massa totale \sim 2,5 x 10¹⁶ kg

Temperatura diurna da -89 a -31 °C

Velocità dei venti 5-7 m/s in estate

17-30 m/s tempeste di polvere

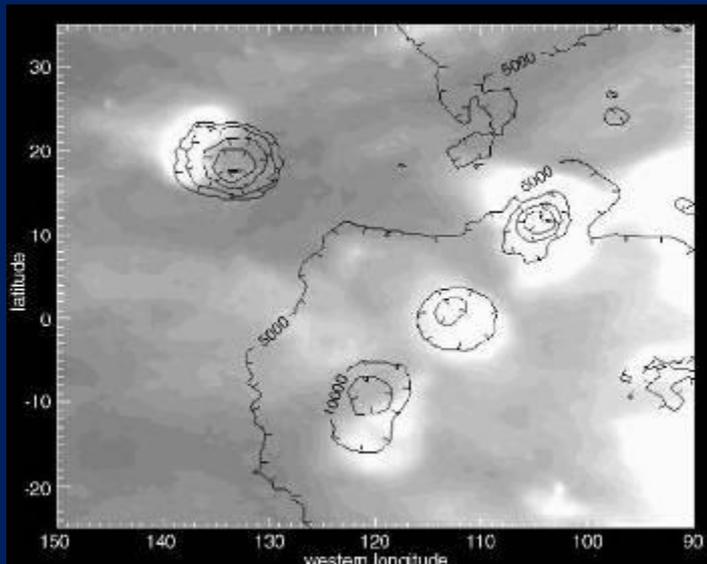
Peso molecolare medio 43,34 gr/mole

Composizione CO₂ 95,32 %, N₂ 2,7 %

in volume Ar 1,6 % O₂ 0,13 % CO 0,08 %

in ppm H₂O 210, NO 100

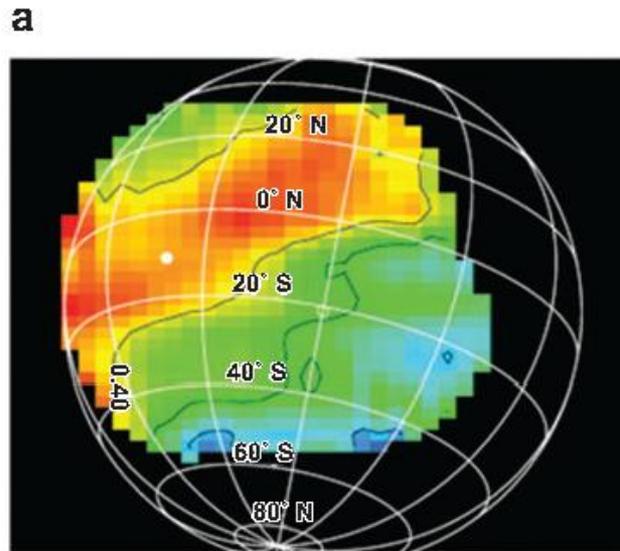
Il valore del vapor d'acqua nell'atmosfera di Marte corrisponde a 100 μ m di precipitazione a differenza dei 2700 m della Terra



Mappa del vapor d'acqua su Marte

Figure 10

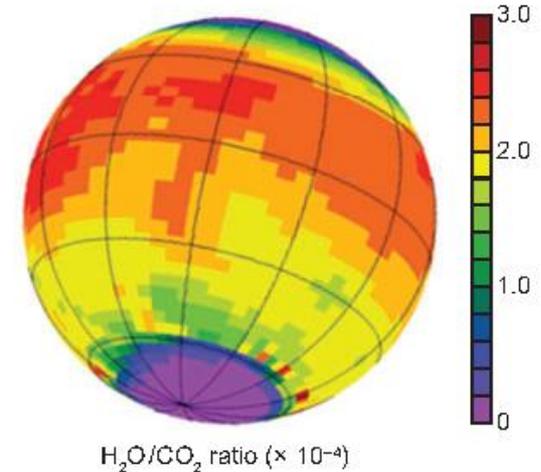
(a) A map of water vapor on Mars, observed from high-resolution ground-based spectroscopy at $8 \mu\text{m}$ compared to (b) a GCM (Global Circulation Model) simulation. The figure is taken from Encrenaz et al. (2005a).



TEXES (Ground-based spectroscopy)

$$Q(\text{H}_2\text{O})_{\text{max}} = 3 \times 10^{-4}$$

b LS = 206, UT = 20 h
Center: 80°W , 21°S
Subsol: 120°W , 11°S



Global Circulation Model (GCM)

$$Q(\text{H}_2\text{O})_{\text{max}} = 3 \times 10^{-4}$$

