

Scuola Estiva PLS di Formazione Docenti
17 – 21 luglio 2017, Napoli

Mercurio

con la geologia planetaria comparata

Valentina Galluzzi

INAF, Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali

Cosa è la planetologia comparata?

(per il geologo)

Si tratta di confrontare diversi corpi planetari dotati di superficie solida tenendo conto che tali superfici possono essere modificate attraverso tre tipi di processi diversi:

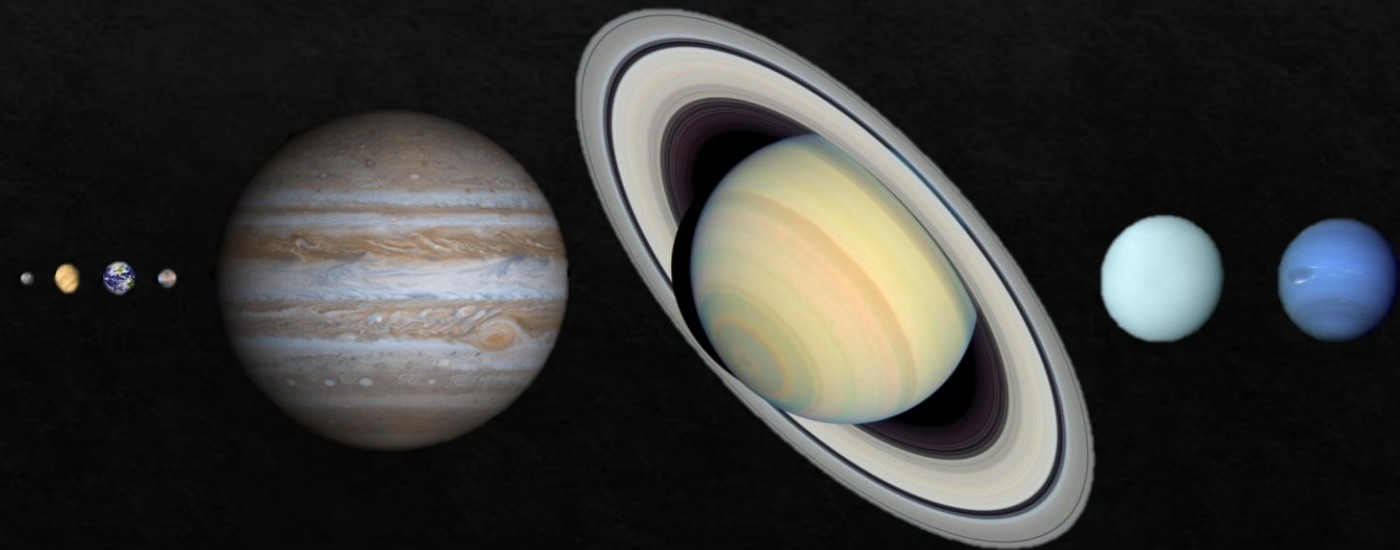
1) processi geodinamici endogeni
(tettonica e vulcanesimo)

2) processi di modellamento esogeni
(fenomeni di erosione e deposizione ad opera di agenti legati ad atmosfera ed idrosfera)

3) craterizzazione da impatto

Mercurio rappresenta un estremo del Sistema Solare, sia per la sua posizione che per le sue caratteristiche fisiche.

Si tratta quindi di un ottimo termine di confronto per gli altri pianeti, nonché uno stimolante laboratorio di studio.



Mercurio nella storia

Mercurio da sempre è considerato un pianeta elusivo.

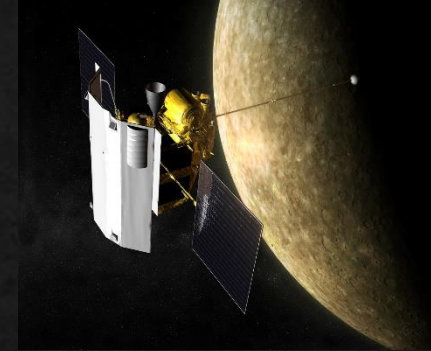
Benchè sia noto sin dall'antichità, la sua estrema vicinanza al sole non ha mai reso facili le osservazioni.

In epoca scientifica, solo negli anni '60 si scopre la sua vera dinamica orbitale.



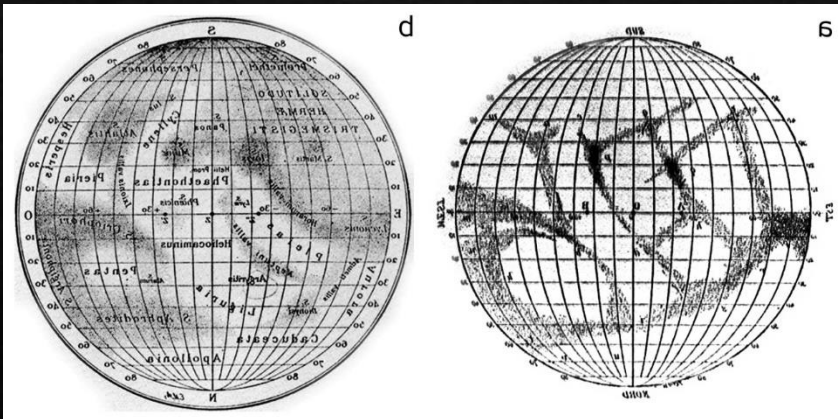
G. Colombo

1965



MESSENGER

2004-2015

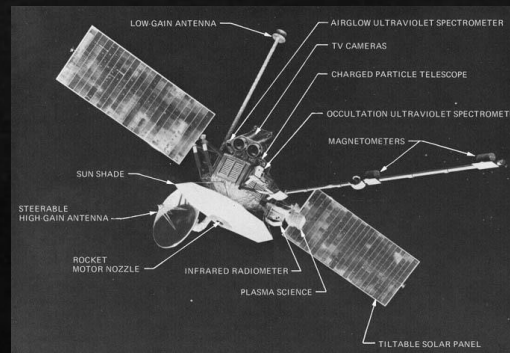


E. M. Antoniadi

1890

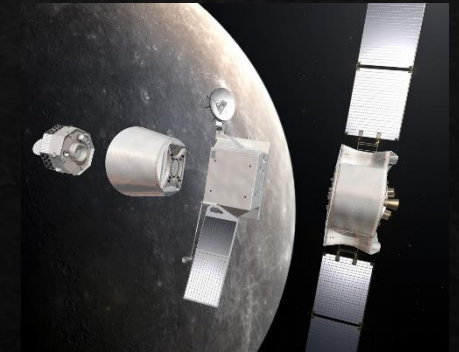
G. V. Schiaparelli

1934



Mariner 10

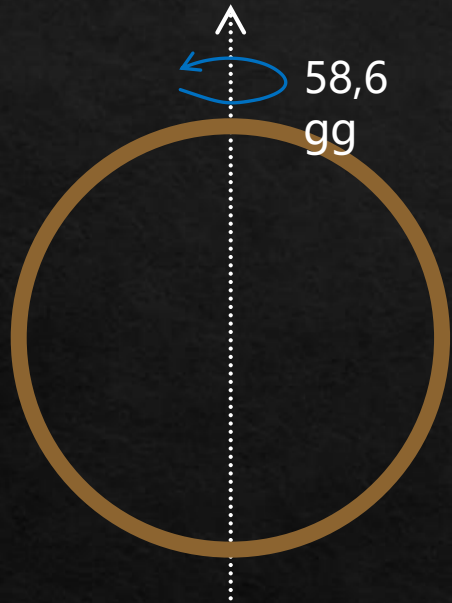
1973-1975



BepiColombo

2018-2026

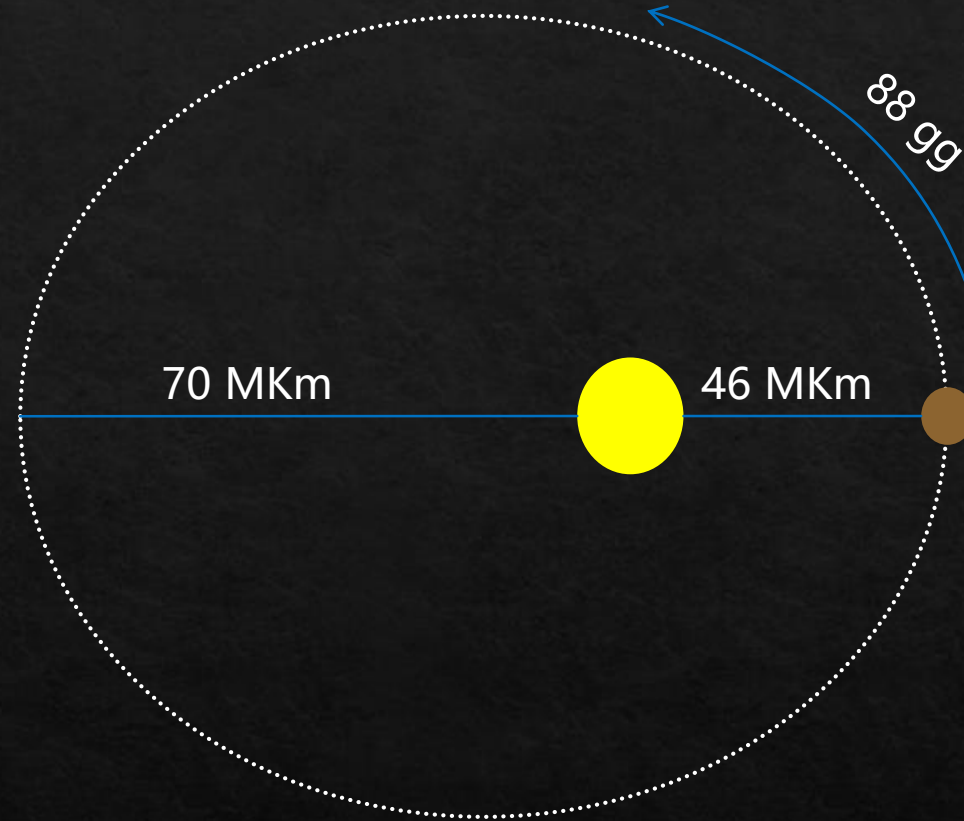
parametri orbitali



inclinazione asse

0,027°

il più basso del Sistema Solare
quello della terra è ~23°



eccentricità

0,2056

la più alta tra i pianeti del Sistema Solare
12x quella della Terra

anno siderale
87,9693 gg

giorno siderale
58,6462 gg

risonanza
3:2
 $58,6462 \times 3 = 87,9693 \times 2$

il primo e il più piccolo tra i pianeti

Ci troviamo nel **sistema solare interno**, ovvero quella parte di sistema solare composta da soli **pianeti rocciosi** (detti anche **pianeti terrestri**)



N.B. Dal 2006 i pianeti sono ufficialmente 8. Plutone è stato declassato a pianeta nano, altrimenti il primato di pianeta più piccolo sarebbe spettato a lui.

pianeti in scala
distanze non in scala
© 2004 Calvin J. Hamilton

caratteristiche fisiche



Mercurio

4.879 km
5,43 g/cm³
3,7 m/s²



Venere

12.104 km
5,24 g/cm³
8,9 m/s²



Terra

12.742 km
5,51 g/cm³
9,8 m/s²



Luna

3.474 km
3,35 g/cm³
1,6 m/s²



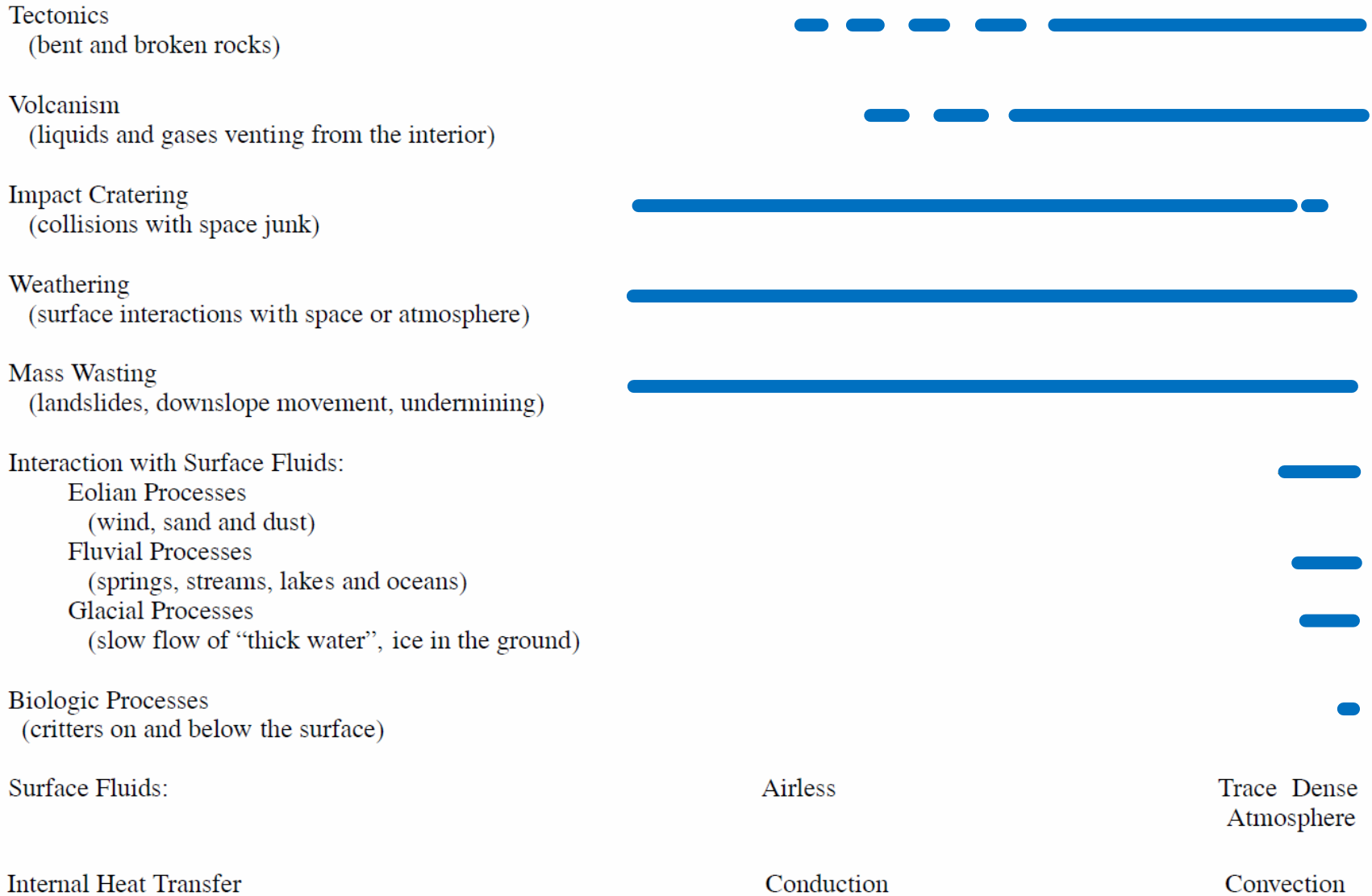
Marte

6.779 km
3,93 g/cm³
3,7 m/s²

Geologic Process:

Planetary Diameter*:

1 km Meteorites 10 km Asteroids 100 km Vesta 1000 km Moon Mercury 10 000 km Mars Earth Venus



massa planetaria

Un fattore importante per valutare l'**attività geologica**

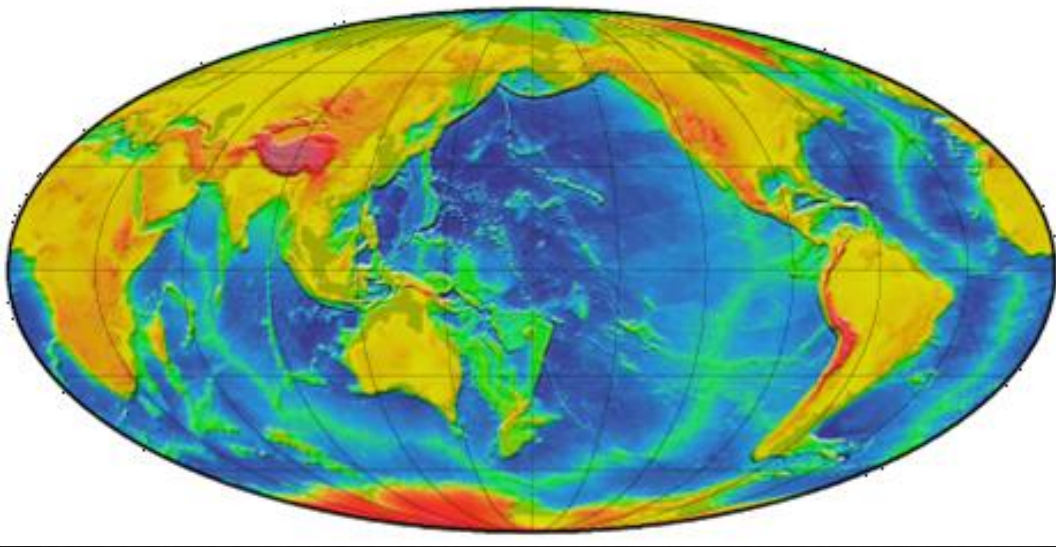
La massa planetaria controlla il raffreddamento:

$< \sim \times 10^{23}$ kg = inattivi $> \sim \times 10^{23}$ kg = attivi

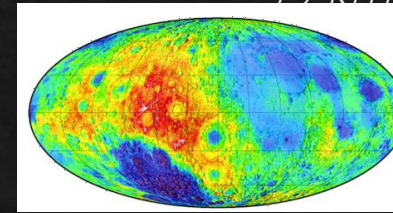
Pianeta	Diametro (km)	Massa (kg)	Tettonica
Luna	3876	7.35×10^{22}	inattivo
Mercurio	4880	3.30×10^{23}	attivo in passato
Marte	6794	6.42×10^{23}	parz. attivo
Venere	12103	4.87×10^{24}	attivo
Terra	12756	5.97×10^{24}	attivo

range topografico

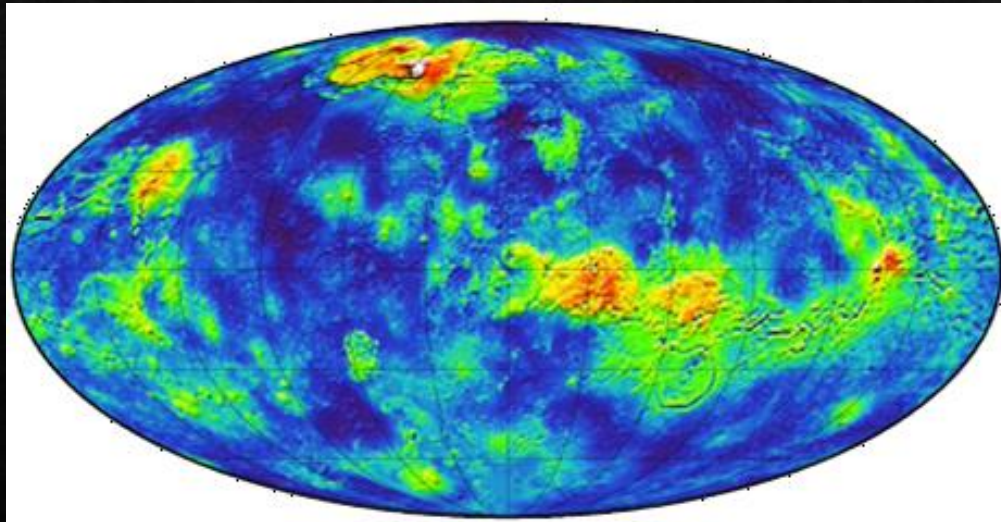
La semplice osservazione della **topografia** di un pianeta, ci aiuta a capire il suo **grado di attività**.



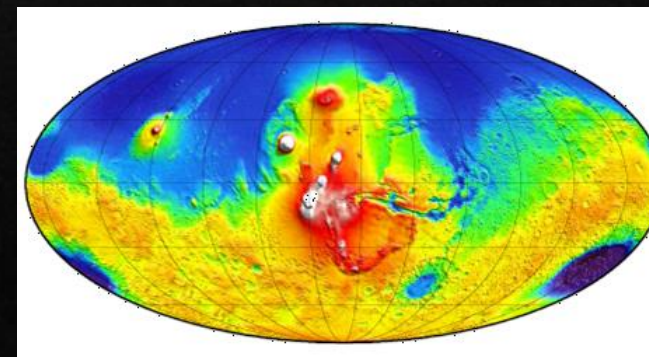
Terra
20 km



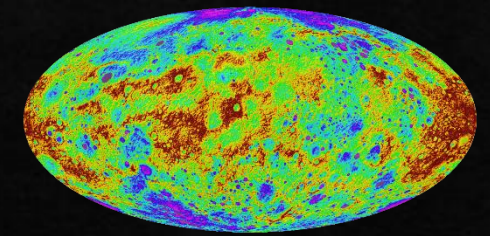
Luna
13 km



Venere
16 km



Marte
30 km



Mercurio
10 km



crateri da impatto



Barringer Crater (detto anche *Meteor Crater*), Winslow, Arizona.
Formato ~ 50,000 anni fa da un meteorite ferroso con diametro 30-50 m. Diametro 1200 m e profondo 200 m.

Sulla terra sono stati identificati ~**120 crateri da impatto**; molti di più sono coperti o rimossi da erosione, o da tettonica.



Mercurio

Superficie **intensamente craterizzata**

- + assenza di atmosfera
- + assenza di tettonica a placche

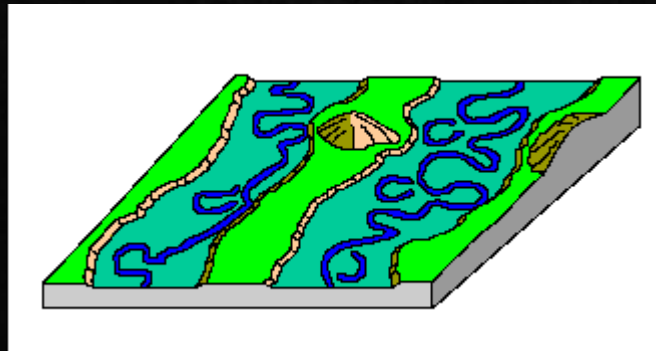
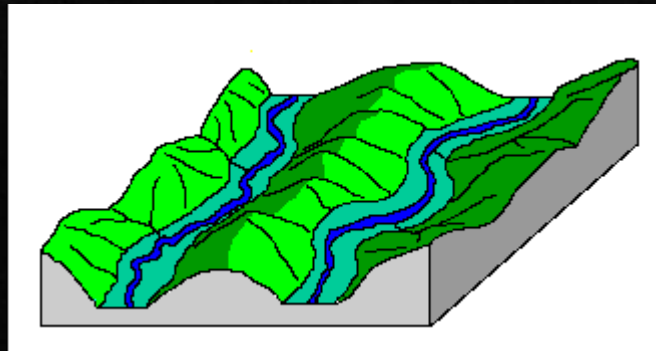
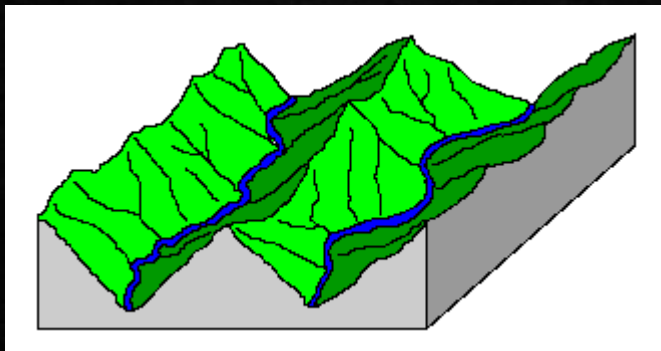
= si conservano morfologie vecchie di **4 miliardi di anni**

maturità del paesaggio

Il numero dei crateri da impatto sovrainposti è direttamente legato all'**età della superficie** (Öpik, 1960; Shoemaker et al., 1962; Baldwin, 1964)



Questo è molto distante dal concetto di **maturità del paesaggio sulla Terra**, dove l'acqua e gli agenti atmosferici hanno avuto il tempo di addolcire le morfologie più aspre



varietà compositiva



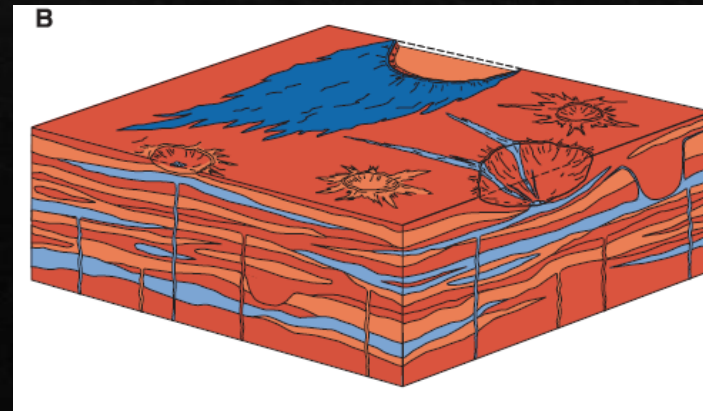
Mercurio ha una **superficie tutt' altro che uniforme**. L'assenza di atmosfera e di copertura vegetativa o antropica ci permette di vederlo "nudo".

Questa immagine mostra **Mercurio in falsi colori**, esaltati nelle componenti principali delle bande rilevate dagli spettrometri.

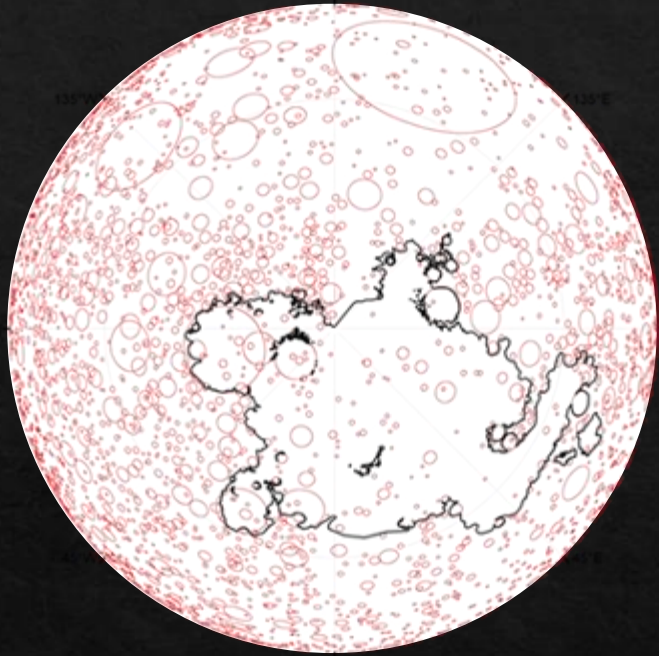
Si può dire che questa immagine rappresenta già una sorta di "carta geologica".

Le unità geologiche di Mercurio, sono costituite da estese pianure laviche.

Ernst et al. (2010, EPSL)



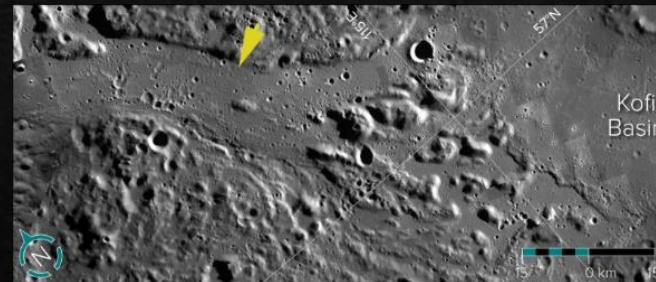
eventi vulcanici

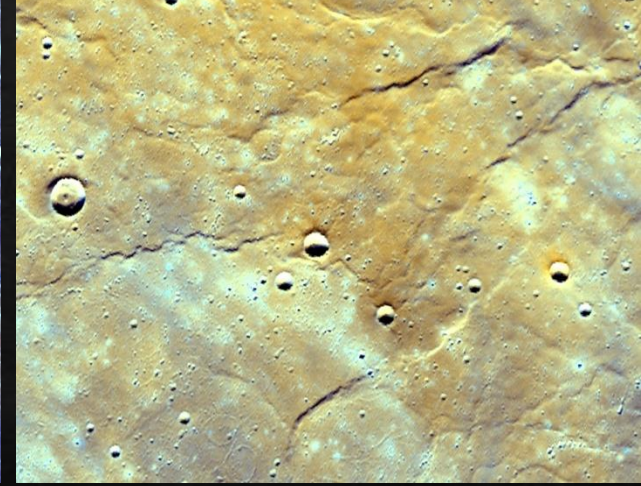
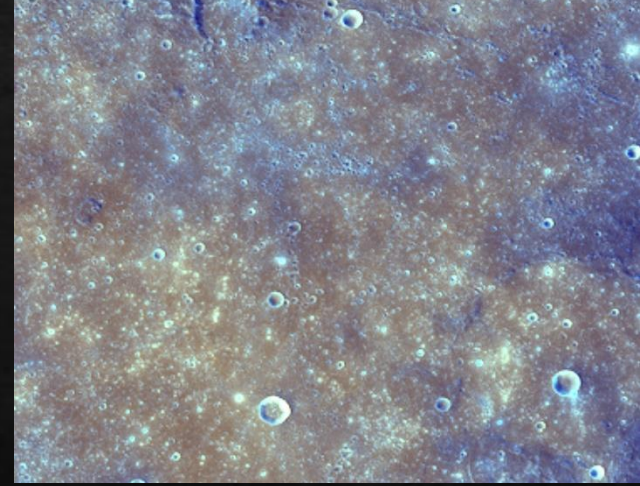
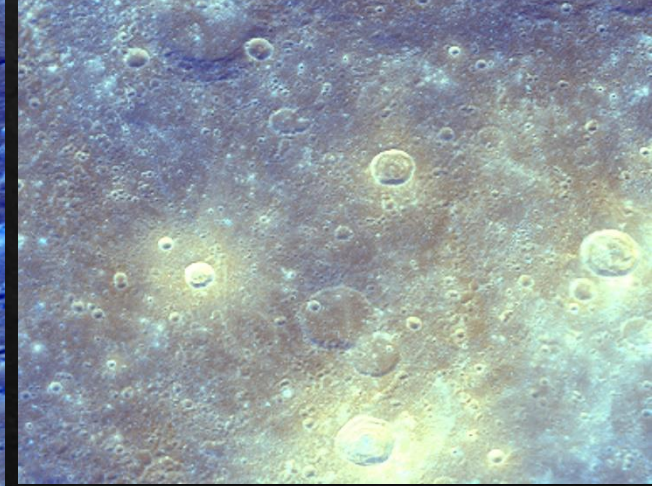
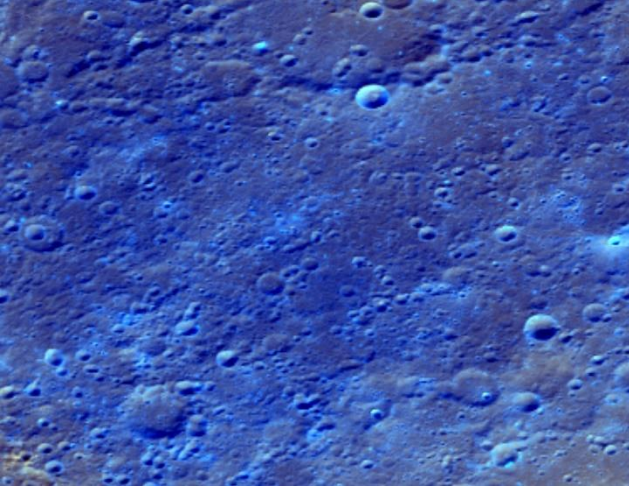
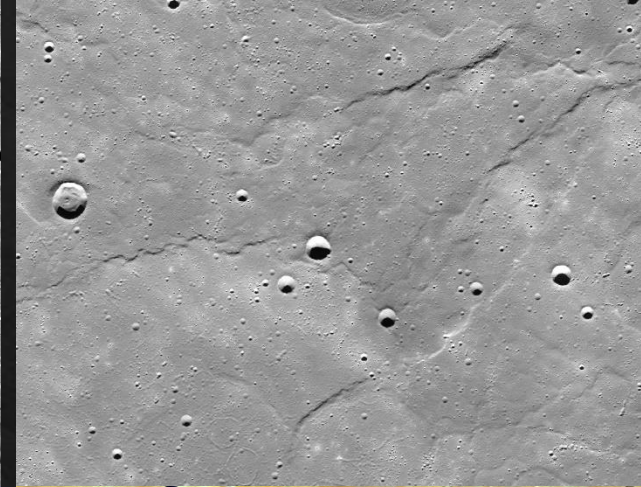
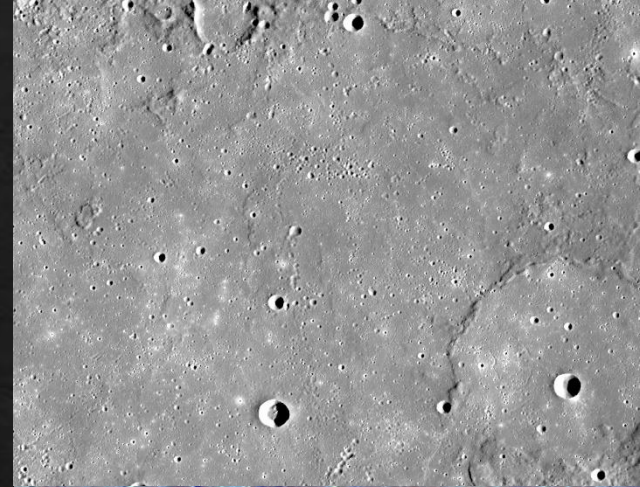
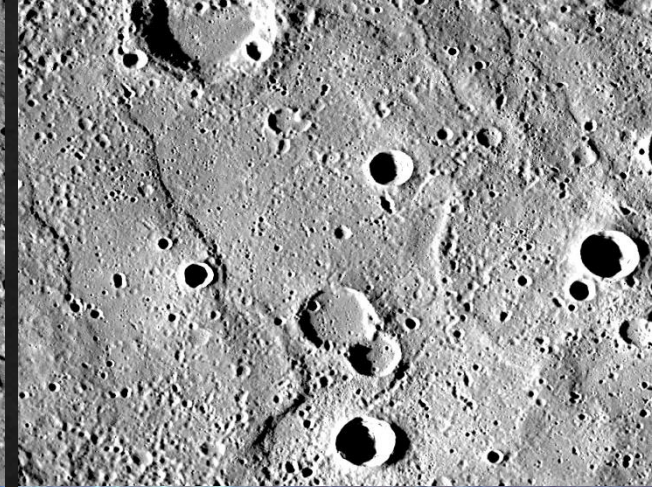
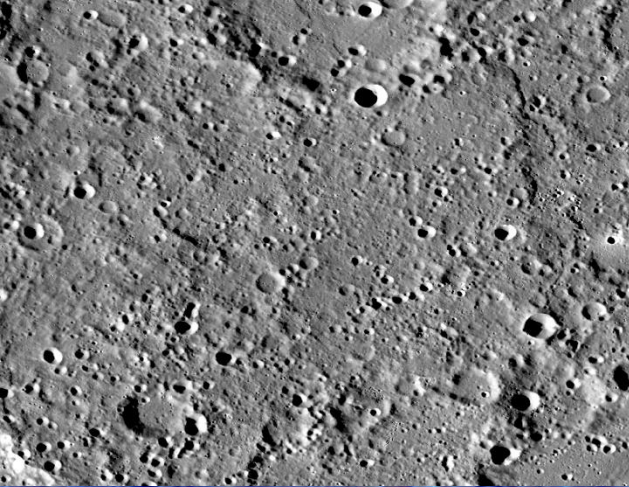


Head and Wilson (2012)

Le “**smooth plains**” del polo Nord, hanno una dimensione paragonabile agli Stati Uniti.

Sono state create da flussi lavici molto poco viscosi. Ad oggi non se ne conosce la “sorgente”.





Inter crater Plains

Intermediate Plains

Smooth Plains

Smooth Plains, N.

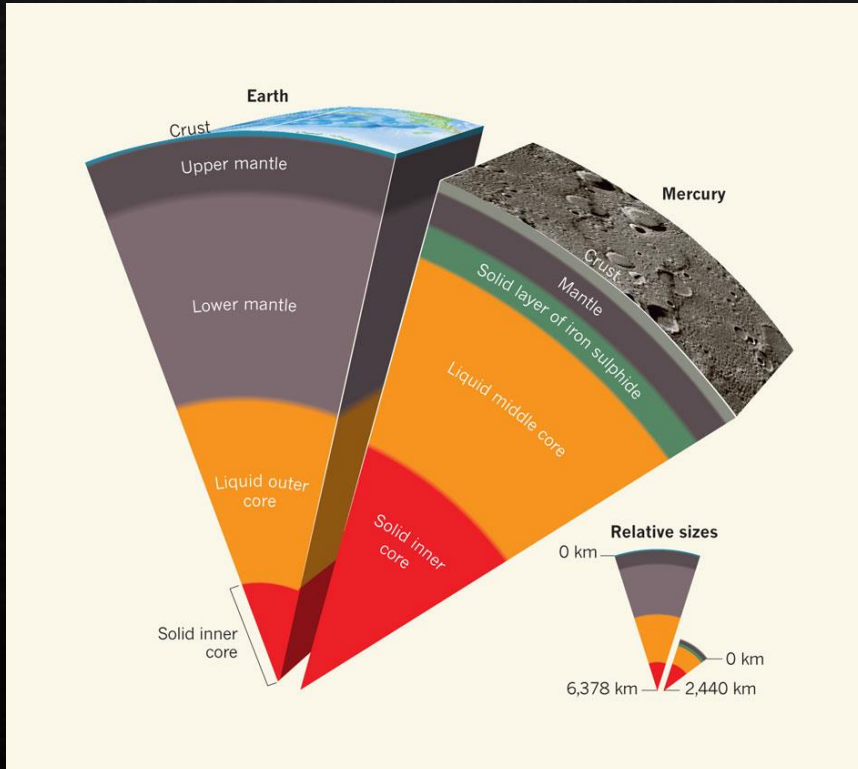
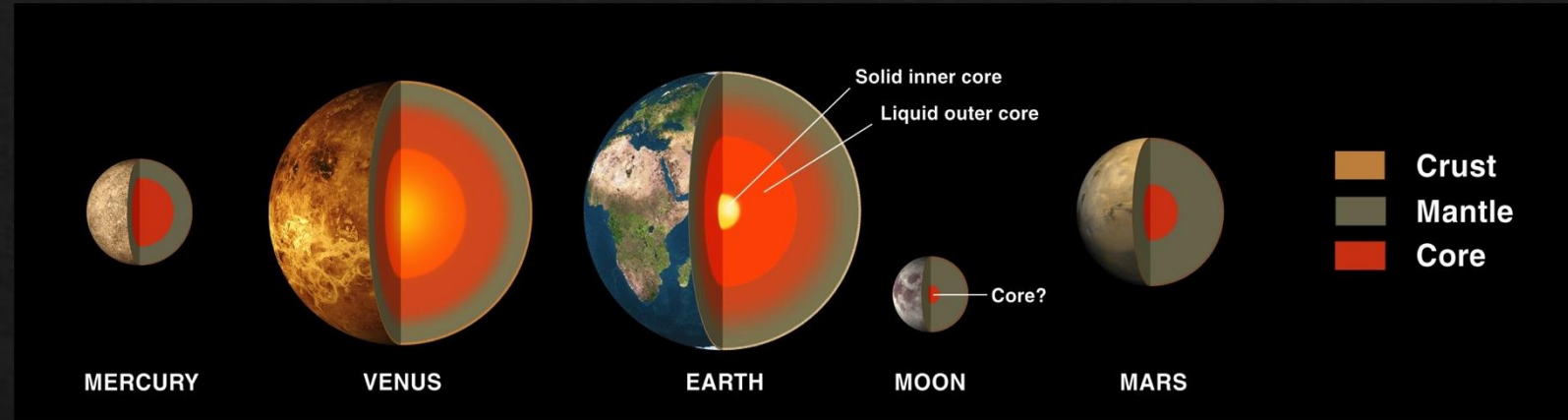


più «liscio» o più «giallo» = più giovane

struttura interna

La differenziazione interna di un pianeta sta alla base della sua potenziale attività tettonica.

Il nucleo di Mercurio occupa circa l' 80% del volume del pianeta.



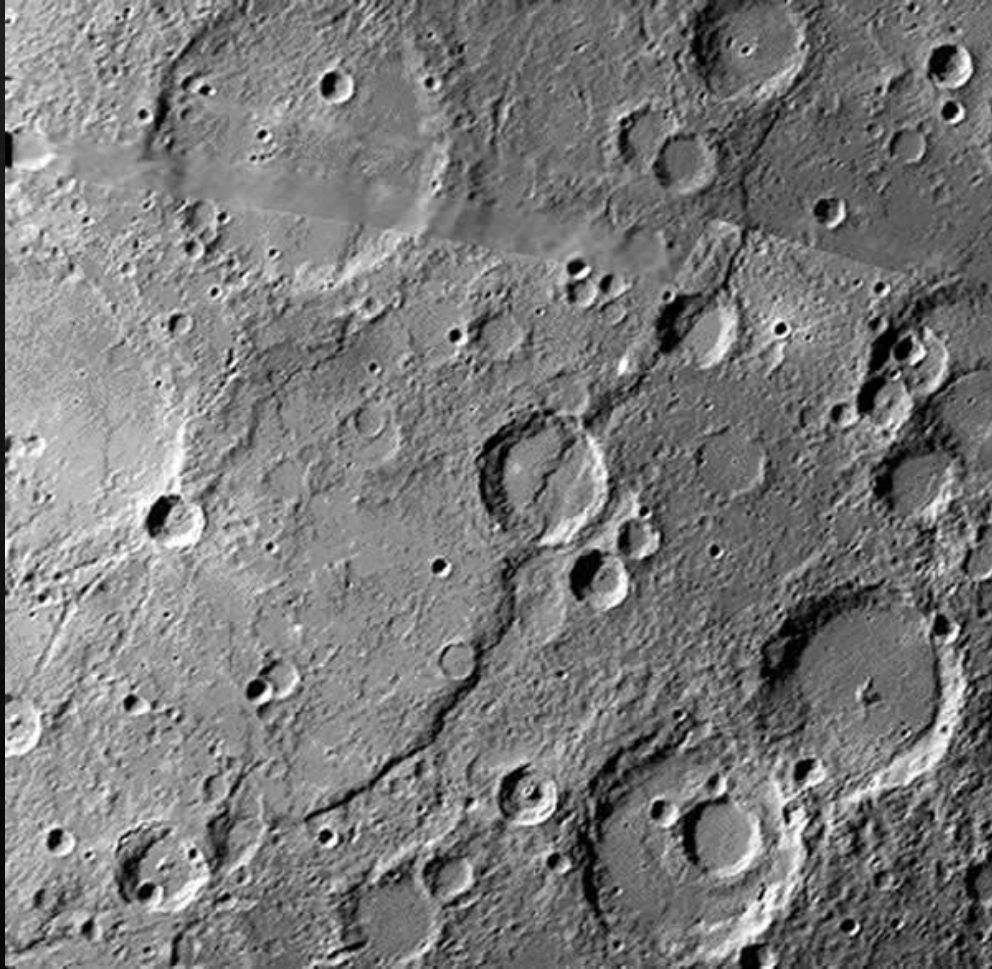
E' rimasto poco spazio per il mantello. Questo sembrerebbe essere la principale causa dell'**assenza** o della **breve vita** di **moti convettivi**, motore principale della **tettonica a placche**.

Eppure Mercurio è cosparso da strutture lunghe centinaia di chilometri, chiamate **lobate scarps** e interpretate come faglie inverse a basso angolo, dette **thrusts**.

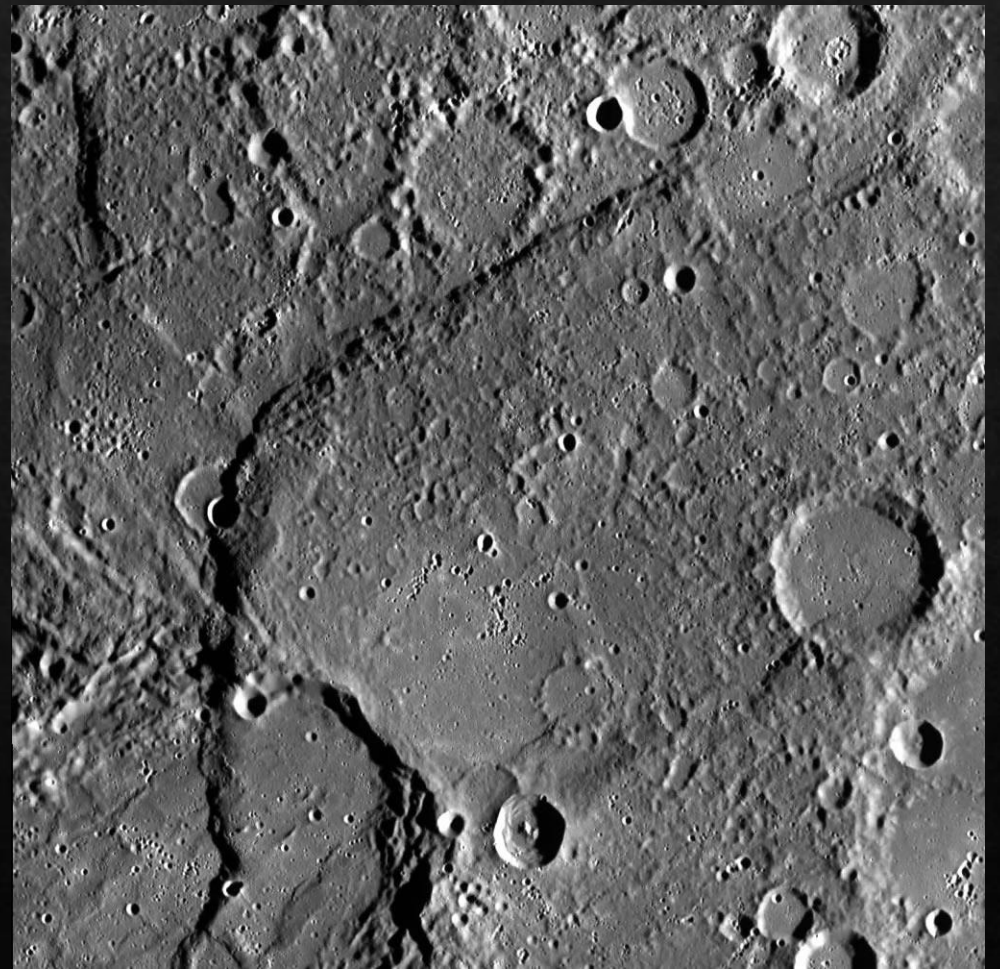
Quindi c'è tettonica, **ma di che tipo?**

Le faglie di Mercurio

Discovery Rupes



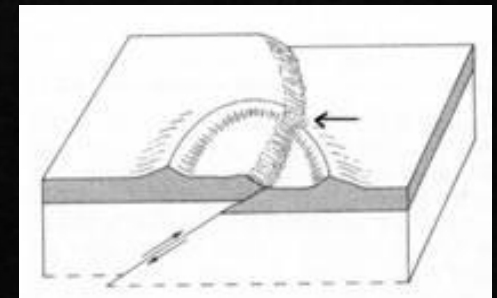
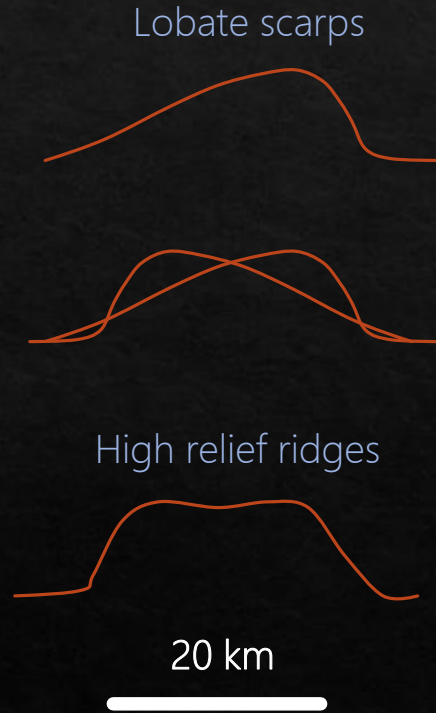
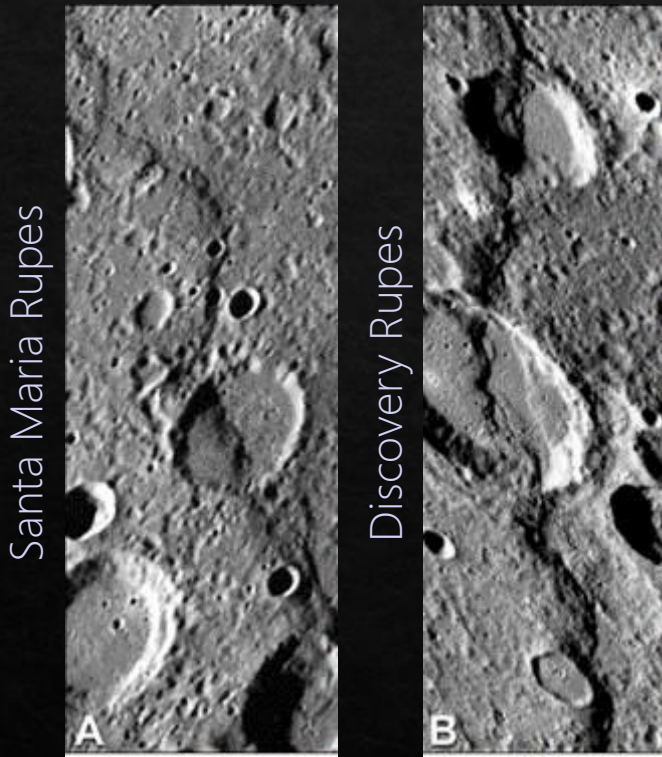
Beagle Rupes



Le faglie di Mercurio

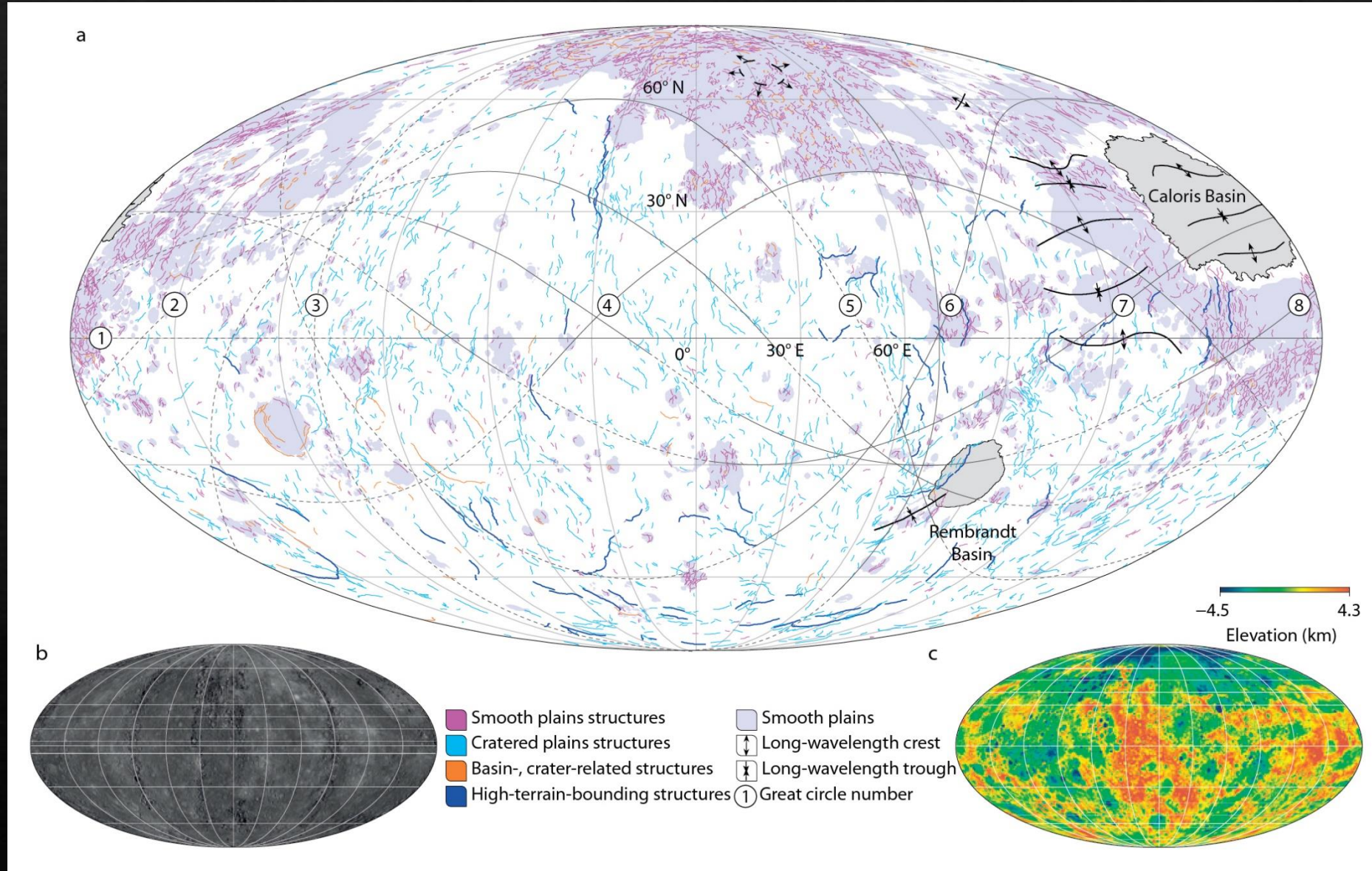
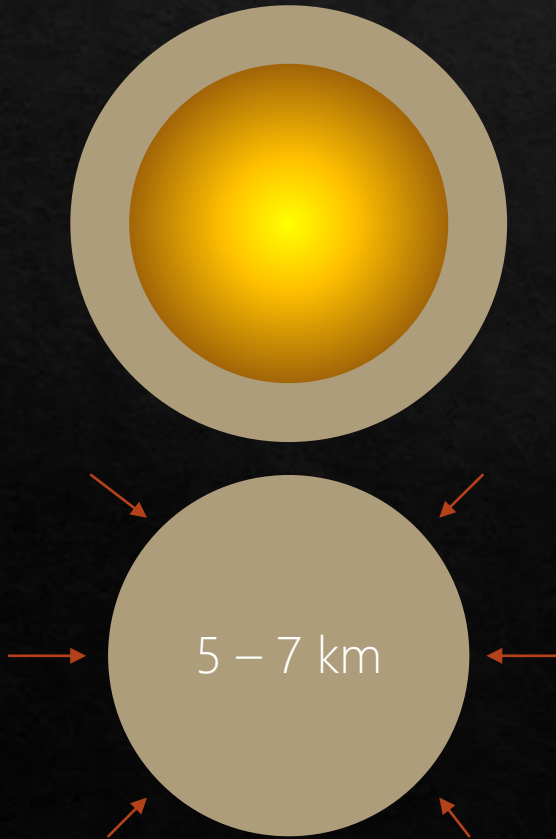
Lobate scarps rilievi asimmetrici che raggiungono i 1000 km di lunghezza e 3 km di altezza.

High relief ridges rilievi simmetrici o a simmetria variabile, sino a 600 km di lunghezza ed 1 km di altezza.



Tettonica da contrazione globale

Il nucleo di Mercurio, raffreddandosi, ha causato la **contrazione globale** del pianeta. La superficie si è "raggrinzita" come un'arancia.

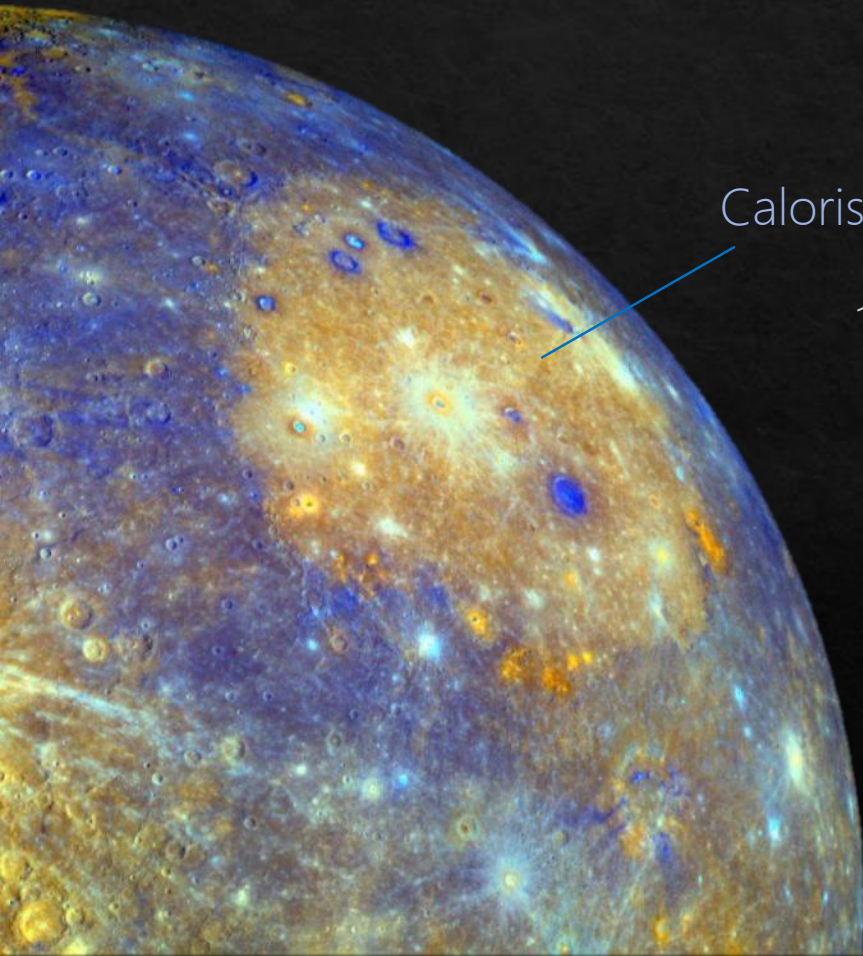


Byrne et al. (2014, Nature Geoscience)

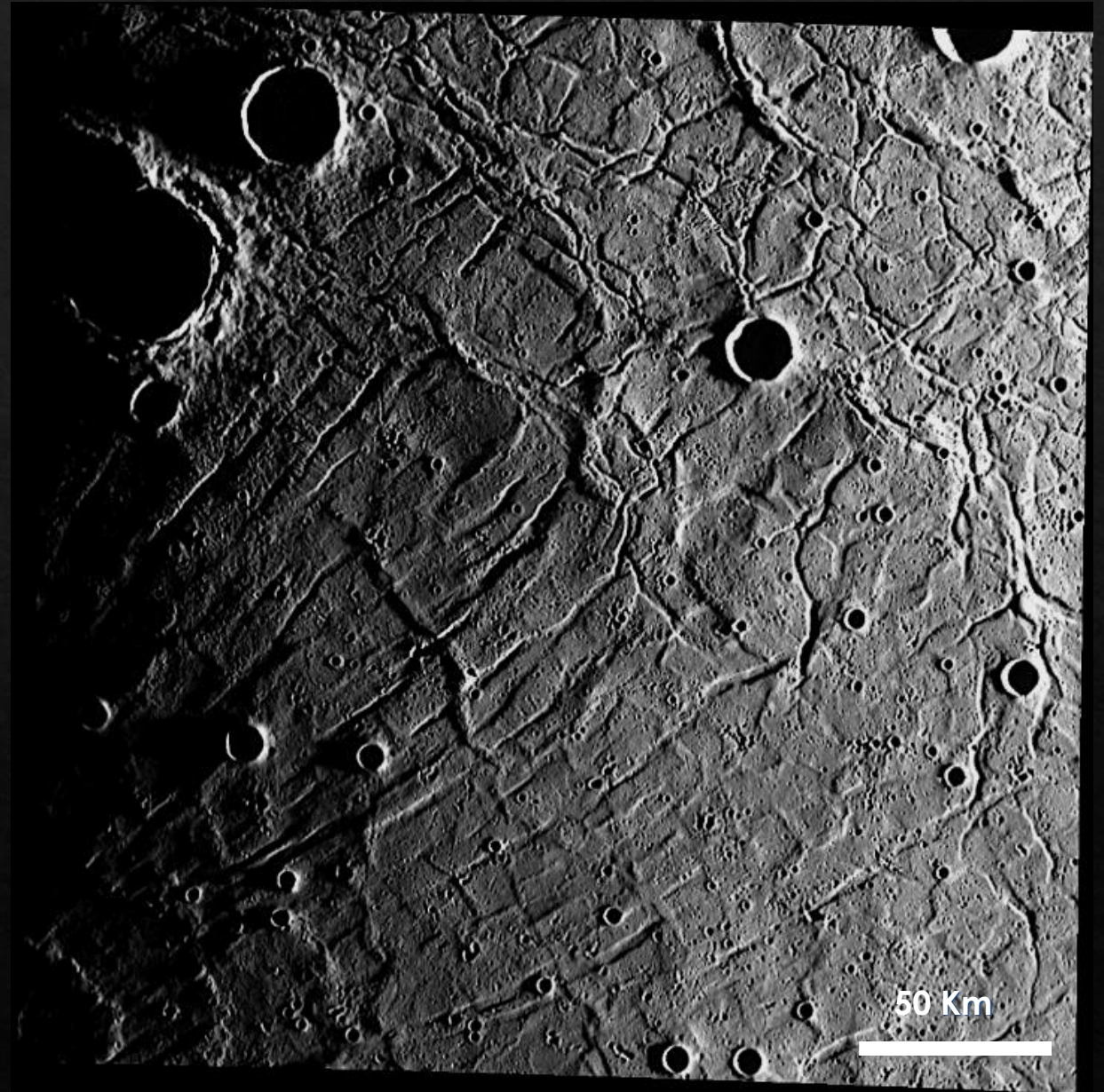
faglie distensive?

solo per pochi eletti, ma non di natura endogena

Graben concentrici e **radiali** si estendono per tutto il bacino di Caloris a seguito del sollevamento crostale seguito al grande impatto.



Caloris Planitia
diam.
1500 km



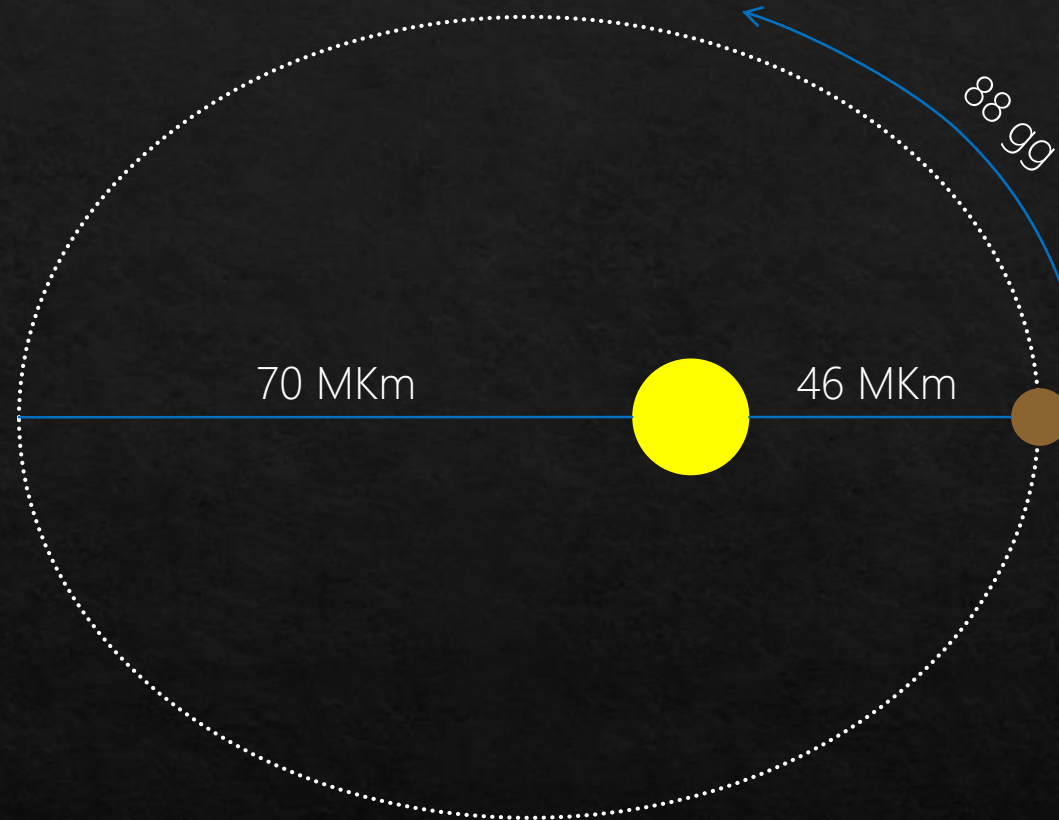
parametri orbitali



inclinazione asse

0,027°

il più basso del Sistema Solare
quello della terra è ~23°



eccentricità

0,2056

la più alta tra i pianeti del Sistema Solare
12x quella della Terra

anno **siderale**

87,9693 gg

giorno **siderale**

58,6462 gg

risonanza

3:2

$58,6462 \times 3 = 87,9693 \times 2$

giorno **solare**

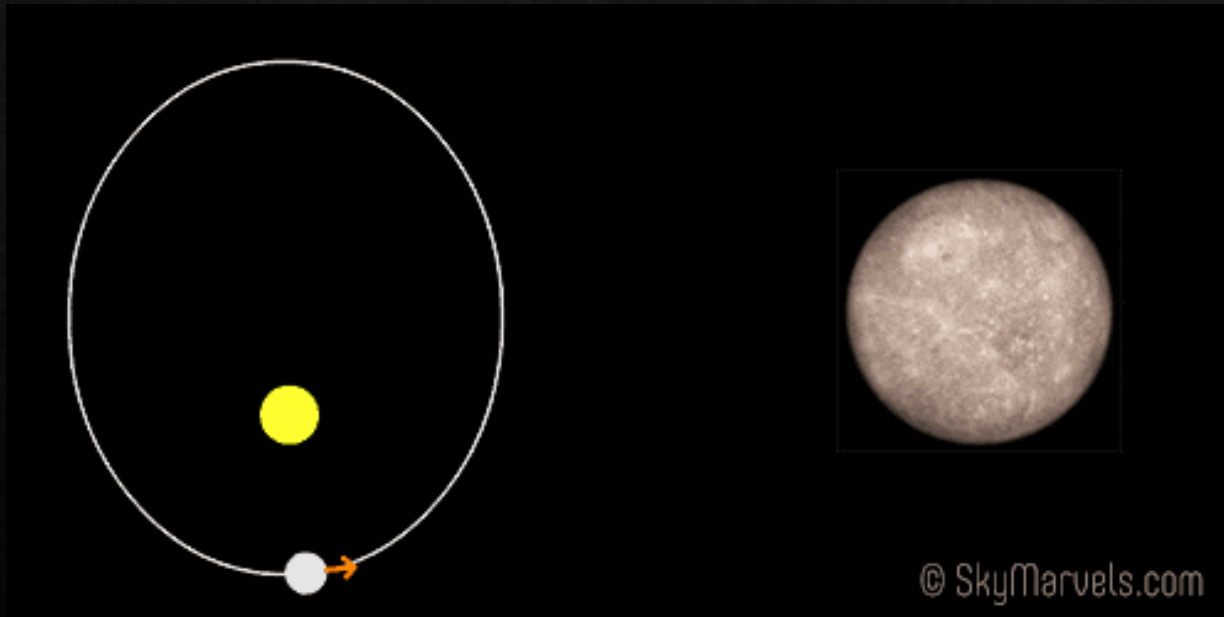
?

quanto tempo passa prima
di rivedere il sole
nello stesso punto del cielo?

un giorno mercuriano...

Per Mercurio la rotazione è molto lenta (59 gg),
mentre la rivoluzione molto rapida (88 gg)

**...una rotazione sul proprio asse quindi non è
sufficiente a far compiere un ciclo giorno/notte!**



un giorno terrestre...

Comunemente con la parola **giorno** siamo abituati a riferirci sia al **giorno siderale** che al **giorno solare** che sono di durata simile...



giorno siderale

23h 56' 4,1"

≈

giorno solare

24h

...questo perché, per la Terra, il periodo di rotazione è **molto più basso** del periodo di rivoluzione (24 h; 365 gg)

un giorno mercuriano...

Per Mercurio la rotazione è molto lenta (59 gg),
mentre la rivoluzione molto rapida (88 gg)

...una rotazione sul proprio asse quindi non è
sufficiente a far compiere un ciclo giorno/notte!

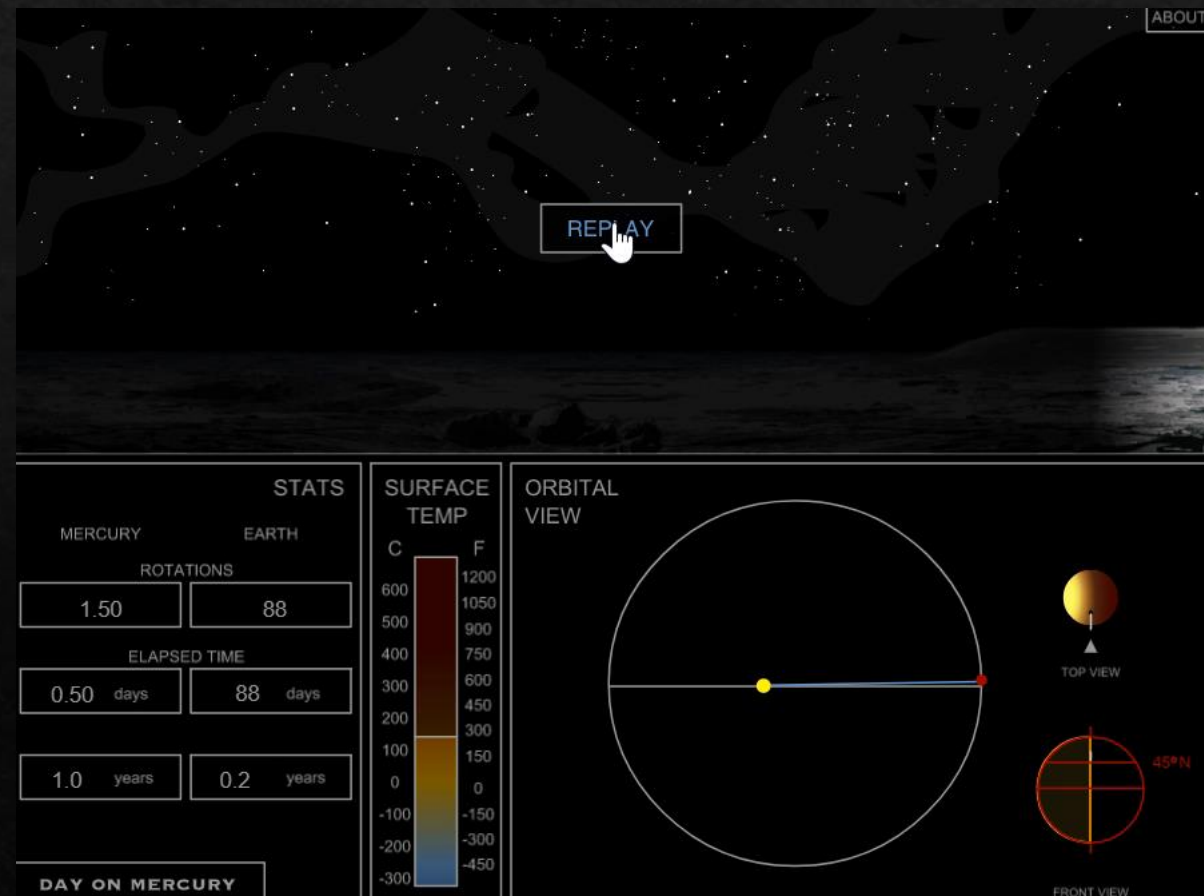


<http://messenger.jhuapl.edu/index.html#learn>

due compleanni al giorno...

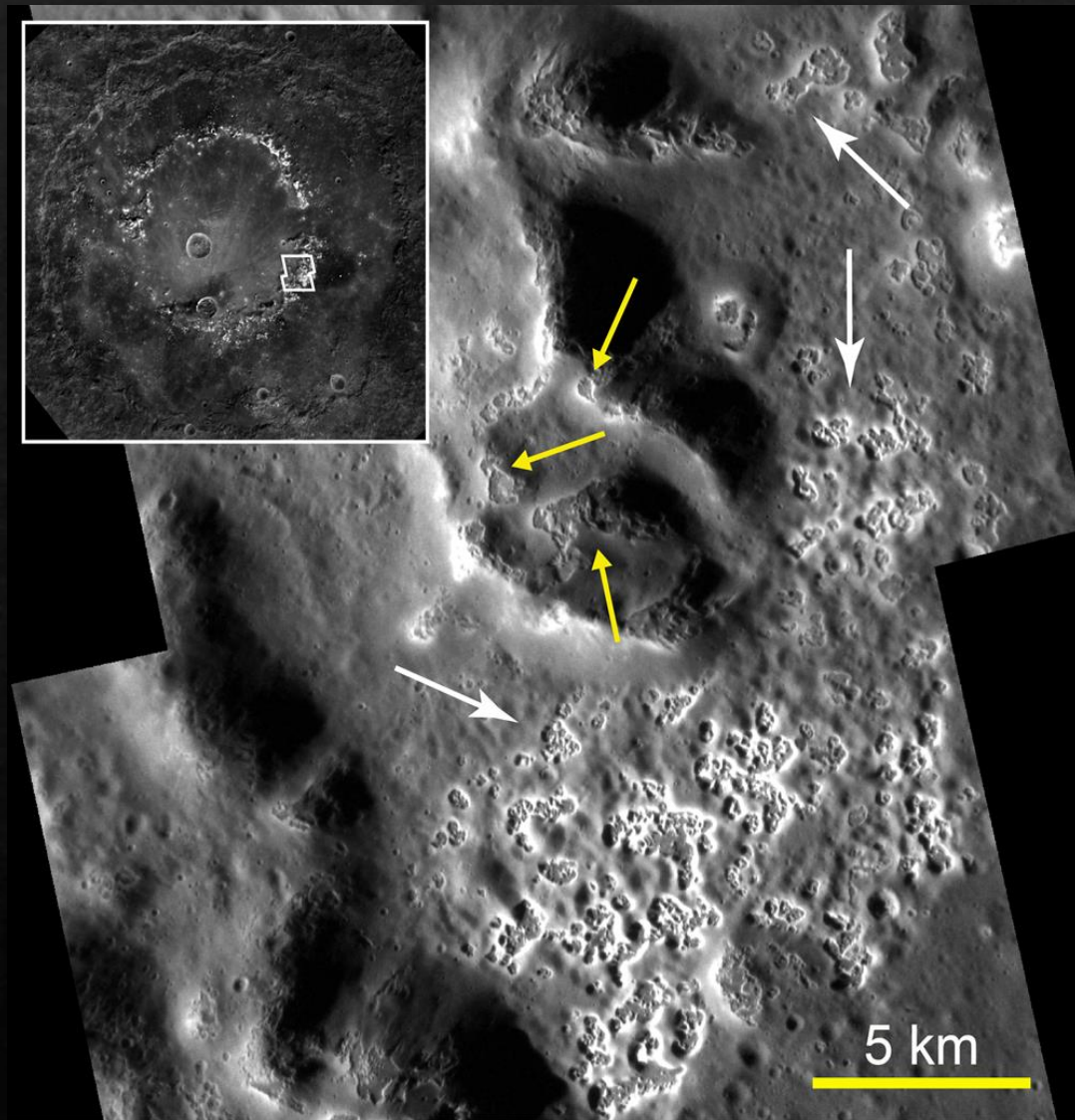
La **risonanza 3:2** di Mercurio fa sì che questo sia il
pianeta con il **giorno solare** più lungo,
corrispondente a **due anni siderali, 176 gg**

Tra l'alba e il tramonto passano **88 gg** (= 1 a sid.).

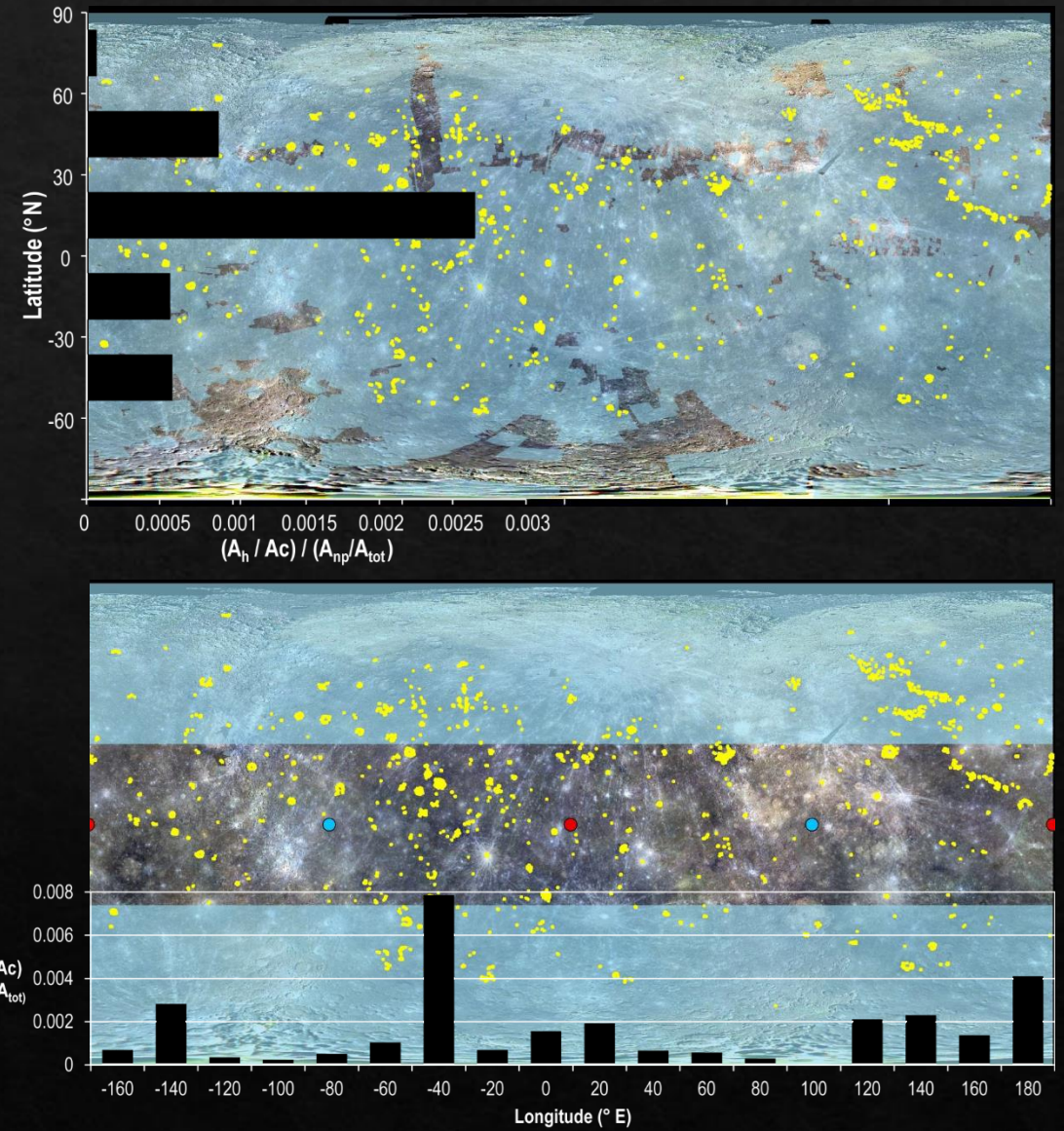


hollows: una conseguenza dei poli caldi?

Thomas et al. (2014, Icarus)



Blewett et al. (2011, Science)

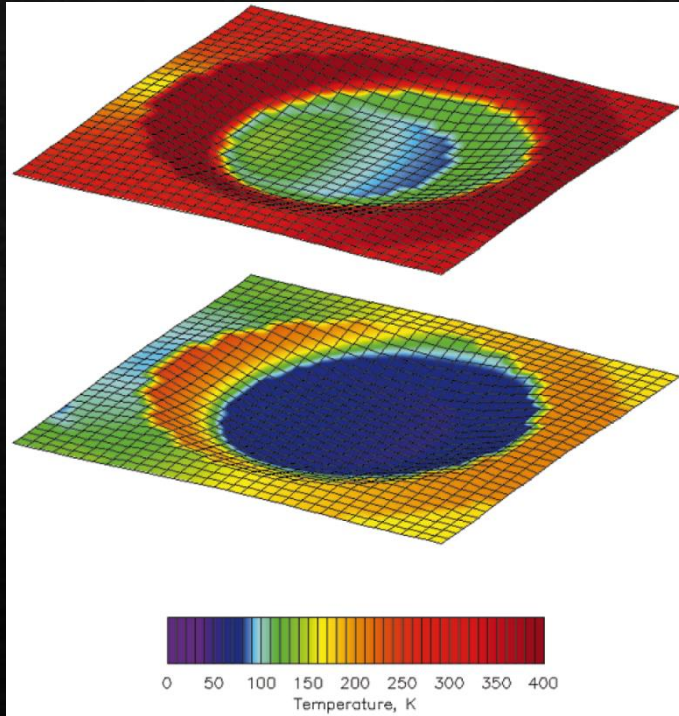


poli freddi di Mercurio: chi cerca trova...ghiaccio

Su Mercurio era prevista la presenza di ghiaccio ai poli.

MESSENGER ne ha dato la conferma. E' stata stimata una presenza dai 100 ai 1000 miliardi di tonnellate di ghiaccio d'acqua.

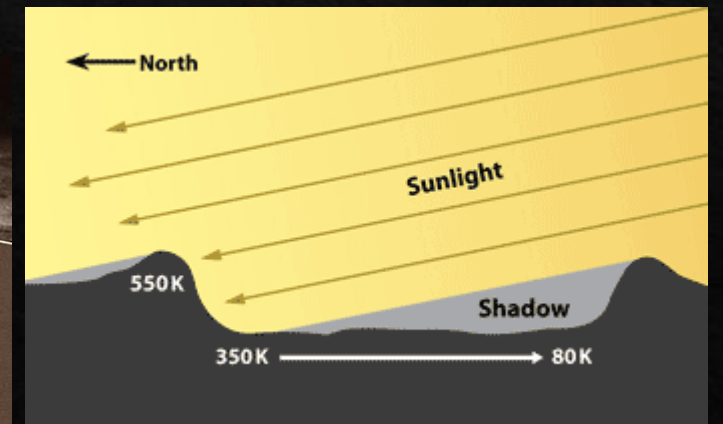
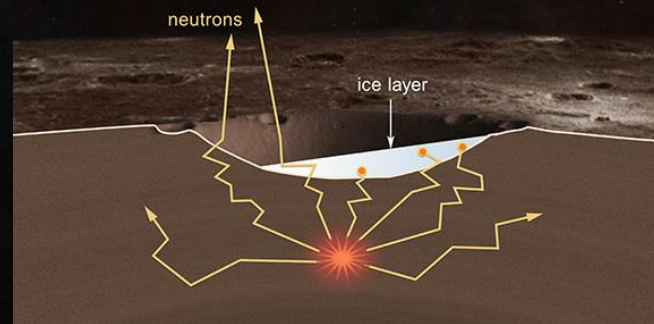
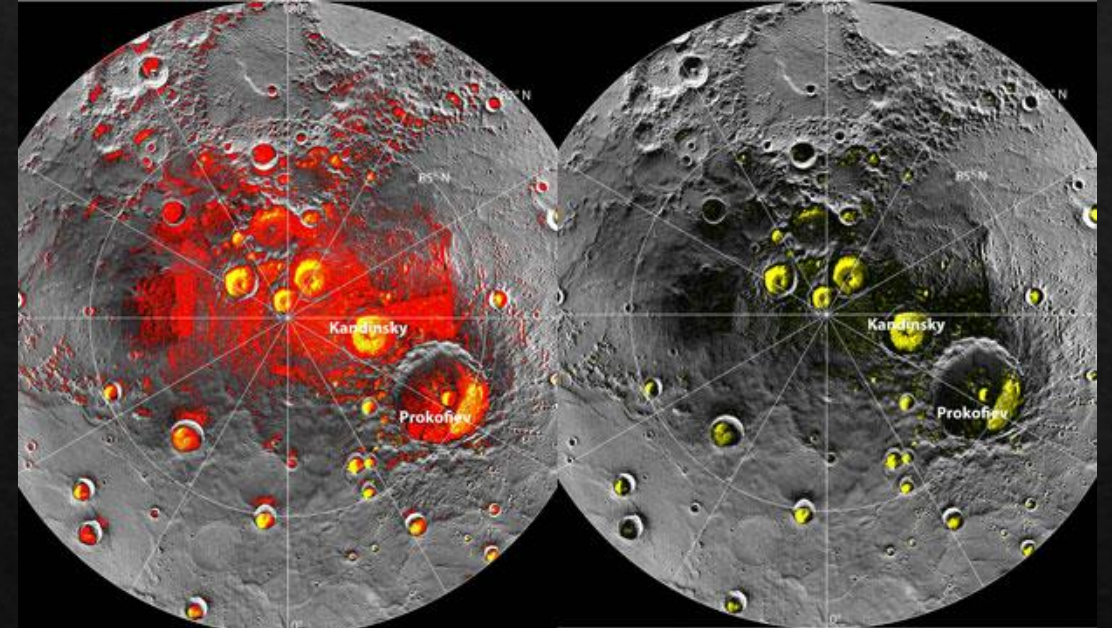
pre-MESSENGER



Vasavada et al. (1999, Icarus)

Se ne ha la conferma 1) dal **laser-altimetro** che ha ricostruito la morfologia superficiale con estrema precisione; 2) dagli strumenti **radar** che hanno rilevato un'alta riflettività nelle zone di ombra permanente dei crateri; 3) dai **rilevatori di neutroni** che hanno verificato un'alta concentrazione di idrogeno.

post-MESSENGER



riassunto

Mercurio è un laboratorio estremo

Assenza di agenti atmosferici e vegetazione ci permettono di studiare un pianeta intatto.

La sua *somiglianza con la Luna* è solo apparente, la varietà compositiva e le strutture ubiquitarie, raccontano una storia più complessa:

- Le strutture in superficie sono dovute a **contrazione globale**, e non esclusivamente ad impatti meteoritici.
- Estese **pianure laviche** predominano la superficie, indicando la presenza di più eventi vulcanici e quindi di una **crosta secondaria**.
- L'altissima **escursione termica** ha sicuramente contribuito alla formazione degli **hollows**, strutture che tuttavia ad oggi rimangono misteriose. Allo stesso tempo ha permesso la permanenza del **ghiaccio ai poli**.

La presenza di un **campo magnetico** prodotto da una dinamo interna, ci suggerisce il pianeta non può considerarsi ancora «morto».

La geologia planetaria comparata

Ci permette di studiare corpi celesti distanti attraverso il confronto delle morfologie osservabili con quelle conosciute (analoghi).

Ci permette di conoscere l'evoluzione del Sistema Solare. Le tracce che sono state cancellate su alcuni pianeti, rimangono visibili su altri.

Ci permette di apprezzare la complessità, unicità e fragilità del **sistema Terra**.

per altre info e curiosità:
valentina.galluzzi@iaps.inaf.it