

POLÁRNÍ VĚDY V ASTROBIOLOGII

Jana Kvíderová

Centrum polární ekologie, PřF JU, České Budějovice

2017

ASTROBIOLOGIE

= multidisciplinární věda o životě MIMO planetu Zemi, zahrnuje biologii, chemii, fyziku, technické vědy aj.

- všechny formy života od mikrobů ve Sluneční soustavě po signály inteligentních bytostí z druhého konce Galaxie
- Odpověď na základní otázky (Morrison (2001) *Astrobiology*)
 - *Odkud přicházíme?*
 - *Jaká je naše budoucnost na Zemi i mimo ni?*
 - *Jsme sami?*

! Kosmická biologie = věda, která zkoumá vliv podmínek kosmického letu na pozemské organismy

ASTROBIOLOGICKÁ MATICE

Obor	Planetologie		Astrofyzika			Procesy	Komplexita	
Fyzika			Nukleosyntéza, vznik prvků		Hmotnost hvězd	Abiogení	Nízká	
			Chemická evoluce mezihvězdné hmoty		Záření			
Chemie	Chemie sluneční mlhoviny		Vznik hvězd a planet			Prebiotické		
	Akrece, exoplanety		Aktivita protoslunce	Sousední hvězdy během vzniku hvězd				Záření mladých hvězd
Biologie, geologie	Počátky evoluce povrchu a atmosféry, prebiotická chemie, extrémofilové	Narušení, impakty	Změny sluneční aktivity					Supernovy, molekulární mračna, galaktické proudy
	Evoluce biosféry, povrchu a atmosféry							
	Zpětná vazba biosféry, globální cirkulace, klima		Překryv s polárními vědami!			Evoluce		

CÍLE ASTROBIOLOGIE

(Des Marais et al. (2008) *Astrobiology*)

- Cíl 1:** Povaha a rozšíření obyvatelných prostředí ve vesmíru
- Cíl 2:** Průzkum planet/měsíců Sluneční soustavy
- Cíl 3:** Vznik života
- Cíl 4:** Historie evoluce života
- Cíl 5:** Diverzita, adaptace a limitace života
- Cíl 6:** Další možný vývoj života a jeho přežívání mimo Zemi
- Cíl 7:** Rozpoznání známek života na jiných planetách/měsících

CÍL 2 PRŮZKUM PLANET SLUNEČNÍ SOUSTAVY

(Des Marais et al. (2008) *Astrobiology*)

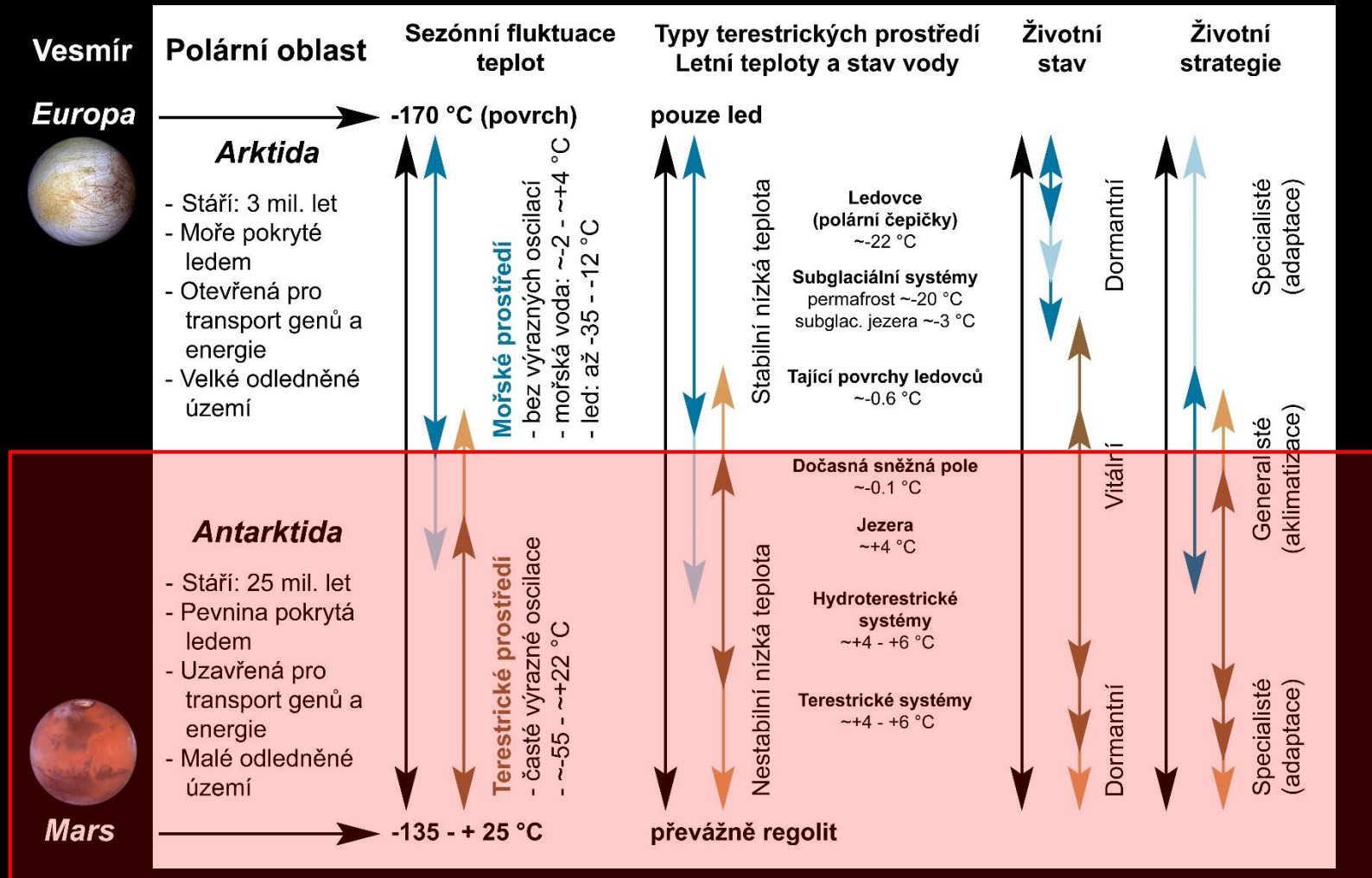
- determinace jakýchkoliv minulých nebo současných obyvatelných prostředí, prebiotické chemie a známek života v Sluneční soustavě.
- určení minulosti jakýchkoliv prostředí obsahujících kapalnou vodu, chemické prvky a zdroje energie, které mohou podporovat živé systémy.
- průzkum materiálů kůry a atmosféry planet pro získání jakéhokoliv důkazu přítomnosti života v minulosti nebo současnosti.

Úkol 2.1: Průzkum Marsu.

Úkol 2.2: Průzkum vnější části Sluneční soustavy.

➔ **Polární oblasti jako pozemské analogy jiných planet/měsíců**

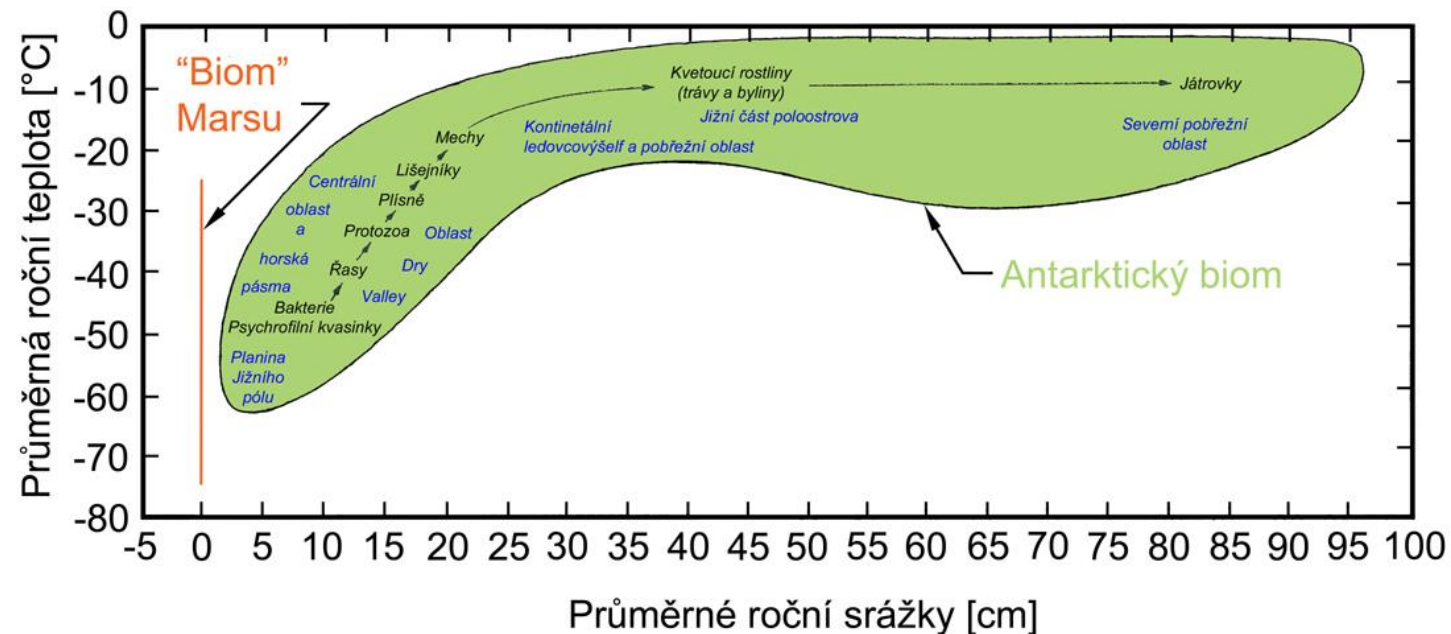
TERESTRICKÉ ANALOGY



(Elster et Benson (2008) in *Life in the Frozen State*)

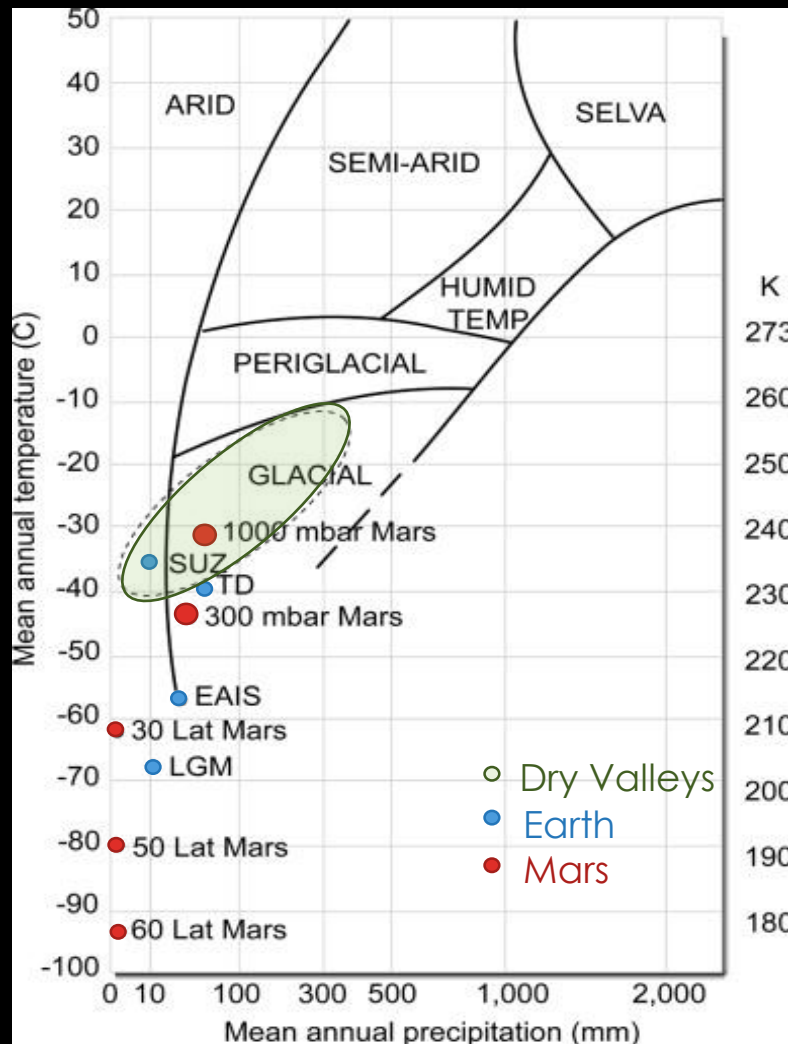
ANTARKTIDA - KLIMATICKÝ ANALOG

- nízká teplota
- nízká dostupnost vody
 - <10 %



Cameron et al. (1976) *Antarctic Microbiology – Preparation for Mars Life Detection, Quarantine and Back Contamination*

ANTARKTIDA - KLIMATICKÝ ANALOG



- nízká teplota
- nízká dostupnost vody
 - <10 %

Legenda:

30 (50/60) Lat Mars – současný Mars na 30 (50/60)° p.š.;

300 (1000) mbar Mars - dávný Mars při 300 (1000) mbar (0.3/1 atm);

EAIS – stanice Vostok, současnost

LGM – poslední glaciální maximum, ca před 18 tis. lety

TD – Taylor Dome (35 km JZ od Dry Vallyes, současnost

SUZ - stabilní zóna vrchovin

Marchant et Head (2007) *Ikarus*

MARS	ZEMĚ
Pouště = oblasti s nízkým obsahem vody v regolitu	Chladné pouště » Dry Valleys (Antarktida) » Devon Island (Arktida, Kanada) » Atacama (Chile) » Utah (USA)
Glaciální a subglaciální systémy	Ledovce a subglaciální systémy » Dry Valleys (Antarktida)
Paleojezera	Trvale zmrzlá jezera » Dry Valleys (Antarktida)
Podpovrchová voda (?) - „prameny“ na svazích kráterů	Sněžníky
Podpovrchová voda (?) Dark dune spots	Mělké mokřady (seepages) Chladné prameny » Axel Heiberg Island (Arktida, Kanada) » Trolljeldene a Jotulkjeldene (Svalbard) Dočasná sněžná pole » polární a horské oblasti
Regolit s vyšším obsahem vody	Permafrost

POUŠTĚ

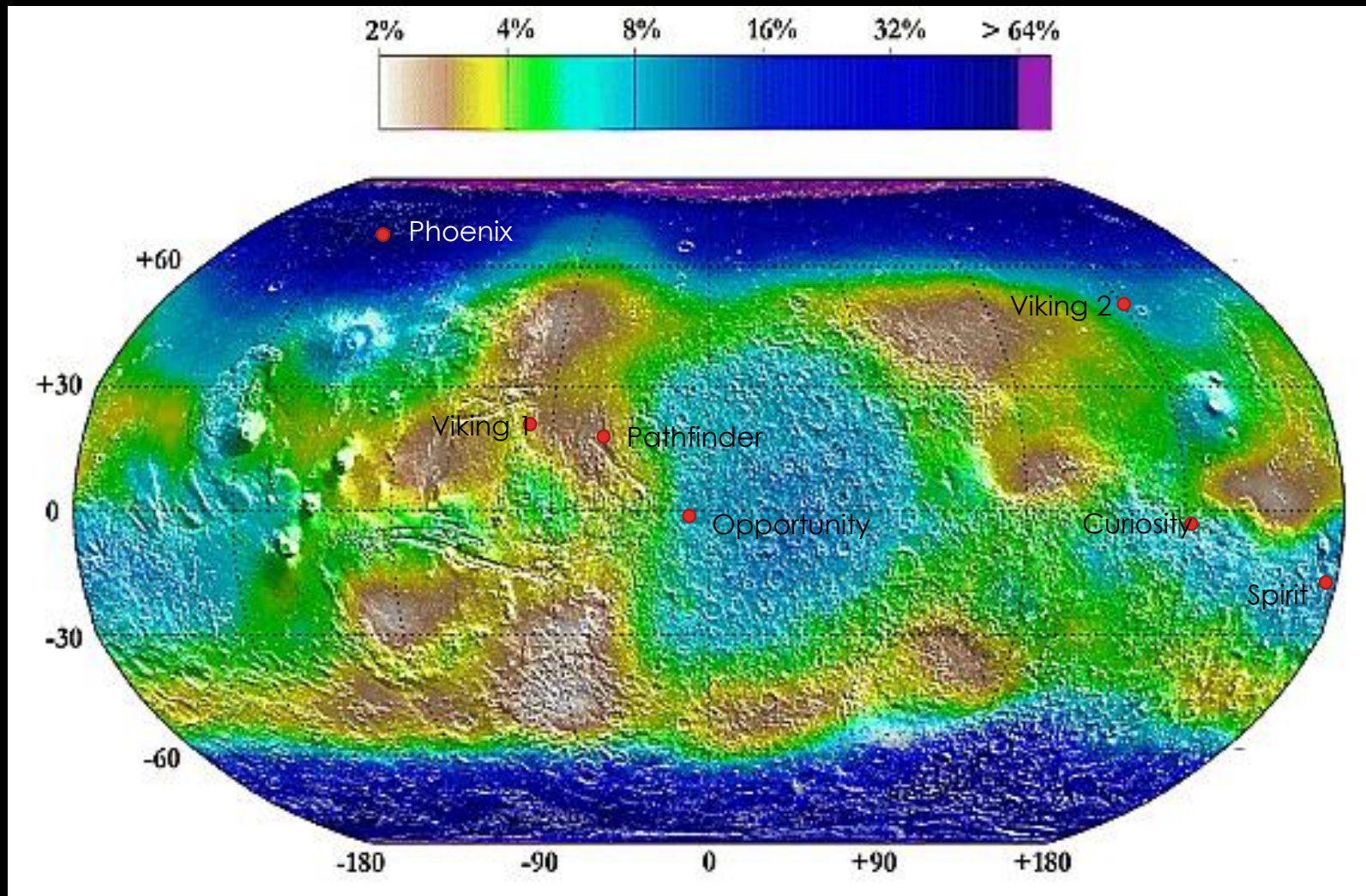


Poušť Marsu. NASA/JPL/Spirit.



Dry Valleys. F. Steward/Internet.

POUŠTĚ MARSU

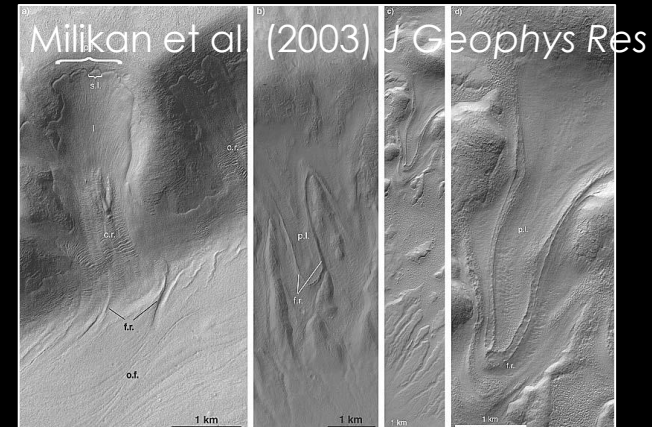
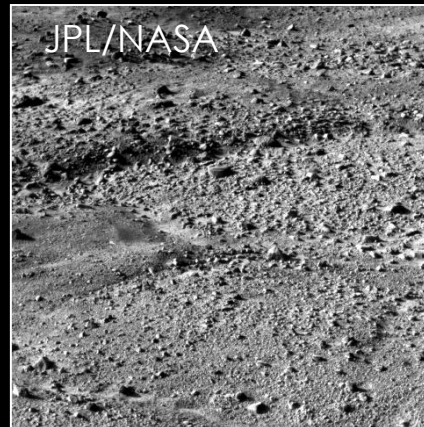


Distribuce vody v regolitu Marsu. Feldman et al. (2004) *Journal of Geophysical Research: Planets*

GEOMORFOLOGIE CHLADNÝCH POUŠTÍ

- podobné procesy v Dry Valleys i na Marsu (Marchant et Head (2007) *Ikarus*)

Proces/ struktura	Dry Valleys			Mars
	Vrchoviny	Přechodná zóna	Pobřeží	
Rokliny	ne	ano	ano	ano (30-70° p.š.)
Polygonální půda	ano	ano	ano	ano (>50 °p.š.)
Kryoflukce	ano	ano	ano	ano (30-60° p.š.)
Půdní vlhkost	< 3 %	≤ 10 %	≥ 10 %	<2 – 60 %
Rychlost eroze	~0.06 – 0.27 m/Ma	různé	~1 m/Ma	~ 0.2 m/Ma



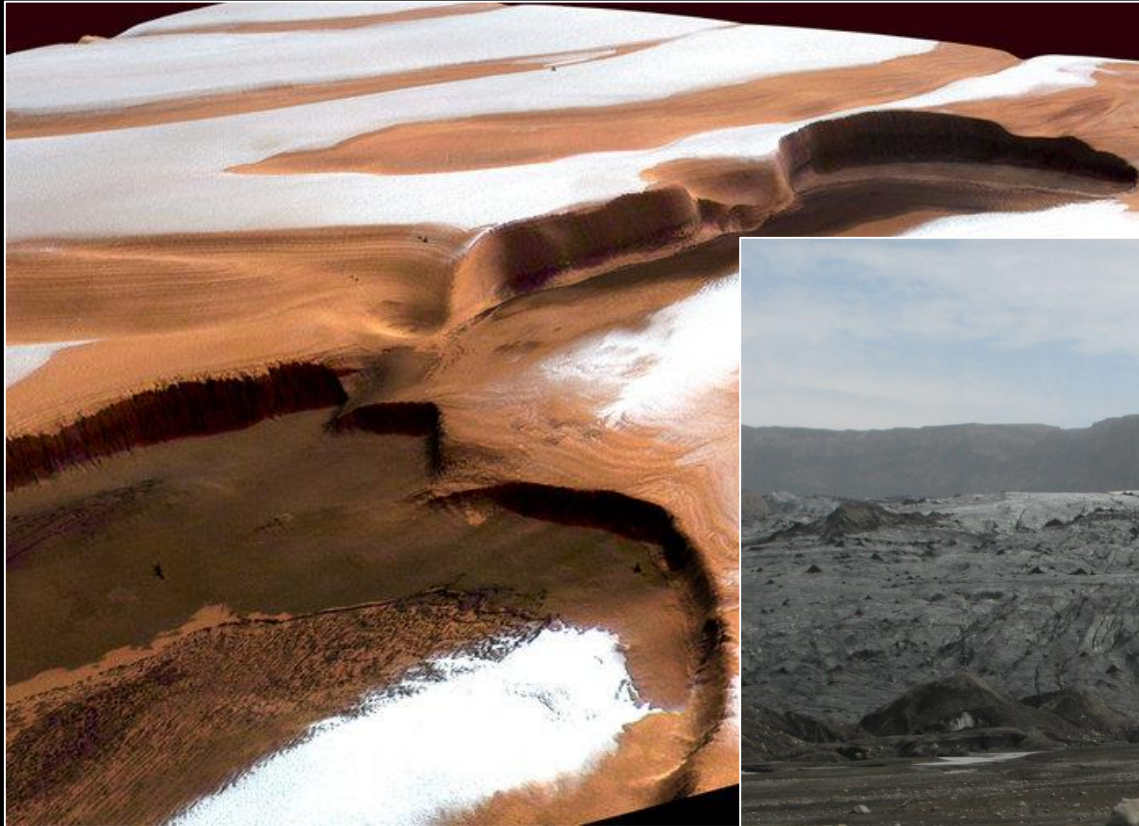
KRYPTOENDOLITI NA MARSU

- pravděpodobně jedno z posledních refugií života na povrchu Marsu (Sun et al. (2010) *Life in Antarctic Deserts and Other Cold Dry Environments: Astrobiological Analogs*)
- prokázáno dlouhodobé přežití některých endolitických mikroorganismů v podmínkách odpovídajících současnému Marsu (Scali et al. (2012) *Origins of Life and Evolution of Biospheres*)
 - nízká životaschopnost
 - nutné stínění
- relativně snadná detekce
- rozptýlené mikroekosystémy

Kryptoendolitické společenstvo,
Petuniabukta, Svalbard



SUBGLACIÁLNÍ SYSTÉMY



Severní polární čepička Marsu.
ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)



Sólheimajökull, Island

(SUB)GLACIÁLNÍ SYSTÉMY MARSU

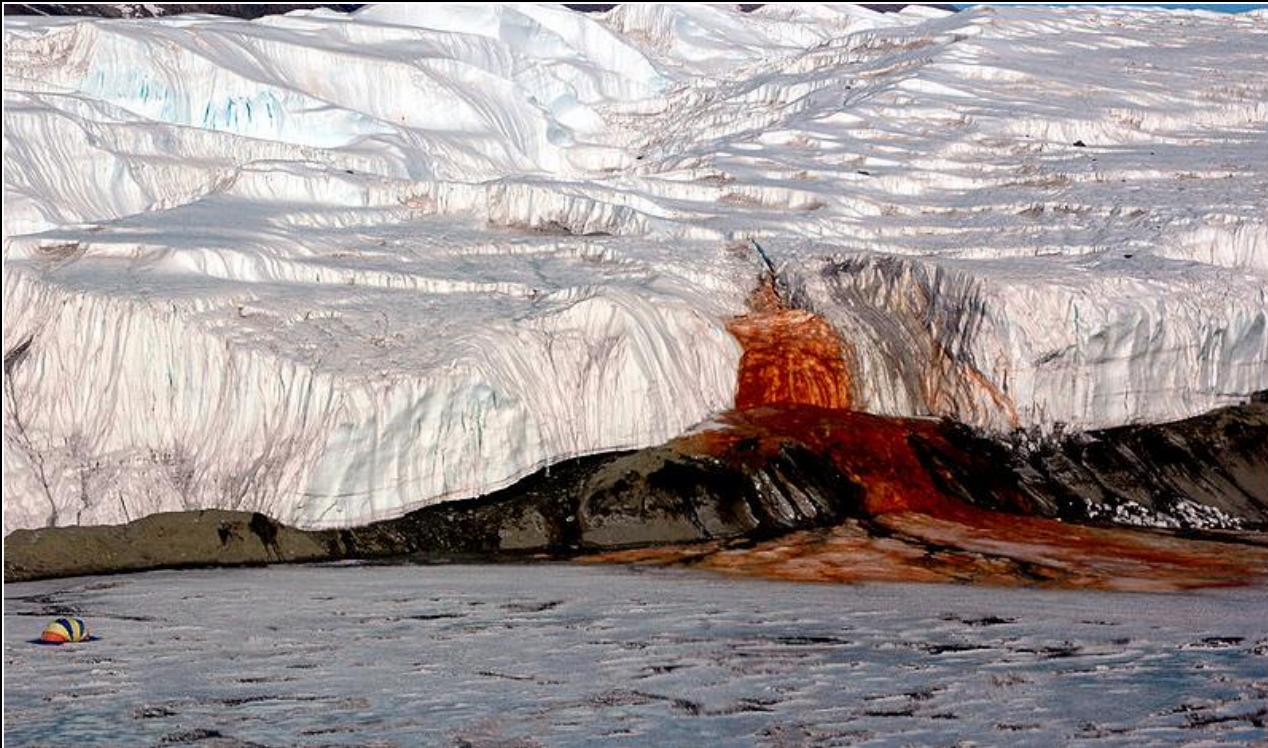
- Ledovec - ochrana před podmínkami na povrchu (Mikucki et al (2010) in *Life in Antarctic Deserts and Other Cold Dry Environments: Astrobiological Analogs*)
- Možná existence na současném Marsu (Mikucki et al. (2004) *Aquatic Geochemistry*, Mikucki et al. (2010) in *Life in Antarctic Deserts and Other Cold Dry Environments: Astrobiological Analogs*)
 - polární čepičky
 - podpovrchové ledovce
- Interakce sopečná činnost – ledovec (Head et Wilson (2007) *Annals of Glaciology*)
 - tání ledu a záplavy
 - hydrotermální aktivita
- Horší přístup
 - Vrtý
 - Tavné sondy

Možný ledovec v
Protonilus Mensae,
HiRISE, ESP_019358_2225,
NASA/JPL/University of
Arizona



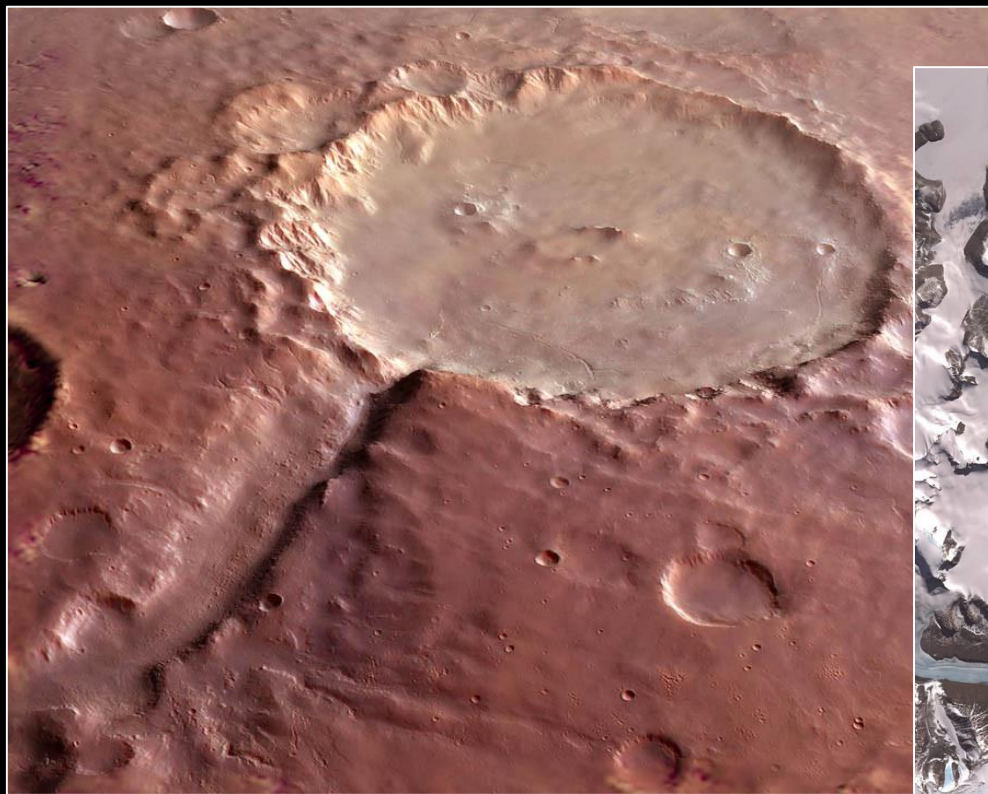
SUBGLACIÁLNÍ EKOSYSTÉMY ZEMĚ

- Ledem pokryté ekosystémy nezávislé na slunečním záření
- př. Blood Falls
 - Výtok ze subglaciálního ekosystému obohacený o Fe



Blood Falls v Dry Valleys. Foto: US Antarctic Program/Wikipedia

PALEOJEZERA



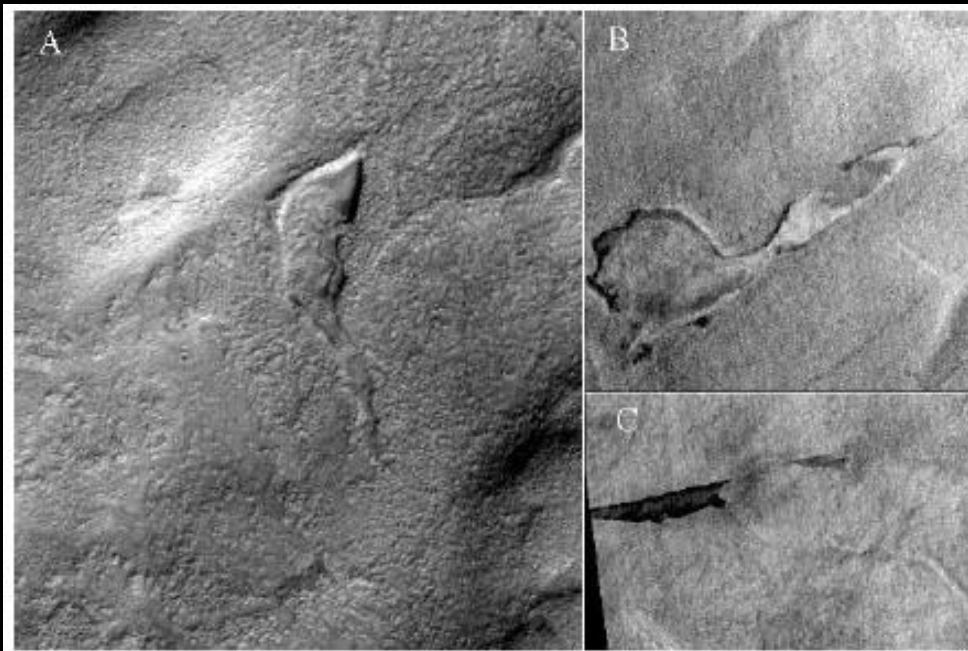
Kráter Holden s odtokovým
kanálem. NASA.

Dry valleys, Antarktída.
NASA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS a U.S./Japan
ASTER Science Team.



PALEOJEZERA MARSU

- nejvyšší počet jezer mezi 20°s.š. a 20°j.š. a na severní polokouli (Mikucki et al. (2010) in *Life in Antarctic Deserts and Other Cold Dry Environments: Astrobiological Analogs*)
 - velmi různorodé typy
 - dlouhodobě stabilní
- několik trvale zamrzlých jezer by mohlo existovat i dnes (Carbol et Grin (2005) in *Water on Mars and Life*)



Možné trvale zamrzlé jezero v SZ Hellas.

A - Nedávné uvolnění vody.

B - Detail snímku A

C – Akumulace tmavého materiálu.

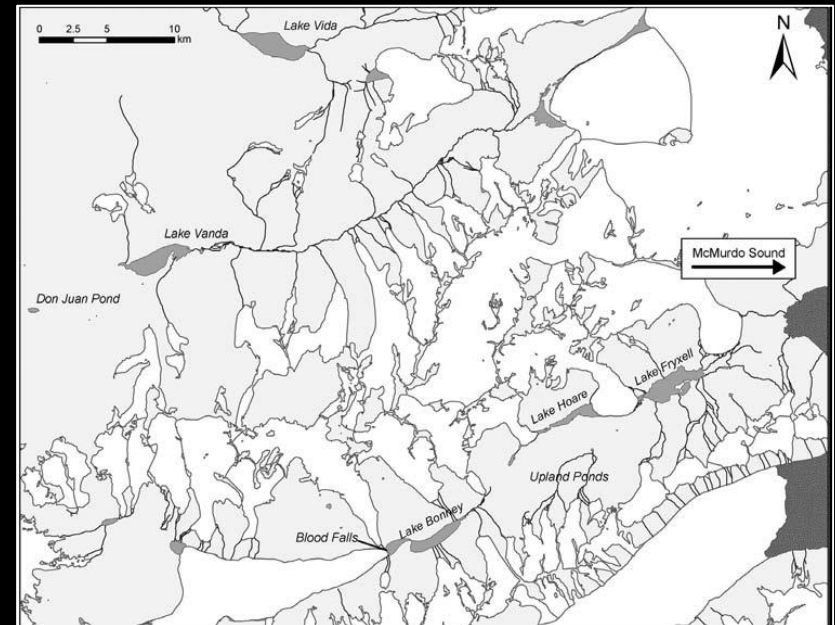
Carbol et Grin (2005) in *Water on Mars and Life*.

TRVALE ZAMRZLÁ JEZERA

- ledem pokryté ekosystémy využívající světlo jako zdroj energie



Jezero Bonney. Foto: G. Somero/Internet.



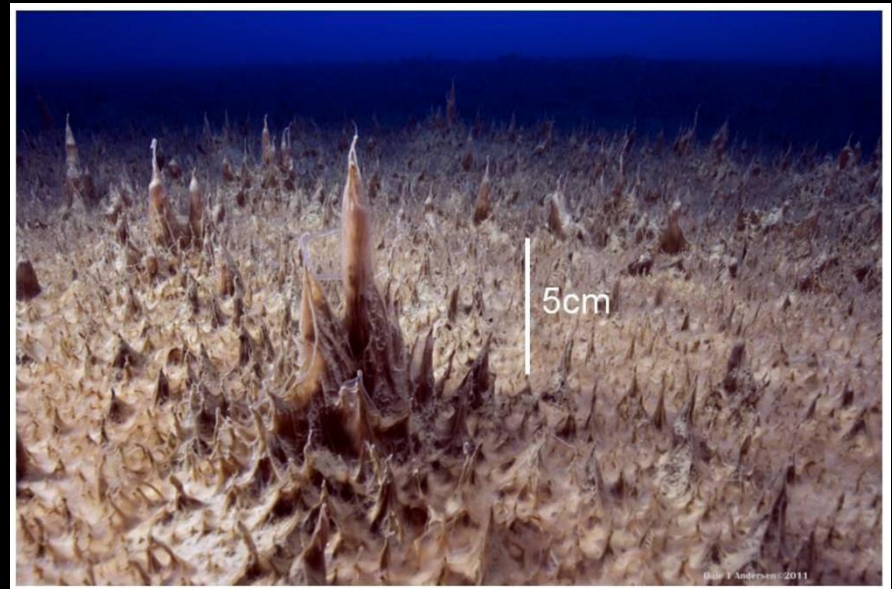
Trvale zamrzlá jezera v Dry Valleys. Mikucki et al (2010) in *Life in Antarctic Deserts and Other Cold Dry Environments: Astrobiological Analogs*.

MIKROBIÁLNÍ SPOLEČENSTVA JEZER

- diverzní (Bacteria, primitivní Eukarya, Archaea)
- dno – vrstevnaté struktury až 20 cm vysoké
- strmé gradienty uvnitř nárostu

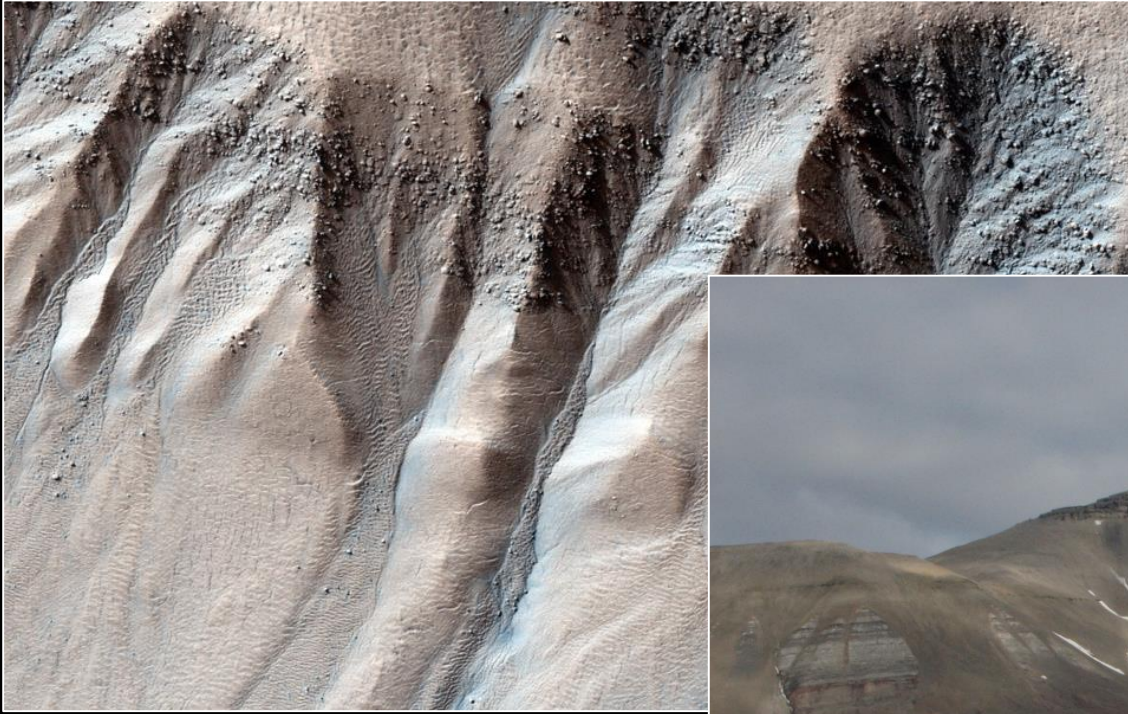


Mikrobiální nárosty v jezeře Bonney. Wharton et Doran (1999) *McMurdo Dry Valley Lakes: Impacts of Research Activities*
<http://www.mcmiliter.org/conferences/dvenvrn98.html>

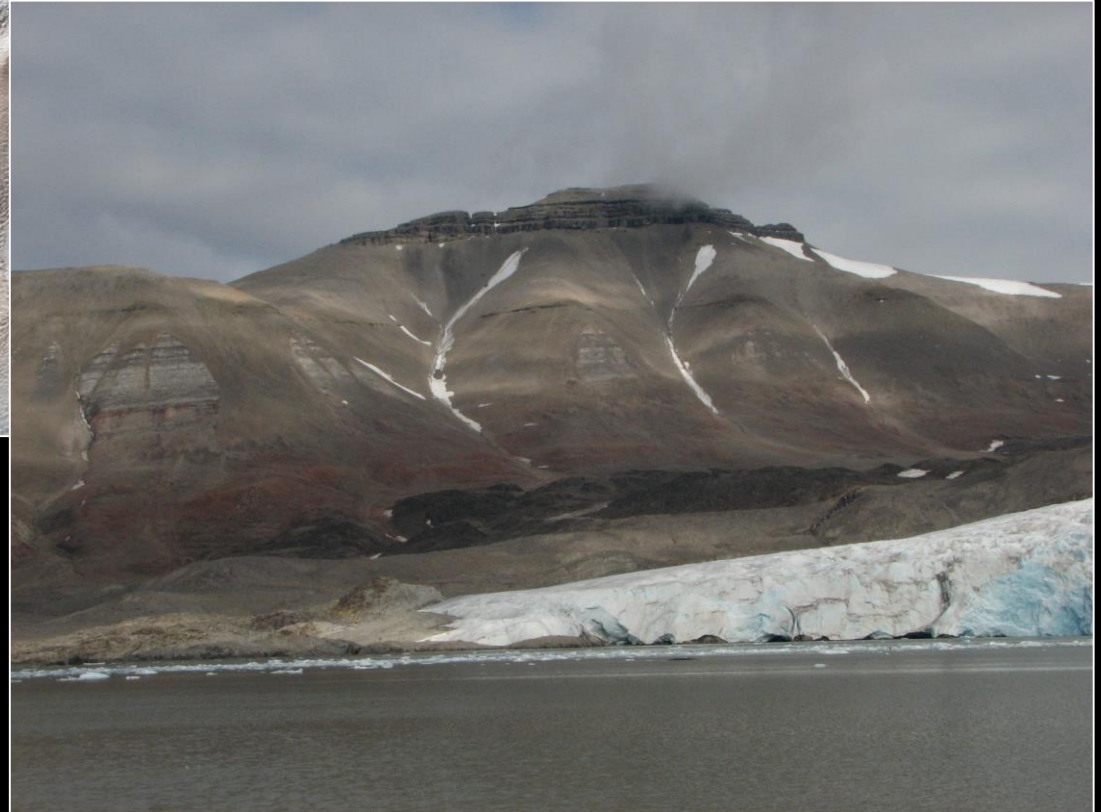


Mikrobiální nárosty v jezeře Vanda. Hawes et al. (2013) *Biology*.

PODPOVRCHOVÁ VODA - SVAHY



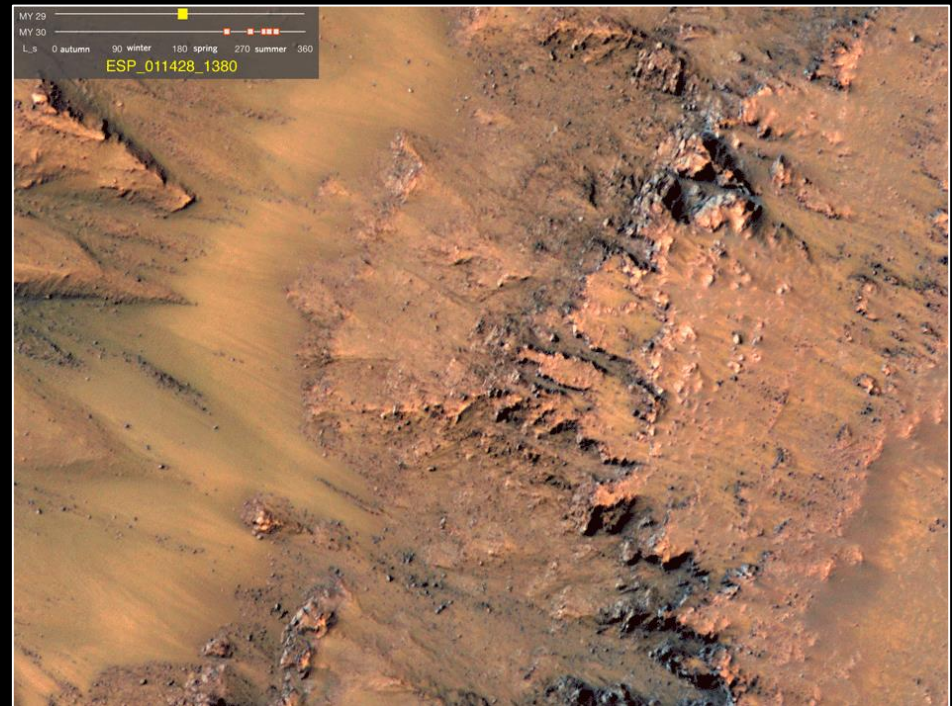
Rokliny vytvořené tekoucí vodou (?)
na Marsu . NASA/JPL-
Caltech/University of Arizona
PIA19295



Rokliny vytvořené tekoucí vodou na Svalbardu.

SEZÓNÍ TOKY NA MARSU

- na svazích orientovaných k rovníku od 30° p.š. k pólům
(Carbol et al. (2010) in *Life in Antarctic Deserts and Other Cold Dry Environments: Astrobiological Analogs*)
 - geologicky staré
 - impakt
 - vulkanická aktivita
 - recentní
 - impakt
 - tání
- salinní systémy (?)
- tání CO₂ (?)
- sutě (?)



Sezónní toky v kráteru Newton, Mars. HiRISE, NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona

SNĚŽNÍKY

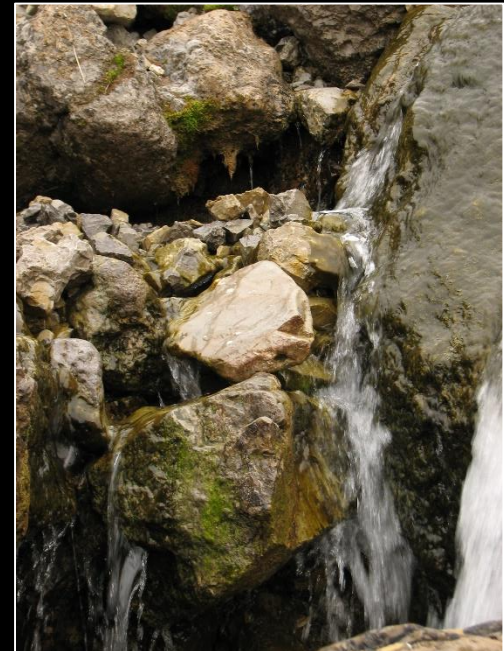
- na svazích pod sněžnými poli
- sezónní rozvoj
 - maximum - jarní tání
 - minimum – přelom polárního léta a podzimu



Sněžník v Petuniabukta,
Svalbard.

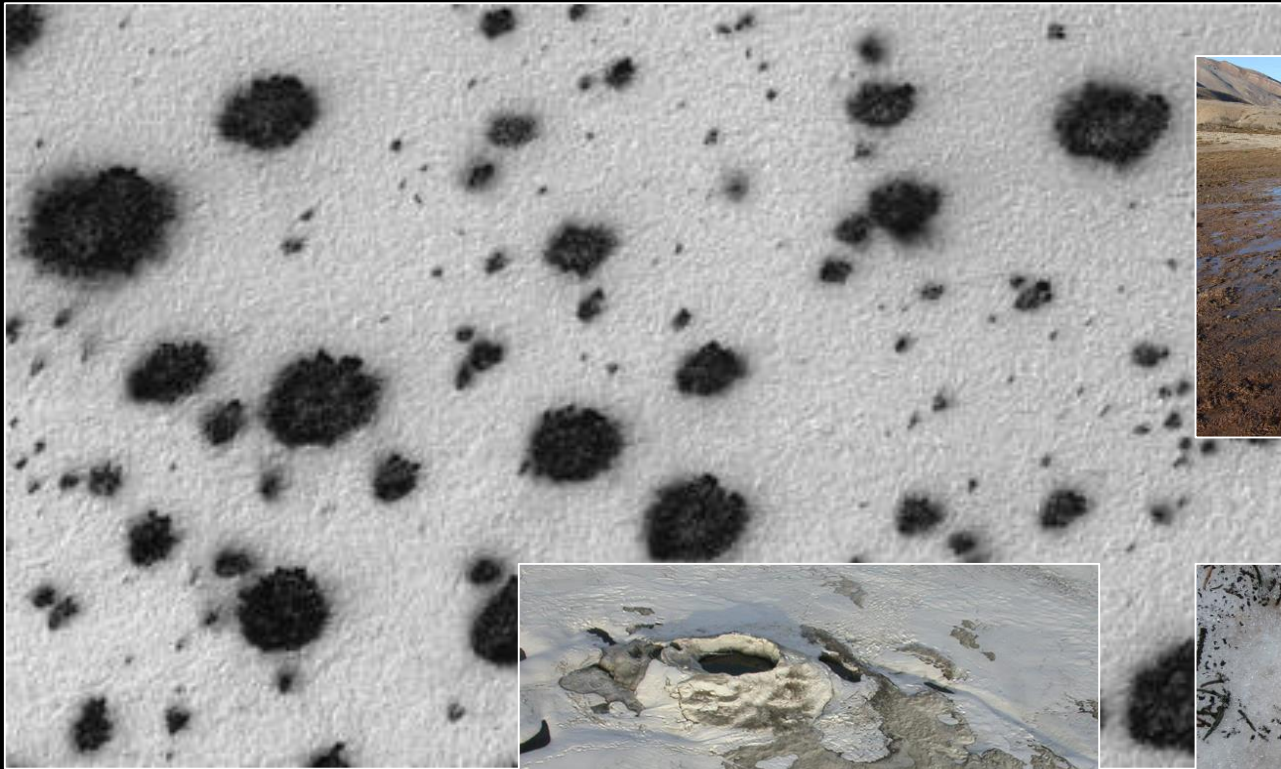


Nárosty v potoce.
Petuniabukta, Svalbard.

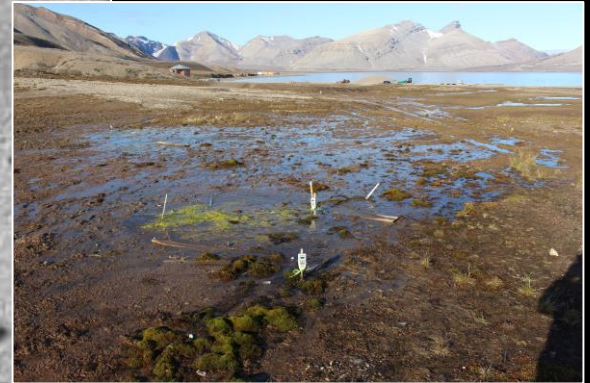


Nárosty v potoce.
Petuniabukta, Svalbard.

PODPOVRCHOVÁ VODA - DARK DUNE SPOTS



Dark dune spots.
NASA/MRO
HiRISE.



Mělký mokřad,
Petuniabukta, Svalbard.



Lost Hammer Spring, Axel
Heiberg Island. NRCC

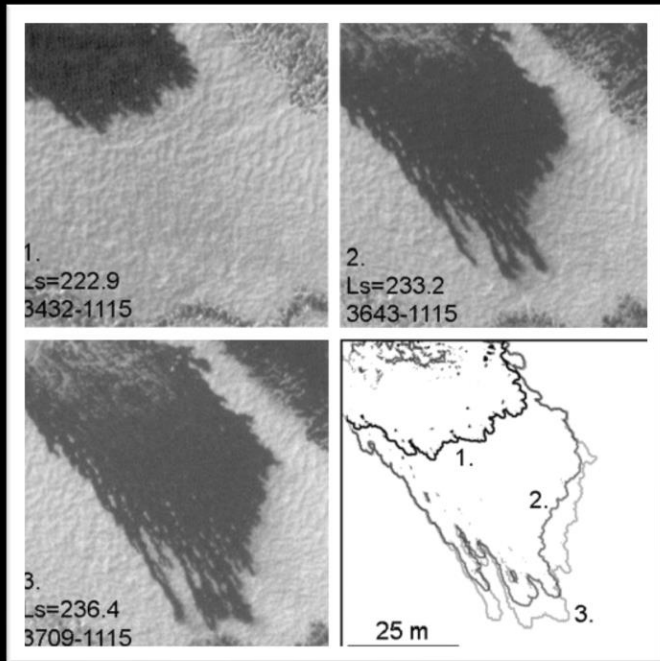


Společenstvo sněžných řas,
Krkonosy.

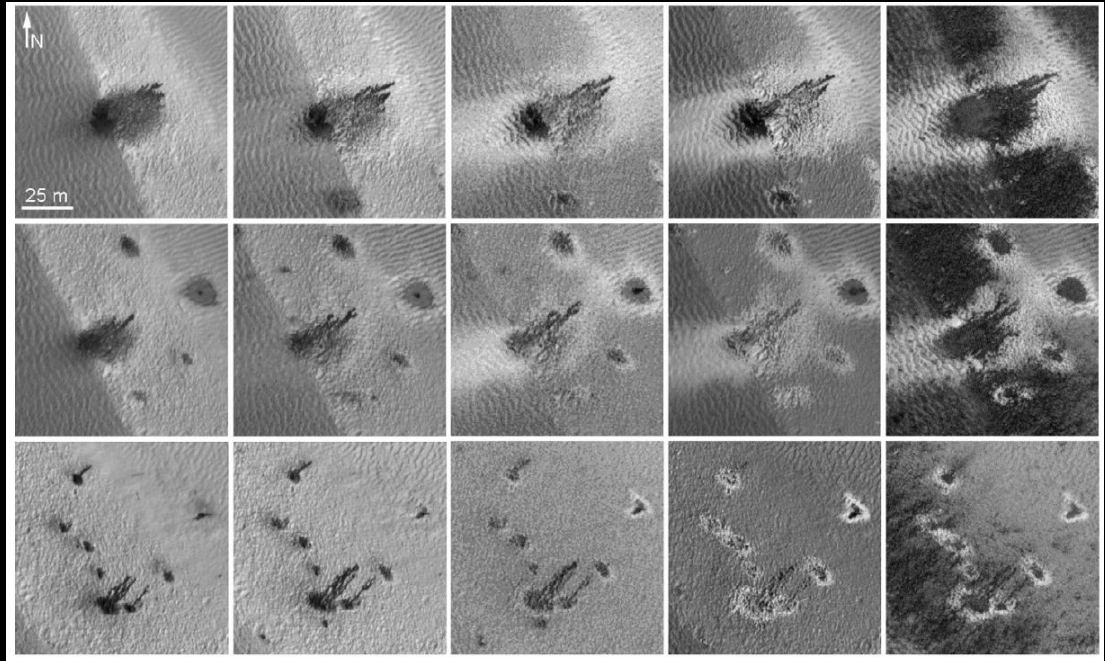
DARK DUNE SPOTS & WHITE COLLARS

Möhlmann (2009) *Ikarus*

- na jaře, 54 – 72° S/N
- voda (?), písek (?)



Vývoj dark dune spots. Kereszturi et al. (2008) *Lunar and Planetary Science Conference 39*, abstract #1391.



Vývoj white collars. Kereszturi et al. (2009) *Ikarus*

MIKROGEJZÍRY

Möhlmann (2009) *Ikarus*

- asociované s dark dune spots v polárních oblastech

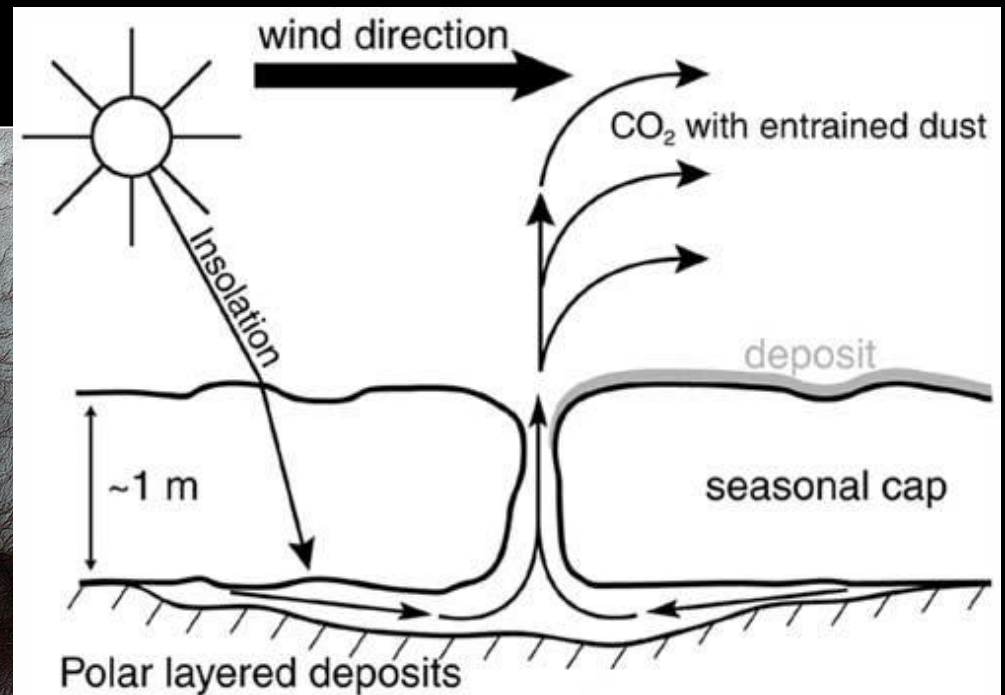
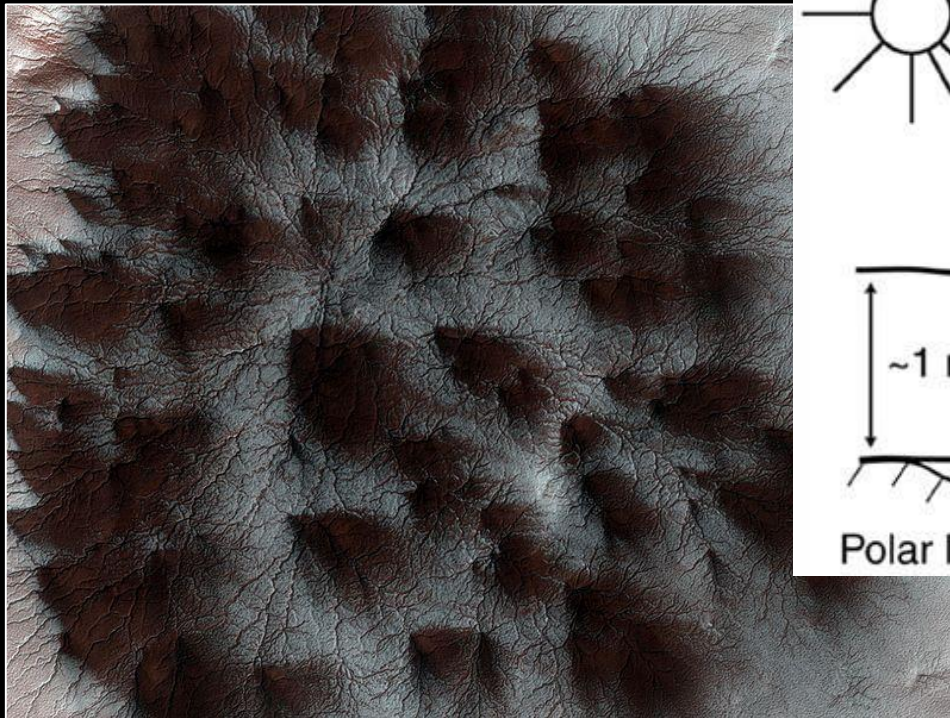


Schéma gejzíru. Piqueux et al (2003)
Journal of Geophysical Sciences

MĚLKÉ MOKŘADY (SEEPAGES)

- rozlitiny zásobované vodou z tajících sněžníků nebo pronikání kapaliny na povrch
- mikrobiální nárosty



Mikrobiální nárosty v mělkém mokřadu.
Petuniabukta, Svalbard.



Vývěry v mělkém mokřadu.
Petuniabukta, Svalbard.

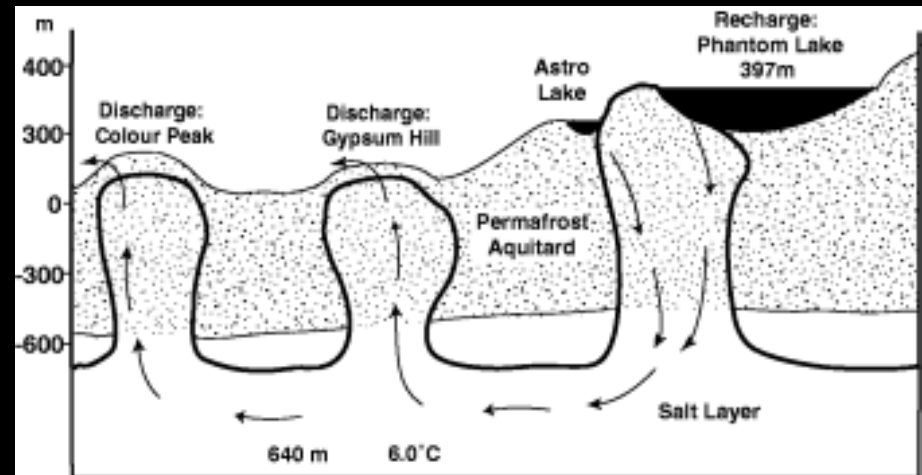
CHLADNÉ PRAMENY ARKTIDY

AXEL HEIBERG ISLAND, KANADSKÁ VYSOKÁ ARKTIDA

- slané prameny
- ca 6 °C/1 °C



Lost Hammer Spring on Axel Heiberg Island, Nunavut Territory, Canada. Dept. Natural Resource Sciences, McGill University, Montreal.



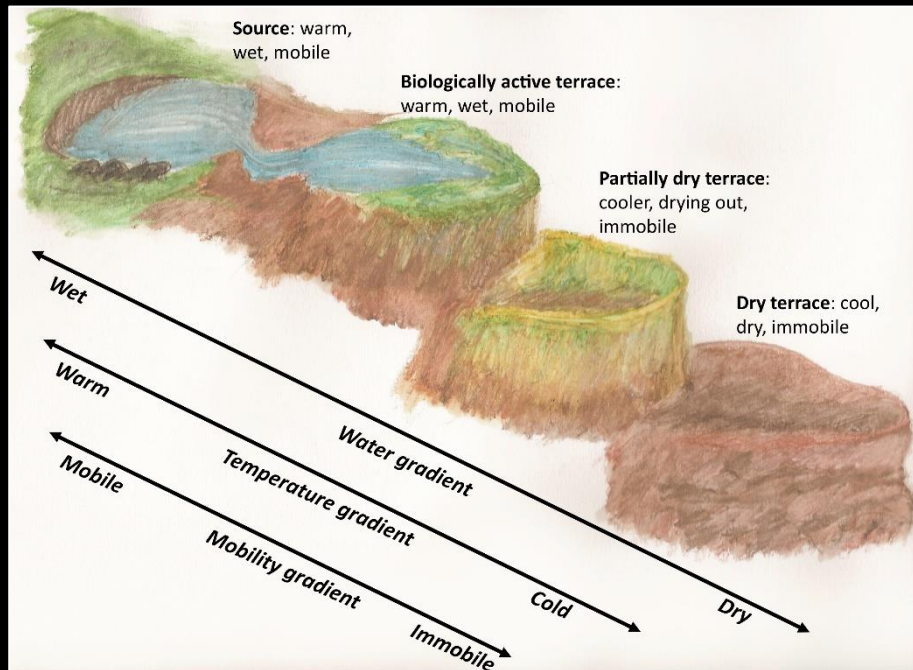
Schematic of spring system located at Expedition Fiord, Axel Heiberg Andersen et al (2002) *Journal of Geophysical Research Planets*

CHLADNÉ PRAMENY ARKTIDY

TROLL SPRINGS, BOCKFJORD, SZ SVALBARD

Starke et al. (2013) *Environmental Microbiology Reports*

- uhličitánové terasy
- maximální teplota 25 – 28 °C
- endolitická společenstva

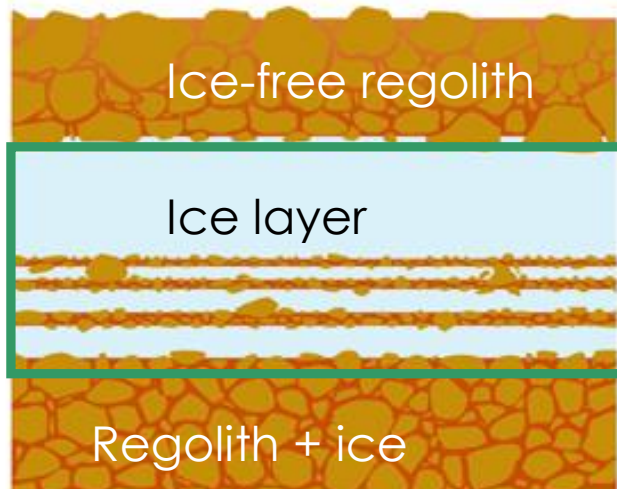


Systém Troll Springs. Starke et al. (2013)
Environmental Microbiology Reports.

<https://verenastarke.wordpress.com/research-interests/troll-springs/>.

DOČASNÁ SNĚŽNÁ POLE

Subsurface ice layer



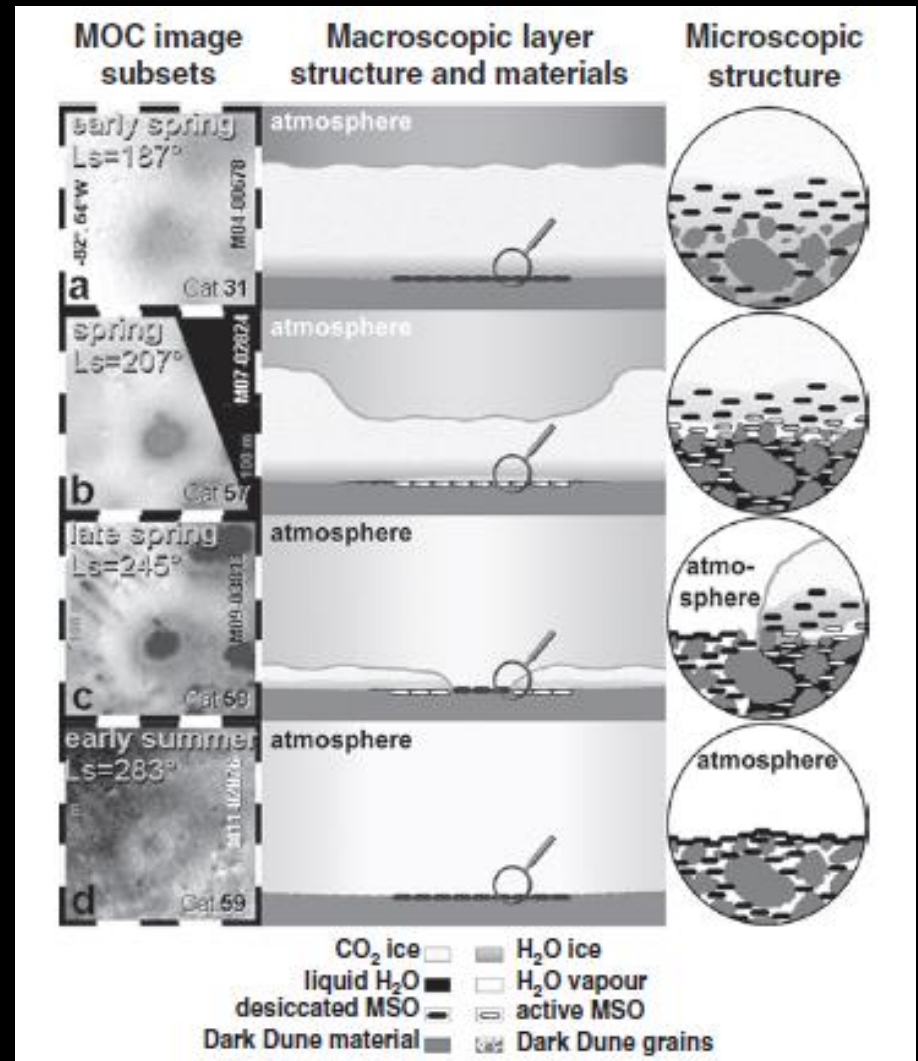
Ice in regolith pores



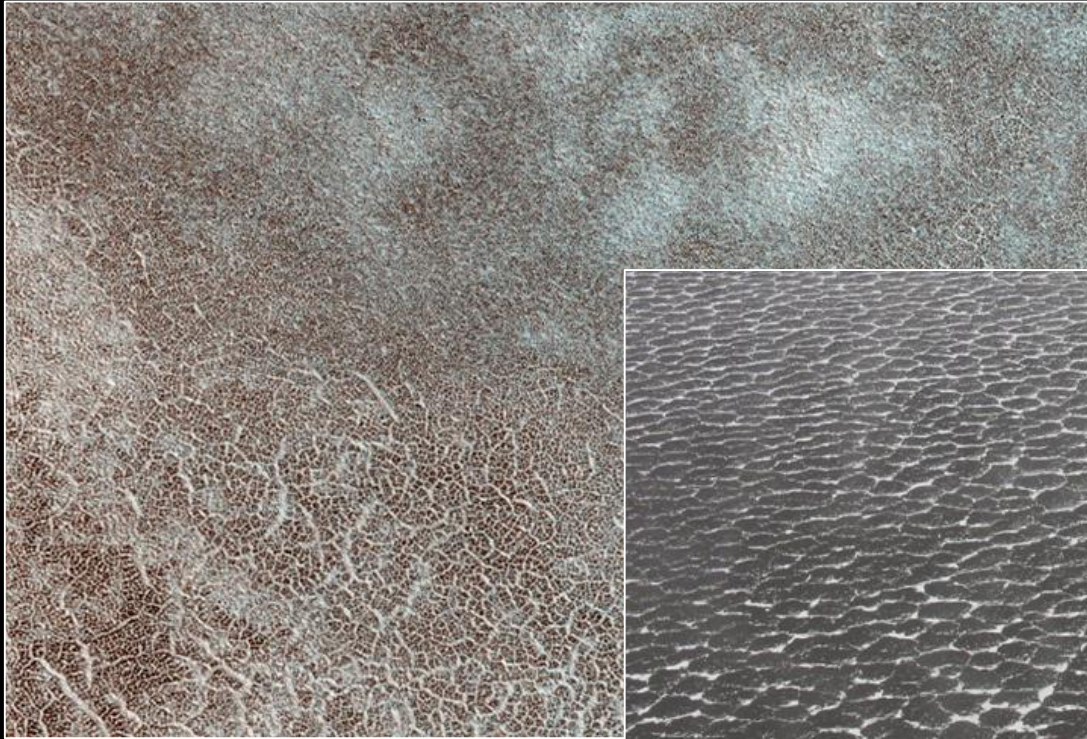
SEZÓNÍ ROZVOJ MIKROORGANISMŮ

- jaro/léto
- poměrně krátkodobé (dny-týdny)
- podobná struktura
 - zrna regolitu ~ krystaly písku/ledu
- podobné podmínky
 - nízká teplota
 - podobná ochrana před zářením (vrstva sněhu a ledu)
 - depozice živin na povrchu

Možný roční cyklus mikroorganismů v „seepage“. Szathmáry et al. (2013) in *Planetary Systems and Origin of Life*



PERMAFROST

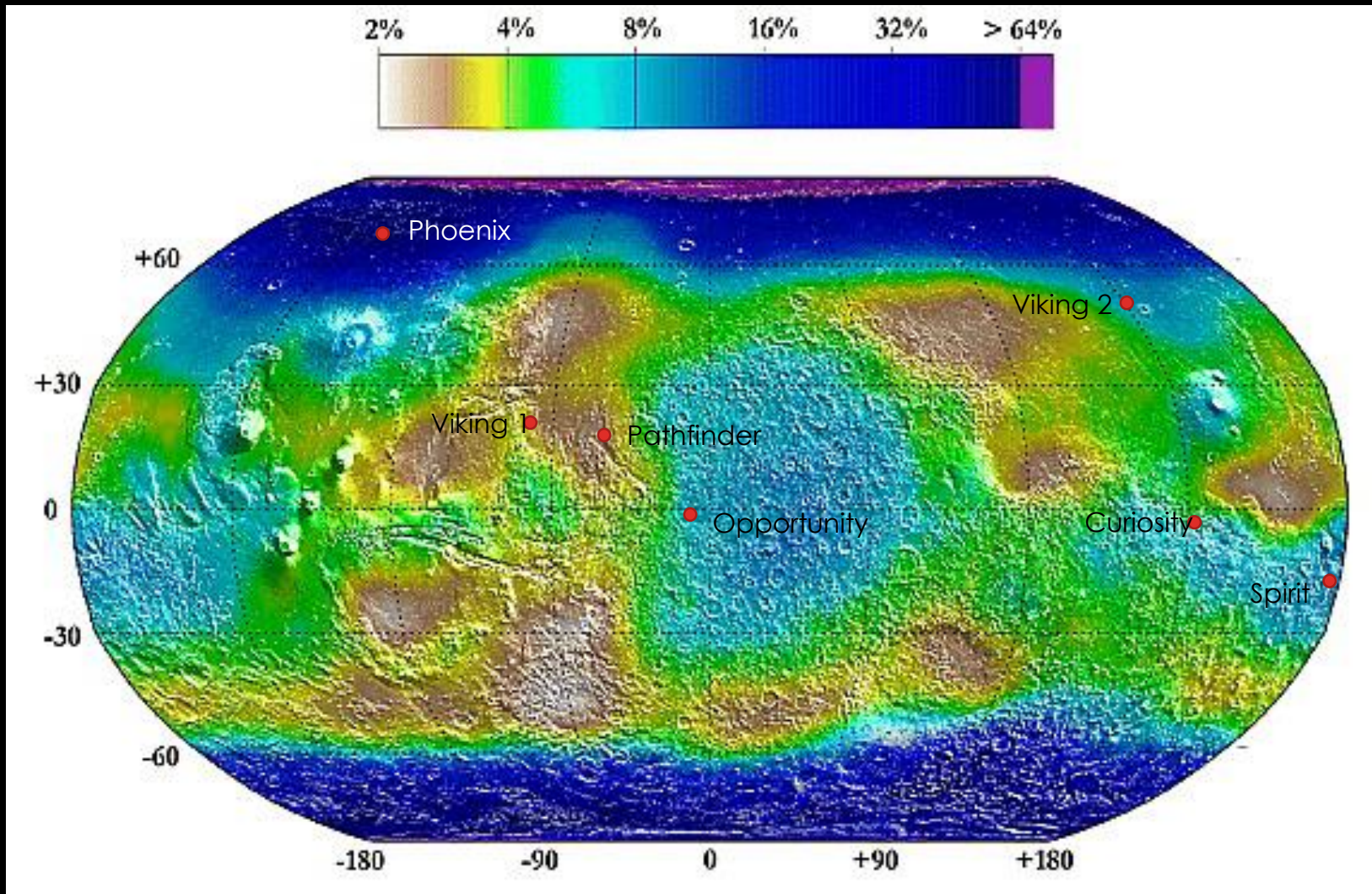


Polygony na Marsu. NASA/JPL-Caltech/University of Arizona.



Polygony v Antarktidě. NASA/JPL-Caltech/University of Arizona.

PERMAFROST MARSU

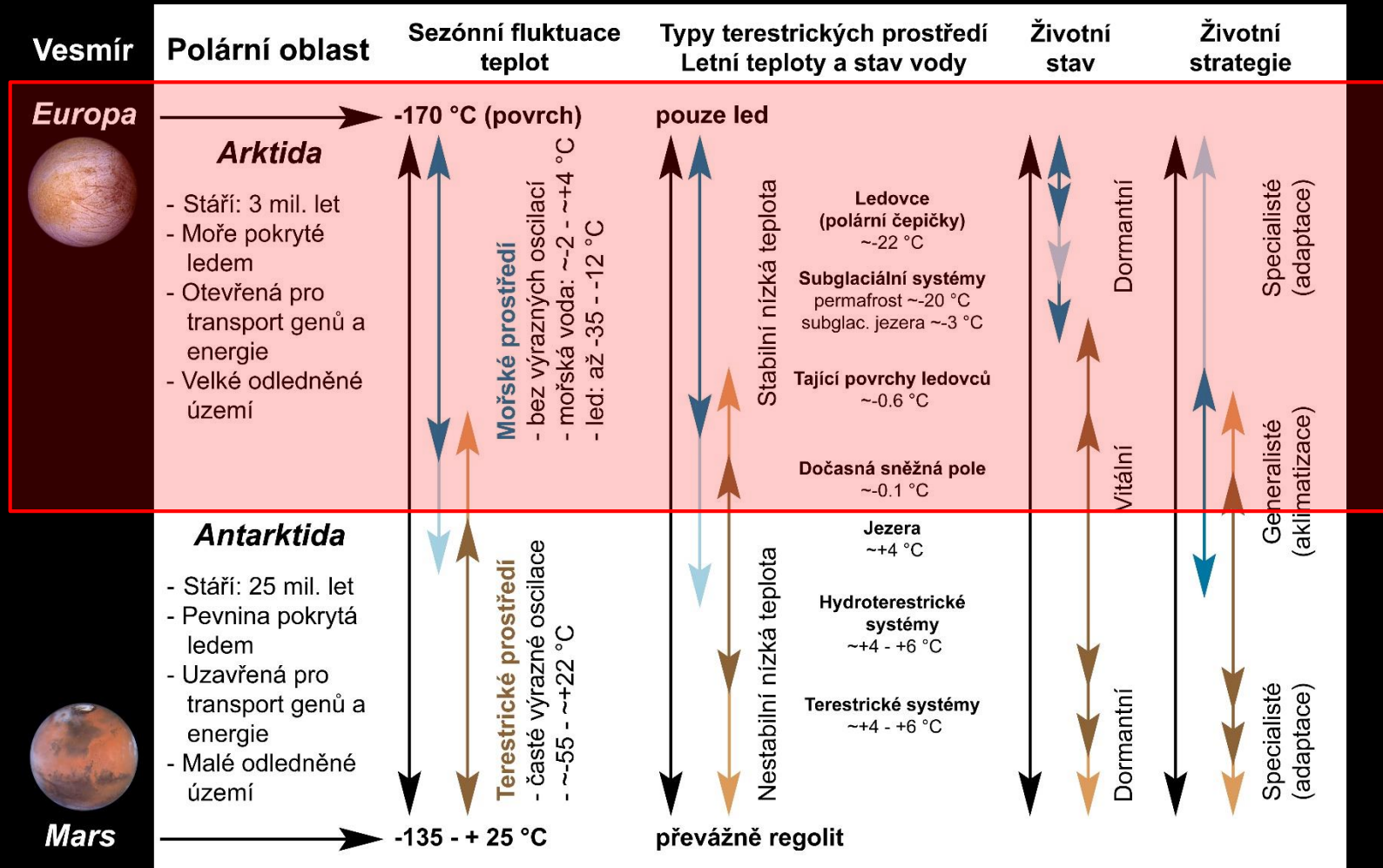


Distribuce vody v regolitu Marsu. Feldman et al. (2004) *Journal of Geophysical Research: Planets*

PERMAFROST

- „Deep cold biosphere“ (Vorobyova et al. (1997) *FEMS Microbiology Reviews*)
- Život v permafrostu
 - přežívání mikroorganismů až 3 – 5 Ma (Gilichinski et al. (2008) in *Psychrophiles: from Biodiversity to Biotechnology*)
- Psychofilní nebo psychrotolerantní mikroorganismy
- Prezervace organické hmoty na Marsu (Smith and McKay (2005) *Planetary and Space Science*)
 - nejstarší permafrost v oblasti vysočin 60 – 80°S, 180°W

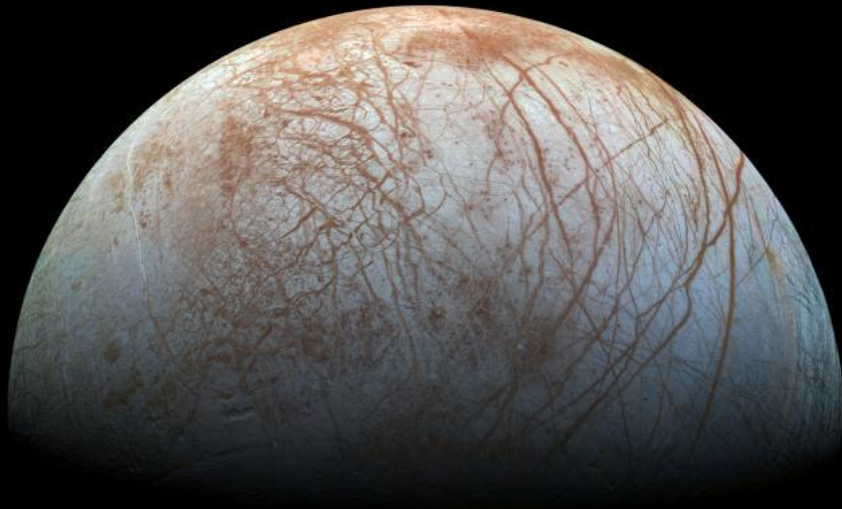
TERESTRICKÉ ANALOGY



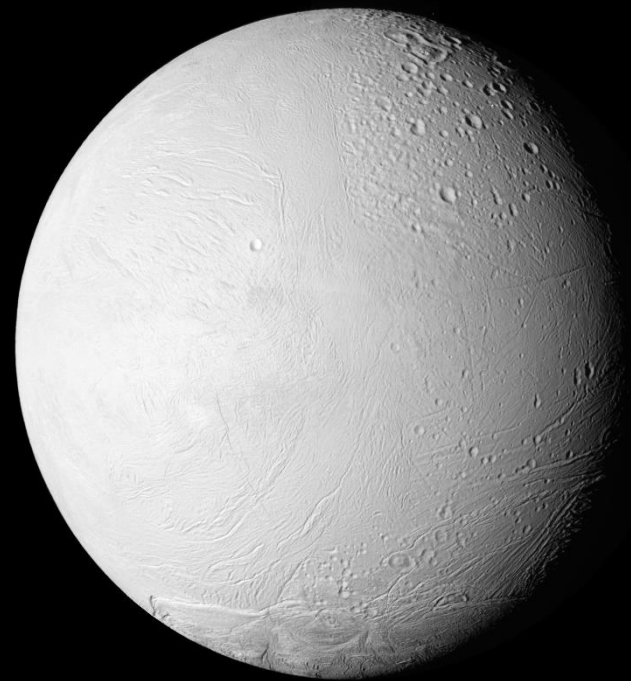
(Elster et Benson (2008) in *Life in the Frozen State*)

LEDOVÉ MĚSÍCE	ZEMĚ
Povrch	Polární led » Arktida » Antarktida Glaciální sirné prameny » Ellesmere Island (Arktida, Kanada)
Podpovrchový oceán	Polární oceán (pod vrstvou ledu) » Severní ledový oceán » šelfové ledovce Antarktidy Subglaciální systémy jezer a řek » Antarktida
Dno	Hlubokomořské hydrotermální vývěry » Gakkelův hřbet (Arktida) » Knipovichův hřbet (Arktida) » Mohnsův hřbet (Arktida) » Kolbeinseyův hřbet (Arktida) » Reykjaneský hřbet (Arktida) » Hookův hřbet (Antarktický poloostrov) » Deception Island (Antarktický poloostrov)

POVRCH



NASA/JPL/Galileo/PIA19048.jpg



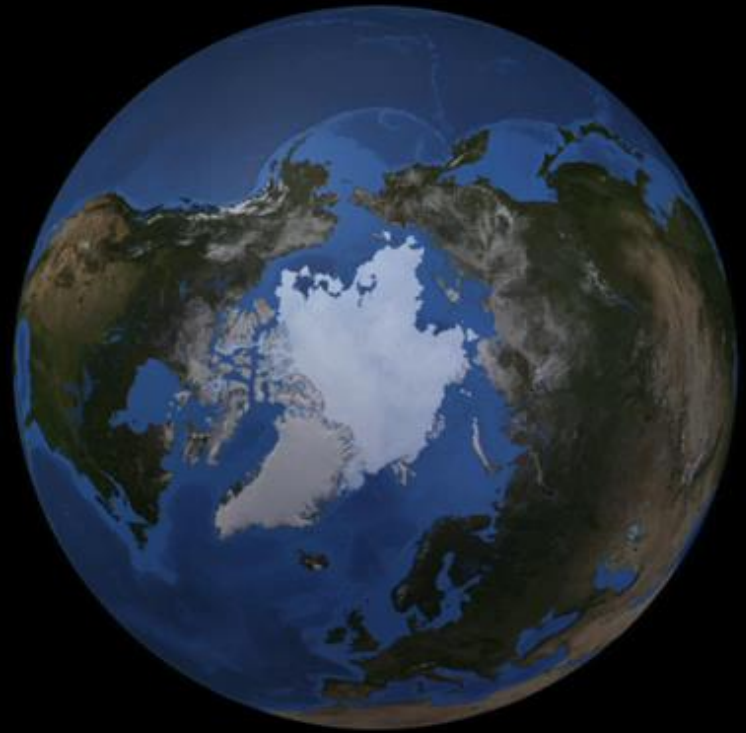
NASA/JPL/SSI

POLÁRNÍ LED

NASA's Goddard Space Flight Center

2010

Sep
Oct
Nov
Dec
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug



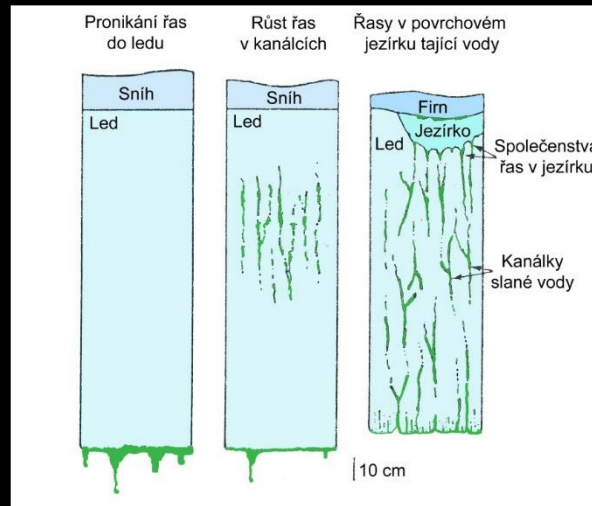
POLÁRNÍ LED

Thomas et Dieckmann (2005) *Science*

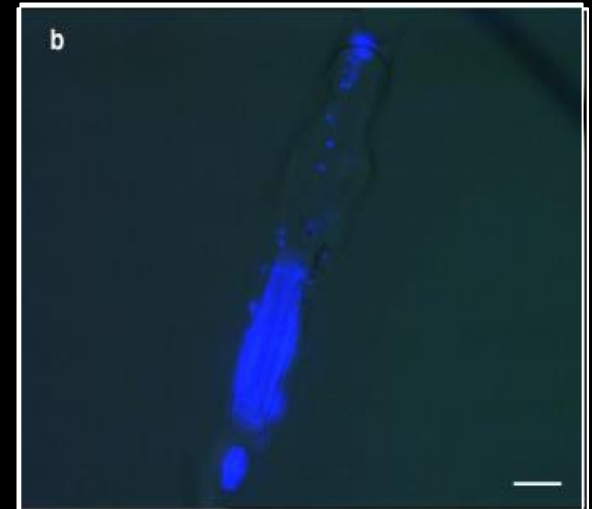
- ledové pukliny v polárních oblastech oceánů
- sezonní rozvoj



Rozsivkové společenstvo na spodní straně ledových ker. Foto: C. Ladd.



Vývoj společenstev v puklinách ledu. Upraveno podle Elster (1999) *Ekologie extrémních a speciálních biocenóz*



Transmisní (a) a epifluorescenční (b) obraz rozsivky. Junge et al. (2001) *Annals of Glaciology*.

GLACIÁLNÍ SÍROVÉ PRAMENY

BORUP FIORD PASS, OSTROV ELLESMERE, KANADSKÁ VYSOKÁ ARKTIDA

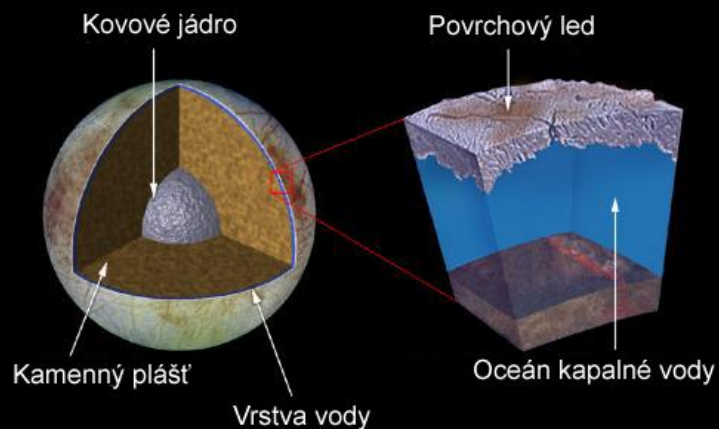
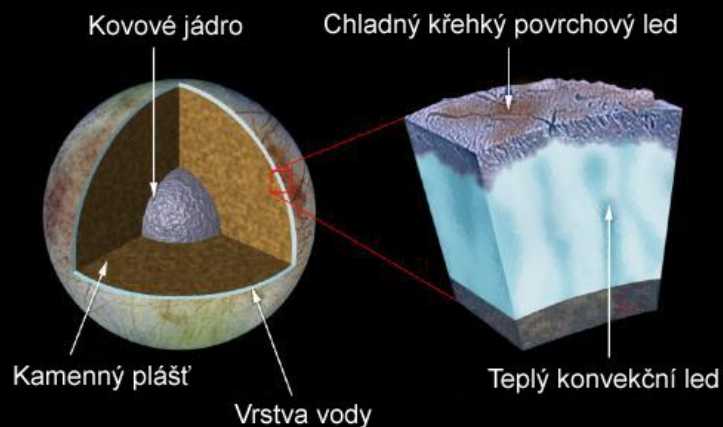
- sírové prameny na povrchu ledovce (Gasby et al (2003) *Astrobiology*)
- mikrobiální společenstvo (Gasby et al (2003) *Astrobiology*)
- litotrofie založená na síře (Wright et al. (2013) *Frontiers in Microbiology*)

Nánosy síry,
sádrovce a
kalcitu.
Foto:
Damhnait
Gleeson.

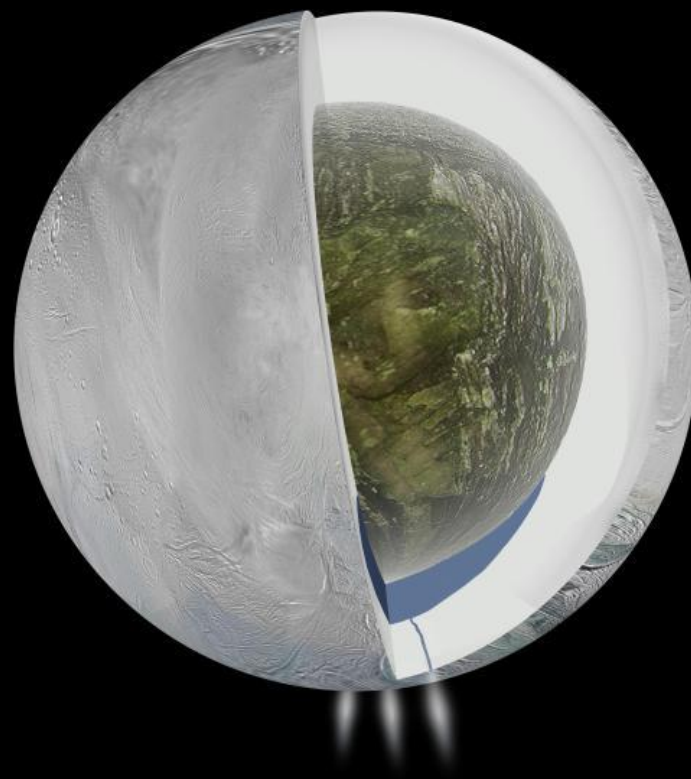


Ledovcový
pramen.
Foto:
Stephen E.
Grasby.

PODPOVRCHOVÝ OCEÁN/DNO



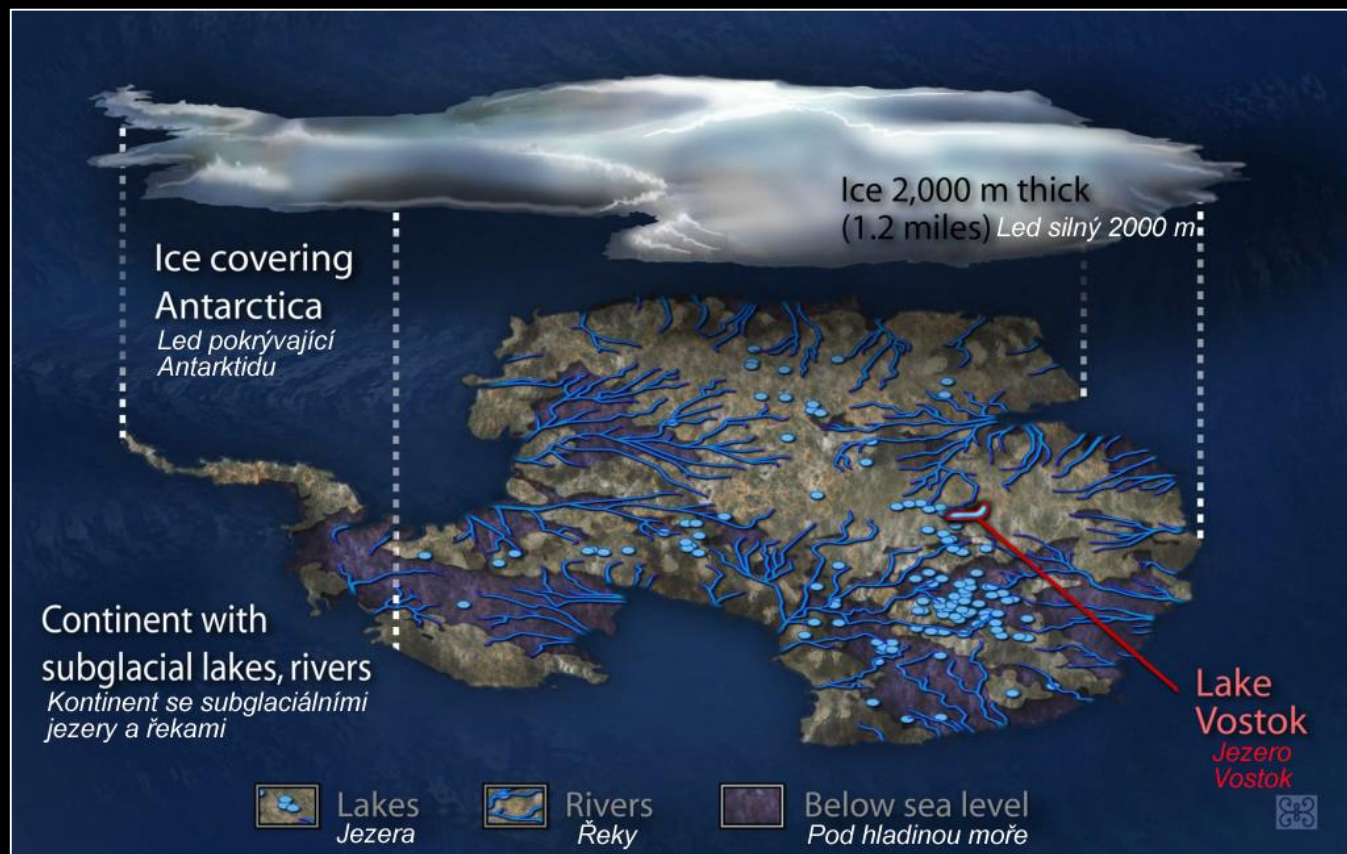
Dva modely vnitřní struktury Europy.
Upraveno z www.lpi.usra.edu.



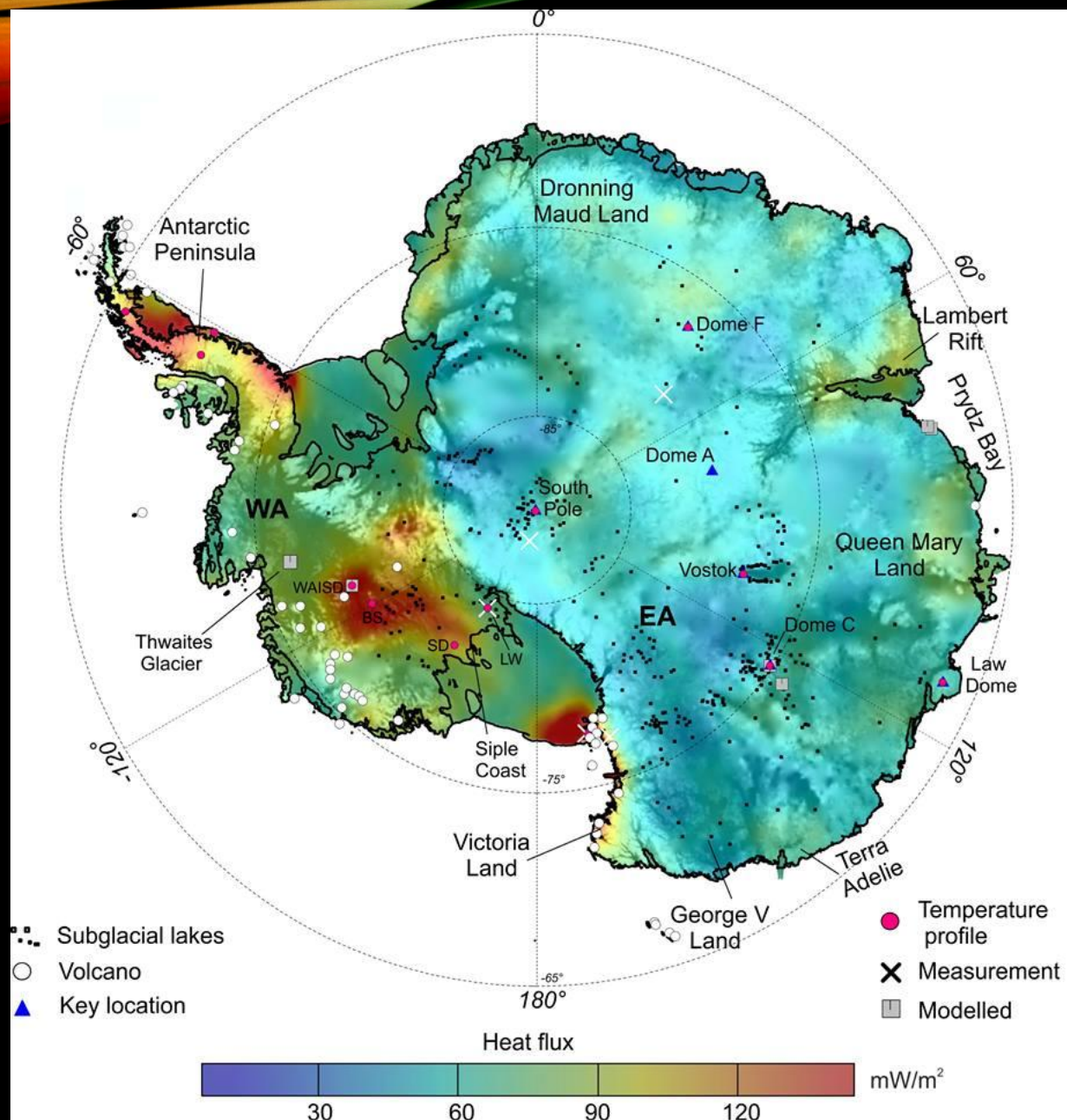
Vnitřní struktura Enceladu. NASA/JPL-Caltech

SUBGLACIÁLNÍ SYSTÉMY

- jezera a řeky pod kontinentálním ledovcem Antarktidy
- lokální geotermální aktivita pod vrstvou ledu



Systém subglaciálních jezer a řek Antarktidy. Obrázek: Zina Deretzky, NSF, doplněno o český překlad



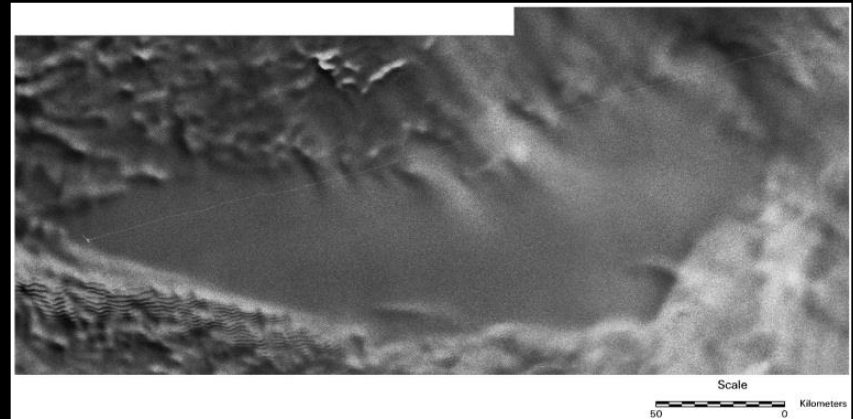
SUGLACIÁLNÍ SYSTÉM

- 145 subglaciálních jezer (Sieger et al. (2005) *Antarctic Science*)

- délka: 478 m (RTZ9/WLK/Wx/X0a) – 250 km (Vostok)
- tloušťka ledu 1750 m (M-3809) – 4663 m (VS/ECx/X19a)

- propojení jezer ledovcovými toky (Wingham et al (2006) *Nature*)

- výměna vody
- výměna mikroorganismů
- průtok až $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$



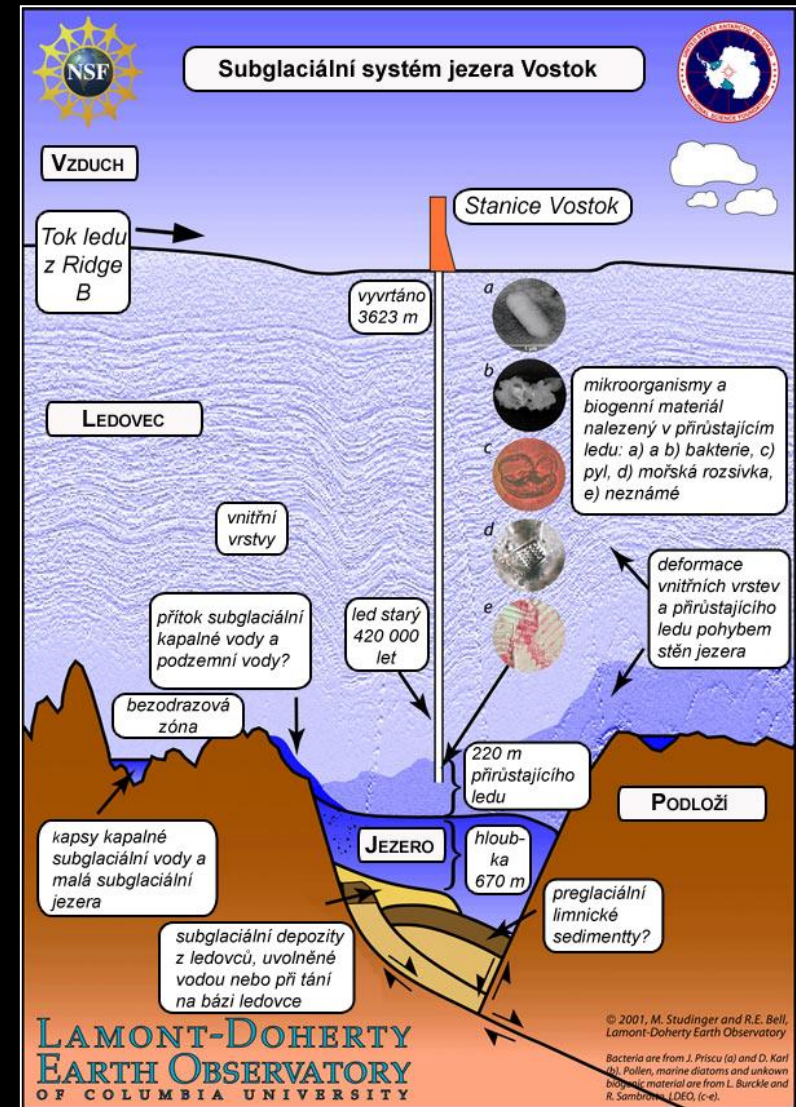
Radarový snímek jezera Vostok. Foto: RADARSAT/NASA, převzato z NSIDC

- Jezero Vostok
 - max. délka 250 km
 - max. šířka 80 km
 - plocha $14\,000 \text{ km}^2$
 - tloušťka ledu 3741 – 4150 m

MIKROBIOLOGIE

- mikrorganismy nalezeny v akrečním ledu (D'Elia et al. (2008) *Applied and Environmental Microbiology*)
 - nízké koncentrace buněk
 - většina buněk vitální
 - 18 unikátních rRNA bakteriálních sekvencí
- leden 2015 – nový „čistý“ vrt

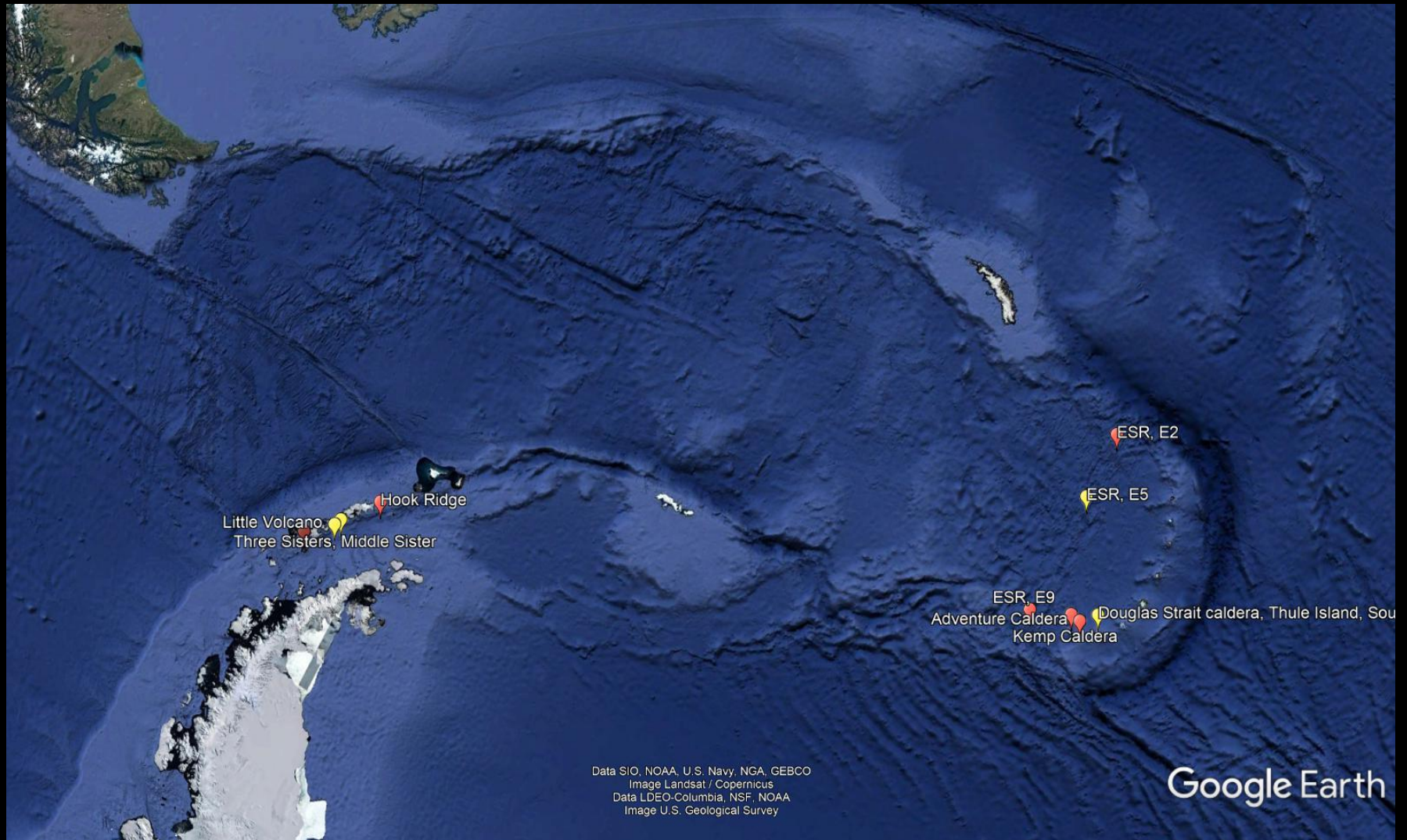
Schéma subglaciálního systému jezera Vostok. Podle Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, doplněno o český překlad



HLUBOKOMOŘSKÉ VÝVĚRY



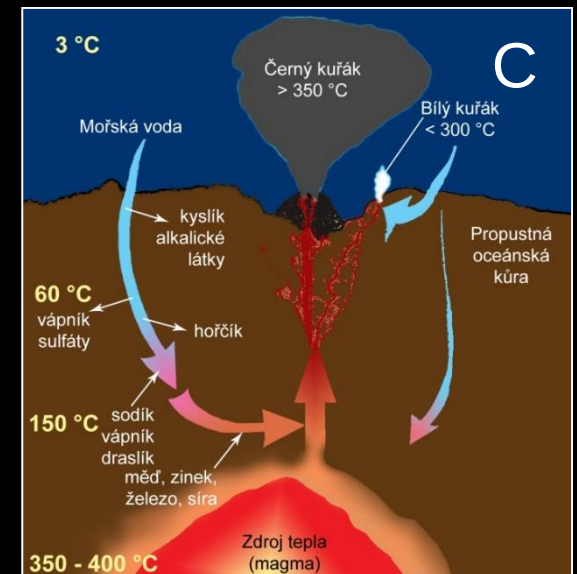
HLUBOKOMOŘSKÉ VÝVĚRY



HLUBOKOMOŘSKÉ VÝVĚRY



A - Hlubokomořský hydrotermální vývěr. Foto: Universität Bremen
B - Komplexní život u hydrotermálního ventilu. Foto: I. MacDonald
C - Schéma systému hydrotermálního vývěr. Upraveno z Humphris et McCollum (1998) *Oceanus*



CÍL 4 HISTORIE EVOLUCE ŽIVOTA

(Des Marais et al. (2008) *Astrobiology*)

- pochopení, jak se život na Zemi a planetární prostředí vyvíjely během geologických dob.
- zkoumání vývoje vztahů mezi Zemí a živými organismy na základě propojení důkazů z geologických i biologických věd, které ukazují, jak se život vyvíjel, reagoval na změny prostředí a sám měnil podmínky v planetárním měřítku.

Úkol 4.1: První biosféra Země.

Úkol 4.2: Vznik komplexního života.

Úkol 4.3. Vliv extraterestických událostí na biosféru.

➔ **Paleontologie v polárních oblastech**

NEJSTARŠÍ SEDIMENTY

- nejstarší sedimenty - Isua (Grónsko)
 - jedno z možných míst vzniku života (3.8×10^9 let) Pons et al. (2011) PNAS



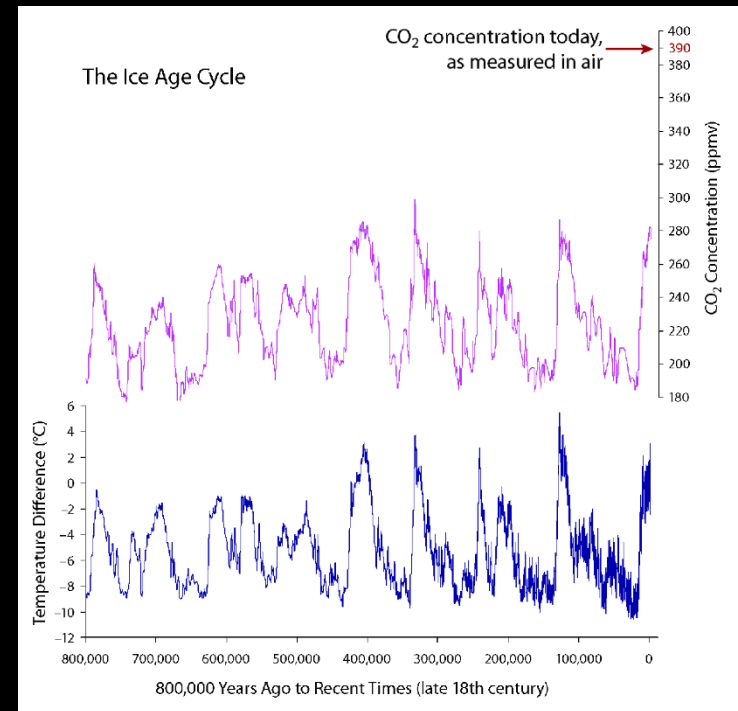
Vzorek sedimentu z Isua Rock, Grónsko. Převzato z
<http://muzeum3000.nm.cz/veda/narodni-muzeum-uchovava-jedny-z-nejstarsich-hornin>

REKONSTRUKCE KLIMATU

- ledovcové vrty
- až 800 000 let (Lüthi et al (2008) *Nature*)

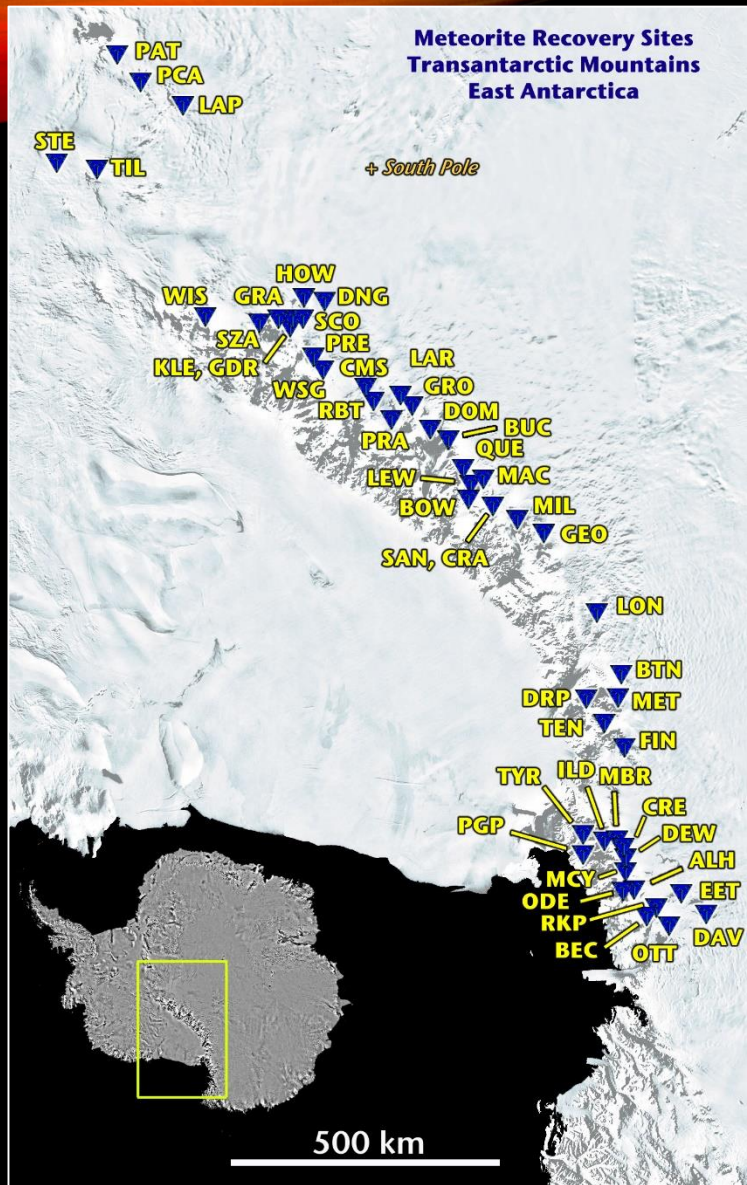


Část ledovcového vrtu, AWI, Bremerhaven.



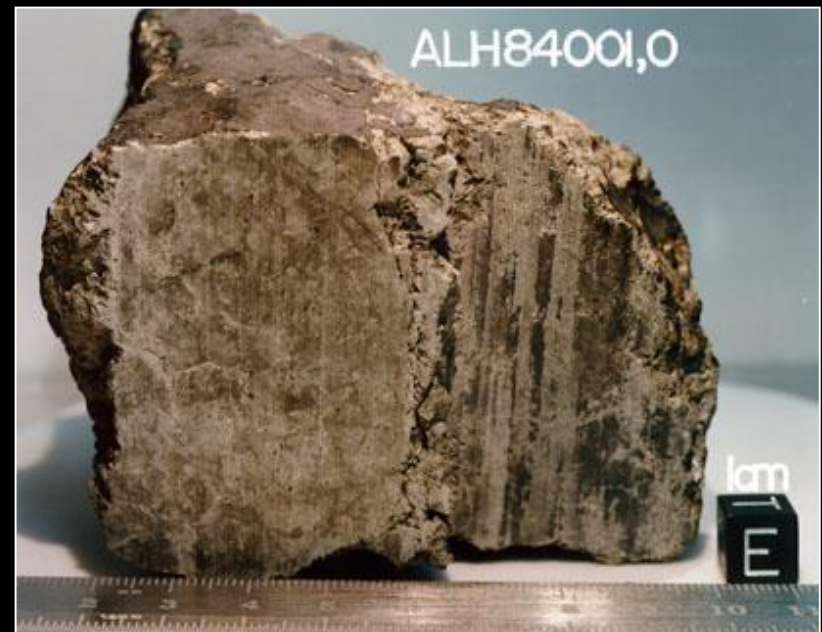
Rekonstrukce klimatu. Lüthi et al. (2008) *Nature*.

SBĚR METEORITŮ



Lokality nálezů meteoritů v Antarktidě
https://curator.jsc.nasa.gov/antmet/collection_curation.cfm?section=naming.

- „sample return mission“ téměř zadarmo
- nejčastější chondrity, ale také meteority z Měsíce a Marsu (NASA Antarctic Meteorite Collection)



Mc Kay et al. (1996) Science.

CÍL 5 DIVERZITA, ADAPTACE A LIMITACE ŽIVOTA

(Des Marais et al. (2008) *Astrobiology*)

- pochopení evolučních mechanismů a faktorů prostředí limitujících život.
- určení molekulárních, genetických a biochemických mechanismů, které řídí a vymezují evoluci, metabolickou diverzitu a aklimatizaci života.

Úkol 5.1: Molekulární evoluce mikroorganismů závislá na prostředí.

Úkol 5.2: Koevoluce mikrobiálních společenstev.

Úkol 5.3: Biochemické adaptace na extrémní podmínky.

➔ **Studium adaptací/aklimatizací k extrémním podmínkám**

EXTRÉMNÍ PROSTŘEDÍ



- teplota
- dostupnost vody
- záření (VIS + UV)
- živiny

Změny teploty a dostupnost vody v různých polárních ekosystémech

Ekosystémy

ΔT

Dostupnost
vody

Moře
Velká jezera
Tekoucí vody
Hydro-terestrické
Terestrické



Dostupnost záření a jeho změny

Hloubka

VIS
UV

ΔI

Povrch



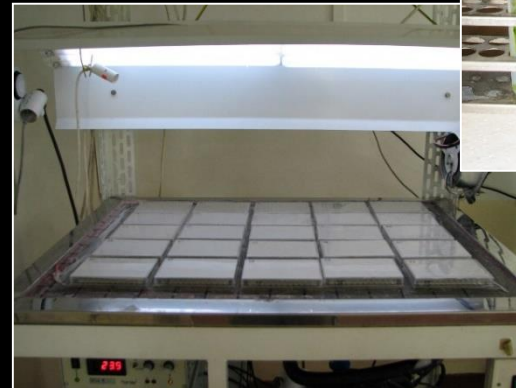
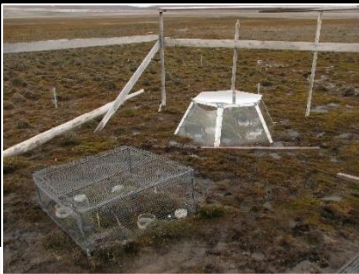
Dno

METODY STUDIA

Terénní
měření

Manipulace
in situ

Laboratorní
experimenty



EXPOZIČNÍ EXPERIMENTY

- Simulační komory
 - DLR, Berlín

MARS-Simulation Chamber (DLR Berlin)



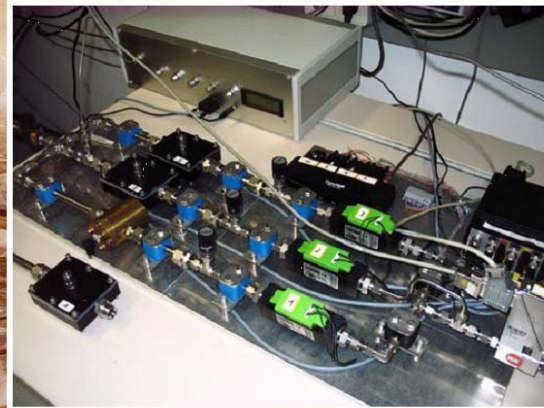
Martian atmosphere composition (95 % CO₂,
2.7 % N₂, 1.6 % Ar, 0.13 % O₂)

Martian pressure (between 6 – 10 mbar)

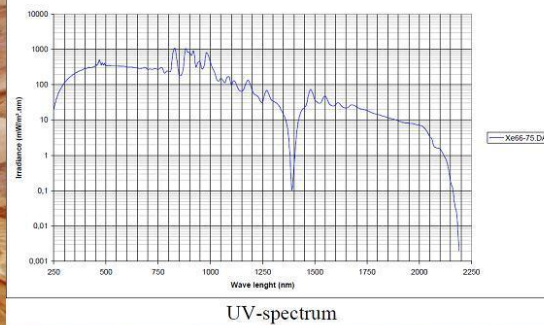
Mars radiation spectra (>200 nm)

Mars temperature (between 21° C and -70°C)

Mars daily cycle of humidity (0% - 100 %)



150W Xenon lamp with LWL-Optik
at 6.6A Current and 7.5cm Distance



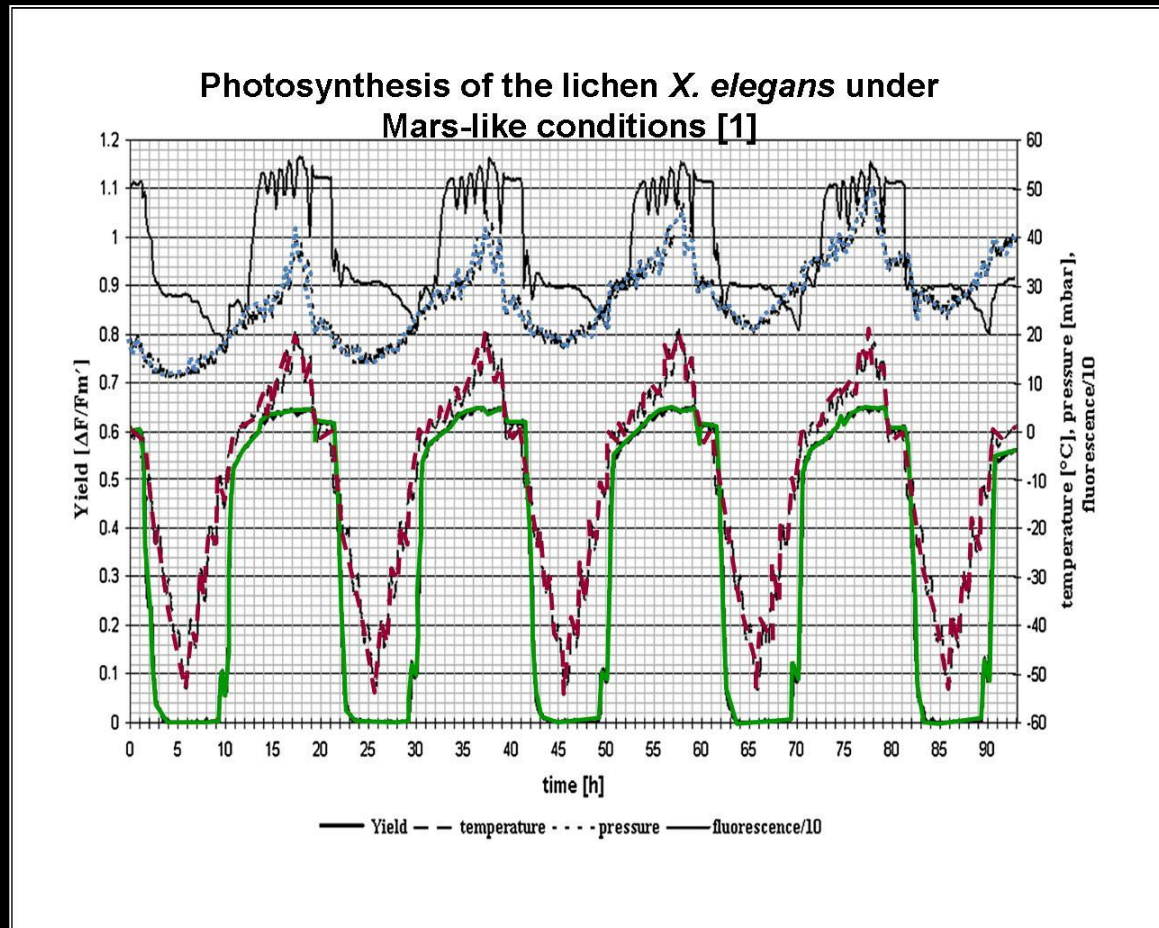
UV-spectrum

de Vera et al.2010, Astrobiology 10 (2), 215-227

de Vera (2014)
MPSE2014.

FOTOSYNTÉZA BĚHEM 4-DENNÍHO EXPERIMENTU

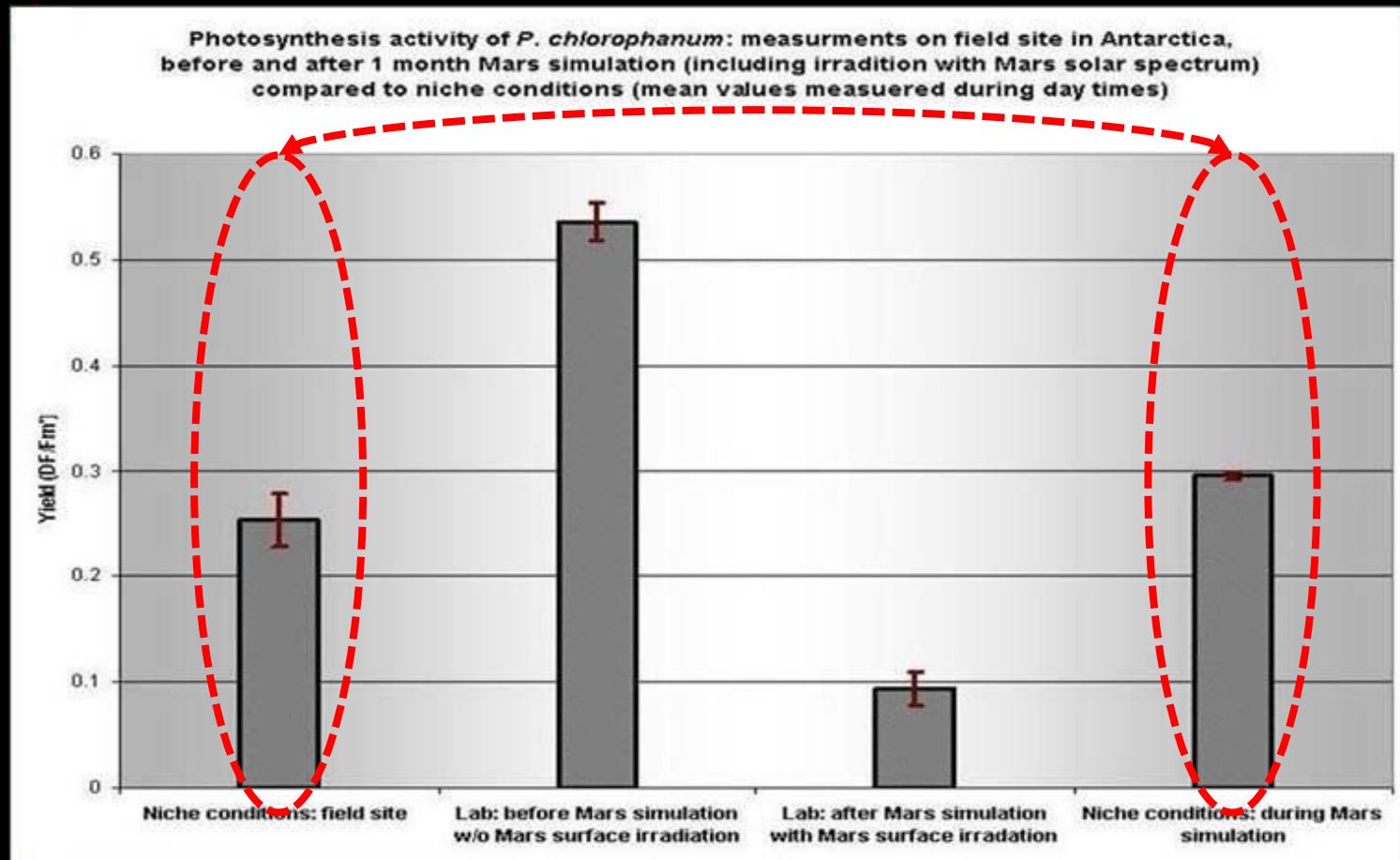
de Vera et al. (2010) *Astrobiology*



- Fotosyntetická aktivita není ovlivněna simulovanými podmínkami Marsu

FOTOSYNTÉZA BĚHEM MĚSÍČNÍHO EXPERIMENTU

de Vera et al. (2014) *Planetary and Space science*



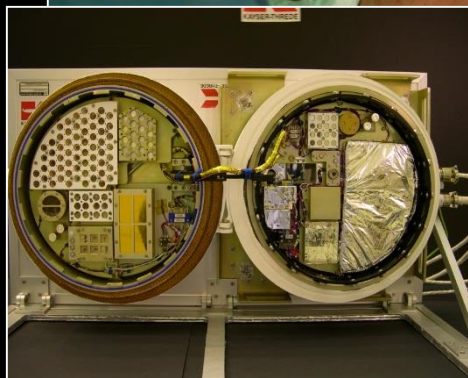
NÍZKÁ OBĚŽNÁ DRÁHA ZEMĚ

BIOPAN

- Krátkodobá expozice (2-3 týdny)



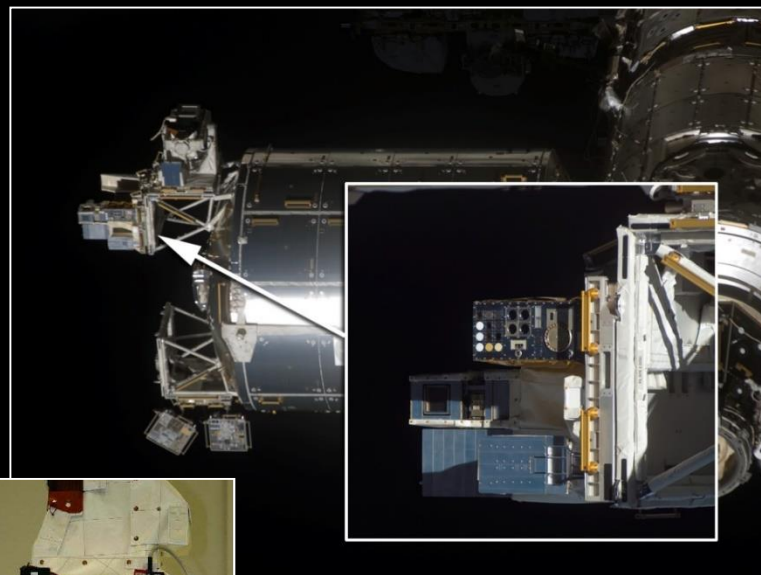
ESA/Biopan



Otevřený BIOPAN.
Baglioni et Sabbatini
(2007) in *Complete
Course in Astrobiology*

EXPOSE

- Dlouhodobá expozice (roky)



EXPOSE-EUTEF



Otevřený EXPOSE. Foto: Ralf
von Heise-Rotenburg, KT,
převzato z Rabbow et al.
(2009) *Origins of Life and
Evolution of Biospheres*.

BIOPAN – EXPERIMENTY

Erasmus Experiment Archive (ESA)

BPN-1	Survival I Survival II	Vitamin Base	Shrimp-1 Dust	Mapping
BPN-2	Survival 2 BASE 2	Shutter 2 Shrimp-2	Vitamin 2 Dust 2	Mapping 2 + 7 uvnitř
BPN-3	Yeast Vitamin	Survival Stone	Dosimap + 2 uvnitř	
BPN-4	Marstox 1 R3D Stone 4	Cramino Photo Yeast-2	Lichens Permafrost Rado2	Organics Photo2 + uvnitř
BPN-5	Marstox 1 (reflight) Organics	Stone-5 Photo Cramino 3	Yeast 2 Lichens Rado	Letvar Permafrost + uvnitř
BPN-6	Marstox2 Highrad Lithopanspermia	R3D-B UV-Olution Tardis	Stone Rotarad Rado	+ uvnitř

Biologie

Prebiotická chemie

Lithopanspermie

Dosimetrie

EXPOSE – EXPERIMENTY

Rabbow et al. (2009) *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, Erasmus Experiment Archive (ESA)

EXPOSE-R	ROSE-1/ENDO	ROSE-8/PUR
	ROSE-2/OSMO	AMINO
	ROSE-3/SPORES	ORGANICS
	ROSE-4/PHOTO	R3D
	ROSE-5/SUBTIL	
EXPOSE-E	PROTECT	LIFE
	SEEDS	R3D-2
	PROCESS	DOSIS/DOBIES
	ADAPT	
EXPOSE-R2	DIVERSITY	BOSS
	BIOMEX	P.S.S.

Biologie

Prebiotická chemie

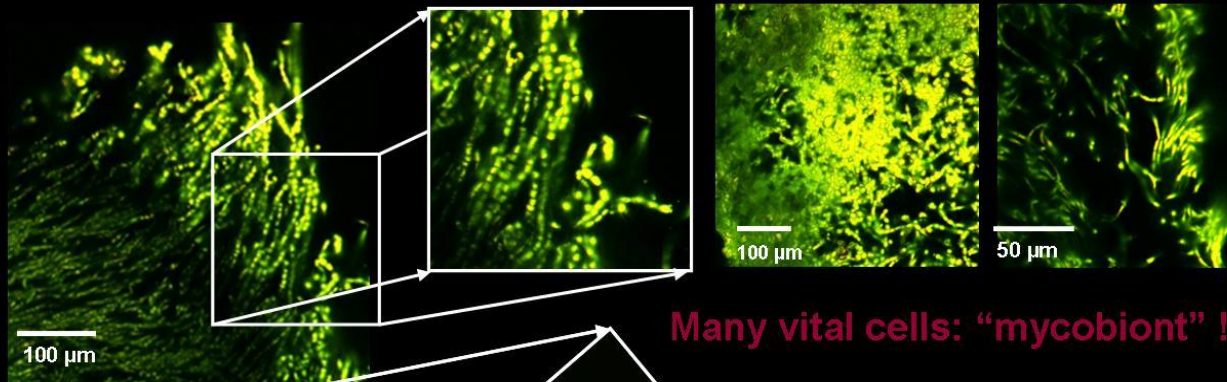
Dosimetrie

POLÁRNÍ LIŠEJNÍKY NA ISS

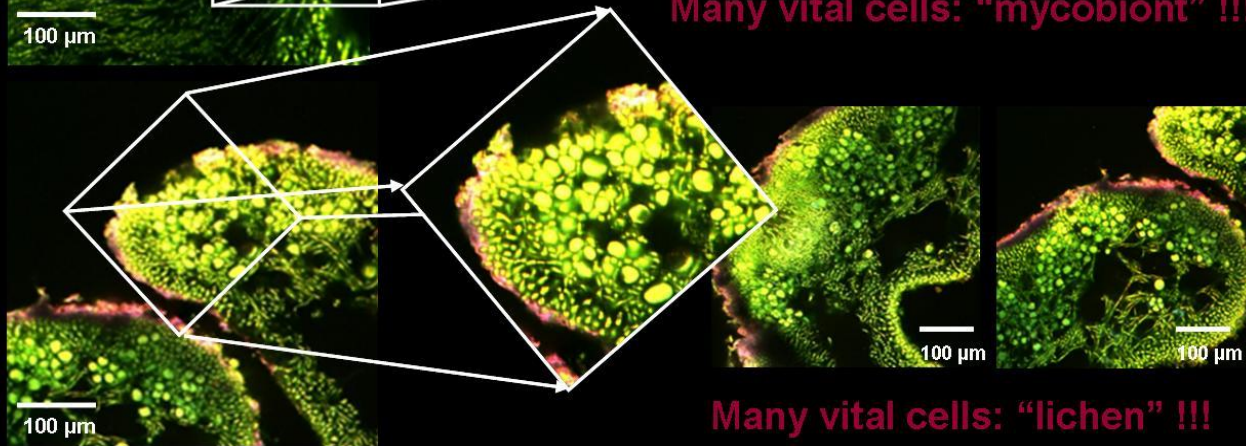
results of EXPOSE-E-experiment „LIFE“

In Space: Tray1, comp. 4: Space radiation / UV + vacuum

Mycobiont of
Xanthoria
elegans
(sample 126):



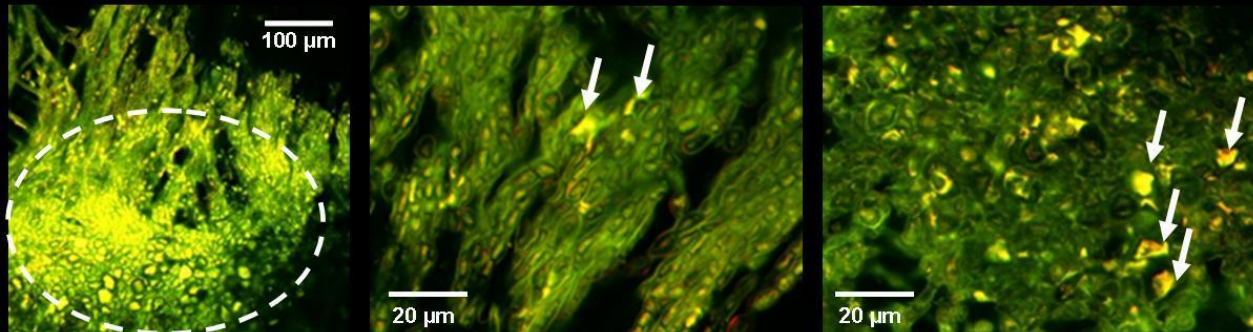
The lichen
Xanthoria
elegans
(sample 120):



POLÁRNÍ LIŠEJNÍKY NA ISS

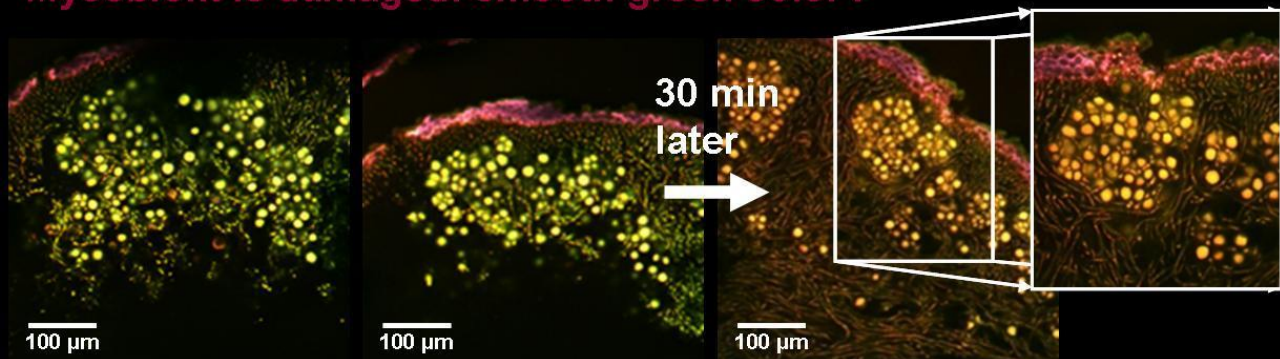
In Space: Tray2, comp. 4: Space radiation / UV + Mars-CO₂

Mycobiont of
*Xanthoria
elegans*
(sample 254):
white area and
arrows: vital
cells



Mycobiont is damaged: smooth green color !

The lichen
*Xanthoria
elegans*
(sample 248):
1 h after
addition of
dye red cells
are indicating
physiological
activity



Lichen is less damaged. But fungal part is only vital and has physiological active cells if the position is around vital alga-symbionts !

CÍL 6 DALŠÍ VÝVOJ ŽIVOTA A PŘEŽITÍ MIMO ZEMI

(Des Marais et al. (2008) *Astrobiology*)

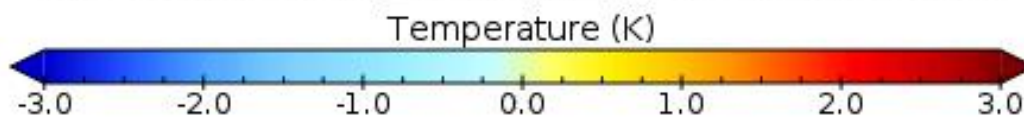
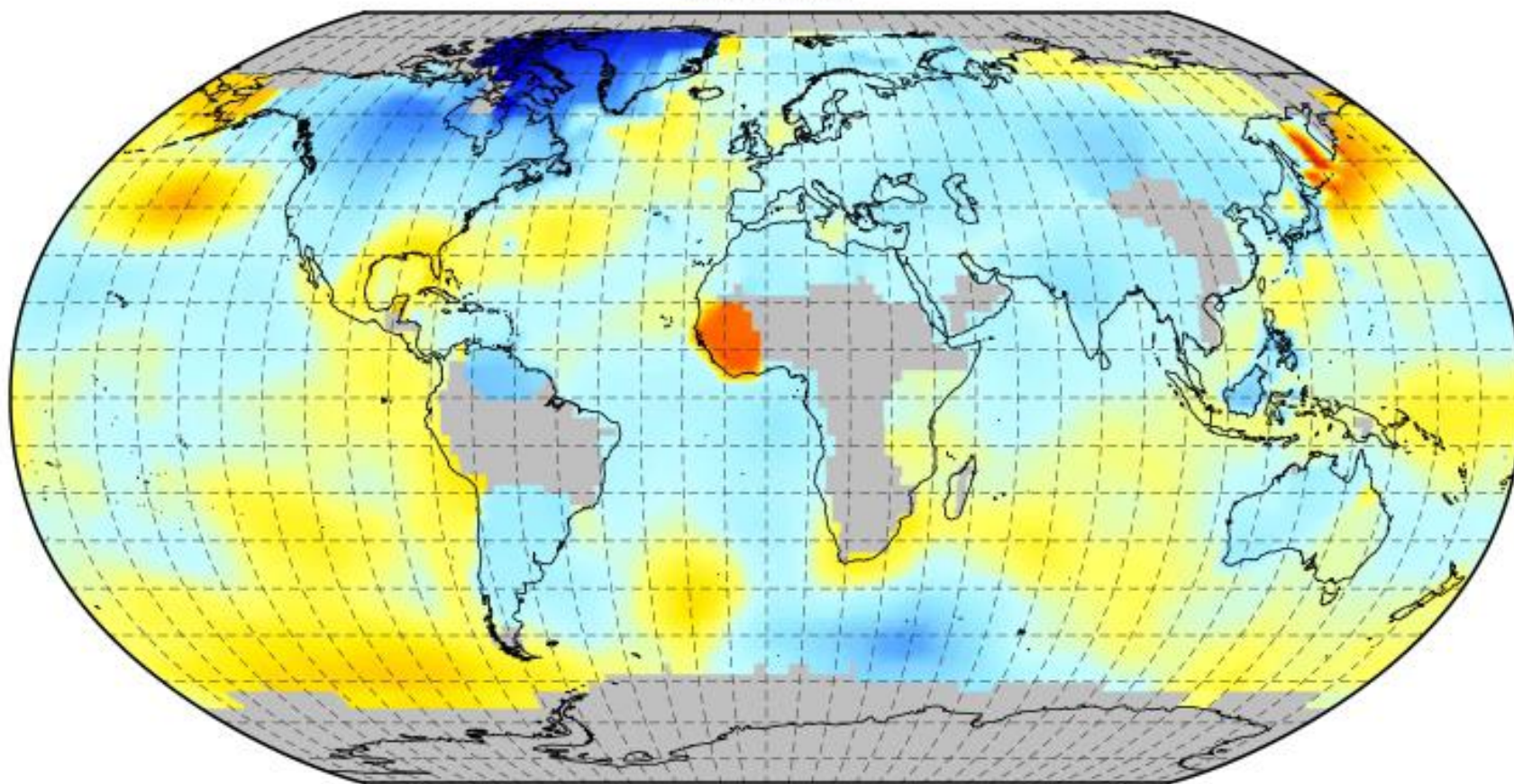
- pochopení principů, které budou určovat budoucnost života na Zemi i mimo ni.
- osvětlení řídících faktorů a vlivu změn v mikrobiálních ekosystémech jako základu pro předpověď budoucích změn v čase v rozmezí desetiletí až milionů let.
- prozkoumání možností mikrobiálního života přežít a vyvíjet se mimo Zemi.

Úkol 6.1: Vliv změn prostředí na mikrobiální ekosystémy.

Úkol 6.2: Adaptace a evoluce života mimo Zemi.

➔ **Modelování a manipulační experimenty v polárních oblastech**

Annual Surface Temperature Anomaly base 1951-1980
1880-1884



Data Min = -3.1, Max = 2.1, Mean = -0.2

SIMULACE MÍRNÉHO OTEPLENÍ V ARKTIDĚ



Komory pro simulaci mírného oteplení v Arktidě, Petuniabukta, Svalbard.

BUDOUcí POSLEDNí ÚTOČIŠTĚ ŽIVOTA

- stoupající zářivý výkon Slunce = postupné oteplování planety
- průměrná teplota Země: dnes ca 15 °C × ca 80 °C za 1-1.5×10⁹ let (Caldeira et Kasting (1992) *Nature*)
- zvyšování teplot v polárních oblastech
- možná refugia mikrobiálního života v posledních stádiích vývoje Země

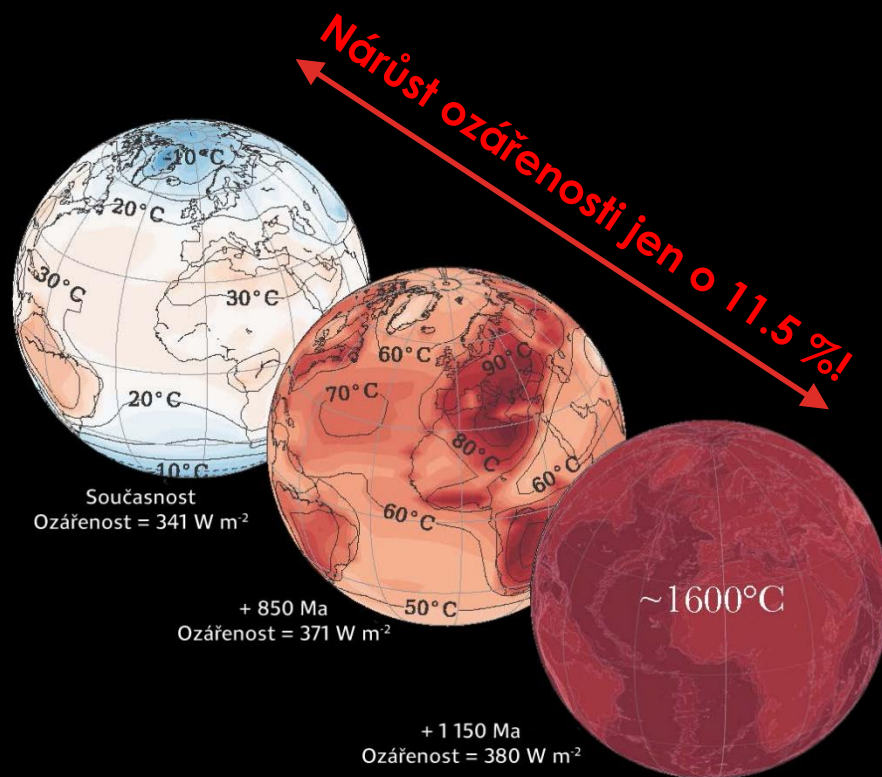


Schéma: Jeremy Leconte, upraveno.
<http://www.space.com/23921-habitable-zone-exoplanets-sunlike-stars.html>

CÍL 7 ROZPOZNÁNÍ ZNÁMEK ŽIVOTA

(Des Marais et al. (2008) *Astrobiology*)

- určení, jak poznat známky života na jiných světech a rané Zemi.
- identifikace biomarkerů, které mohou odhalit a charakterizovat současný nebo minulý život v geologicky starých vzorcích ze Země, mimozemských vzorcích zkoumaných *in situ* nebo po návratu vzorků na Zemi, a dálkově zkoumané atmosféry a povrchy exoplanet.
- identifikace biosignatur mimozemských technologií.

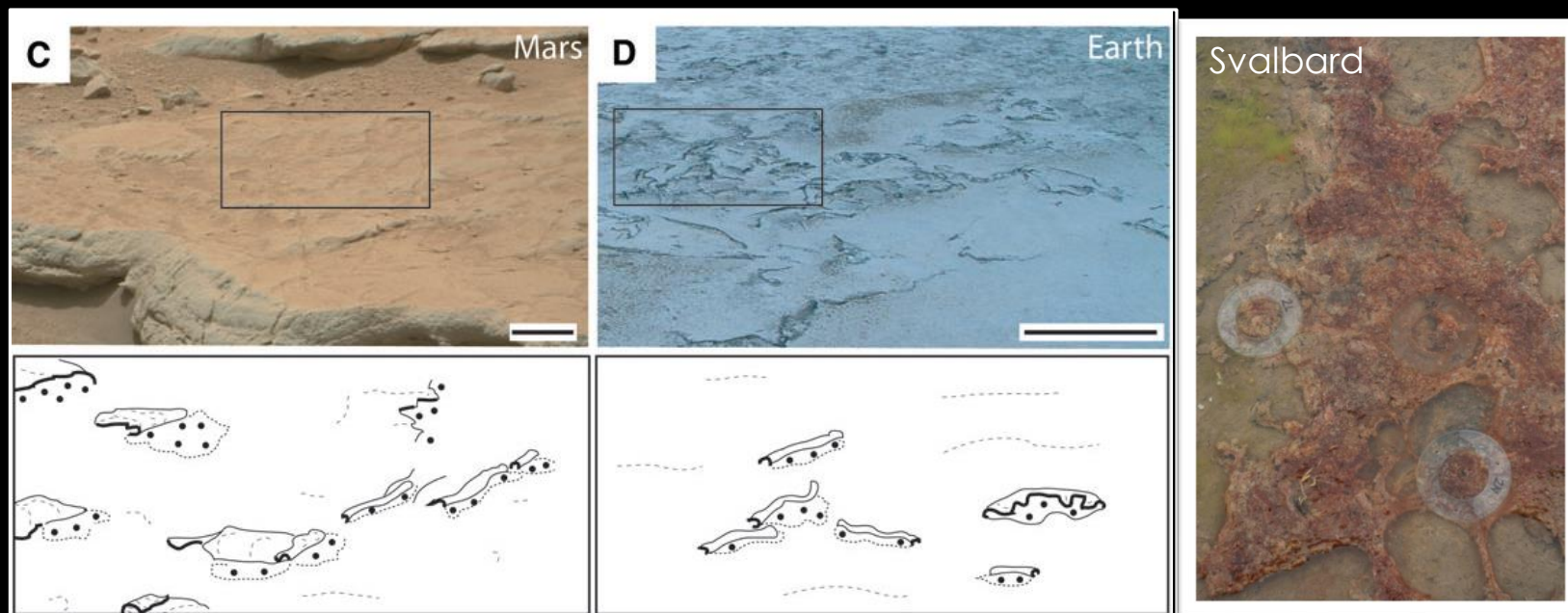
Úkol 7.1: Biomarkery v materiálu ze Sluneční soustavy.

Úkol 7.2: Biomarkery v blízkých planetárních systémech.

➔ **Polární oblasti jako pozemské analogy jiných planet/měsíců**

MORFOLOGICKÉ BIOSIGNATURY

- Objekty nebo struktury biologického původu
 - (mikro)fosilie
 - Biominerály – př. magnetitová zrna
 - Sedimentární struktury ovlivněné činností mikroorganismů (srtromatolty apod.)



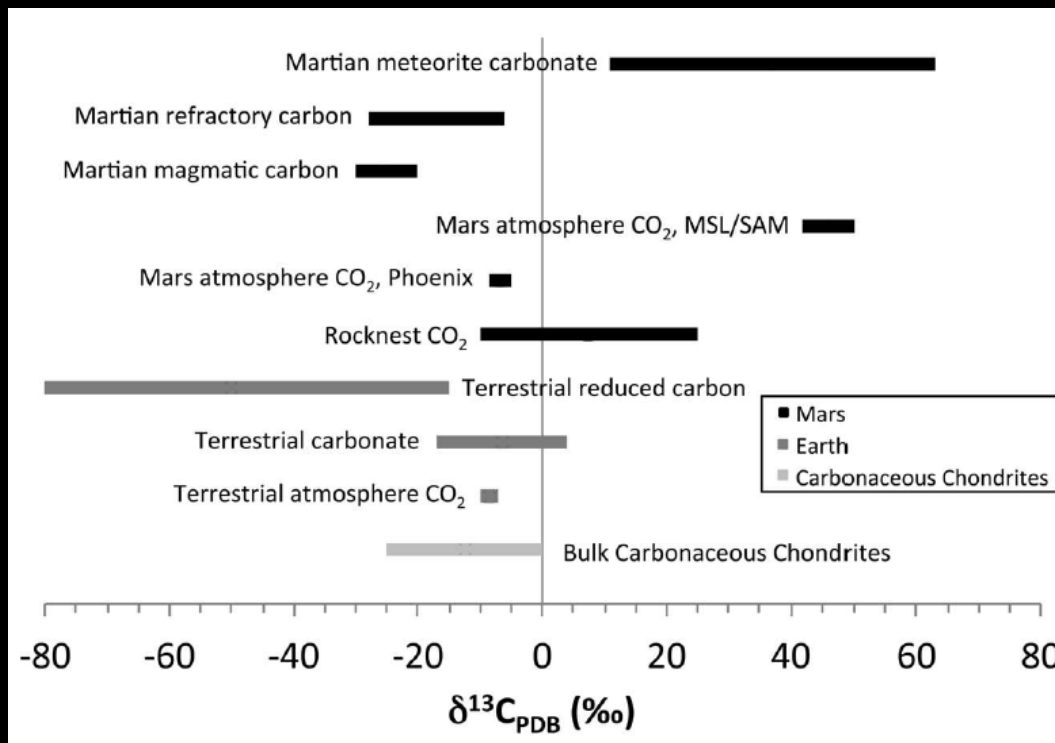
Možné fosilie mikrobiálních nárostů na Marsu a Zemi (Noffke et al. (2015) *Astrobiology*, Fig S7) a živé nárosty na Svalbardu (Foto J. Elster).

BIOZVĚTRÁVÁNÍ



IZOTOPICKÉ BIOSIGNATURY

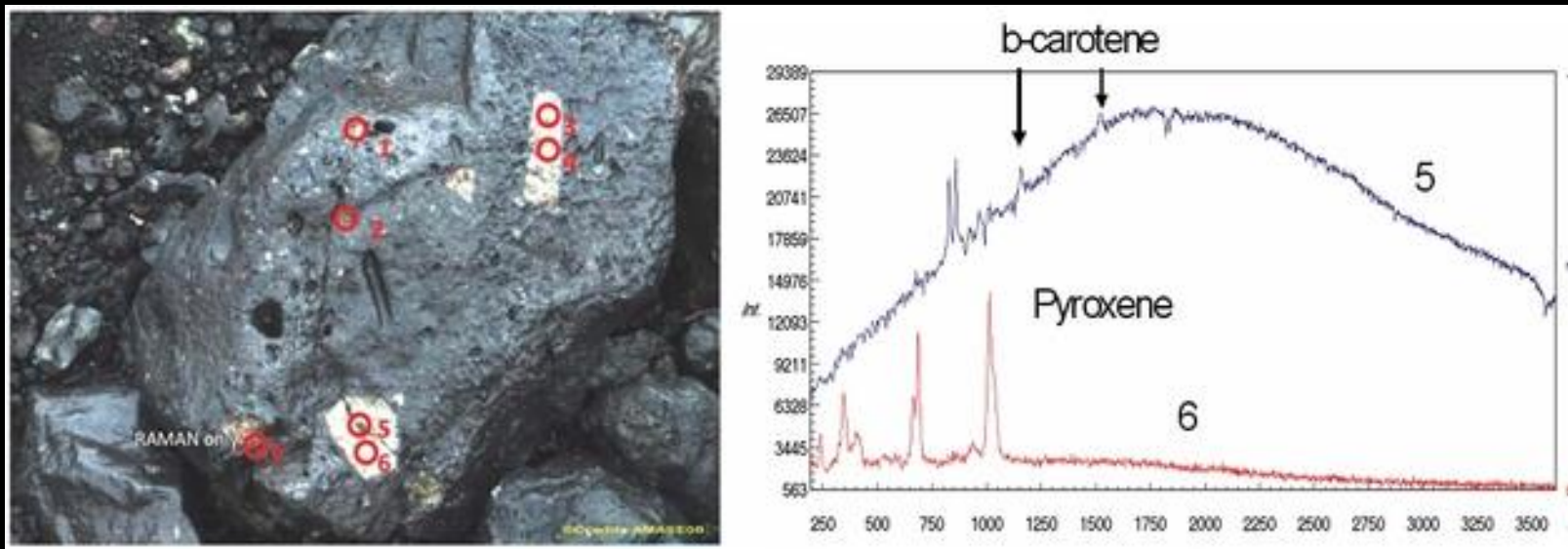
- Stabilní izotopy C, N, S a Fe a jejich poměry
 - Přímý důkaz biologického původ fosilní organické hmoty
 - Proxy biologické aktivity, vč. rozlišení metabolických drah
- Curiosity, marsovské meteority



Izotopické složení uhlíku v různých materiálech ze Sluneční soustavy. Leshin et al. (2013) *Science*.

SPEKTRÁLNÍ BIOSIGNATURY

- Ramanova spektroskopie
 - identifikace organických i anorganických sloučenin
- ExoMars rover
- Mars 2020 rover



Analýza bazaltu pomocí Ramanovy spektroskopie na Svalbardu.
ESA - Raman Team, AMASE (2008)

SHRNUTÍ

- **polární výzkum je součástí astrobiologie a astrobiologie je součástí polárního výzkumu**
- **Přínos polárního výzkumu astrobiologii**
 - polární oblasti jako terestrické analogy
 - paleontologická data
 - data o adaptacích a limitech života
 - modelování a predikce změn
 - vývoj technologií
- **Přínos astrobiologie polárnímu výzkumu**
 - univerzální definice života
 - definice možných forem života s ohledem na okolní prostředí
 - vývoj technologií