

<https://www.youtube.com/watch?v=U5nrrnAukwI>



# ALI SMO V VESOLJU SAMI?

Marsovska panorama  
z vozila Curiosity.

TOMAŽ ZWITTER

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko



# Definicija življenja

- metabolizem
- reprodukcija
- genetske informacije
- prilagoditev na okolje

Le naštevamo lastnosti, ki pa niso značilne za vsa živa bitja, ali pa niso značilne le za živa bitja.



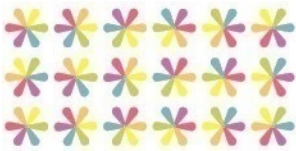
# Definicija življenja

- Nasa (1994): Življenje je kemični sistem, ki se sam vzdržuje in je sposoben darvinistične evolucije.
- Termodinamske lastnosti (Schulze-Makuch idr. 2002):
  - Življenje ustvarja omejena okolja, ki niso v termodinamskem ravnovesju z okolico,
  - je sposobno prenašanja energije, tako da ohranja stanje visoke urejenosti in
  - je zmožno kodiranja in prenosa informacij.

# Definicija življenja

Težavnost dobre definicije življenja morda kaže na pomanjkanje dobre znanstvene razlage življenjskih procesov.

Kot če bi opredeljevali, kaj je voda, z naštevanjem njenih lastnosti, namesto da rečemo, da je to  $H_2O$ .

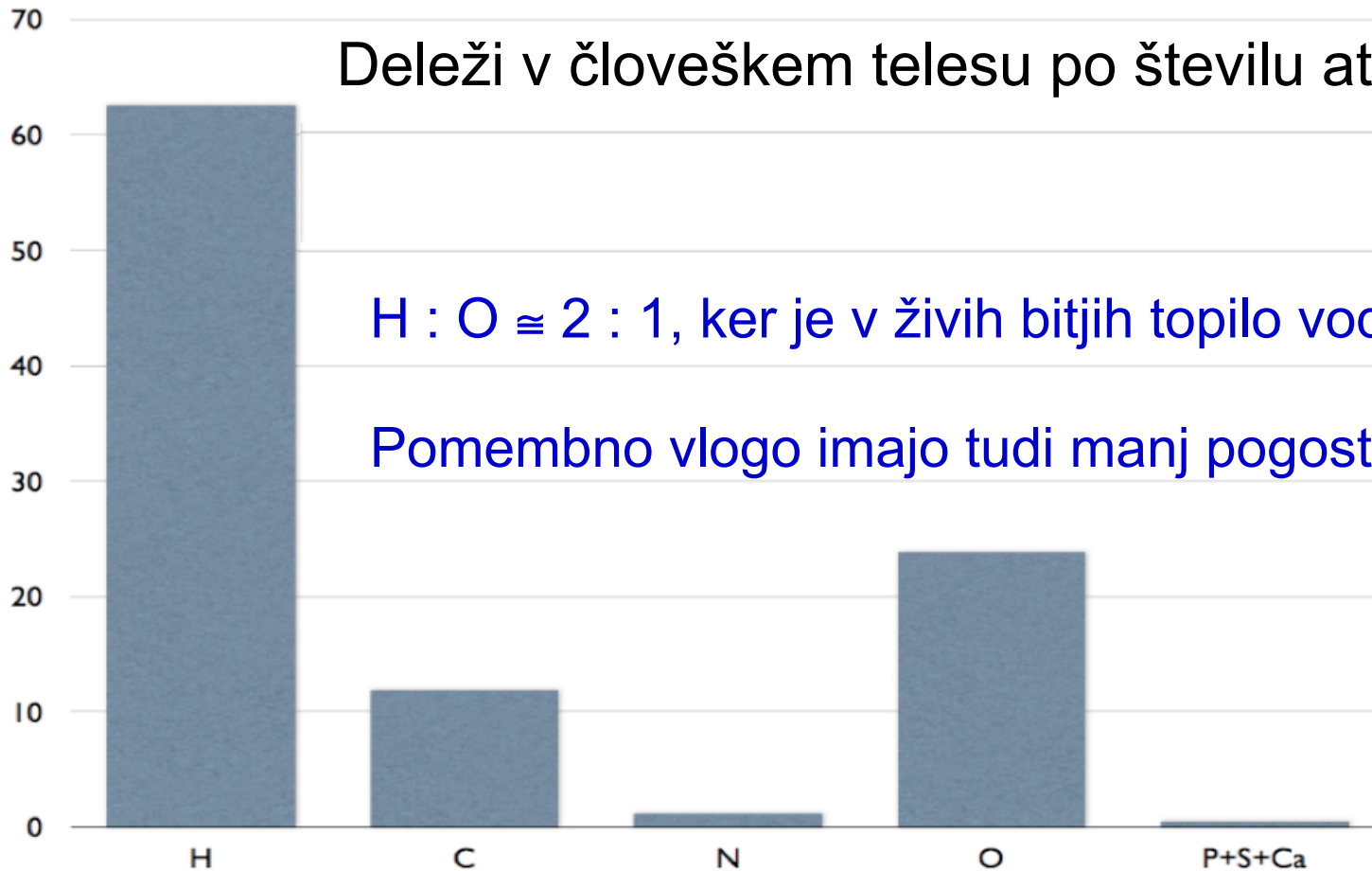


# Kemični elementi življenja

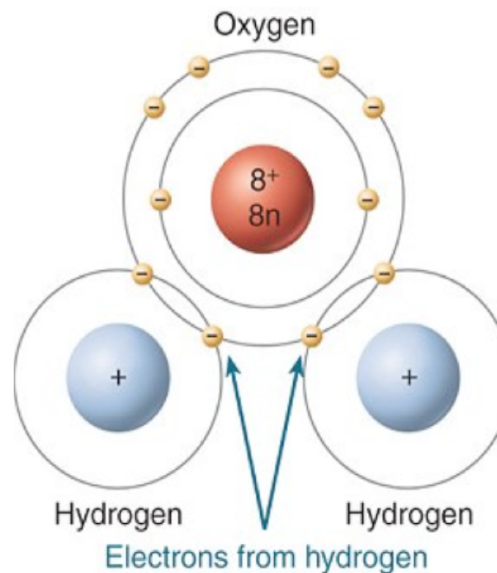
Deleži v človeškem telesu po številu atomov.

$H : O \cong 2 : 1$ , ker je v živih bitjih topilo voda.

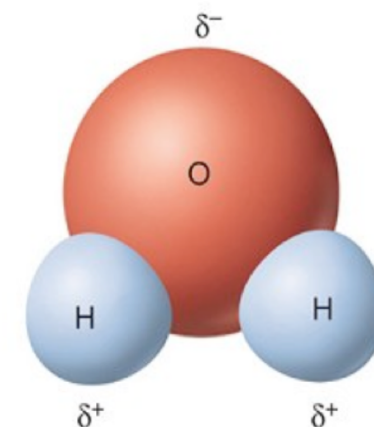
Pomembno vlogo imajo tudi manj pogosti elementi.



# Voda



(a) Electron shells in a water molecule



(b) Distribution of partial charges in a water molecule

Najpogostejša molekula v živih bitjih.

Njeni atomi med najpogostejšimi v vesolju.

Polarna molekula, zato v njej topljive polarne, ne pa nepolarne molekule.

Tvorba membran iz dvojnih plasti molekul s hidrofilno-hidrofobnimi konci.

Visoka specifična toplota uporabna za ohranjanje temperature v živih bitjih.

# Elementi življenja

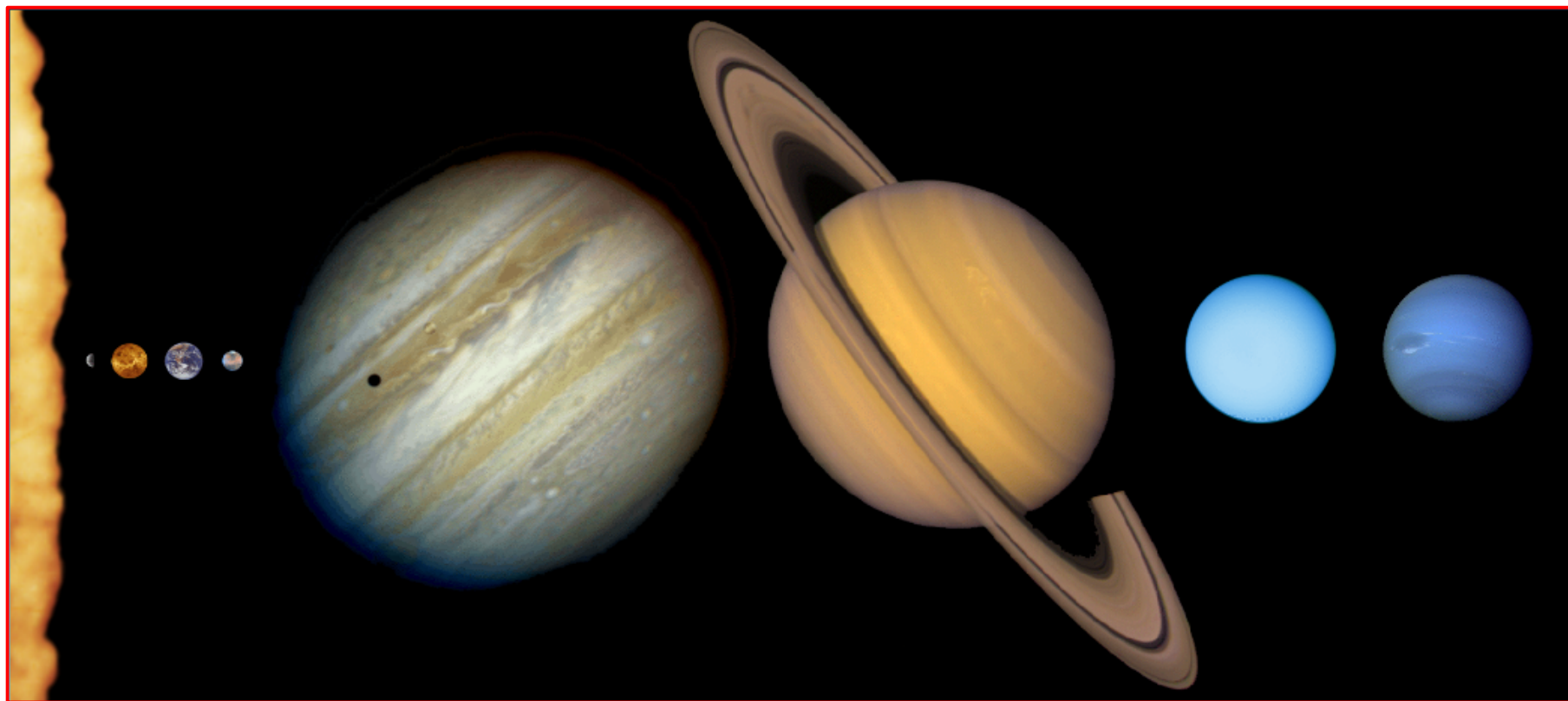
Življenje je izbralo ogljik, kljub temu da je silicija več.

Kaže, da je ogljik primernejši za tvorbo bioloških molekul.

Višina stolpcev: relativna zastopanost v Zemljini skorji.  
Rožnate oznake: elementi pomembni za življenje.

H																	O	He			
Li	Be															B	C	N	F	Ne	
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
Cs	Ba	* 57-71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
Fr	Ra	† 89-102																			
La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu																					
Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No																					

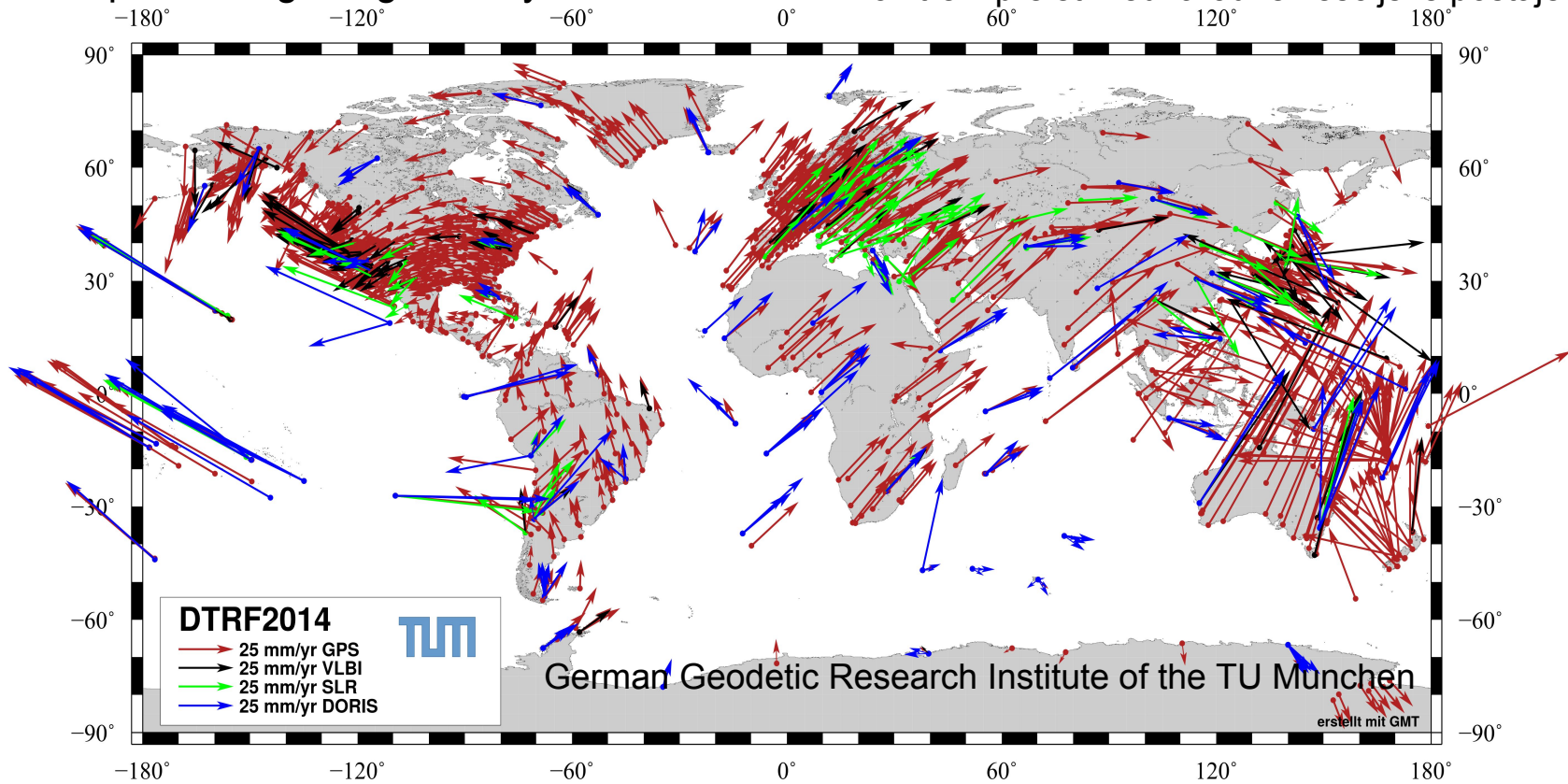
# Kje iskati življenje? Planeti in lune Osončja.



# Zemlja je geološko aktivna.

GPS: Global Navigational Satellite System  
VLBI: Very Long Baseline Interferometry  
SLR: Satellite Laser Ranging  
DORIS: Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite

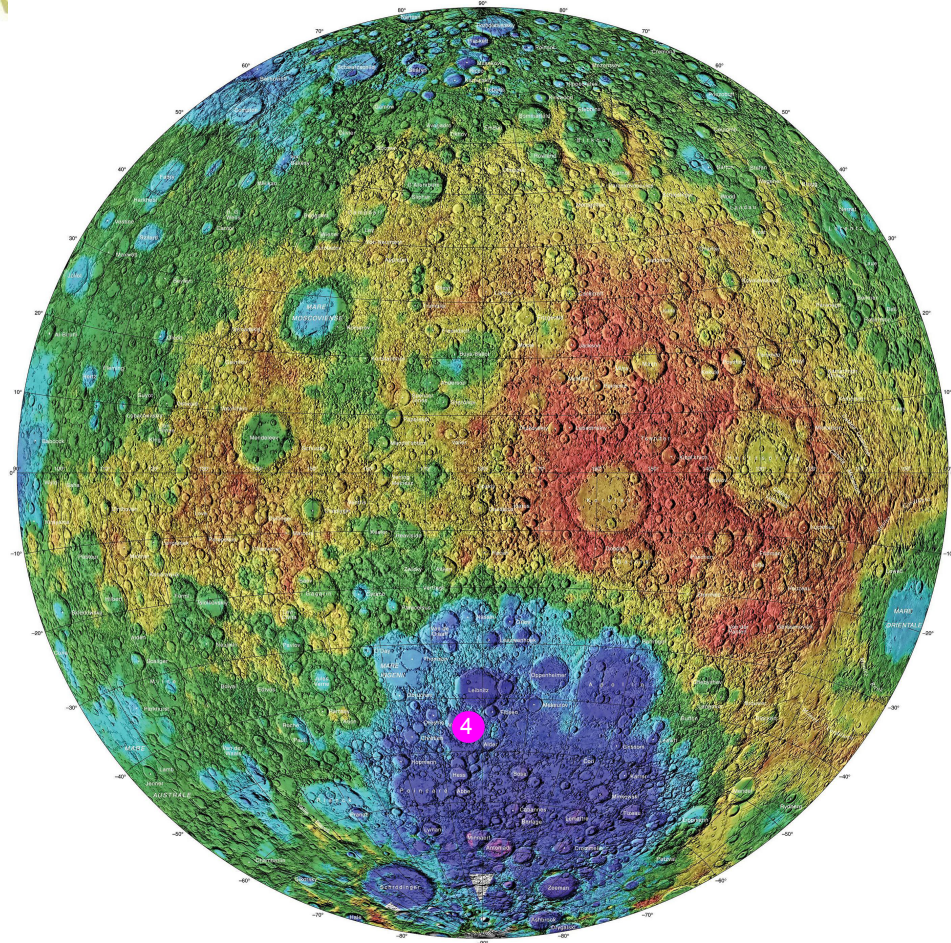
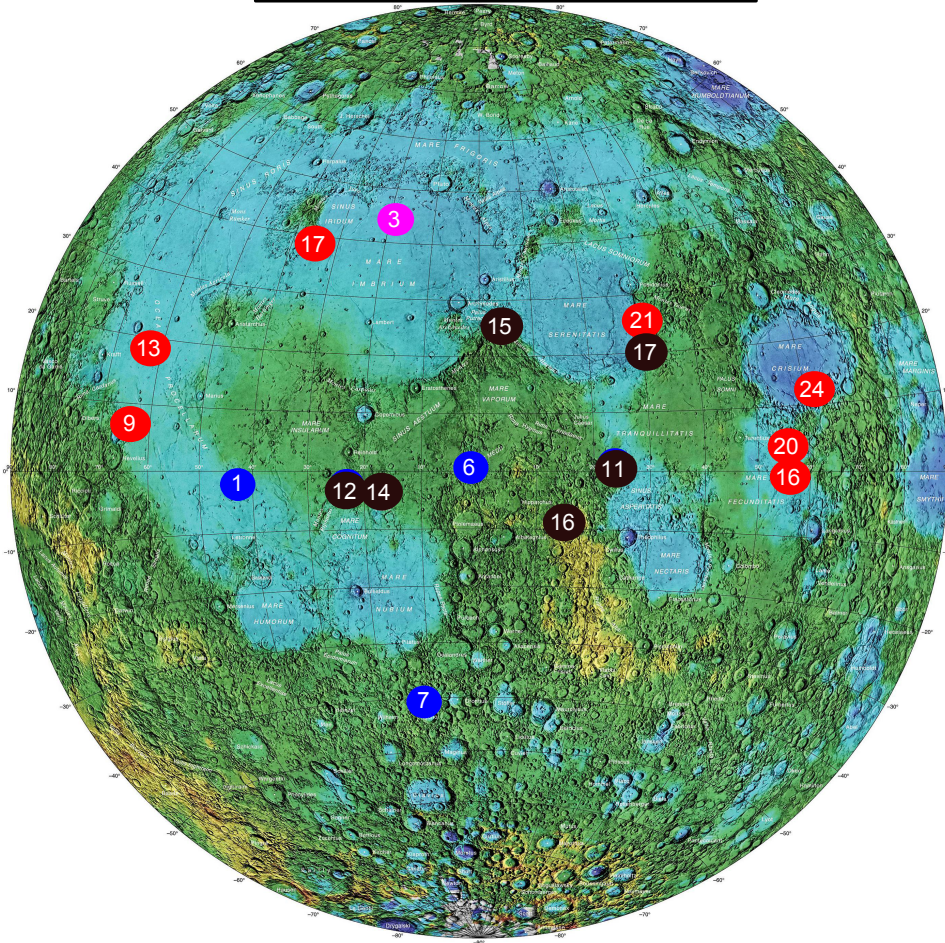
Pohitreni prelet Mednarodne vesoljske postaje



# Naša Luna

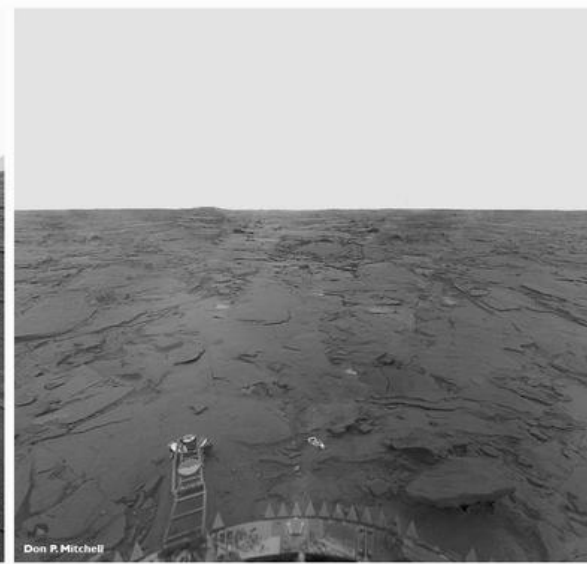
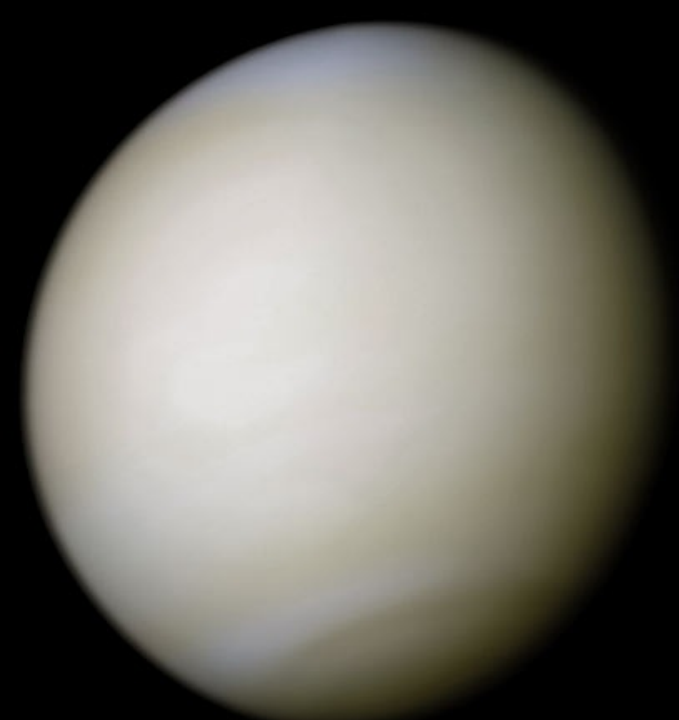
Vidna stran Lune.

Skrita stran Lune.



Topografska karta Lune: USGS.  
5. konferenca učiteljev/-ic naravoslovnih predmetov – NAI  
IZOBRAŽEVANJE ZA SEDANJOST IN PRIHODNOST

Zaporedne številke odprav:  
**Luna**, **Surveyor**, **Apollo** in **Chang'e**.



# Venera

Venera-13, mozaik.  
(13.3.1982)



Tlak: 92 bar

Sestava po prostornini:

96.5%	CO <sub>2</sub>
3.5%	N <sub>2</sub>
0.015%	SO <sub>2</sub>
0.0070%	Ar
0.0020%	H <sub>2</sub> O
0.0017%	CO
0.0012%	He
0.0007%	Ne

# Mars

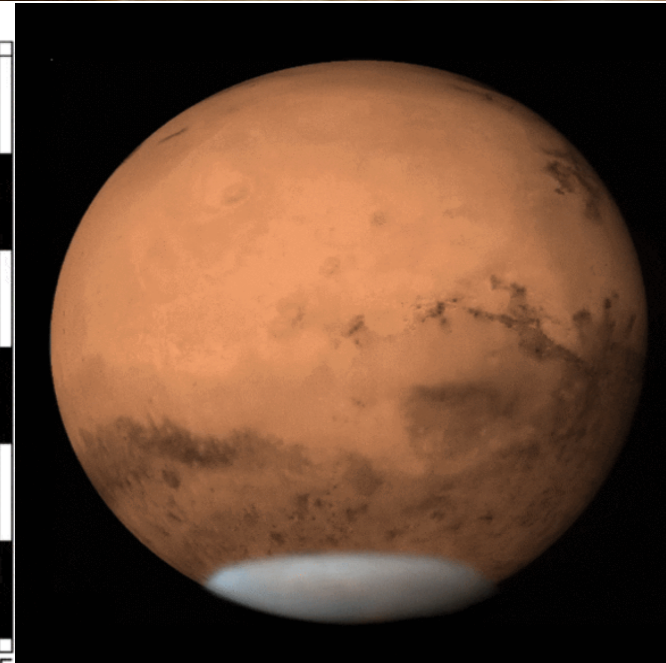
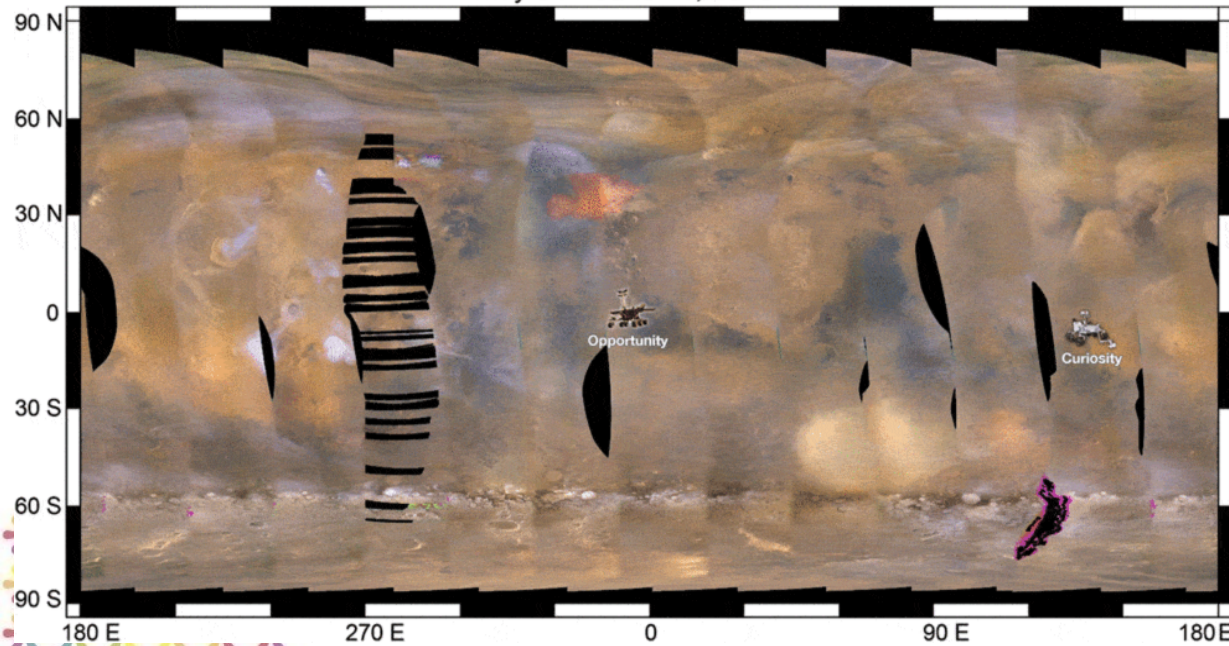
Začetek manjšega peščenega viharja ob severnem polu(Mars Express, ESA, april 2018).

Globalni peščeni vihar je na Marsu divjal od junija do septembra 2018. Spodaj: Mars prej in potem.

- $T = -50 \text{ .. } 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $g = 3.7 \text{ m/s}^2$ .
- Atmosferski tlak: 5 - 8 mbar (= Zemlja  $\sim 35 \text{ km}$  nad tlemi).
- Sestava: 95%  $\text{CO}_2$ , 2% N, 0.1-0.4%  $\text{O}_2$ , zelo suho (skupna vodna plast  $< 0.1 \text{ mm}$ ).



May 31 - June 11, 2018

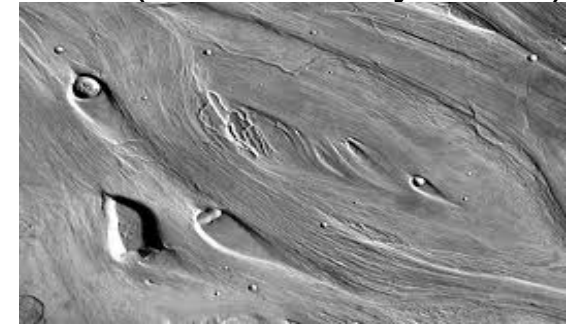
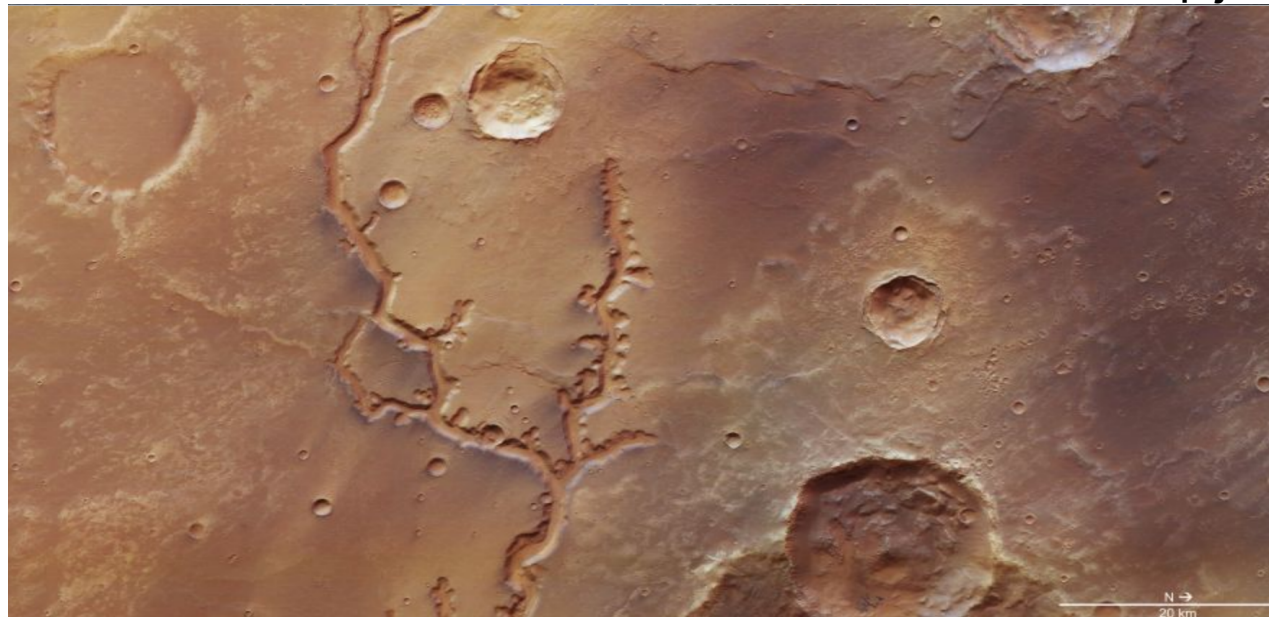




Sipine (Viking, 1976).



Kapljasti otoki (Mars Odisey, 2001).



# Marsovo površje

Doline nekdanjih rek (ali tokov vode pod površjem, Mars Express 2019)

# Raziskovanje Marsa s samovozečimi vozili



Mars science laboratory (Curiosity) in prejšnja vozil(c)a na Marsu.

# Astronomska slika dneva

[Odkrijte vesolje!](#) Vsak dan novi posnetki očarljivega vesolja, skupaj s kratkim pojasnilom poklicnega astronoma.

1. april 2005



Voda na Marsu

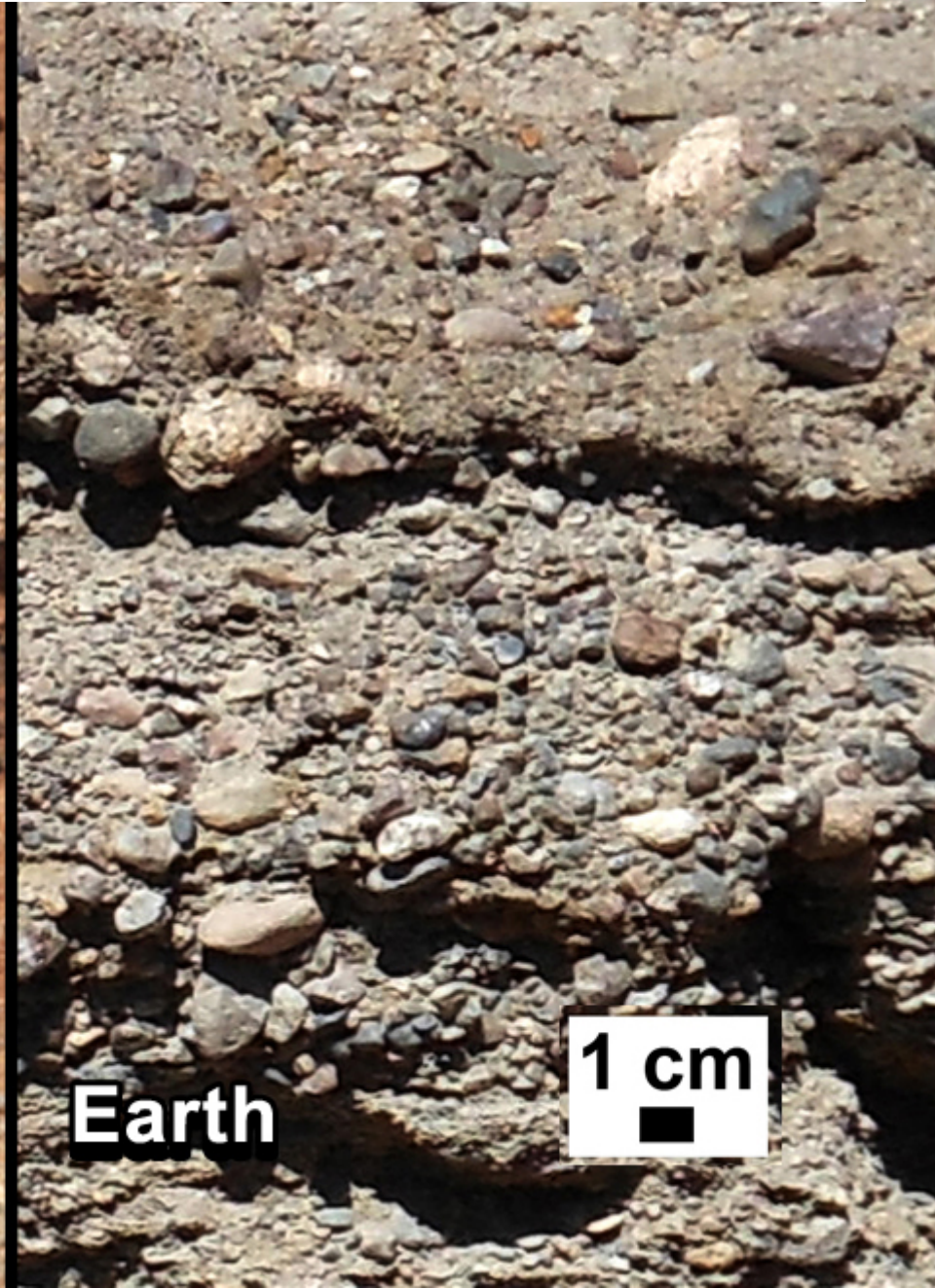
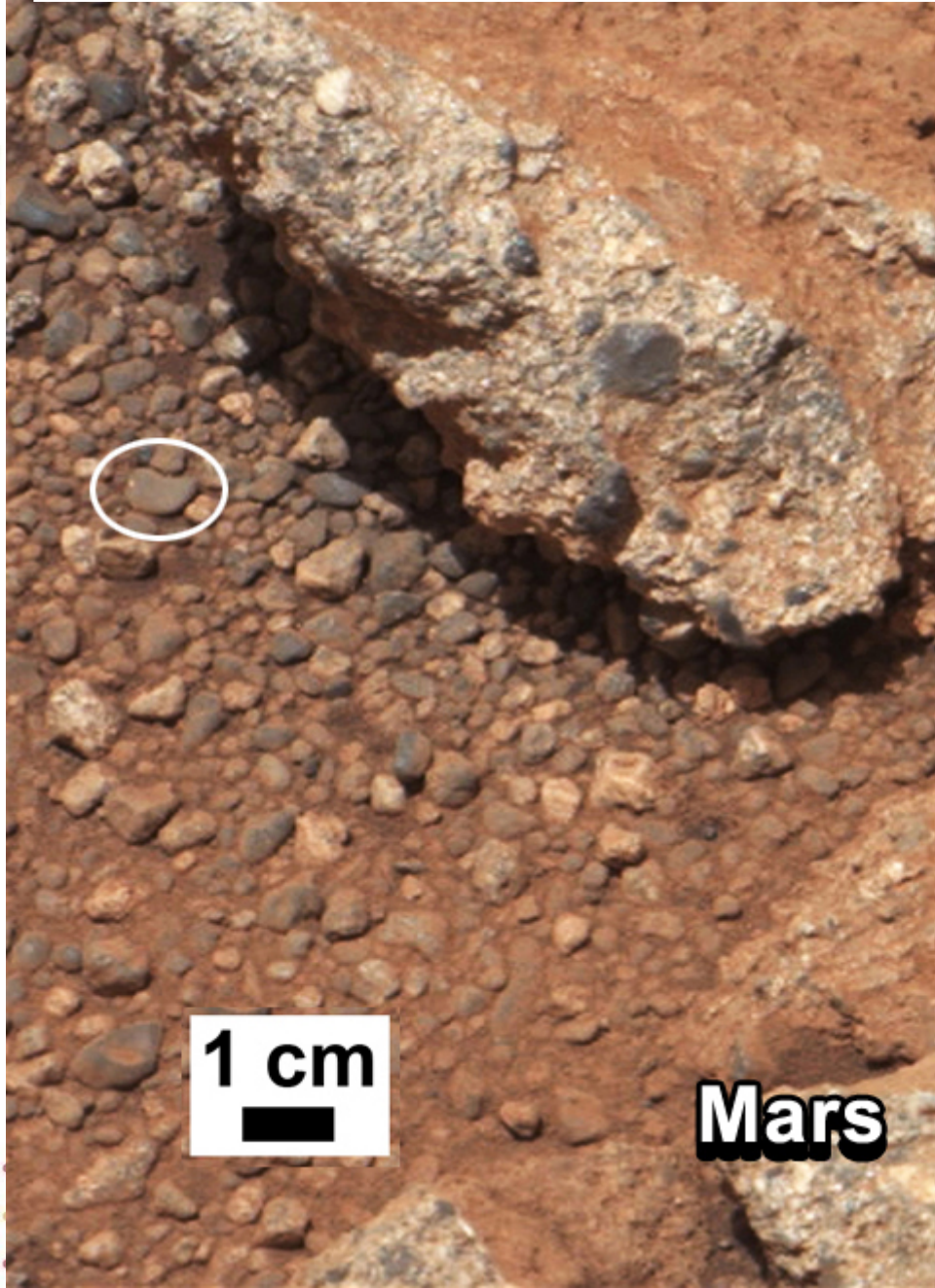
# Mars science laboratory (curiosity) - stara rečna struga

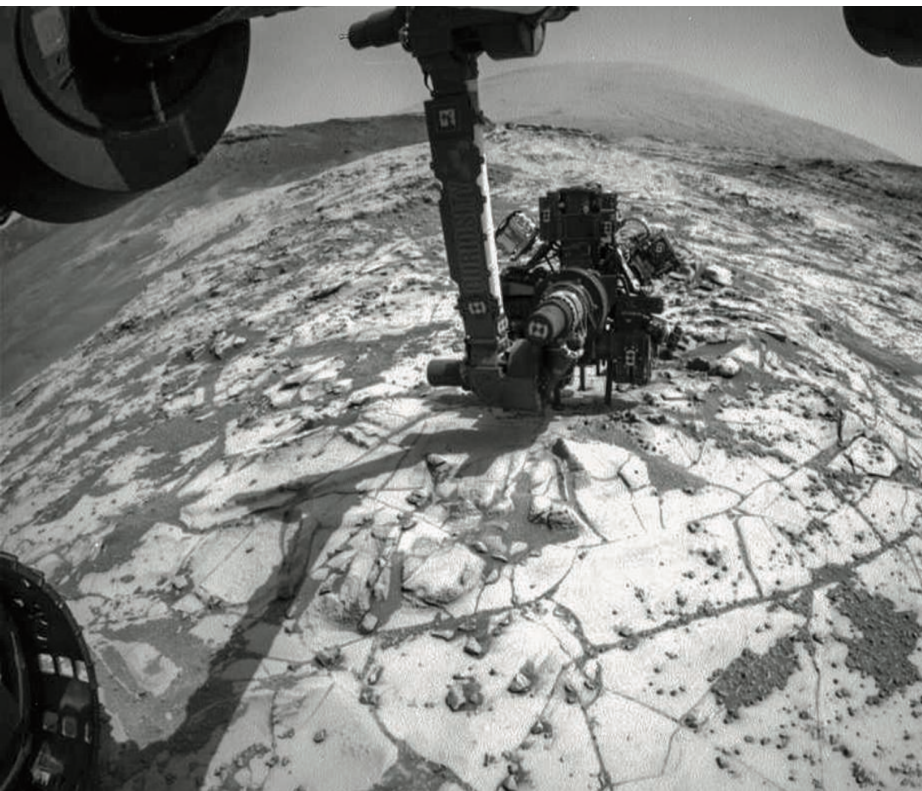
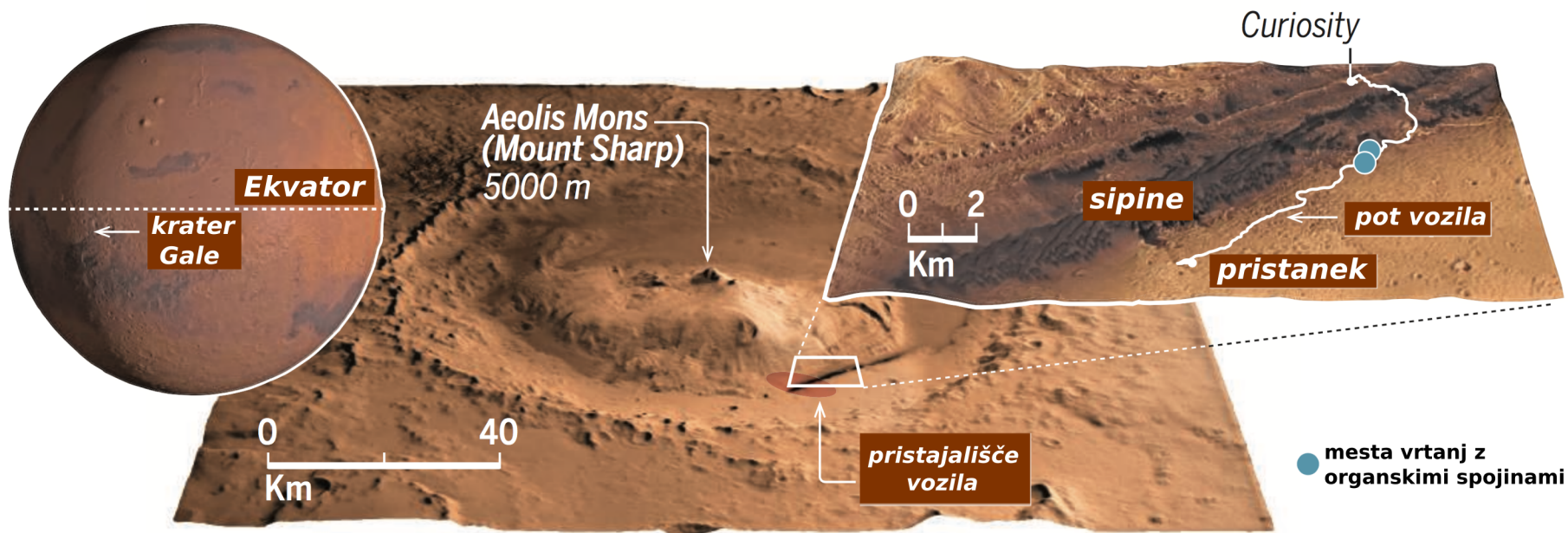


10 cm

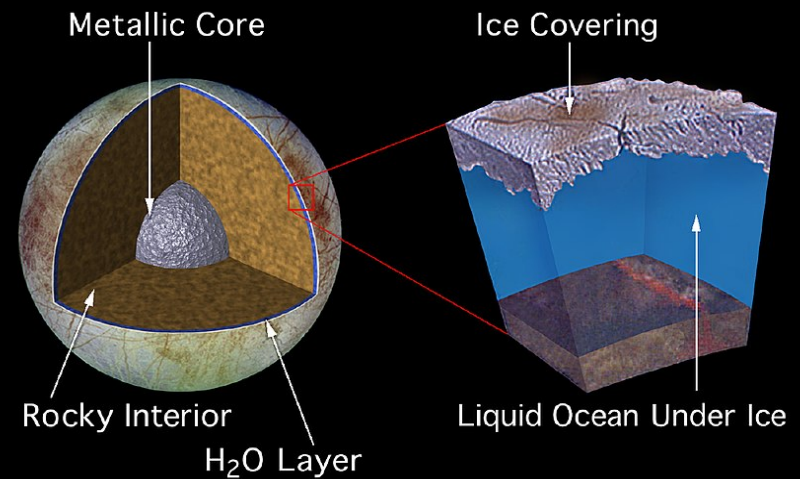
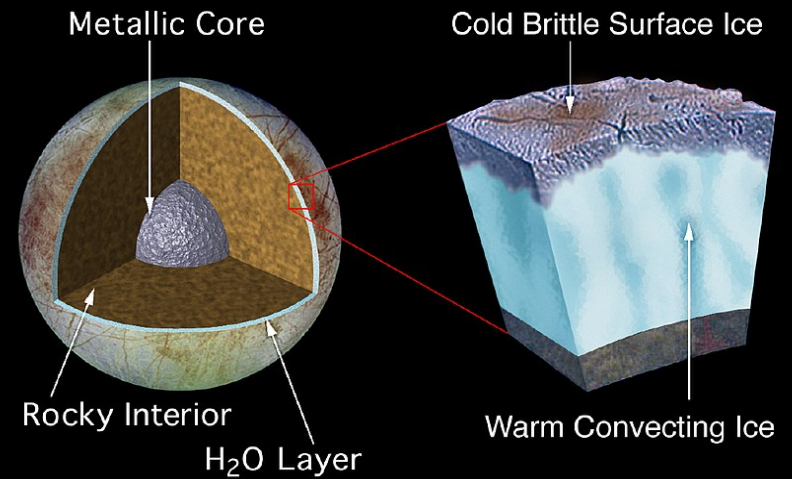
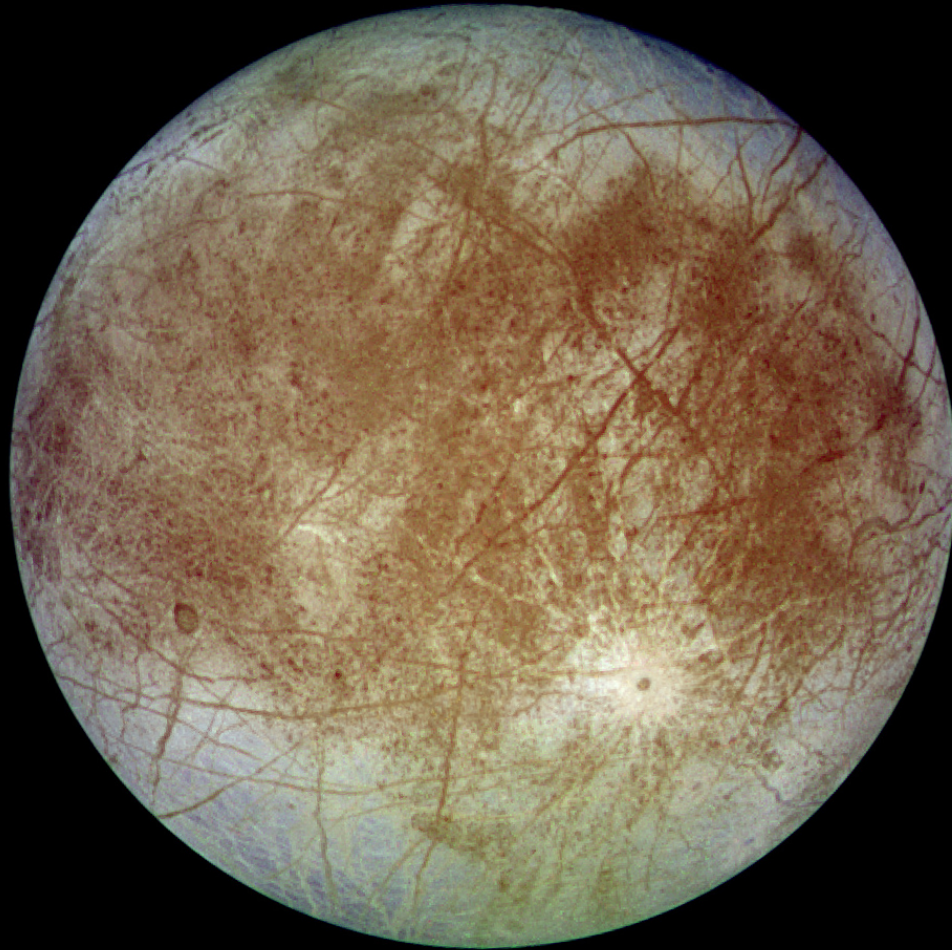


Mars science laboratory (curiosity) - konglomerati na Marsu in Zemlji





# Jupitrova luna Europa



# Voda na Saturnovi luni Enkelad

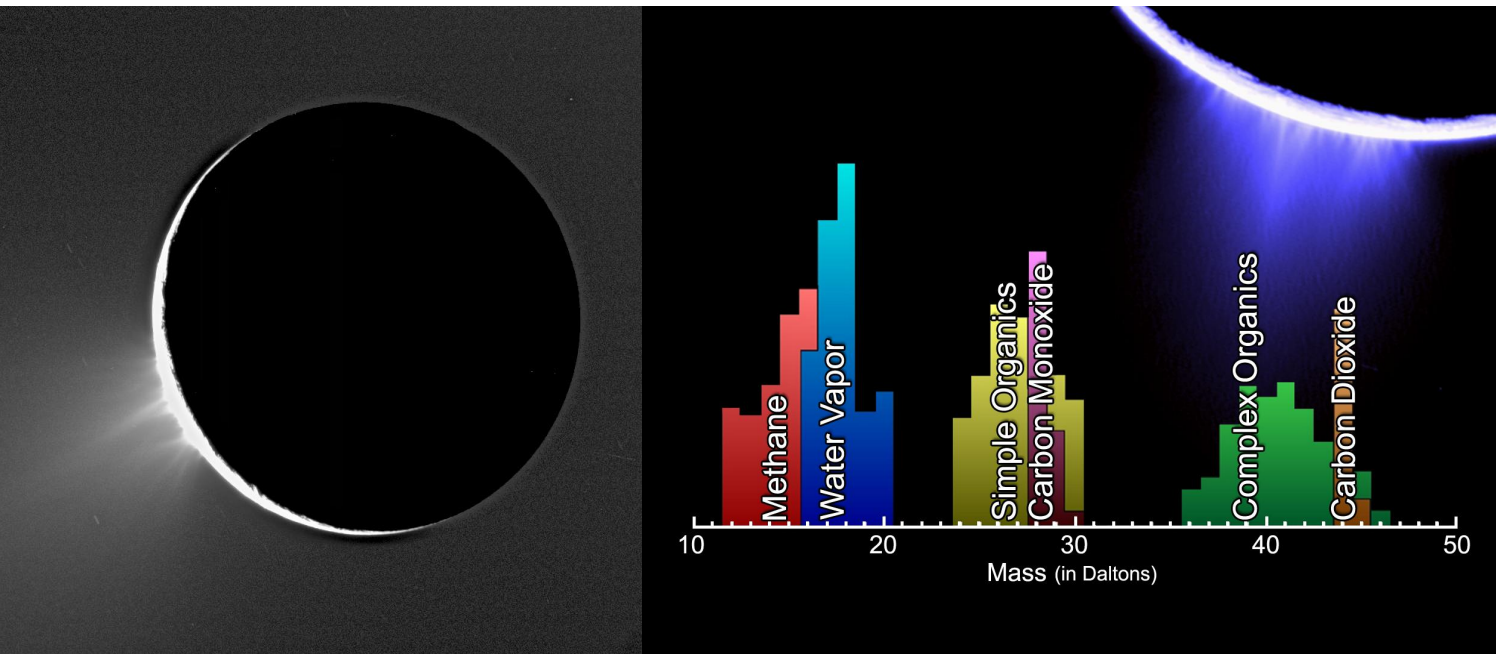
Osončje: voda na/v Zemlji, (Marsu), Jupitrovih lunah Evropa in Ganimed, Saturnovi luni Enkelad.

Drzni mimoleteti.

Sonda Cassini (NASA).

Cassini flybys of Enceladus

Date	Distance (km)
February 17, 2005	1,264
March 9, 2005	500
July 14, 2005	175
December 24, 2005	94,000
March 12, 2008	48
August 11, 2008	54
October 9, 2008	25
October 31, 2008	200
November 2, 2009	103
November 21, 2009	1,607
April 28, 2010	103
May 18, 2010	201
August 13, 2010	2,554
November 30, 2010	48
December 21, 2010	50
October 1, 2011	99
October 19, 2011	1,231
November 6, 2011	496
March 27, 2012	74
April 14, 2012	74
May 2, 2012	74
October 14, 2015	1,839
October 28, 2015	49
December 19, 2015	4,999

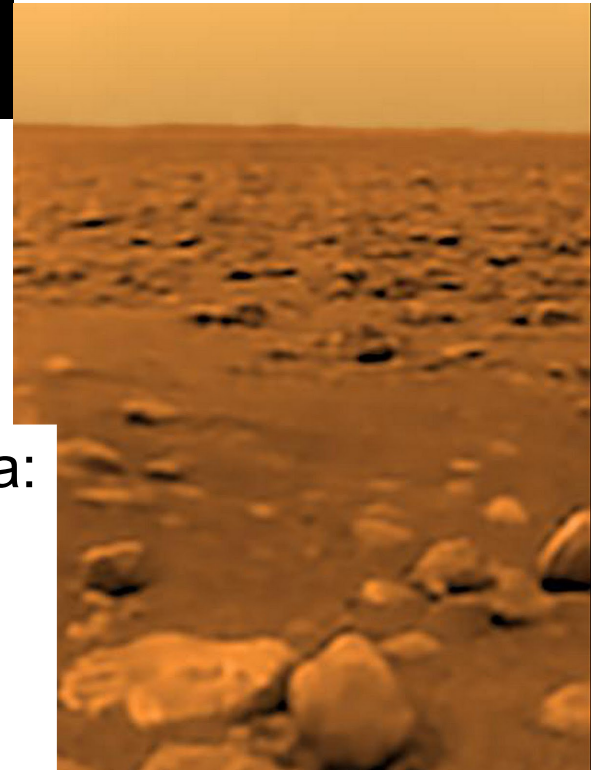
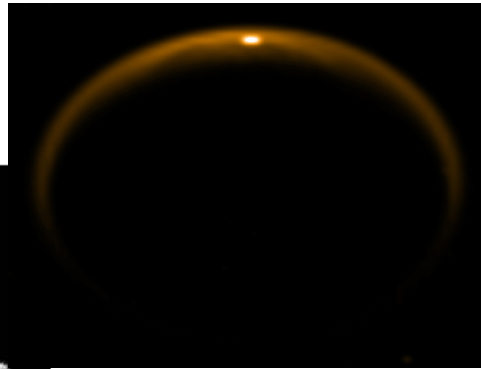
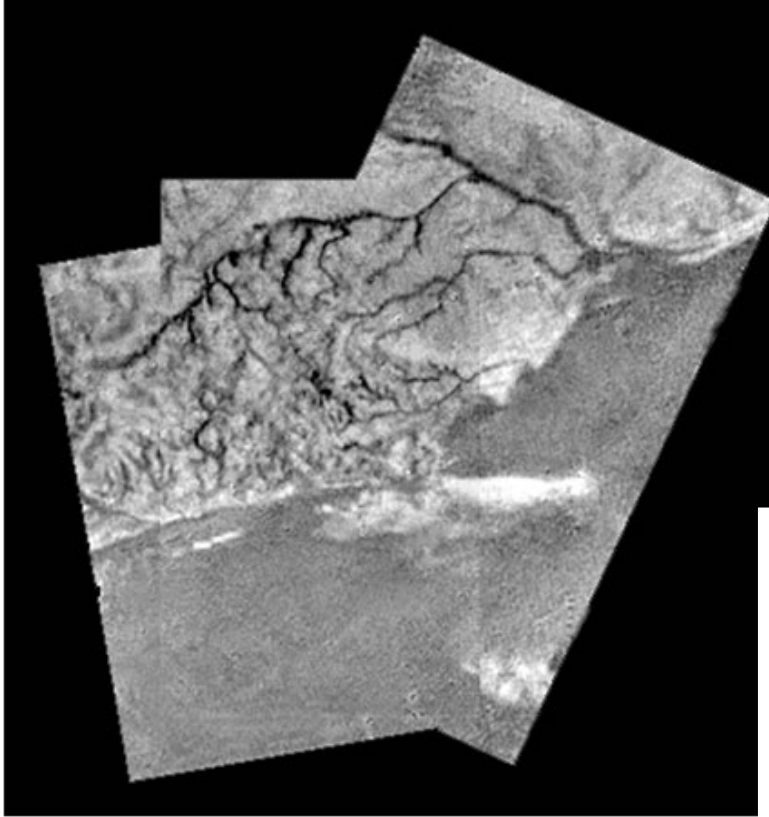


Gezirji na mali Saturnovi luni **Enkelad** in njihova kemična sestava (v enotah mase vodikovega atoma).

Septembra 2015 so objavili, da libracije ( $0,12^\circ \pm 0.014^\circ$ ) ledenega površja kažejo na globalni podzemni ocean globine med 26 in 31 km.

# Reke metana na Saturnovi luni Titan

## Methane flows on Titan



Razdalja od Sonca:  
1,4 milijarde km.

Temperatura:  
94 K.

**Fig. 2.16** . This image was taken from the *Huygens Probe* just before it landed on the surface of Saturn's large satellite Titan on 14 January 2005. It shows flows down a high ridge into a major river channel from different sources. The feature has been attributed to liquid methane fed by the fall of methane rain. (Courtesy of NASA/JPL/ESA/U. Arizona.)

# Planeti drugih zvezd: odkrivanje s spektroskopijo



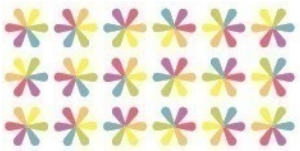
Predpostavimo, da  $m_{\text{planet}} \ll M_{\odot}$  :

$$r_{\odot} = r_{\text{planet}} (m_{\text{planet}}/M_{\odot})$$

$$v_{\odot} = v_{\text{planet}} (m_{\text{planet}}/M_{\odot})$$

$$v_{\text{planet}} = 2 \pi r_{\text{planet}}/P = (G M_{\odot} / r_{\text{planet}})^{1/2} \rightarrow r_{\text{planet}} = (P/2\pi)^{2/3} (GM_{\odot})^{1/3}$$

$$v_{\odot} = (2\pi G)^{1/3} m_{\text{planet}} P^{-1/3} (M_{\odot})^{-2/3}$$





# A Jupiter-mass companion to a solar-type star

Michel Mayor & Didier Queloz

Geneva Observatory, 51 Chemin des Maillettes, CH-1290 Sauverny, Switzerland

The presence of a Jupiter-mass companion to the star 51 Pegasi is inferred from observations of periodic variations in the star's radial velocity. The companion lies only about eight million kilometres from the star, which would be well inside the orbit of Mercury in our Solar System. This object might be a gas-giant planet that has migrated to this location through orbital evolution, or from the radiative stripping of a brown dwarf.

Nobelova nagrada za fiziko 2019

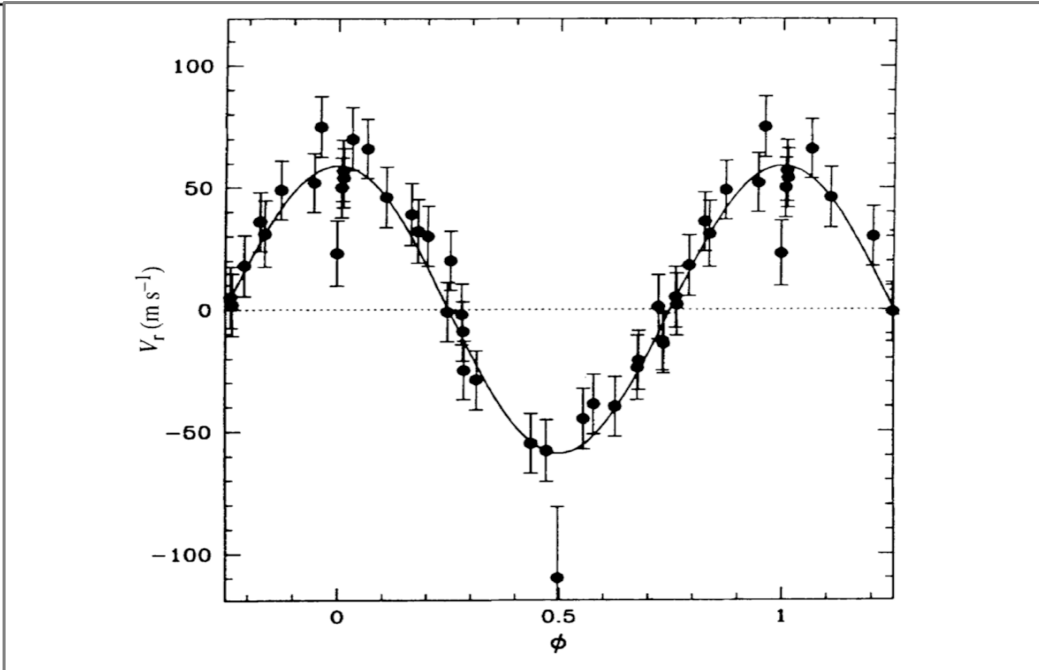


FIG. 4 Orbital motion of 51 Peg corrected from the long-term variation of the  $\gamma$ -velocity. The solid line represents the orbital motion computed from the parameters of Table 1.



# Kolikšen del planetov lahko odkrijemo?

exoplanet.eu (24/10/2019):  
862 planetov z  $v_{\odot}$   
okoli 640 zvezd.

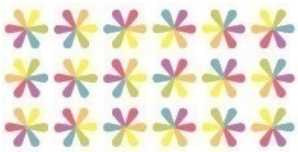
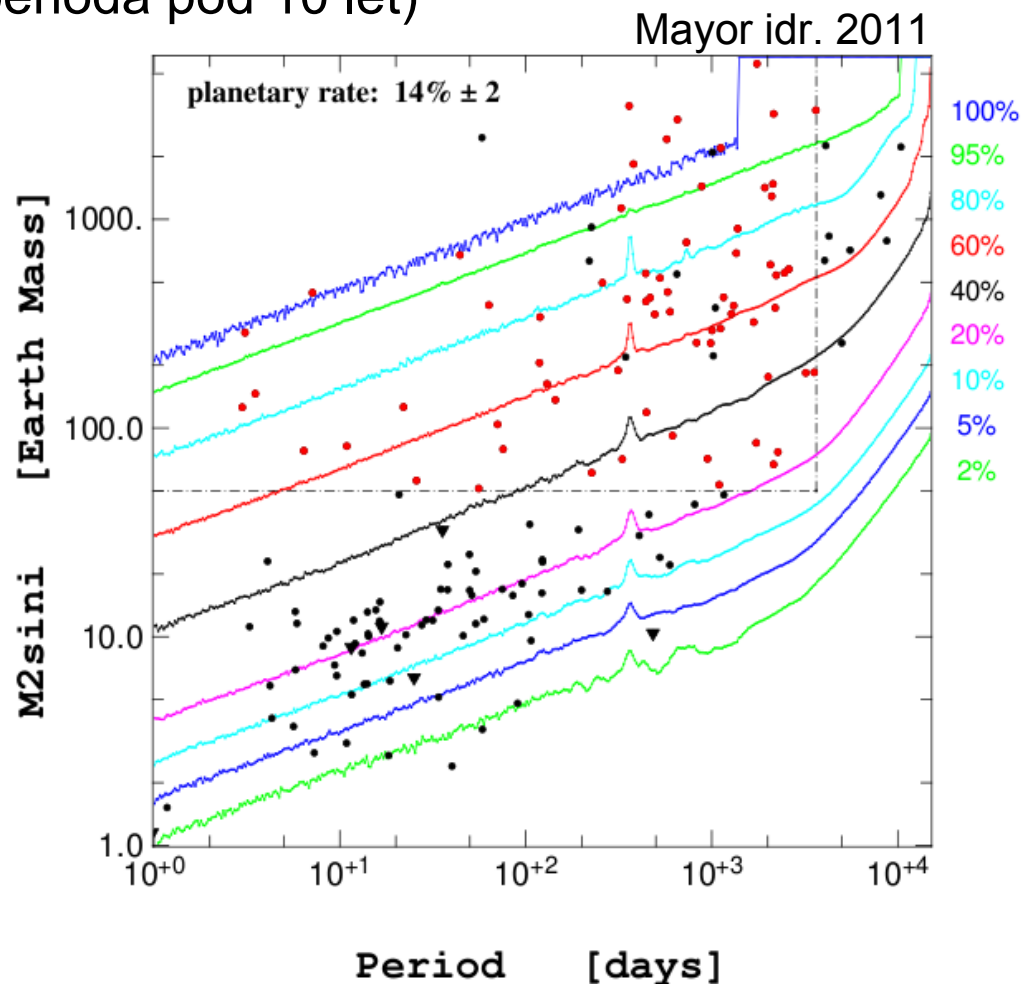
## Orjaški planeti

(masa nad 50 Zemljinih, orbitalna perioda pod 10 let)  
so prisotni ob 14% zvezd.

## Nad-Zemlje in Neptuni

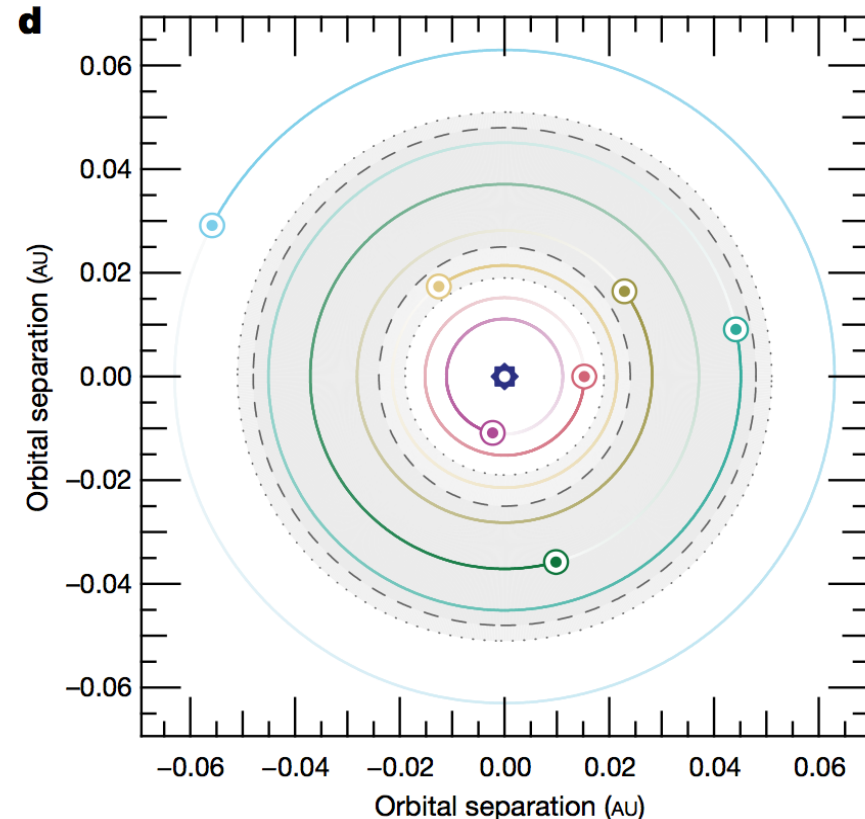
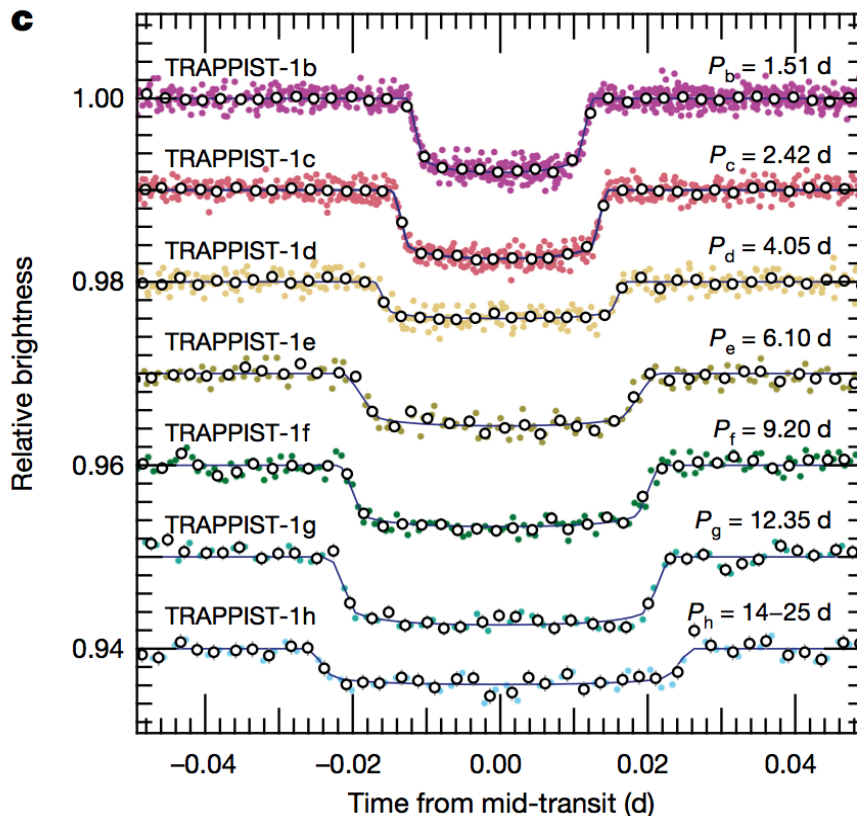
(masa pod 30-40 Zemljinih) s  
periodami 40..80 dni  
so prisotni ob 50% zvezd.

Torej ima vsaka druga  
zvezda na nebu vsaj en  
planet, ki je podoben Zemlji.



# Planeti drugih zvezd: odkrivanje s prehodom preko zvezdne ploskvice

- Produktivna metoda (2962 planetov okoli 2223 zvezd).
- Primer: Trappist – 1.

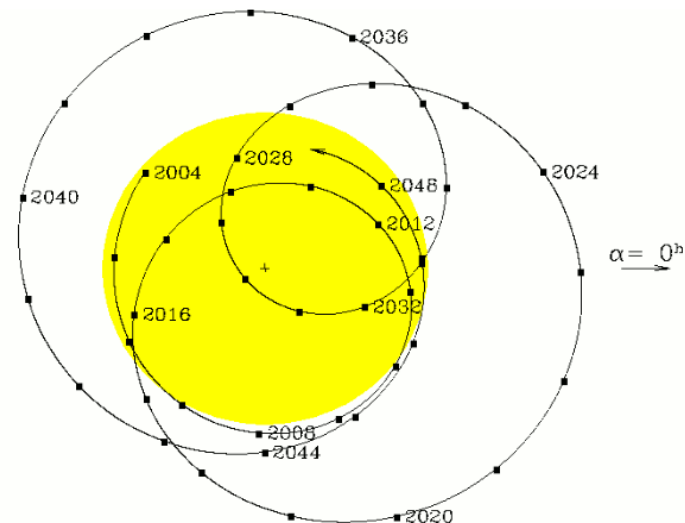


# Planeti drugih zvezd: odkrivanje z astrometrijo

## Spektroskopija:

$$v_{\odot} = (2\pi G)^{1/3} m_{\text{planet}} P^{-1/3} (M_{\odot})^{-2/3}$$

*Pentljasta krivulja označuje položaj težišča Osončja glede na položaj središča Sonca (znak +). Rumeni krog je velikost Sonca. Pike na krivulji označujejo položaj težišča ob začetku vsakega koledarskega leta.*



## Astrometrija ( $v_{\odot} = 2\pi r_{\odot} / P$ ):

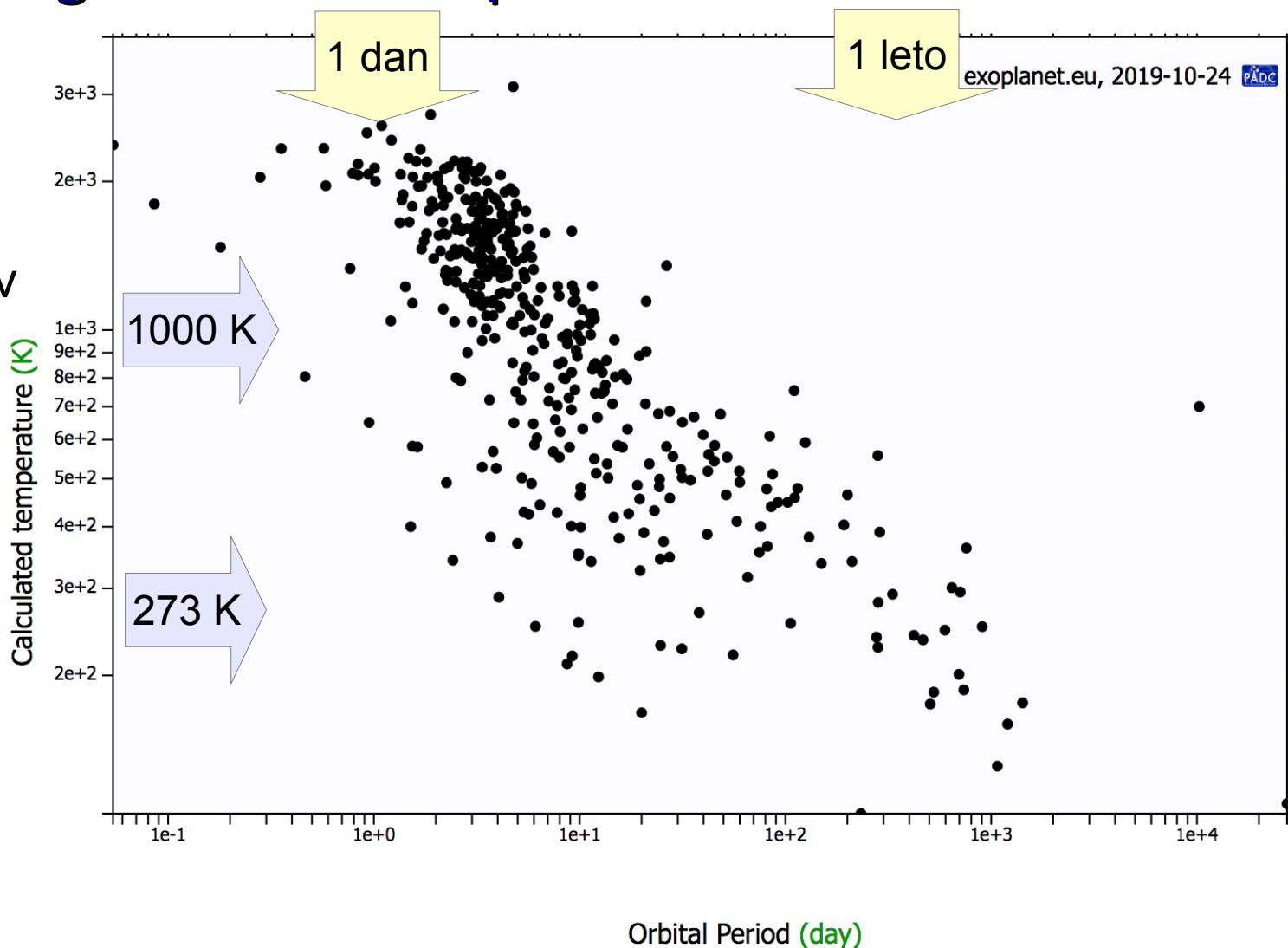
$$r_{\odot} = (2\pi)^{-2/3} G^{1/3} m_{\text{planet}} P^{2/3} (M_{\odot})^{-2/3}$$

Za planet z maso Jupitra, ki s periodo 2 leti kroži okoli zvezde z maso Sonca, je  $r_{\odot}$  enak 0.32 polmera Sonca → satelit Gaia.

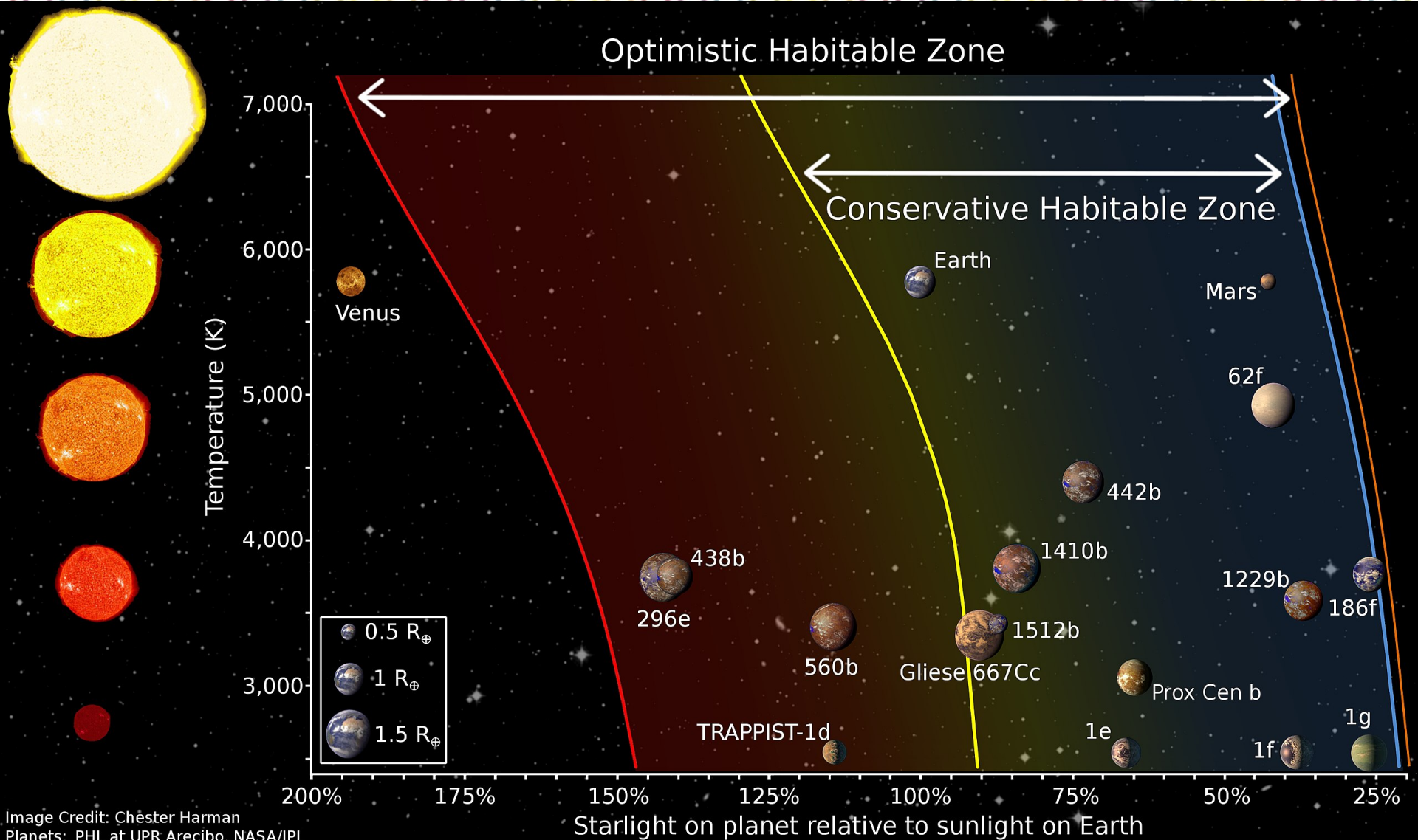
# Planeti drugih zvezd: temperatura in obhodni čas

24.10.2019:

4122 planetov  
okoli  
3063 zvezd.



# Potencialno naseljivo območje



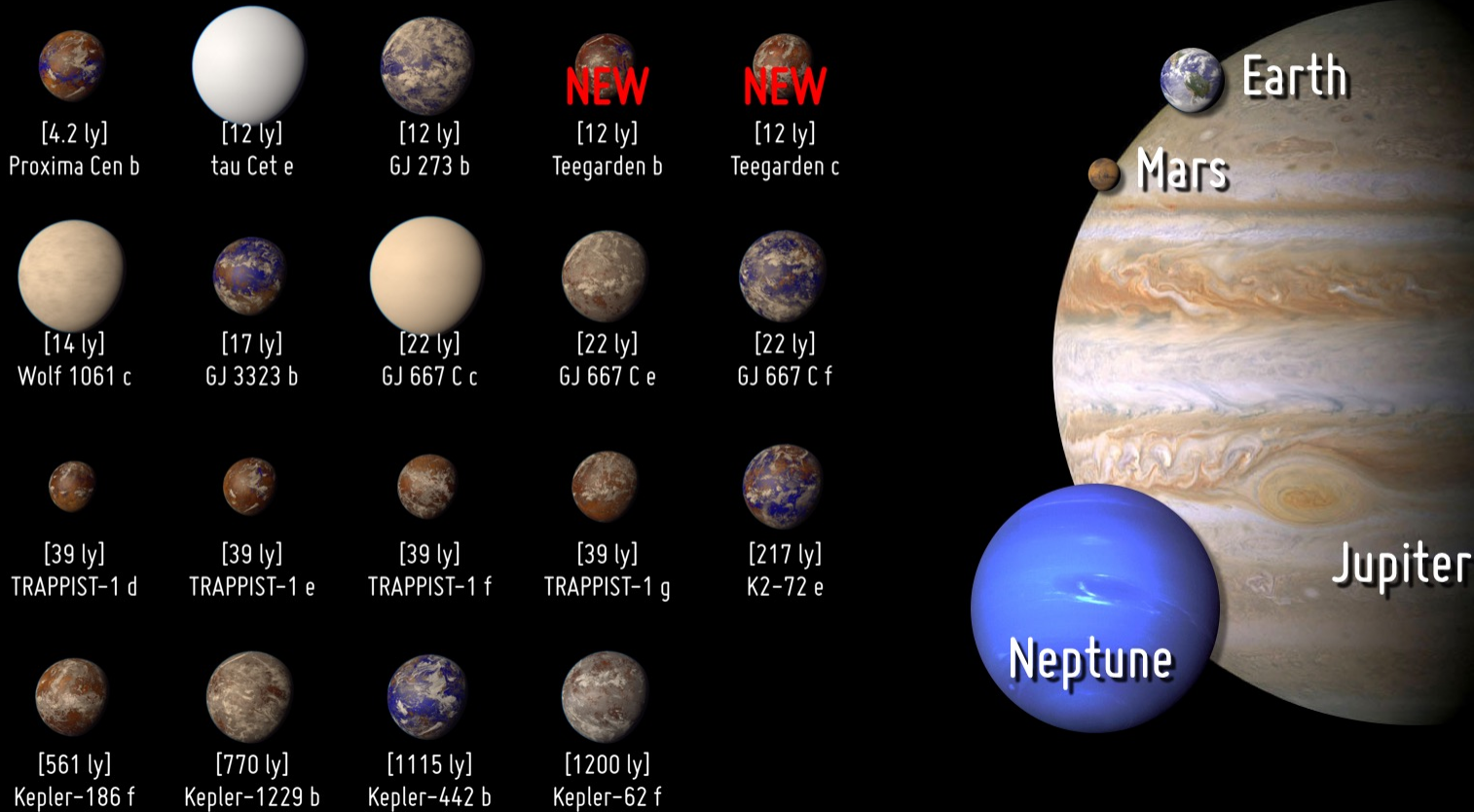
# Nam najbližji znani potencialno naseljivi planeti



## Potentially Habitable Exoplanets

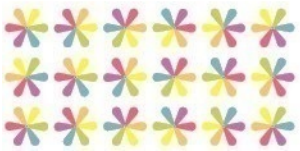


Ranked by Distance from Earth (light years)



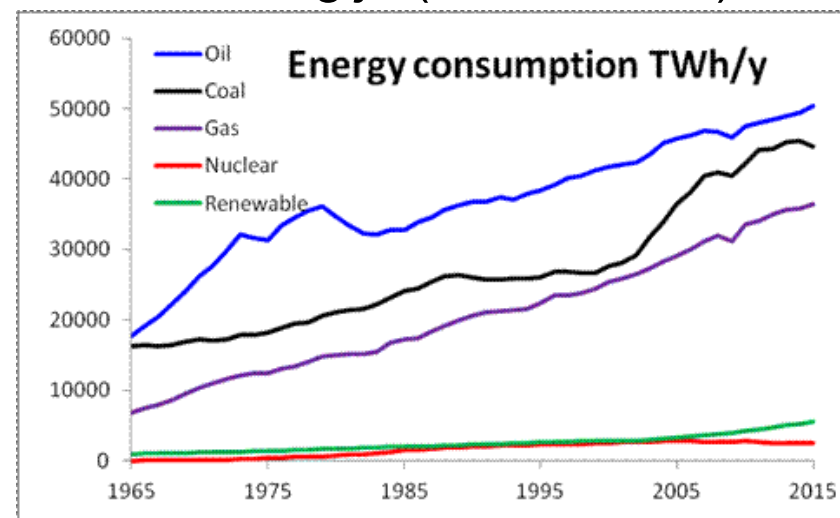
Artistic representations. Earth, Mars, Jupiter, and Neptune for scale. Distance from Earth is between brackets.

CREDIT: PHL @ UPR Arcibo (phl.upr.edu) Jun 18, 2019



# Potovanja do drugih zvezd

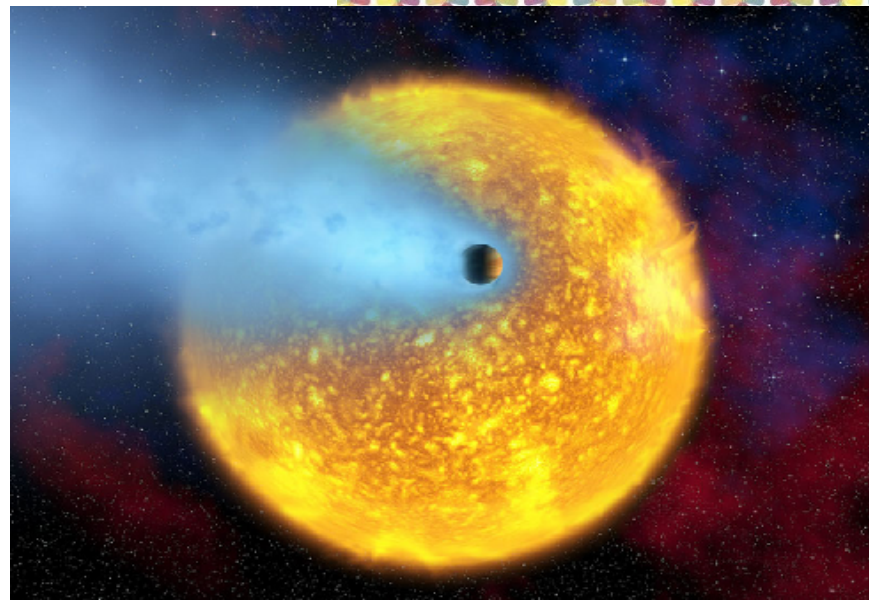
- z današnjo tehnologijo: 80 000 let v eno smer.
- če bi šli 1000-krat hitreje:
  - Za (idealno učinkovito) pospeševanje vsake tone na desetino svetlobne hitrosti potrebujemo  $4.5 \cdot 10^{17}$  J energije, to je  $1.25 \cdot 10^{14}$  Wh, ali toliko kot porabi celotno človeštvo vse energije (razen hrane) v 10 urah.
  - Edini (načelno) poznani vir so detonacije vodikovih bomb, a tega nočemo in je prepovedano.
  - Možnost: mikrosateliti, laserji, vendar...



# Možnost študija atmosfer eksoplanetov

Planet ob zvezdi HD 209458 ima atmosfero

Ob prehodu planeta preko zvezdine ploskvice opazimo poleg geometrijskega pokritja dela zvezde še dodatno absorpcijo zaradi natrija, vodika in ogljika v planetovi atmosferi. *Doslej pa še nismo opazili  $O_2$ !*



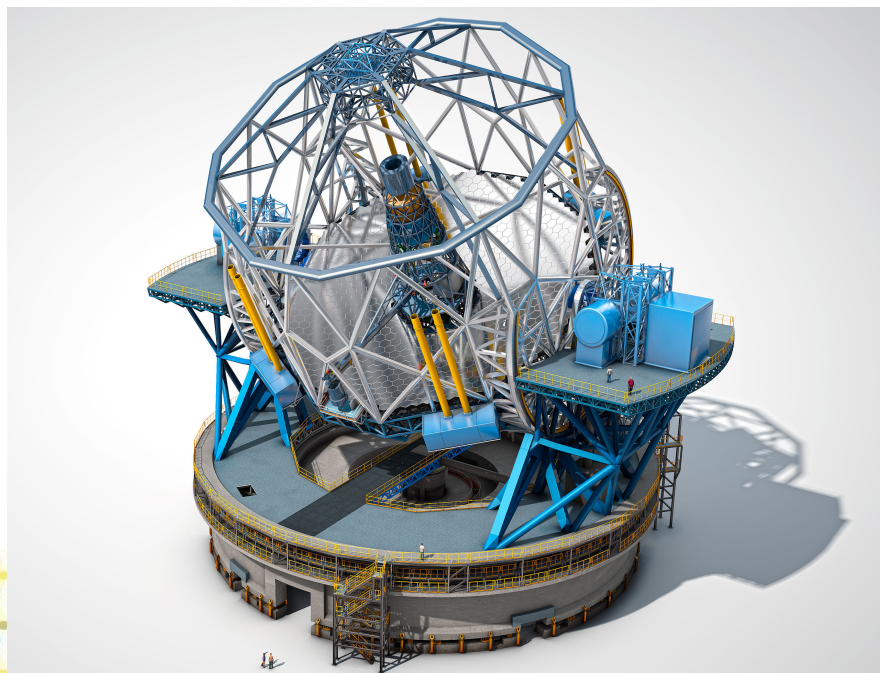
Oddaljenost od Zemlje: 160 sv.l.

masa planeta:  $0.7 M_{\text{Jupiter}}$

polmer planeta:  $1.5 R_{\text{Jupiter}}$

planet izgublja:  $\sim 10^7 \text{ kg/s}$

39-metrski Extremely Large Telescope bo začel z opazovanji leta 2024.



2019



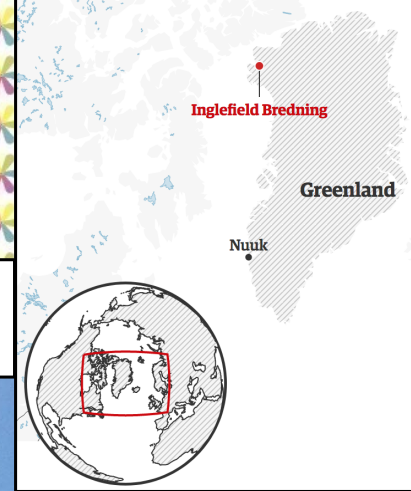
REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,  
ZNANOST IN ŠPORT



EVROPSKA UNIJA  
EVROPSKI  
SOCIALNI SKLAD  
NALOŽBA V VAŠO PRIHODNOST

# Prihodnost?

Foto: Steffen M. Olsen (Danski meteorološki inštitut).  
Lokacija: Inglefield Bredning fjord, Datum: 19-6-2019.



# Najbolj umazana termoelektrarna v Evropi (na Poljskem) in naš Šoštanj



▲ Steam and smoke plumes billow from the Belchatów power station in Rogowiec. Poland is the largest coal production in Europe. Photograph: Sean Gallup/Getty Images



Belchatow: 45 milijonov ton lignita letno,  
Šoštanj: 3,5-3,8 milijona ton lignita letno.



5. konferenca učiteljev/-ic naravoslovnih predmetov – NAK 2019  
IZOBRAŽEVANJE ZA SEDANJOST IN PRIHODNOST



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE,  
ZNANOST IN ŠPORT



# Klimatska kriza



Foto: MMC RTV SLO/Larisa Daugul

Tudi v Sloveniji