

# Co nám tají bratr Země

Mars, tolik podobný Zemi, fascinuje lidstvo odedávna. O žádné jiné planetě dosud nemáme takové množství informací získaných tak velkým počtem sond. Přesto zůstává mnoho otázek. Dočkáme se odpovědí díky nejnovějšímu roveru Perseverance? Co všechno lze od slibné mise očekávat, nám prozradil geolog a geofyzik Petr Brož

Ptala se Jana Žďárská

**?** Od počátku kosmického věku smýšleli vědci o Marsu jako o planetě, kde se téměř jistě nachází život. Je pravda, že ho nyní vidíme spíš jako zmrzlý pouštní svět bez známek výskytu živých forem?

Víme, že se Mars řadí mezi terestrické planety – má pevný kamenitý povrch, který v průběhu miliard let významně přetvořily různorodé geologické pochody: od dopadů asteroidů přes sopečnou činnost a praskání pevné kůry až po erozi způsobenou jak větrem, tak vodou v pevném či kapalném stavu. Kdyysi

dávno tedy musel Mars vypadat jinak než dnes a na jeho povrchu musely panovat podmínky, které přítomnost kapalné vody umožňovaly. Zatím stále nevíme, jak dlouho tam přetrvaly a zda je podporovala masivní sopečná činnost, nebo spíš dopady asteroidů. To vše zůstává předmětem dalšího výzkumu.

**?** Co způsobuje načervenalý odstín planety?

Podobně jako zemský povrch, i ten marsovský tvoří převážně horniny bohaté

na křemík vzniklé tavením. Navíc obsahují významné množství železa – a podobně jako na Zemi se také na Marsu nachází v atmosféře troška kyslíku schopného železo zoxidovat. Díváme se tak vlastně na proces reznutí v planetárním měřítku.

**?** A jak to vypadá uvnitř rudé planety?

Stále přesně nevíme, ale i zde se blýská na lepší časy. Na Marsu totiž pracuje sonda InSight, která nám díky sledování otřesů planety umožňuje pod její povrch nahlédnout lépe.



**Nejsledovanější přistání letošního roku: Vozítko Perseverance těsně před dosednutím, asi dva metry nad povrchem Marsu. Záznam zprostředkovala kamera na sestupovém jeřábu**



**Šestého dubna 2021, 46. sol neboli marsovský den mise: O společné foto vozítko Perseverance a dronu Ingenuity se postarala kamera WATSON, umístěná na robotické paži roveru**

**?** Od letošního února se po Marsu pohybuje rover Perseverance. Jaké zásadní informace může mise přinést a co od ní očekáváte vy sám?

Pro mě osobně jsou nejcennější poznatky, jež z mise získáme nejdřív za deset let. Perseverance totiž průběžně odebírá vzorky zajímavých hornin, které by měla časem na Marsu vyzvednout jiná sonda, naložit je do speciálního modulu a vystřelit ho na oběžnou dráhu planety. Tam pak náklad zachytí další automat a dopraví jej na Zemi k podrobnému

prozkoumání v laboratořích. Pokud se vše podaří, dozvíme se konečně přesné stáří marsovských hornin. A zvládneme tak správně zkalibrovat jednu statistickou metodu, kterou používáme k odhadování

stáří tamního povrchu – jde o datování za použití množství impaktních kráterů. Nemusí se to jevit jako důležitý krok, ale je: Dovolí nám totiž mnohem lépe pochopit, kdy různé útvary na povrchu planety vznikly, a tudíž podstatně lépe zrekonstruovat její vývoj i historii.

## Načervenalý povrch Marsu nám vlastně ukazuje proces reznutí v planetárním měřítku

## Kdo je...

### Mgr. Petr Brož, Ph.D. (\*1984)

Od roku 2010 působí jako vědecký pracovník v Geofyzikálním ústavu Akademie věd, kde se věnuje výzkumu sopečné činnosti napříč Sluneční soustavou. Specializuje se na její projevy na povrchu Marsu, převážně na malá vulkanická tělesa vznikající při krátkodobé sopečné aktivitě vlivem odplyňování magmatu. Během studia na Přírodovědecké fakultě UK absolvoval zahraniční stáže v Německém středisku pro letectví a kosmonautiku (DLR) a na britské Open University. Je laureátem Prémie Otto Wichterleho, udělované mimořádně kvalitním a perspektivním vědeckým pracovníkům Akademie věd do 35



let, a Ceny Nadání Josefa, Marie a Zdenky Hlávkových pro talentované studenty a mladé talentované vědecké pracovníky do 33 let.

**?** A co se týče krátkodobých poznatků?

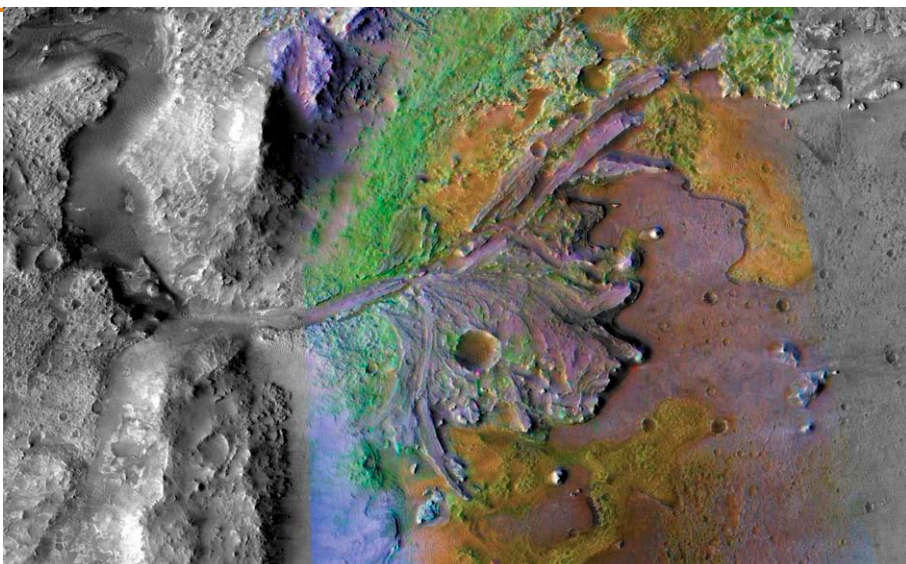
Pokud bych měl zmínit něco z výzkumů, které nás čekají během primární mise vozítko, pak se těším, jak budou vypadat sedimenty tvořící čelo delty, kvůli níž rover přistával právě v daném kráteru. Mohou totiž naznačit mnohé o prostředí Marsu v době, kdy se v místě ukládaly. A kdo ví – třeba se tam podaří najít stopy, jež nás nasměrují k vytoužené odpovědi na otázku, zda se na rudé planetě někdy vyskytoval život.

**?** Proč přesně vědci zvolili k přistání roveru Perseverance impaktní kráter Jezero?

Volba na něj padla proto, že se tam kdysi muselo nacházet jezero kapalné vody. Svědčí o tom především zmíněná delta, zvláštní útvar vzniklý postupným ukládáním hornin ve vodním prostředí. Samotný její výskyt by však nestačil, protože kráterů či

**Delta na západě kráteru Jezero. Název útvaru o průměru asi 49 km se odvozuje od stejnojmenného města v Bosně a Hercegovině, přičemž má stejný význam v několika slovanských jazycích**

jiných depresí, kde lze podobné formace spatřit, existuje na Marsu mnohem víc. Jenže kráter Jezero je unikátní, neboť má na jedné straně deltu a na druhé je částečně protržený. Voda tak do něj nejen vtékala, ale musela z něj i vytékat, což jinde nevidíme. Zatímco u jiných marsovských delt nemůžeme vyloučit, že vznikly během krátké jednorázové záplavy, tady víme, že voda musela kráter vyplňovat až po okraj,



## Na Marsu mohly existovat vhodné podmínky pro život, ale zatím nevíme, zda se tam skutečně vyskytoval

a že se tak sedimenty ukládaly při ústí řeky delší čas. Čímž se dostáváme k otřepané vědecké písničce „kde je voda, tam by mohl být i život“...

**?** Mohli bychom se tedy díky výzkumu hornin usazených uvnitř kráteru dozvědět, co se tam dělo před 3,5 miliardy let?

Ano, rover by mohl zjistit, jak to v oblasti vypadalo, když skrz ni proudila voda. A také zda tam panovaly vhodné podmínky

pro případný vznik života, a možná i jak dlouho přetrvaly. Nicméně k tomu povede ještě dlouhá a trnitá vědecká cesta. Potrvá roky, než lokalitě přistání porozumíme. A je možné, že bez dopravení vzorků z marsovského povrchu na Zemi to ani plně nedokážeme.

**?** Vozítko dosedlo přibližně 2,3 kilometru východně od čela delty, a nachází se tak v těsné blízkosti hranice dvou geologických jednotek. O jaké oblasti se jedná?

Domníváme se, že jedna z nich – konkrétně ta, která leží od roveru kousek na západ – vznikla vlivem usazování hornin. Kdežto druhá, kde se Perseverance pohybuje nyní, se měla zformovat v důsledku sopečné činnosti. Myslíme si proto, že se vozítko aktuálně nachází v místech, kde se kdysi dávno rozlila láva. Díky analýzám hornin v okolí, které teď rover provádí, se snad brzy dozvíme, zda tomu tak skutečně je.

**?** Dosednutí v daném místě také představovalo záměr?

Inženýři připravili přistání do elipsy o rozměrech několika kilometrů, ale přesné místo v ní pak vybral algoritmus, který řídil samotné dosednutí. Dokázal totiž snímat povrch a rychle hledat lokalitu, která by byla nejvíc hladká, a tudíž pro přistání nejbezpečnější. Jak ukázaly fotografie, povedlo se mu to na výbornou. V nejbližším okolí se nenachází žádná větší

## Průzkumníci marsovského povrchu

1960

### Mars 3

Před 50 lety, 2. prosince 1971, se podařilo první měkké přistání na rudé planetě. Spojení se sovětskou sondou Mars 3 se však 20 sekund po dosednutí přerušilo.

1976

### Viking 1 a 2

V roce 1976, konkrétně 20. července a 3. září, „dobykla“ Mars dvojice amerických sond a následně odeslala k Zemi řadu barevných fotografií. Poprvé jsme tak mohli spatřit detaily z povrchu rudé planety. Oba Vikingy také provedly celou řadu experimentů, včetně pokusů o nalezení života.

1997

### Pathfinder/Sojourner

Americká sonda Pathfinder přistála na rudé planetě 7. července 1997 a na palubě nesla malé experimentální vozítko Sojourner, jež se tak stalo prvním roverem pohybujícím se po marsovském povrchu. NASA si ověřila, že lze danou technologii úspěšně použít k tamnímu průzkumu, čímž se otevřely dveře pro dvojici větších a mnohem složitějších automatů, Spirit a Opportunity.

2004

### Spirit a Opportunity

Dva identické rovery Spirit a Opportunity přistály na Marsu krátce po sobě, 4. a 25. ledna 2004, přičemž jejich hlavním úkolem bylo hledat důkazy dřívější existence vody. Během mimořádně úspěšné mise zajistily tisíce cenných snímků i vědeckých měření a odmlčely se až v roce 2012 (Spirit), respektive 2018 (Opportunity).

terénní nerovnost ani rozměrnější balvány, jež by mohly roveru bránit v pohybu.

**?** Perseverance je v podstatě geolog spojený s astrobiologem, to celé „na kolečkách“, čemuž odpovídá i jeho vědecké vybavení. Jaké přístroje rover nese a co by mohl o Marsu zjistit?

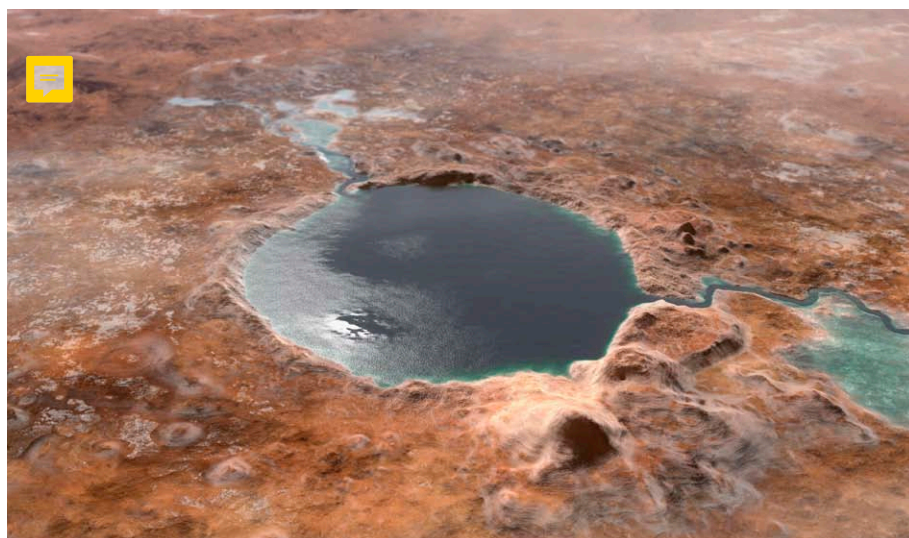
Na palubě a na robotické paži má zařízení schopná odhalovat chemické složení okolních hornin, a tím i zjišťovat, jak vznikly. Současně nese množství kamer pro snímání povrchu, včetně těch, jež umožní značné přiblížení vzdálených objektů, ale také průzkum jednotlivých minerálních zrn. Rover je vybaven sadou spektrometrů pro analýzu chemických látek, které může na povrchu najít, včetně spektrometrů pro detekci organických materiálů. Opět jde o nástroje potřebné ke správnému určení hornin, ale i ke hledání stop možného života. Na palubě se nachází rovněž penetrační radar, který pomáhá spatřit, co se nachází pod vozítkem do hloubky přibližně deseti metrů. Můžeme

se tak dozvědět mnohé o tom, jak oblast vznikla: zda postupným usazováním, nebo třeba katastrofickou záplavou. Rover nese i meteorologickou stanici pro sledování počasí a zapomenout bychom neměli ani na experimentální zařízení na výrobu kyslíku z marsovské atmosféry, tedy jeden z pokusů přibližujících cestu člověka na rudou planetu. Velice důležitou součástí tvoří samozřejmě vrtací a odběrová souprava, jež má za úkol získat a uskladnit vzorky zajímavých hornin pro pozdější průzkum. Jedná se tedy o velmi komplexní sondu, schopnou zvládnout řadu vědeckých úkolů.

**?** Fungování Perseverance se plánuje na jeden marsovský rok čili 687 pozemských dnů. Proč na tak krátkou dobu? A bude se vozítko po Marsu pohybovat i po jejím uplynutí?

Na jeden marsovský rok je naplánovaná primární mise, kdy by měl rover stihnout odebrat vzorky z kráteru Jezero, umístit je do připravených pouzder a uložit je na povrchu pro pozdější vyzvednutí. Nicméně to neznamená, že se poté vypne. Jde jen o termín pro splnění základního cíle a zcela jistě bude následovat prodloužení. Během něj se vozítko nejspíš vydá mimo Jezero na průzkum planiny, kde se podle našeho

## Stále není zcela jasné, co umožnilo na rudé planetě existenci podmínek pro výskyt kapalné vody



názoru mohla v minulosti nacházet horká vřídla s vodou tryskající na povrch. Jedná se tak o další velice příhodnou lokalitu pro potenciální vznik a vývoj života. S roverem totiž dokážeme udělat spoustu další zajímavé vědy. A dokud bude schopen se po povrchu pohybovat a jeho radioaktivní jednotka bude dodávat dostatek energie, může jezdit a zkoumat. Máme před sebou vyhlídku na vědeckou misi trvající více než deset let. A samozřejmě nesmíme zapomenout ani na otestování toho, zda mohou v atmosféře Marsu létat naše speciálně upravené drony.

**?** Máte na mysli experimentální prototyp malé helikoptéry, která přistála spolu s Perseverance. Jak se jí na Marsu daří?

### 2008

#### Phoenix

Podobný úkol jako Spirit a Opportunity měla americká stacionární sonda Phoenix, jež přistála 25. května 2008 poblíž severní polární čepičky Marsu. Pomocí robotické ruky pátrala po přítomnosti podpovrchového ledu – a uspěla.

### 2012

#### Curiosity

Úspěch dvojice vozítek vedl ke vzniku Curiosity. Rover o velikosti malého osobního automobilu a hmotnosti přibližně jedné tuny přistál na rudé planetě 5. srpna 2012 a funguje dodnes. Vydal se napříč impaktním kráterem Gale, aby prozkoumal geologickou historii zvláštní hory tyčící se v jeho středu. Získané poznatky nám umožnily lépe porozumět vývoji celého Marsu.

### 2018

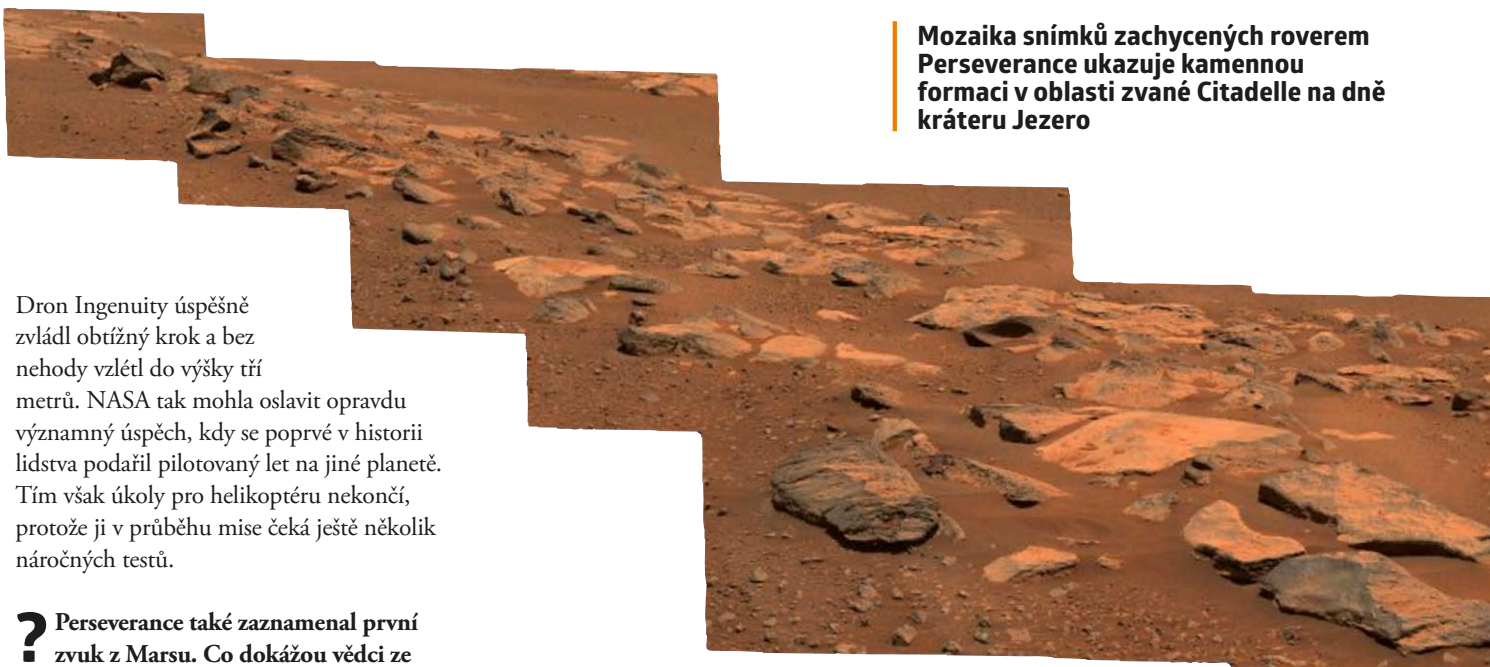
#### InSight

Stacionární sonda InSight dosedla na marsovský povrch 26. listopadu 2018. Jde vlastně o velmi přesný seismometr zanašující otřesy planety, a vědci se tak dozvídají mnohé o její vnitřní stavbě.

### 2021

#### Perseverance

Letos 18. února přistála v oblasti impaktního kráteru Jezero sonda Perseverance, s cílem pátrat po stopách možného minulého života.



Mozaika snímků zachycených roverem Perseverance ukazuje kamennou formaci v oblasti zvané Citadelle na dně kráteru Jezero

Dron Ingenuity úspěšně zvládl obtížný krok a bez nehody vzlétl do výšky tří metrů. NASA tak mohla oslavit opravdu významný úspěch, kdy se poprvé v historii lidstva podařil pilotovaný let na jiné planetě. Tím však úkoly pro helikoptéru nekončí, protože ji v průběhu mise čeká ještě několik náročných testů.

### ? Perseverance také zaznamenal první zvuk z Marsu. Co dokážou vědci ze záznamu zjistit?

Mikrofon na vozítku se může zdát jen jako taková hračka pro PR účely, ale opak je pravdou. Možnost slyšet, co se na povrchu Marsu děje, nám poskytuje další nástroje. Například poruchy svého auta si často všimneme díky divným zvukům, jež vyluzuje. A situace s roverem je podobná:

## Časem bude možné odhalovat tvrdost hornin v okolí roveru jen na základě zvuku

Při jízdě po povrchu se zvuky, které vydává, mohou měnit. Dokáže nám to prozradit, že se v jeho útrobach něco odehrává, případně také odhalit, o co jde. Kromě inženýrského přínosu pak existuje i ten vědecký. Nedávno zveřejněná nahrávka zachycuje zvuk při zásahu horniny laserem, který slouží k určování jejího složení. Jednalo se o velice specifický zvuk a ovlivnila ho tvrdost cíle. Až bude laser příště střílet do jiného materiálu, měkčího nebo tvrdšího, zvukový projev se zase trochu změní. Časem tak podle něj zvládneme odhalovat tvrdost hornin v okolí vozítka, což znamená další informaci, kterou v geologii potřebujeme znát.

### ? Perseverance bude pátrat i po tom, kdy na Marsu panovaly podmínky umožňující existenci kapalné vody a jaké přesně byly. Co nám může daný výzkum prozradit?

Především voda podle současných znalostí patří mezi základní předpoklady pro vznik života. Navíc hraje důležitou roli v řadě geologických procesů tvarujících povrch a měnících složení hornin. Současně by nám znalost o délce jejího výskytu v kapalné formě pomohla mnohem lépe pochopit vývoj marsovské atmosféry. Měli bychom tak možnost nahlédnout pod pokličku podoby Marsu před několika miliardami let, zjistit, proč dnes vypadá jinak, a zpřesnit tím i poznání o vývoji naší planety.

### ? Máme už k dispozici první informace z průzkumu kráteru Jezero?

Prvotní analýza snímků z roveru – konkrétně pořízených speciálními kamerami na jeho palubě – ukázala, že kráter kdysi představoval obrovské, takřka třicet čtyři kilometrů široké jezero napájené řekou. Ukazuje se, že se tam musela vyskytovat kapalná voda, a to nikoliv pouze nárazově, ale po delší čas, což je nesmírně vzrušující z pohledu hledání stop života mimo Zemi. Zatím není jasné, zda tam vůbec takové stopy najdeme, či se naopak živé formy na Marsu třeba nikdy nevyvinuly. Pro definitivní odpověď stále víme jen málo a vozítko čeká ještě hodně práce, abychom se k ní přiblížili.

### ? Perseverance už odeslal k Zemi řadu snímků. Co z nich mohou vědci zjistit?

V současné době máme k dispozici fotografie skal v okolí roveru, pořízené za použití velice silného zoomu. Vědci především studují sklon vrstviček, které snímky zachycují. Jedná se o sedimentární horniny a příběh jejich vzniku se dá vyprávět podle sklonu zmíněných vrstev: Jsou poměrně rovnoběžné, tvoří je velmi malá zrníčka a s největší pravděpodobností jde o usazeniny delty. Naznačuje to, že vodní plocha musela oblast pokrývat delší dobu; nyní však netušíme, jak dlouho přesně. Našly se tam i vrstvy se spoustou větších kamínků, centimetrových až decimetrových – což pro změnu napovídá, že se v kráteru odehrávaly epizodické záplavy. Občas tam tedy přitekla spousta vody a přinesla různě velké kamení.

### ? A nějaké stopy života?

Vědci dosud žádné stopy po jeho přítomnosti nenašli. Víme pouze, že se v kráteru musela vyskytovat voda. Zkrátka – na Marsu mohly existovat vhodné podmínky pro život, ale zatím nevíme, jestli se tam skutečně vyvinul. To vyžaduje další výzkum na místě a také analýzu odebraných vzorků.

### ? A jaké informace od roveru očekáváte vy osobně, jako geofyzik a geolog?

Slibuji si mnohem lepší porozumění těm obdobím vývoje Marsu, která se v jeho historii jeví jako velice významná, ale o nichž víme jen málo. Stále není zcela jasné, díky čemu mohly na tamním povrchu panovat podmínky umožňující existenci kapalné vody. Co je způsobilo? Byla tehdy planeta dostatečně teplá a vlhká, aby tam voda proudila stejně

jako dnes na Zemi? Nebo byla i tenkrát příliš studená, a voda tak tekla pod příkrovy ledu, podobně jako v zimě na Sibiři? Nevíme, a přitom by daná informace mohla výrazně změnit způsob, jakým na Mars pohlédneme. Současně má rover velkou šanci prozkoumat horniny staré přes čtyři miliardy let, které byly obnaženy a vyvrženy během formování



gigantické pánve Isidis, vzniklé při srážce rudé planety s obřím asteroidem. Na Zemi nemáme naději takto staré horniny najít a prozkoumat, protože její povrch neustále výrazně přetváří desková tektonika. Pokud bychom je našli na Marsu, mohli bychom se dozvědět hodně o tom, jak vypadal raný vývoj kamenných planet včetně té naší.

### ? Mars jistě nadále zůstane těžištěm vědeckého zájmu. Jaká mise tam v blízké budoucnosti zamíří?

Těšit se můžeme na evropské vozítko Rosalind Franklin, které ponese na palubě skládací vrták. Když se všechno podaří, mohli bychom se díky němu podívat až dva metry pod povrch planety a pátrat tam po životě. Část vědecké obce se totiž domnívá, že pokud na Marsu vůbec někdy vznikl, mohl by přežívat v hlubinách, chráněný před kosmickým zářením. A to se díky zmíněnému roveru možná dozvíme.

### ? Můžeme na závěr přidat něco pro odlehčení? Na svém webu petrbroz.cz se k Marsu často vyjadřujete. Zaujalo mě tam vaše zamýšlení, co by se na rudé planetě stalo s mrtvým tělem ...

Pokud lidstvo v budoucnu skutečně Mars osídlí, dřív či později tam také někdo zemře. Jenže smrt bude v daném prostředí

poněkud odlišná. Zaprvé se nedá moc počítat s tím, že by byl nebožtík dopraven zpět na Zemi, a to zejména kvůli finanční zátěži – i když pro vědce by šlo o velmi zajímavý studijní materiál. Zemřelý tak téměř jistě zůstane na Marsu. Ale zatímco na Zemi je řešení poměrně snadné, na rudé planetě máme problém. Především tam panují dost nepříznivé podmínky v podobě slabého atmosférického tlaku a průměrných teplot okolo minus šedesáti stupňů. Na Marsu neexistují ani bakterie

## » fakta

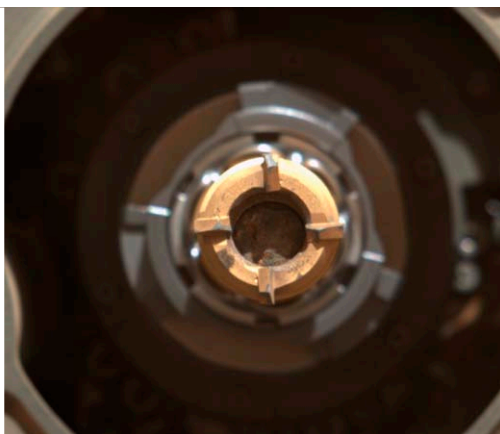
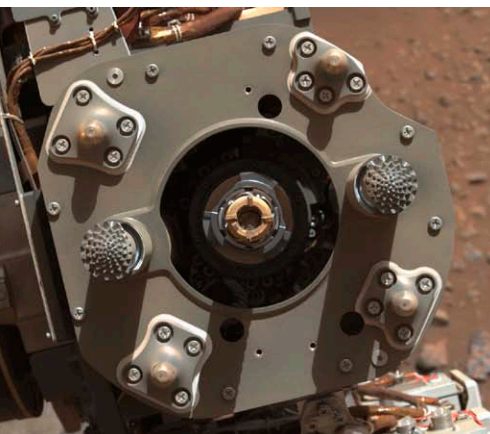
### AKTUÁLNÍ SESTAVA

V současnosti působí **na povrchu Marsu** tři americké výzkumné sondy: Rover **Curiosity** tam od roku 2012 studuje podmínky pro vznik života a analyzuje atmosféru. Stacionární **InSight** se již třetím rokem zaměřuje na vnitřní strukturu tělesa i jeho seismickou aktivitu. A letos se k nim přidal robot **Perseverance**.

**Na oběžné dráze** pak funguje osm automatů: Tři jsou americké, a to **Mars Odyssey** (2001), **Mars Reconnaissance Orbiter** (2006) a **Maven** (2014). Dva spadají pod křídla Evropské kosmické agentury, a sice **Mars Express** (2003) a **Trace Gas Orbiter** (2016), zatímco Indii patří sonda **Mangalján** (2014). Dvě zařízení se pak na oběžné dráze rudé planety usadila letos v únoru – **Al-Amal** Spojených arabských emirátů a čínský průzkumník **Tianwen 1** (Tchien-wen).

a další mikroorganismy, jež by tělo rozložily. V extrémním mrazu a při nízkém atmosférickém tlaku tedy poměrně rychle zmrzne, takže v něm přestane existovat kapalná voda. Nízký tlak navíc způsobí, že se bude vodní led dostávat z ostatků sublimací čili přechodem rovnou do plynné fáze. Tělo se tak začne přirozeně mumifikovat. ↻

## Dřív či později na Marsu také někdo zemře. Smrt však bude v daném prostředí poněkud odlišná



*Mgr. Jana Žďárská působí jako místopředsedkyně Kosmologické sekce České astronomické společnosti, pracuje na Fyzikálním ústavu AV ČR. K astronomii ji v dětství přivedl otec, v rámci její popularizace se věnuje ponejvíc rozhovorům s vědeckými osobnostmi a reportážím z astronomických akcí*

**První z celkových 43 kapslí na vzorky hornin zvládl Perseverance naplnit letos v září. Takto vypadá odběrové zařízení s materiálem v detailu**