



Představa Země poté, co se Slunce zvětší do stadia červeného obra

Kdy zanikne Země a život na ní?

Je to náš domov – obří ostrov plující nepřátelským vzduchoprázdňem, který poskytuje pozemskému životu vše potřebné. Jak dlouho však tato idylka potrvá?

Vladimír Socha

Země je zatím jediným známým místem ve vesmíru, které prokazatelně hostí život. Již zhruba čtyři miliardy let ji obývají množící se organismy, jež částečně přetvářejí její povrch i atmosféru. Zdejší život se přitom mohl vyvinout až do lidské formy jen díky zcela nepravděpodobné kombinaci okolností: na naší malé kamenné planetě panuje dlouhou dobu správné rozmezí povrchových teplot, existuje zde desková tektonika, koloběh prvků, ochranný plynův i magnetický obal a navíc Země krouží v ideální vzdálenosti od Slunce.

Dnes víme poměrně přesně, jak vývoj pozemského života probíhal a které

základní změny ve složení atmosféry nebo v pohybech a orientaci samotné planety jej nejvíc ovlivňovaly. Opačnou otázkou – kam se bude osud života na Zemi ubírat ve vzdálené budoucnosti a dokdy zůstane naše planeta obyvatelná – si lidé pokládali již dávno. Nicméně teprve v posledních desetiletích máme díky rozvoji astronomie, planetologie, geologie i výpočetní technologie k dispozici velmi přesné modely, které nám pomohou najít odpověď.

Co se tedy bude dít s naší planetou a životem na jejím povrchu v příštích tisících, milionech a miliardách let? Ačkoliv se popisované změny a události nebudou týkat nikoho z nás ani našich

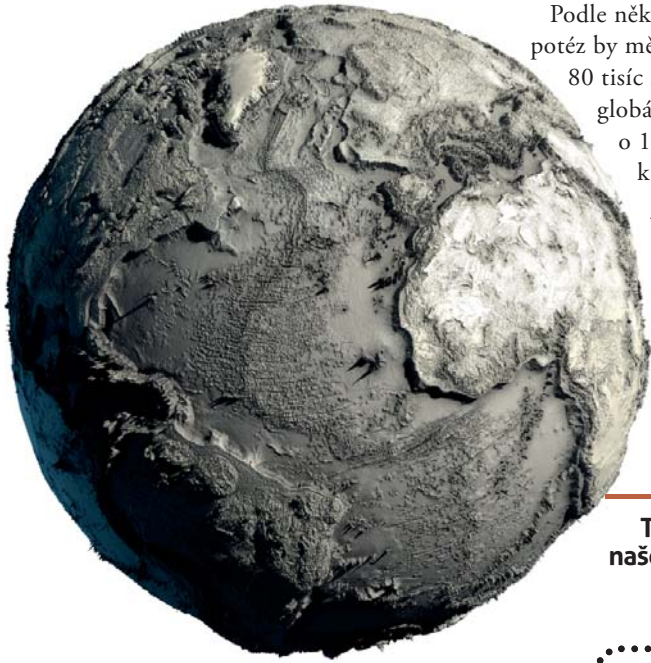
přímých potomků, jde přesto o poměrně děsivou prognózu. Máme totiž jedinou jistotu: **Země skončí tak, jak vznikla – jako pustá a pro život zcela nevhodná kamenná planeta.** A navíc v tomto ohledu nebude pravděpodobně zdaleka první ani poslední...

Další doba ledová

V současnosti každým rokem padají dlouhodobé teplotní rekordy a žijeme ve stálém stínu hrozby globálního oteplování. Může se nám to tudíž zdát neuvěřitelné, přesto prakticky jistě víme, že za několik tisíciletí až desítek tisíc let se vrátí doba ledová. Období prudkého ochlazení a opětovného nástupu masiv-

ních ledovců by navíc mohlo být silnější než v poslední ledové éře, jež vrcholila přibližně před 22 tisíci let.

Tehdy se pevninský ledovec přiblížil až ke Krkonošům a pokryl asi třetinu kontinentálního povrchu planety. Teploty klesly hluboko pod nulu a dobře se dařilo pleistocenní megafauně – mamu-



Takto by mohla vypadat naše planeta, kdyby se z ní odpařila veškerá voda

tům, srstnatým nosorožcům nebo třeba jeskynním medvědům. Dnes se nám zdá nepravděpodobné, že by se tato drsná doba našich dávných předků měla vrátit. Většina modelů vývoje globálního klimatu ji však předpovídá s vysokou mírou jistoty.

Období velmi nízkých teplot, kdy se střídají doby ledové (glaciály) s dobami meziledovými (interglaciály), trvá již 2,6 milionu let. **Vyspělá lidská civilizace se vyvinula v krátkém mezidobí interglaciálu za několik posledních tisíciletí.** Ačkoliv se tedy mnozí „zastánci“ globálního oteplování obávají nárůstu teplot v průběhu tohoto a příštích století, z geologického hlediska půjde jen o velmi krátkou epizodu – podstatný

bude vývoj za desítky a stovky tisíciletí. Ochlazování naší planety přitom zřejmě způsobují tři klíčové faktory: pokles množství oxidu uhličitého (CO_2) v atmosféře, nárůst pevninské hmoty na severní polokouli a změny v charakteru cirkulace oceánské vody. Svoji roli ovšem sehrávají také pohyby a pozice Země při oběhu kolem Slunce.

Podle některých vědeckých hypotéz by měl další glaciál trvat až 80 tisíc let a na jeho počátku se globální teplota prudce sníží o 10°C . To by mělo stačit k ohromnému zalednění, jež promění celou severní polokouli v království ledovců. Zůstává otázkou, zda lidská civilizace přečká související úbytek vhodného životního prostoru a zemědělské produkce.

Země v kostce

Typ tělesa:	planeta zemského typu
Vzdálenost od Slunce v perihéliu:	147 098 290 km
Vzdálenost od Slunce v aféliu:	152 098 232 km
Excentricita dráhy:	0,017
Oběžná perioda:	365,256 dne
Sklon dráhy k ekliptice:	0°
Rovníkový poloměr:	6 378,1 km
Zploštnění:	0,003
Hmotnost:	$5,973 \times 10^{24}$ kg
Průměrná hustota:	$5 515 \text{ kg/m}^3$
Délka dne	1 d
Sklon rotační osy	$23,44^\circ$
Povrchová teplota	-89 až 58°C
Hlavní prvky atmosféry	N_2, O_2
Počet měsíců	1

kontinenty opět spojí v jakéhosi nástupce Pangey, jenž dostal pracovní název **Pangea Ultima**.

Ať už bude zmíněný svět vypadat jakkoliv, rozhodně zaznamená převratné změny. V té době již zřejmě nebudou existovat žádní lidé, případně se od nás budou výrazně lišit. Rostliny a živočichové budou nadále prosperovat, což však přestane

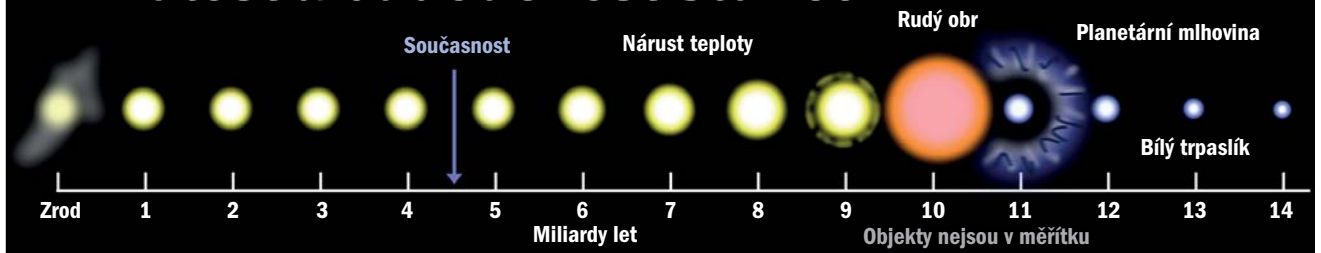
Budoucí Země se bude podobat žhavé Venuši – s vysokými teplotami a Sluncem spalujícím vše pod sebou

Návrat superkontinentu

Již několikrát v dějinách naší planety se všechny kontinenty (či jejich většina) spojily a vytvořily tzv. superkontinent. Nejznámější příklad představuje **Pangea**, rozsáhlý komplex pevnin, který vznikl v mladších prvohorách a postupně se „rozlámá“ na menší celky v éře dinosaurů. Zhruba za 250 milionů let se pak podle vyspělých počítačových modelů

platit o několik desítek či stovek milionů let později. Další výrazný úbytek CO_2 v atmosféře nejspíš způsobí velké vymírání rostlinných druhů, jež na zmíněném plynu do značné míry závisí. **Narušení potravních řetězců pak pravděpodobně povede k vlně hromadných vymírání a život projde velkou transformací.** Silně poklesne druhová rozmanitost živočichů i rostlin – a to bude teprve začátek...

Minulost a budoucnost Slunce



Konec zvířat

Ve stejné době již průměrná teplota na Zemi přesáhne 40 °C a dále poroste. Přežijí jen vysoce odolné druhy, které si poradí s žárem a nedostatkem životodárné tekutiny i některých plynů. **Dobře se zřejmě bude dařit výhradně organismům žijícím ve vodě a pod zemí;** na povrchu zůstane pouze velmi jednoduchý život. Situace začne připomínat svět před miliardami let, kdy naši planetu obývaly jen mořské mikroorganismy v prekambriických praoceánech.

S absencí rostlin zmizí i měkká půda – větrná eroze ji zničí a odfoukne, takže nakonec zůstanou pouze odhalená skaliska, stejně jako na **Marsu**. Země se však bude podobat spíš žhavé **Venuši** –

Jakmile jednou teplota překročí zhruba 45 °C, začne další velká vlna vymírání. Při uvedené hodnotě již přestávají pracovat organely zvané mitochondrie, které eukaryotickým buňkám dodávají energii. Při 50 °C nejspíš definitivně vyhynou živočichové na souši. **Jakmile pak teplota dosáhne 60 °C, převezmou vládu žalostné zbytky kdysi rozvinutého života – řasy, houby a bakterie.** Svět se vrátí do stavu, jenž panoval asi před miliardou let, kdy ještě neexistovaly rostliny ani živočichové.

Vypařené oceány

Za miliardu let dosáhne průměrná teplota na Zemi asi 70 °C a Slunce bude zhruba o 10 % jasnější než dnes. V tu dobu se zcela změní koloběh uhlíku

Vládnout budou řetězce bakterií pokrytých slizovou ochrannou vrstvou a opět započne doba tzv. stromatolitů, tedy houbovitých útvarů, vytvářených bakteriemi a sinicemi. Život přejde do podoby ze svých nejstarších počátků. Naše planeta se začne podobat Marsu svou barvou, nikoliv však podmínkami: **prostředí na celém povrchu bude připomínat dnešní kalifornské Údolí smrti** – všude jen vyprahlá poušť, sopky, vřídla horkých pramenů a rozsáhlé solné pláně.

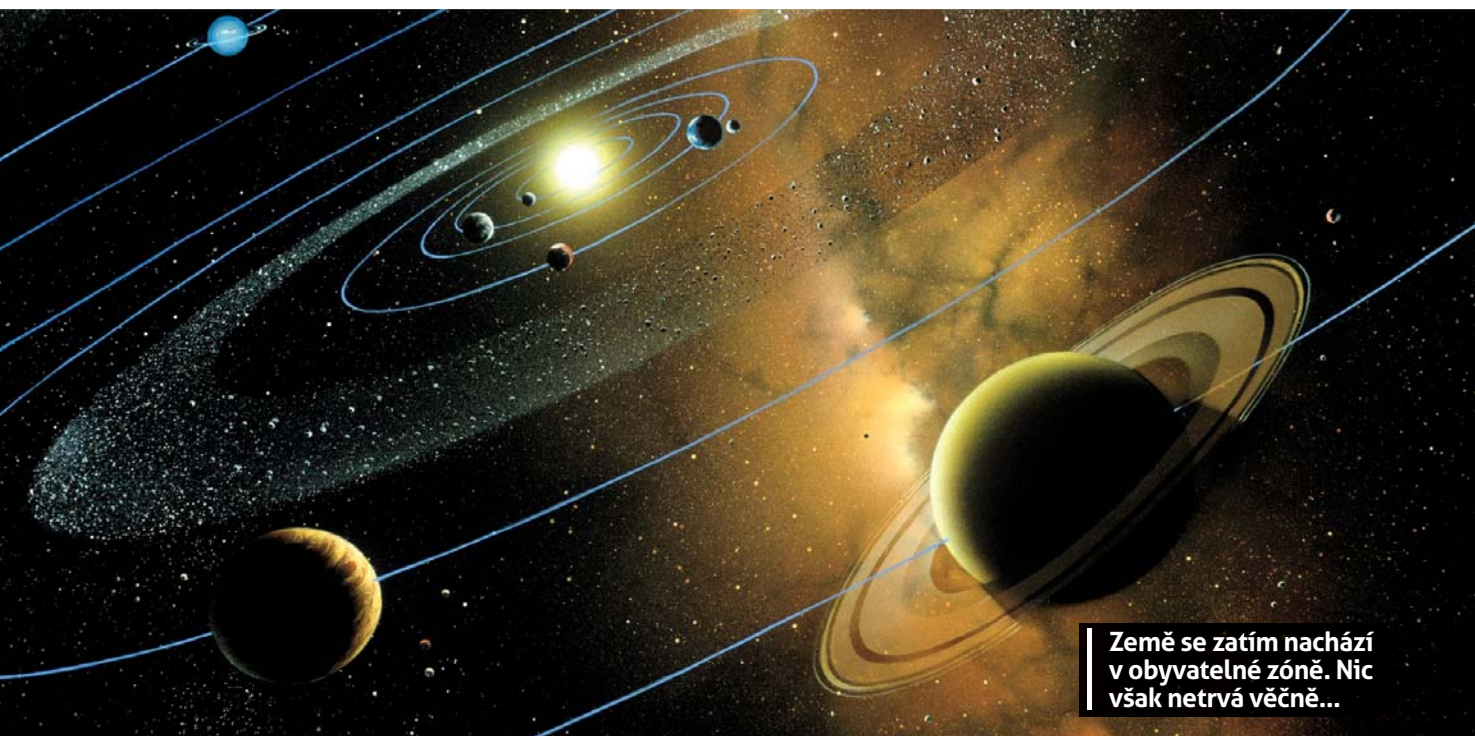
Za 2,5 miliardy let vzroste jasnost Slunce asi o 40 %, což možná spustí **pádívý skleníkový efekt** prudkým odpařením zbytků oceánských vod. Pokud k němu opravdu dojde, může to znamenat konec jakékoliv formy pozemského života. Pravděpodobnější je však pomalejší **vlhký skleníkový efekt**, který nejodolnějším organismům zajistí několik set milionů let existence navíc. Voda přesto i nadále v nějaké formě přetrvá – jako podzemní či zastíněná v jeskyních a vulkanických pramenech.

Teprve při 374 °C už H₂O nemůže existovat, a to při žádném tlaku. Právě takové horko by mohlo na Zemi zavládnout asi za 3,5 miliardy let. V případě již zmíněného pádivého skleníkového efektu by ovšem teplota atmosféry mohla dosáhnout až 1 000 °C a výrazně by tak překonala i Venuši s průměrnými 460 °C. V takových podmínkách

Za několik set milionů let přesáhne průměrná teplota na Zemi 40 °C a dál poroste

s vysokými teplotami a silně zářícím Sluncem, jež spálí vše pod sebou. Živočichové, kteří se dokážou ukrýt před slunečními paprsky a nepříznivými atmosférickými vlivy, zvládnou ještě dlouho existovat i na povrchu. Většina ale pravděpodobně osídlí území okolo pólů, protože na rovníku budou panovat nejhorsí podmínky.

i dalších látek a do chladného vakua kosmu se začnou odpařovat oceány. Ohromné oblasti mořského dna se promění v souš a světu budou dominovat sopky. Celá geografická podoba Země se transformuje s tím, jak bude ubývat sloupec vody – nejdřív jen o desítky a nakonec o celé tisíce metrů.



Země se zatím nachází v obyvatelné zóně. Nic však netrvá věčně...

by nepřežil žádný organismus – i ti nejdolnější extrémofilové totiž snesou jen asi 122 °C.

Smrtící hvězda

Země následně nejspíš zůstane planetou bez života ještě další tři nebo čtyři miliardy let, načež i ji čeká smrt v náručí Slunce. V té době budou zdejší teploty dosahovat několika stovek stupňů Celsia a při pohledu z vesmíru se bude narůžovělá skalnatá planeta s drtivou atmosférou o vysokém tlaku jevit jako naprosto sterilní. **O dávno zaniklém životě budou svědčit jen zkameněliny pod jejím povrchem.**

Zhruba za sedm miliard let se naše hvězda pomalu dostane do poslední fáze existence, přičemž se během svého před-

Křehká rovnováha

Náš pohled na podmínky pro vznik a udržení života hodně ovlivňuje to, co vidíme přímo na Zemi. Ve vesmíru se přitom mohou vyskytovat životní formy zcela nepodobné těm pozemským, pro něž by naše planeta naopak představovala nepřátelské prostředí. **Dokonce se očekává, že jednoduchý život možná hostí i jiná tělesa Sluneční soustavy:** třeba jej najdeme v oblacích na Venuši, pod povrchem Marsu nebo v podpovrchovém oceánu Jupiterova měsíce Europa.

Rovnováha umožňující existenci života na naší planetě je však velmi

křehká a snadno se může narušit. Parametry zemské dráhy – především její výstřednost – a orientace rotační osy v prostoru se pomalu mění: hovoříme o tzv. Milankovičových cyklech, s nimiž se proměňuje také úroveň celkového zalednění planety (střídání dob ledových a meziledových). A například výraznější vulkanická erupce – odborně hovoříme o supervulkánech – by do atmosféry vychrlila tolik sopečného popela, že by způsobila dlouhodobé celoplanetární ochlazení, jež by se nesmazatelně podepsalo na biosféře.



V důsledku extrémně vysokých teplot se Země v budoucnu stane neobyvatelnou

chozího vývoje 2,5× zjasní. Vodík v jejím nitru se zcela přemění na helium, heliové jádro bude stále více žhnout a vytlačovat povrchovou plynnou slupku do prostoru. Povrch se tím ochladí a bude čím dál červenější. Průměr Slunce poroste, stejně jako jeho jasnost: hvězda bude až 1 000× jasnější, výrazně se „nafoukne“ – a zrodí se červený obr. **Pokud by nějaký pozemšťan mohl v té době Slunce pozorovat, viděl by místo dnešního disku s úhlovým průměrem 0,5° giganta vyplňujícího celou oblohu.**

Hory a údolí se při teplotách kolem 2 000 °C dokonale roztaví a Země se změní v naprosto hladkou kouli. Osud

naší planety se zpečetí, jakmile Slunce vstoupí do tzv. stadia AGB neboli Asymptotic Giant Branch – tedy „větve asymptotických obrů“. Naše hvězda se stane velmi nestabilní, bude prudce tepelně pulzovat a její velikost i energie dosáhnou nepředstavitelných hodnot.

Labutí píseň planet

S rostoucím průměrem Slunce se začnou vnitřní planety našeho solárního systému vypařovat: nejprve **Merkur**, pak **Venuše** a poté i **Země**. Někteří astronomové se domnívají, že naše planeta úplně zániku těsně unikne, přesto však skončí jako „ohořelý škvarek“. **Podle většiny odhadů se však Země nakonec v hlubinách hvězdy roztaví též.**

Pomalý orbitální rozpad a expanze Slunce během jednoho z tepelných pul-

zů přitáhnou naši planetu do sluneční atmosféry. Rychlostí přes 20 km/s proletí Země horkým plynem a ohromný nadzvukový ráz ji ještě víc rozžhaví. Brzdné síly sluneční atmosféry ji zpomalí a navedou ji po pomyslné spirále do pekelného nitra hvězdy, kde se při teplotách nad 100 000 °C vypaří. Tehdy také zaniknou veškeré chemické vazby a informace o jejím minulém stavu i o životě, který nosila.

Slunce se nakonec promění v bílého trpaslíka – malou a velmi hmotnou

Za uplynulé čtyři miliardy let vzrostla jasnost Slunce až o 30 %

hvězdu, jež bude další miliardy let svítit studenou stříbrnou září. Nebude však v tomto ohledu ani zdaleka osamocen: jen Mléčná dráha obsahuje miliony bílých trpaslíků. Kolik světů podobných našemu už tak možná zaniklo? ↻

Mgr. Vladimír Socha je absolventem Univerzity v Hradci Králové a populárním zátorem paleontologie a přírodních věd. Je autorem řady popularizačních článků a zatím také sedmi knižních titulů, především s tematikou druhohorních dinosaurů