



Bedřich  
Moldan

Civilizace  
na planetě  
Zemi

KAROLINUM

# Civilizace na planetě Zemi

**Bedřich Moldan**

---

Recenzovaly: Mgr. Monika Boušková  
doc. PhDr. Šárka Cabadová Waisová, Ph.D.

Vydala Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum  
[www.karolinum.cz](http://www.karolinum.cz)  
Redakce Hana Kolářová  
Sazba DTP Nakladatelství Karolinum  
První vydání

Schválilo MŠMT č. j. MSMT-20293/2017-11 dne 23. února 2018 k zařazení do seznamu učebnic pro střední vzdělávání pro vzdělávací oblasti Člověk a příroda, Člověk a společnost s dobou platnosti 6 let.

© Univerzita Karlova, 2018  
© Bedřich Moldan, 2018

ISBN 978-80-246-3624-5  
ISBN 978-80-246-4601-5 (pdf)



Univerzita Karlova  
Nakladatelství Karolinum 2018

[www.karolinum.cz](http://www.karolinum.cz)  
[ebooks@karolinum.cz](mailto:ebooks@karolinum.cz)



# Obsah

---

Předmluva	7
<b>Oddíl první: Lidé na planetě Zemi</b>	<b>11</b>
1.1 Planeta Země a lidé	13
1.2 Rozvoj lidstva	24
1.3 Přírodní zdroje pro lidský rozvoj	35
1.4 Zátěž prostředí a globální změna	53
<b>Oddíl druhý: Planetární systém Země</b>	<b>65</b>
2.1 Atmosféra a klima	67
2.2 Země – planeta vody	79
2.3 Zemský pokryv a půda	91
2.4 Cykly chemických prvků a chemické prostředí	101
2.5 Živá příroda	111
<b>Oddíl třetí: Udržitelný rozvoj</b>	<b>127</b>
3.1 Co je udržitelný rozvoj	129
3.2 Právo životního prostředí	137
3.3 Zelená ekonomika	144
3.4 Lidské hodnoty	154
3.5 Výhled do budoucna	159
Doporučená literatura	169
Výkladový slovníček	173



## Předmluva

---

Příroda a životní prostředí nám poskytují zdroje a služby, bez kterých se nemůže obejít ani náš samotný biologický život, ani naše ekonomika, proto o ně musíme pečovat a chránit je. Chceme totiž, aby prostředí kolem nás tak, jak je známe a jak jsme v něm vyrostli, zachovalo své příznivé vlastnosti i do budoucna. Aby v něm mohly žít stejně dobře jako my i naše děti a všechny příští generace a aby se nezničila živá příroda. Od toho jsou zákony, instituce, včetně ministerstev, ale i metařů a popelářů, ale zejména záleží na našem jednání. Na chování všech lidí, ať už jsou odpovědnými rozhodujícími činiteli, podnikateli či výrobci nebo spotřebiteli a zákazníky supermarketů. Jednání lidí ovlivňuje životní prostředí přímo, například když odhazujeme odpadky, pálíme v kotli nevhodné palivo nebo ničíme vzácné květiny, ale i nepřímo, třeba tím, jak nakupujeme nebo jezdíme autem.

---

Mám na mysli zvláště generaci dnešních dětí, které žijí v epoše, v níž se mění všechno okolo nás závratnou rychlostí: zanedlouho budou žít ve zcela jiném světě. Tato publikace se snaží zachytit nejdůležitější trendy, poukázat na rizika i příležitosti, pomoci připravit se na budoucnost. Malý příklad: Světové společenství se na Pařížské konferenci o klimatu v prosinci 2015 zavázalo, že v průběhu druhé poloviny tohoto století změní celý ekonomický systém a postupně přestane využívat ropu, uhlí i zemní plyn jako zdroje energie. Dovedeme si dnes svět bez fosilních paliv vůbec představit? Možná ne, přesto s největší pravděpodobností dnešní děti a jejich děti v takovém světě budou žít.

---

Tato knížka chce pomoci pochopit souvislosti, protože porozumění důležitým vazbám mezi lidským chováním a životním prostředím, přírodou a přírodními zdroji je základním předpokladem jejich úspěšné ochrany. Je členěna do tří oddílů: **První oddíl**, nazvaný Lidé na planetě Zemi, seznamuje co nejstručněji s dlouhou historií vývoje naší planety od jejího vzniku a vzniku pozemského života až k dnešní podobě v současné epoše antropocénu. Dnes má lidská činnost nejen v místním, ale i v regionálním a globálním měřítku tak zásadní vliv, že už mnohdy nelze rozlišovat mezi silami přírodními a důsledky aktivity lidské. Celý planetární systém Země, kterému je věnován **druhý oddíl**, se v posledních několika staletích zásadně proměnil, někdy podstatněji než za uplynulé tisíce let či ještě déle; změny pokračují a jsou stále rychlejší. Obsahem **oddílu třetího**, nazvaného Udržitelný rozvoj, je reakce společnosti na tuto situaci: jak tyto změny vnímá a odpovídá na současné výzvy.

---

Knížka je věnována studentům i učitelům středních škol, především gymnázií, ale i ostatních, a mohla by pomoci i žákům a učitelům vyšších ročníků základních škol na straně jedné a začínajícím vysokoškolským studentům na straně druhé. Přímo navazuje na témata Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia (zvláště vzdělávací oblasti Člověk a příroda, Člověk a společnost), a zejména se pokouší přispět k prohloubení průřezových témat, jako jsou Environmentální výchova a Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech. Navazuje rovněž na Dlouhodobý záměr vzdělávání a rozvoje vzdělávací soustavy České republiky na období 2015–2020, kde je jeden z oddílů jmenovitě věnován vzdělávání pro udržitelný rozvoj.







## Oddíl první: Lidé na planetě Zemi

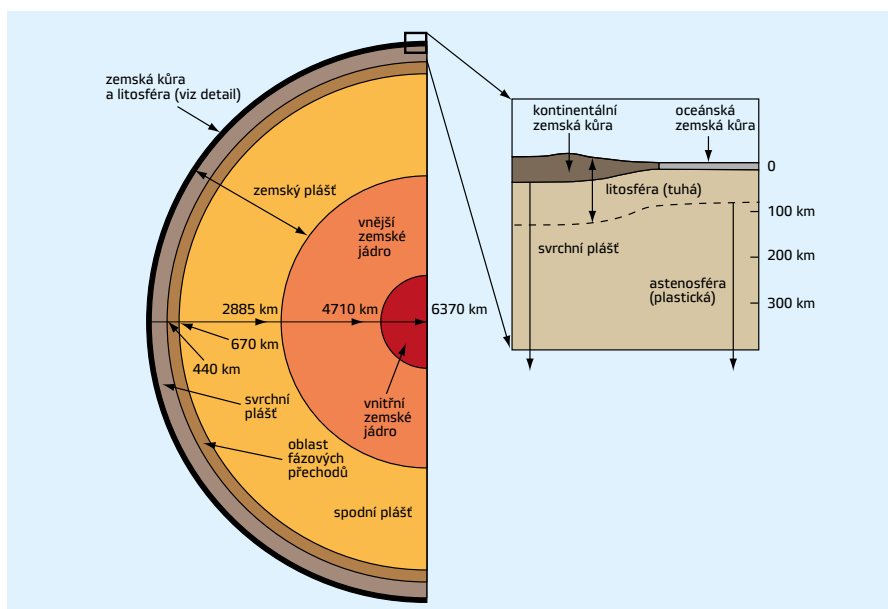


## 1.1 Planeta Země a lidé

Asi před 5 miliardami let existovala ve vesmíru na místě dnešní sluneční soustavy mlhovina, jejíž hmota se postupně začala uprostřed zhušťovat. Z této centrální oblasti vznikla nová hvězda, naše Slunce, které se stalo hlavní silou a zdrojem energie pro celou oblast rozsáhlého oblaku plynu a prachu. Brzy po Slunci vznikly planety a další součásti dnešní sluneční soustavy. Země vznikla před 4,57 miliardy let. Mimo dnešní terestrické (podobné Zemi) planety – Merkur, Venuše, Země a Mars – existovala velmi pravděpodobně ještě jedna planeta (s názvem Theia), která se srazila se Zemí, a tato srážka zřejmě způsobila vznik Měsíce před 4,53 miliardy let. Zároveň tento obrovský náraz poněkud vychýlil osu planety Země, což dnes vede k charakteristickému klimatu naší planety se střídáním ročních období. Náraz měl zřejmě ještě další důsledky, způsobil mimo jiné geologický proces pohybu zemských desek, který pokračuje do dneška.

V prvním období byla Země podrobena intenzivnímu bombardování velkými meteority, její povrch a nitro však postupně chladly a utvářely se přibližně do dnešní podoby. Tato první fáze vývoje skončila přibližně před 4 miliardami let. Země a ostatní planety postupně zachytily plyny a těkavé látky z menších těles kroužících okolo Slunce, případně unikající z nitra samotných planet. V té době

Vznik  
a struktura  
Země



Struktura Země

Slunce	$1,99 \times 10^{33}$ g
Země	$6,25 \times 10^{27}$ g
zemská kůra	$2,5 \times 10^{25}$ g
sedimenty	$2,5 \times 10^{24}$ g
hydrosféra	$1,7 \times 10^{24}$ g
atmosféra	$5,1 \times 10^{21}$ g
biomasa (vyjádřeno jako hmotnost uhlíku)	$7 \times 10^{17}$ g

se rovněž vytvořilo zemské jádro, složené z těžkých kovů železa a niklu. Toto jádro obklopil plášť, vznikla pevninská zemská kůra a začaly se tvořit oceány. Tím byla přibližně po 500 milionech let završena první fáze geologického vývoje Země, odlišná od celé následující geologické historie, jež se poté už odvíjela způsobem více podobným dnešnímu.

Největší část naší Země je tvořena železóniklovým jádrem, které je obklopeno pláštěm. Vnější vrstvu tvoří sféra tuhých hornin (litosféra) a zemská kůra, její svrchní část. Ta sahá do hloubky 10–50 km a je jen tenkou slupkou, která je svými rozměry v asi stejném poměru k jádru a plášti, jako je slupka jablka k jeho dužině. Nejsvrchnější část zemské kůry tvoří půdní vrstva, pedosféra. Je jenom desítky centimetrů, nejvýše několik málo metrů silná a na některých částech pevnin zcela chybí. Zemskou hydrosféru tvoří vodstvo, do kterého počítáme oceány, jezera, řeky, ledovce, podzemní vodu i vodu v ovzduší. Atmosférou nazýváme plynný obal Země. Hranice mezi zemskými sférami nejsou ostré a jednotlivé sféry se do jisté míry vzájemně překrývají.

### Život na Zemi

Planeta Země je dosud jediným známým oživeným tělesem v celém vesmíru. Existuje mnoho teorií o vzniku života, žádná však nebyla definitivně přijata. Život na Zemi snad vznikl v hloubce oceánů v blízkosti výstupů horkých sopečných plynů, nebo naopak v mělkých zátokách moří v takzvané horké polévce, to znamená v roztocích relativně jednoduchých organických látek vzniklých bez účasti živých tvorů především působením slunečního záření. Jiná teorie zdůrazňuje význam krystalů a jílových minerálů, které umožnily vznik složitých a často velkých organických molekul. Jisté je, že již z doby před 3,8–3,5 miliardy let, tedy relativně krátce po vzniku samotné Země, máme důkazy existence života na Zemi v podobě zkamenělin (stromatolitů), které považujeme za pozůstatky živých tvorů.

Mezi prvními organismy zaujaly zvláštní postavení sinice, jednoduché jednobuněčné bakterie. Již v době před třemi miliardami let vyvinuly fotosyntetický proces, a staly se tak zřejmě prvními autotrofními organismy, to znamená takovými, které čerpají energii a látky potřebné pro svůj život ze svého neživého okolí a ze slunečního záření. Všechny organismy předtím (včetně těch úplně

prvních) byly totiž heterotrofní, svá těla tvořily a energii pro životní procesy čerpaly z organických látek, které samy nevytvořily. Fotosyntéza (blíže o tomto procesu v kapitole Živá příroda) patří mezi základní procesy živých organismů, které využívají sluneční záření pro produkci látek i energie potřebných pro svůj růst a celý životní cyklus. Organické látky vznikají za působení slunečního záření z oxidu uhličitého obsaženého v ovzduší a z vody, jako „odpadní produkt“ se při tomto procesu do atmosféry uvolňuje kyslík. Zrození fotosyntézy znamená zásadní přelom nejen ve vývoji života, ale celé planety Země.

Všechny dnešní pozemské živé organismy vznikly ze společných předků, kteří se na Zemi objevili přibližně před 3,5–3,8 miliardy let. Dlouhou dobu se život vyvíjel na úrovni jednoduchých jednobuněčných mikroorganismů. První vyšší (eukaryotní) organismy, jejichž buněčné jádro, které obsahuje genetický materiál, je od cytoplazmy odděleno jadernou membránou, se objevují před 2,7 miliardy let, nejdříve jako jednobuněčné a od 1,5 miliardy let také jako mnohobuněčné: prvoci, řasy, houby, živočichové, rostliny. Prudký rozvoj biologických druhů nastává v průběhu „kambrické exploze“ na počátku prvohor, přibližně před 543 miliony let. Od samého počátku života na Zemi se však zároveň vyvíjely základní biochemické pochody látkového metabolismu. Za tuto dlouhou dobu se v buňkách ustálila většina základních procesů, které jsou pro všechny živé organismy více méně společné. Vývoj byl velmi pomalý a jistě nebyl přímočarý – mnoho mechanismů představovalo slepou větev. Přežily a dále se vyvíjely jen ty, které prokázaly svou dlouhodobou životaschopnost.

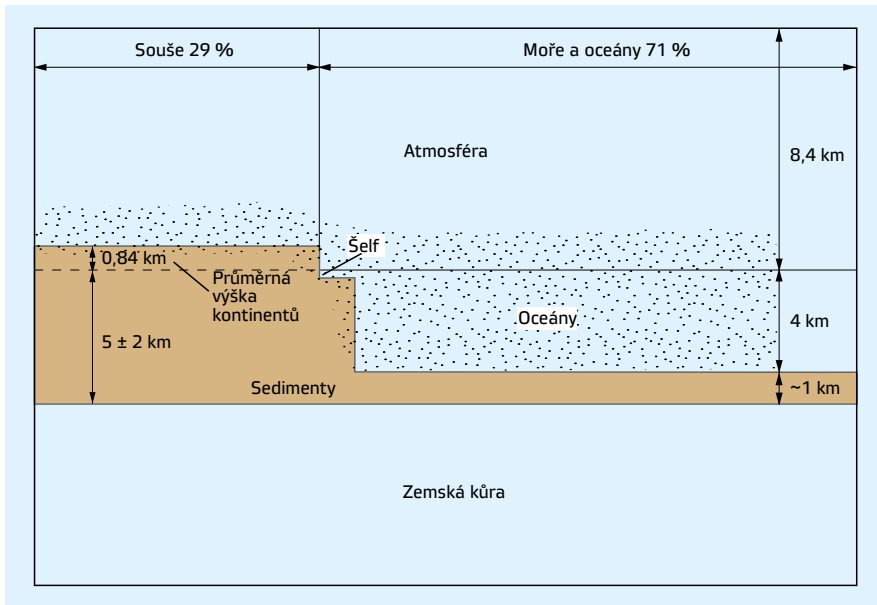
Ve spodní části atmosféry, v hydrosféře a ve svrchní části zemské kůry se vyskytují živé organismy; tuto oživenou část planety Země nazýváme biosférou. Zahrnuje celý povrch Země, oblast ovzduší do výšky asi 8–10 km a celou hydrosféru. V zemské kůře se živé organismy vyskytují do hloubek místy nejméně 10 km. Jsou vázány na vodu: všude, kde se vyskytuje voda, najdou se také živí tvorové. Vyskytují se i v prostředích velmi extrémních, například hluboko v horinách pod dnem moří. Součástí biosféry je i lidská společnost se všemi svými výtvoři: městy, poli, přehradami či dálnicemi.

V době před vznikem fotosyntetického procesu byla zemská atmosféra téměř bez kyslíku. Obsahovala podobné látky, jako je tomu dnes – oxid uhličitý, metan, vzácné plyny, pravděpodobně i dusík a jeho sloučeniny a jen velice málo kyslíku. Díky fotosyntéze však postupně obsah kyslíku stoupal, až koncentrace kyslíku dosáhla 0,1–0,2 % objemu ovzduší (v současnosti je to 21 %). To byla zásadní změna, která přibližně před 2,4 miliardy let způsobila proces, který nazýváme tzv. velkou oxidační událostí. Obsah kyslíku dosáhl 0,21 %, a protože jde o látku v zásadě toxickou, měla na tehdejší živé organismy nepochybně velmi nepříznivý vliv, se kterým se musely postupně vyrovnat. Na druhé straně však mohl vzniknout zcela nový typ organismů, které začaly kyslíku využívat

Vývoj  
života

Biosféra

Kyslík  
v zemské  
atmosféře



Obrázek schematicky zjednodušuje pozici a velikost zemských sfér. Výška atmosféry je odvozena z hypotetické situace, ve které má atmosféra konstantní tlak a hustotu. Hloubka oceánu odpovídá průměrné hloubce. Oživená část – biosféra – je vyznačena tečkovaně.

k dýchání, předchůdců dnešních živočichů. Zároveň je tato koncentrace dostatečná k tomu, aby se mohla vytvářet stratosférická ozonová vrstva (viz kapitola Atmosféra a klima). Do té doby totiž nic nebránilo škodlivým ultrafialovým paprskům ze Slunce, aby pronikaly zemskou atmosférou. Protože jsou tyto paprsky pro veškeré živé organismy smrtelně nebezpečné, život se rozvíjel jenom velmi omezeně, především pod vodní hladinou, i když některé odolné druhy bakterií či jiných organismů mohly existovat i na souši.

Zásadní změnu přineslo geologické období prvohor, které začalo před 543 miliony let. Kambrium je jejich první epochou, po ní následují další, která zaznamenávají rozvoj života až k dnešním formám. Na začátku kambria nastal rychlý rozvoj života, který označujeme jako kambriickou explozi. V této době dosáhl obsah kyslíku v atmosféře 1 %, tato koncentrace se považuje za kritickou mez nutnou k tomu, aby mohli existovat živočichové, kteří potřebují kyslík k dýchání. Začali se rozvíjet především ve vodním prostředí, na souši se odvážili později, zřejmě v souvislosti s postupným rozvojem fungování stratosférické ozonové vrstvy jako filtru nebezpečných ultrafialových paprsků. První zelené rostliny se na souši objevují před 480 miliony let a první stromy přibližně před 400 miliony let.

Vývoj života na Zemi probíhal od počátku nerovnoměrně. Relativně klidná období vývoje byla čas od času přerušována velkými epizodickými, často



katastrofickými událostmi. Zmínili jsme se již o velké oxidační události před 2,4 miliardy let. V průběhu dalších dvou miliard let se vyskytlo také několik období rozsáhlého zalednění. Na konci kambria, před 488 miliony let, nastalo z dosud ne zcela jasných příčin (možná ochlazení nebo nedostatek kyslíku v ovzduší) další katastrofické období, spojené s rozsáhlým vymíráním rostlinných a živočišných druhů a dalších organismů.

Vůbec nejdrastičtější událost byla zaznamenána před 251 miliony let na hranici geologických období permu a triasu, kdy vyhynulo 95 % druhů všech živých organismů na Zemi. Příčinou této události (zvané permské vymírání) byly s největší pravděpodobností rozsáhlé výlevy magmatických hornin na plochách milionů čtverecních kilometrů na území dnešní Sibíře, spojené s emisemi sopečných plynů a dalšími jevy vedoucími především k náhlým a drastickým změnám složení atmosféry. Takových velkých vymírání nastalo ještě několik, nejznámější z nich (a také poslední velké) je z doby před 66 miliony let na hranici geologických období křídý a třetihor, při kterém vyhynuli mimo jiné dinosauři. Příčina dosud posledního velkého vymírání se přisuzuje dopadu velkého kosmického tělesa na oblast poloostrova Yucatan, což v průběhu následujících tisíců let pravděpodobně způsobilo rozsáhlé projevy vulkanické činnosti a takové změny atmosféry, které byly pro velkou část tehdejších tvorů smrtelné.

Žádná z těchto událostí, včetně té nejhroživější, zmíněného permského vymírání, kterou přežilo jenom 5 % biologických druhů, neznamenala úplný zánik pozemského života. Naopak, v následném období vždy došlo k rozvoji nových velkých skupin organismů. Po tomto obrovském vymírání se uvolnil prostor pro rozvoj dinosaurů. Podobná situace nastala pro savce, kteří se naplno rozvinuli po vyhynutí dinosaurů. Rozmanitost se zvyšovala, vznikaly stále nové životní formy. Mezi nejmladší velké skupiny organismů patří například trávy (lipnicovitě), které se objevily až přibližně před 50 miliony let.

Základním faktorem rozvoje života na planetě Zemi byla nesmírně dlouhá doba, po kterou se hlavní fyzikální a chemické podmínky okolního prostředí měnily jen málo a v průměru relativně pomalu. Chemické složení hornin, vod a v poslední přibližně půl miliardě let i ovzduší zůstávalo v zásadě stabilní, stejně jako teplota, která příliš nekolísala. Za několik miliard let vývoje se vytvořily tak rozmanité životní formy, že to vzbuzuje úžas. I při tak velké různorodosti organismů jsou však základní buněčná struktura a látkový metabolismus většiny živých tvorů pozoruhodně jednotné (s výjimkou některých velmi primitivních mikroorganismů přizpůsobených extrémním prostředím).

Základní biochemické pochody v buňkách probíhají velmi podobně u všech živých organismů, což je dáno tím, že se po dlouhou dobu vyvíjely více méně společně v rámci primitivních forem života. Jak víme, ten existuje na Zemi již nejméně 3,5 miliardy let a ke společnému předkovi současných živočichů i rostlin

Vývoj života pokračoval

Základní biochemické pochody stále