

# Biologický korespondenční seminář



## Biozvěst

Ročník 5

Série 3

## Milí přátelé,

Biozvěst se přehoupal do druhé poloviny a pokračuje třetí sérií. Ta, kromě toho, že se jejím řešením opět dozvíte mnoho nových vzrušujících faktů, je důležitá i tím, že na základě jejích výsledků vybereme 15 nejlepších z vás, kteří budou moci jet na **expedici Biozvěstu**, která se uskuteční **od 25. do 30. května 2018** v Říčkách v Orlických horách. Díky dotaci, kterou jsme získali od Ministerstva školství v rámci projektu Arachne, budete mít ubytování zdarma a těšit se můžete na krásné horské louky, rašeliniště a mnoho jiných radostí.



## Jak řešit

Veškeré pokyny k řešení semináře získáte na internetové stránce Biozvěstu

<http://www.biozvest.arach.cz>

(nebo zadejte „Biozvěst“ do Google). Na stránce také naleznete přihlášku, kterou vyplňte. Úlohy Vám budeme zasílat automaticky na e-mailovou adresu uvedenou v přihlášce. Pokud budete chtít ukončit odběr novinek o Biozvěstu, napište nám e-mail.

Dále se k nám můžete připojit prostřednictvím Facebooku, skupina „Biozvěst“, kde lze probírat aktuality a diskutovat dle libosti.

<https://www.facebook.com/groups/175384482597684/>

**Vaše řešení úloh nám pošlete na adresu:**

[biozvest@gmail.com](mailto:biozvest@gmail.com)

Nejpraktičtější formou řešení bude prostý text v e-mailu, ale přijímáme veškeré formáty příloh. Každou úlohu pište do samostatného e-mailu a v předmětu uveďte

**Ročník-Série-Úloha-Jméno\_Příjmení,**

např. **5-3-1-Bioslav\_Biomilný** v případě první úlohy třetí série aktuálního ročníku.

**Uzávěrka 3. série: pondělí 19. 3. 2018 o půlnoci.**

Vyhodnocení Vašich řešení dostanete e-mailem.

Nelekejte se, když Vám přijdou úlohy na první pohled příliš těžké, ponořte se do informačních zdrojů a uvidíte, že na vše lze někde nalézt odpověď. Dobré tipy k řešení naleznete také na stránce Biozvěstu v sekci „Návody“. Není nutné, abyste kompletně vyřešili všechny úlohy a asi se to ani nikomu nepodaří, stačí odeslat libovolně velký fragment. Oceníme, pokud přiložíte jakékoliv připomínky (např. úloha byla příliš lehká/těžká, nesrozumitelná, nudná), úlohy se pokusíme tvořit k Vaší maximální spokojenosti.

Veškeré dotazy či připomínky směřujte na adresy [biozvest@gmail.com](mailto:biozvest@gmail.com) či [vosolob@natur.cuni.cz](mailto:vosolob@natur.cuni.cz) (na druhé adrese máte větší šanci na rychlé zodpovězení otázky), nebo na e-mailové adresy autorů konkrétních úloh. Kontakty naleznete na webu Biozvěstu.

*Doufáme, že se vám budou nové úlohy líbit a že vás jejich řešení bude bavit.*

*Václav Bočan a Stanislav Vosolobě*

## Úloha 1: Puntíkatá cukrářka

Autor: Kristýna Minářová

Počet bodů: 18

Na infekční ambulanci je na začátku srpna rychlou záchrannou službou (bez předchozího upozornění a bez lékaře) přivezena 24letá cukrářka. Pacientka je při vědomí, ale obhluzená a spavá. Udává, že ještě včera přes den byla v práci, ale večer už se necítila dobře, což přikládala vysokým venkovním teplotám a myslela si, že se z toho vyspí. Již ten večer měla horečku přes 40 °C, druhý den však horečka neustupovala. Navíc dostala průjem a několikrát zvracela. Poté, co se jí na kůži objevily červené skvrny, vydala se v doprovodu babičky a přítele ke své praktické lékařce, která okamžitě diagnostikovala probíhající onemocnění a zavolala rychlou záchrannou službu. Při příjmu jí byl naměřen krevní tlak 69/47, akce srdeční 134 tepů/min a dle monitoru měla sinusový rytmus, proto byla ihned zahájena podpora oběhu vysokou dávkou katecholaminů – noradrenalinem. Dále byla zjištěna dechová frekvence 32 dechů/min, objektivně bez známek dušnosti. Dýchání bylo povrchní, zostřené, při bázích oslabené, nicméně saturace kyslíkem se držela na 99 % bez nutnosti podpůrné terapie kyslíkem. Na kůži hrudníku a stehnech byly přítomny petechie až sufuse, které přibývaly před očima. Na stehnech měla výsev makulosní vyrážky. Pacientka byla centralizovaná, s centralizací akrálních částí končetin, které byly chladné, prsty a plošky dolních končetin až ledové, nafialovělé, s prodlouženým kapilárním návratem. Hrdlo bylo lehce zarudlé, spojivky nastříklé. Na břiše patologie zjištěna nebyla (s výjimkou sufusí), po zavedení permanentního močového katetru bylo zjištěno, že pacientka nemočí. Vzhledem ke zvýšení urey a kreatininu byla zahájena masivní infusní terapie s nutností podávání diuretik, díky kterým bylo močení obnoveno. Neurologický nálezný byl v normě, i přes naměřenou teplotu 41 °C jsou meningeální příznaky negativní a ani další neurologické vyšetření, s výjimkou somnolence, nevykazuje patologii. Ve vstupní laboratoři zpočátku zjištěna lehká leukopenie (snížení bílých krvinek), ovšem již za pár hodin došlo k výraznému vzestupu leukocytů. Dále postupně klesal počet krevních destiček i červených krvinek. Koagulační parametry byly výrazně prodloužené a i přes masivní podávání mražené plasmy se ještě několik dní prodlužovaly. Vstupně byl zjištěn extrémně vysoký laktát a mimořádně vysoké CRP. Pacientce byla odebrána hemokultura a do 15 minut od přijetí podány kortikoidy a antibiotika – Ceftriaxon. Při řešení vám může být nápomocen loňský seriál a úloha v poslední sérii předloňského seriálu. Naleznete je na webu v sekci Archiv.

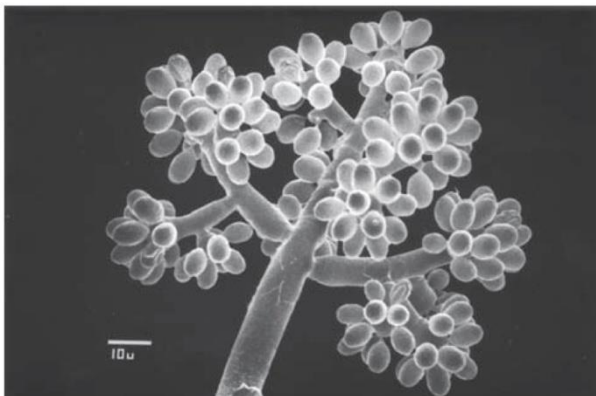
1. O jaké onemocnění se s velkou pravděpodobností jedná? Prosím i o uvedení původce.

- Mohla být v tomto případě antibiotika podána i rychlou záchrannou službou? Proč myslíte, že k tomu nedošlo?
- Asi je na první pohled jasné, že stav pacientky je velmi vážný. Jaké závažné patogenetické mechanismy u naší dosud zdravé cukrářky běží? Napovím, zkuste vymyslet, proč pacientka náhle přestala močit a proč se jí náhle začaly objevovat skvrny na kůži?
- Pacientce byly zároveň s antibiotiky podány kortikoidy. Ty, jak známo, tlumí imunitní odpověď. Zkuste vymyslet, proč je to v tomto stavu potřeba.
- Toto onemocnění probíhá velmi často rovněž s postižením mozkových plen. Přesněji řečeno, vždycky u něj dochází k většímu či menšímu postižení mozkových plen, tzv. meningitidě. Jediné, co se případ od případu liší, je míra tohoto postižení. Přesto u pacientky nebyla provedena lumbální punkce. Důvodů, proč ji přijímající lékař neprovedl, bylo několik. Zkuste aspoň na nějaké přijít.

## Úloha 2: Mykologie II – Parazit z říše hub

Autor: Eliška Pšeničková

Počet bodů: 20



- Jednou z velmi nebezpečných parazitických hub je bezpochyby *Batrachochytrium dendrobatidis*. Na kom tato houba parazituje? Čím svého hostitele potrápí? Na koho má poličeno *Batrachochytrium salamandrivorans*? Který evropský čolek je vůči *Batrachochytrium salamandrivorans* imunní? Odkud *Batrachochytrium salamandrivorans* pravděpodobně pochází?
- Zvláštním druhem parazitické houby je též *Coelomomyces psorophorae*. Je to dvouhostitelský parazit. Jmenujte oba hostitele. Jaký typ životního cyklu tento druh prodělává (jednoslovné pojmenování)?
- I mezi zástupci Mucoromycotina najdeme parazity. Patří mezi ně například rody *Rhizopus* nebo *Rhizomucor*. Co mohou tyto houby u člověka vyvolávat?
- Entomophthoromycotina jsou parazité hmyzu, komezálkové, ale také saprotrofové. Patří mezi ně například rod *Pandora*, napadající mšice, nebo rod *Basidiobolus*, který svými velkými jádry přispívá ke studiu inhibice mitózy. Čím je ale zvláštní *Entomophora grylli*? Na kom parazituje a co svému hostiteli způsobuje?
- Jak a na kom se projevuje *Taphrina deformans*? Co vytváří ve větvích bříz *Taphrina betulina*?
- O Saccharomycotina byla už řeč v minulé mykologické úloze. Patří mezi ně ale i *Candida spp.*, která způsobuje

jisté onemocnění. Na jaké onemocnění se ptám? Toto onemocnění se někdy diagnostikuje poměrně obtížně, každopádně vynecháním potravin bohatých na určitou složku potravy lze *Candida* diagnostikovat poměrně snadno. Co je třeba v potravě vynechat, aby se *Candida* dala lépe diagnostikovat?

- Jak se jmenují houboví parazité napadající *Vitis vinifera* (révu vinnou)? Jmenuj dva takové parazity.
- Jaká houbová choroba způsobuje nekrózu jasanů? Uveďte jméno anamorfy i teleomorfy (uvádějte ve stylu název + anomorfa/teleomorfa).
- Pod zkratkou WNS je ukrytá zlá nemoc napadající netopýry. Jedná se o White-nose syndrome. Který houbový parazit WNS způsobuje? Jak tato nemoc projevuje?
- Mnoho kmenů *Aspergillus* produkuje významné množství určité karcinogenní, toxické sloučeniny. Tuto určitou látku produkuje například *Aspergillus flavus*, vyskytující se na arašídách, kde je tato látka důkladně kontrolována, než se arašíd dostanou ke spotřebitelům. Na jakou konkrétní látku se ptám?
- Původce jaké choroby je *Aphanomyces astaci*? Jaké rody tato plíseň napadá? Na jakou soustavu plíseň útočí? Odkud a kdy se k nám plíseň dostala?
- Pucciniales jsou významní parazité hospodářských plodin. Jsou to biotrofové způsobující často senescenci částí rostlin, hypertrofii, hyperplázii nebo nádory. Snižují asimilační schopnosti i výnosy rostlin. Navíc jejich nákazy bývají systematické. Jmenujte ale mezihostitele a hlavního hostitele *Puccinia graminis*, *Uromyces pisi-sativii* a *Gymnosporangium sabinae*. Na kom parazituje *Hemileia vastatrix*?
- Jaká sněť se používá k přípravě mexické speciality Huitla-coche?
- Velký irský hladomor byl z velké části důsledkem neurody jedné hospodářsky významné plodiny, která pro Iry tvořila primární zdroj potravy. O jakou plodinu šlo? Jaký houbový parazit napadl tuto plodinu?

## Úloha 3: Deriváty mitochondrií II

Autor: Radek Vítek

Počet bodů: 17

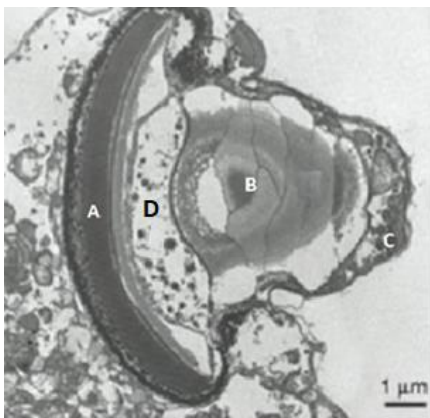
V minulém díle jsme se zaměřili na dva deriváty mitochondrie, na hydrogenosom a mitosom. Dozvěděli jsme se, že ne všechna eukaryota mají mitochondrii, že tato organela není důležitá jen kvůli tvorbě ATP a že existují i druhy, které jsou v přechodné fázi mezi klasickou mitochondrií a jejím derivátem. V tomto díle se podíváme na další dva případy, kdy byly mitochondrie modifikovány pro specifické funkce. V jednom z nich sice nejsou tak razantně změněny, ale jedná se o zajímavou strukturu, které jistě stojí za to věnovat trochu pozornosti.

- Jako první se podíváme na subbuněčnou strukturu zvanou oceloid. Ta se vyskytuje jen u jediné čeledi eukaryot. Napište, u jaké čeledi se organela nachází, a uveďte dva rody, které do ní náleží.
- Struktura oceloidu je až nápadně analogická jednomu obratlovčímu orgánu.
  - Napište, o jaký orgán se jedná a jaká je hlavní funkce oceloidu.
  - Pokud oceloid porovnáme například se stigmatem u řas,



můžeme říci, že jsou jeho schopnosti lepší, horší nebo srovnatelné? A do jaké míry?

3. Nyní se zaměříme na jeho kompozici. Oceloid je poměrně komplikovaná struktura, na jejímž složení se podílí dokonce i membrány a cytoskelet, ale to samozřejmě není vše.
- a. Pojmenujte zvyrazněné části (A–D) v obr. 1 (je možné, že neobjevíte doslovný překlad do češtiny, můžete proto použít anglické názvy) a přiřaďte k nim analogické struktury v obratlovém orgánu hledaném výše.



Obr. 1: Oceloid zachycený elektronovým mikroskopem.

- b. Do tvorby se zapojily dokonce i orgány endosymbiotického původu. Uveďte, jaké části jsou tvořeny těmito organelami a také co tvoří zbývající části.
4. Každá část oceloidu má svou specifickou funkci a všechny dohromady dávají funkčnost celé struktury. Jedna z částí má za úkol částečně odstínit a pohltit přicházející světlo. S tímto jevem se můžeme setkat též u zmíněného stigmatu.
- a. Přiřaďte výše zmíněnou funkci k části oceloidu (A–D) a zkuste se zamyslet nad tím, proč je vlastně potřeba, můžete se i trochu více rozepsat.
- b. Uveďte, jaké jsou funkce zbývajících částí oceloidu. Napovím, že konkrétní funkce jedné části není doposud jasně známa, proto stačí když to k jedné z nich uvedete.
5. Dalším bodem našeho zkoumání, respektive konkrétní pozměněná součást mitochondrie se nazývá kinetoplast. Napište, u jaké skupiny se nachází (třída, kmen a superskupina), a které konkrétní části mitochondrie se změna týká.
6. V kinetoplastu nalezneme sadu mikrokroužků a maxikroužků. Uveďte jejich přibližný počet, kolik bází nukleotidů je zhruba tvoří a stručně nastiňte jejich funkci.
7. Minikroužky umožňují proces zvaný RNA editace. U skupin s kinetoplastem je tento proces poměrně specifický. Uveďte, co přesně RNA editace je, a jak a k jakým změnám dochází v případě kinetoplastu.
8. Správný vědec by se ovšem zeptal, co mohlo vést k tak razantní změně, která dala vzniknout celé linii organismů. Bylo to z energetického hlediska vůbec výhodné?
- a. Uveďte, co mohlo vyvolat vznik RNA editace u linie s kinetoplastem, respektive vznik celého komplikovaného procesu s mini- a maxikroužky.
- b. Zkuste se zamyslet, zda je možno celý tento systém udržet z hlediska funkčnosti dlouhodobě stabilní. Jak si to mohou jedinci dovolit vzhledem k vysoké energetické náročnosti tohoto procesu?

#### Úloha 4 (experimentální): Vejce a já

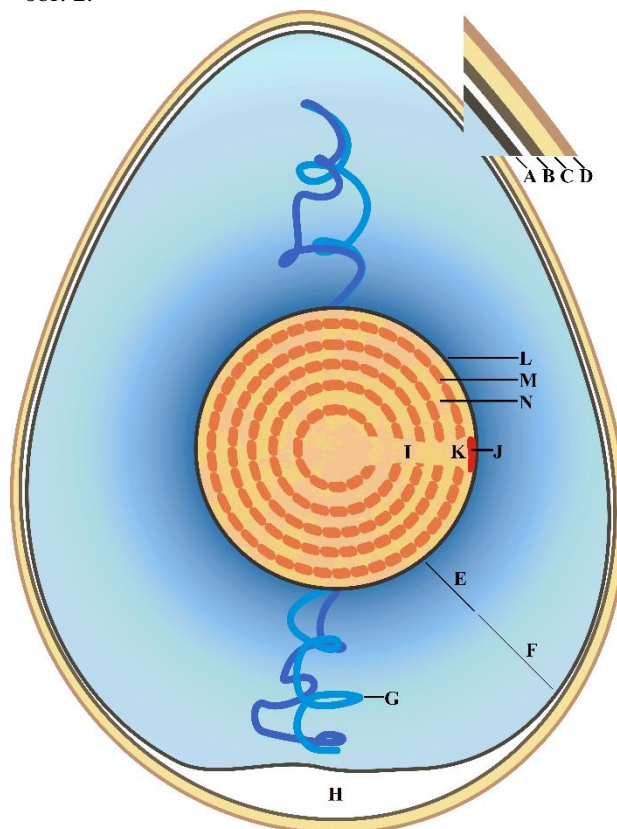
Autor: Václav Bočan

Počet bodů: 22

Ptačí vejce je nám všem notoricky známý biologický objekt (zejména gastronomicky oblíbené vejce slepičí). Prozkoumáme-li jej blíže dřív, než si z něj uděláme omeletu, shledáme ho opravdu fascinujícím. Vždyť dokáže zajistit podmínky pro celý embryonální vývoj kuřete od několika málo buněk po prakticky hotového ptáčka! Pojďme se o něm dozvědět trochu víc a maličko si pohrát.

Do svých odpovědí mi připište, jestli jste četli knihu z názvu úlohy, a pokud ano, jestli byste mi ji doporučili.

- U kura domácího můžeme jistě určit, z jakého vaječnicku pochází ovulované vajíčko, na rozdíl např. od člověka. Jak je toto možné?
- Milovník omelet se vydal do supermarketu pro vejce. Koupil jich tolik, kolik je podíl průměrného počtu oocytů čerstvě vylíhlé slepičky a průměrné doby od oplození po snesení vejce v hodinách. Kolik kuřátek položilo pro tuto omeletu život?
- Abychom lépe pochopili, jak vajíčko funguje, podívejme se detailně na jeho vnitřní strukturu. Popište anatomický obr. 2.



Obr. 2: Anatomie ptačího vejce.

- Z náčrtu je patrné, že ve vejci je hned několik bariér. Ke každé z nich stručně uveďte, jaké je povahy (z čeho se hlavně skládá). Které z nich by mohlo rozpustit mýdlo nebo jiný detergent? Podobnost s otázkou č. 2 z úlohy o izolaci DNA v první sérii je čistě náhodná ;-)
- Kdy a jak vzniká struktura H? Jaká je její funkce?
- Vypište písmena označující části, které se nakonec stanou součástí těla kuřete.

7. Tvrzení „Vajíčko pštrosa je opravdu obří buňka.“ je poněkud zavádějící. Proč?
8. Co se děje, když vajíčko vaříme natvrdo? Co způsobuje změnu konzistence bílku a žloutku?
9. Zaměřme se nyní na vaječnou skořápku a pusťme se už do něčeho praktického. Když vajíčko necháme máčet v octu, dojde k podivným věcem. Experiment zpracujte do protokolu, přidejte fotodokumentaci a vysvětlete, co se stalo. Zapište proces chemickou rovnicí; co jsou zač uvolňované bublinky? A co se stalo se žloutkem?
10. Stejný trik jako s octem může (teoreticky) fungovat i s některými sladkými limonádami. Co musí obsahovat? Experiment vyzkoušejte a vyfoťte. Pravděpodobně však nedosáhnete stejného výsledku jako s octem. Čím to je?
11. Najděte jinou potravinu místo limonády, která bude fungovat. Podle čeho jste ji vybrali? Opět zmiňte v protokolu i s fotkou.

### Úloha 5: Historický vývoj biomů

Autor: Stanislav Vosolsobě

Počet bodů: 20

V prvním díle našeho seriálu o biomech jsme si řekli, že jejich rozšíření na povrchu Země je dáno především klimatickými vlivy (teplota, srážky). A protože klima na planetě není zdaleka stálé a v průběhu věků se mění, i rozšíření biotopů prochází dlouhodobým vývojem. V tomto dílu seriálu se zaměříme na pár nejzajímavějších klimatických změn.

#### Paleoklimatologie

Díky různým geochemickým metodám je možné rekonstruovat **historický vývoj teplot** na Zemi. Používají se zejména metody založené na stanovování **poměru izotopů kyslíku** ve fosilních materiálech. Kyslík má totiž kromě dominantního izotopu  $^{16}\text{O}$  i formu  $^{18}\text{O}$  (taktéž neradioaktivní), který má o dva neutrony více a vyskytuje se v 0,2 % případů. Izotopové složení látek lze extrémně přesně měřit pomocí **hmotnostní spektroskopie**, kdy rozbijeme látku na jednotlivé ionty (elektronovým paprskem, laserem apod.) a ty poté vpouštíme do elektromagnetického pole. Jeho působením se elektricky nabití ionty urychlují a získaná rychlost závisí na jejich **náboji a hmotnosti**. Takže pokud budeme analyzovat třeba iont  $\text{O}^{2-}$ , bude se ten, který pochází z lehčího izotopu  $^{16}\text{O}$ , pohybovat rychleji v elektrickém poli a magnetické pole snáze způsobí zakřivení jeho dráhy letu ve srovnání s těžším izotopem  $^{18}\text{O}$ . Podle toho

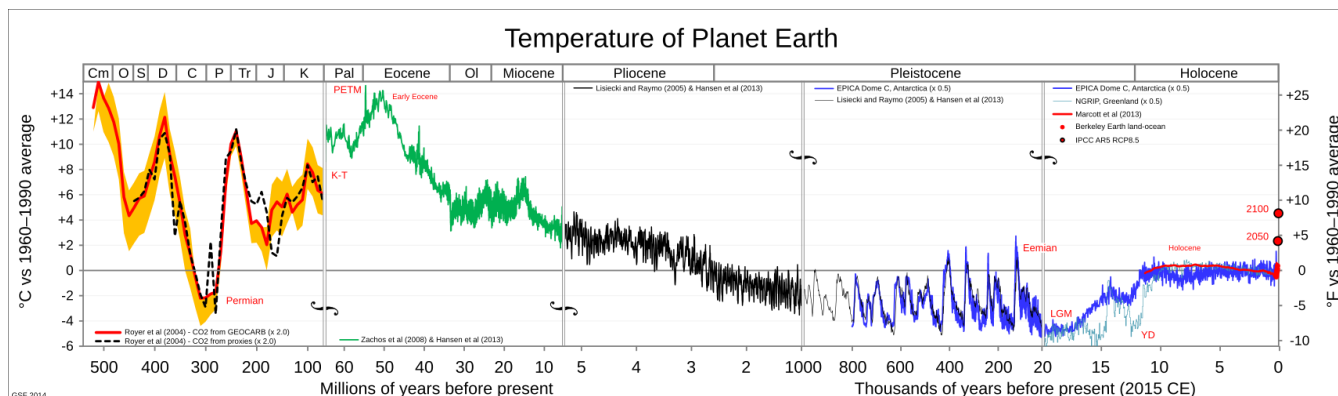
potom zaznamenáme pro jednotlivé ionty různé **časy a místa** dopadu na **detektor** přístroje, podle čehož je identifikujeme. Výsledkem měření je tedy přesný poměr izotopů ve vzorku. A k čemu nám to bude? Tak si představte, že v **oceánu** máte vodu s různě těžkými izotopy kyslíku. Molekuly ve vodě **kmitají** s rychlostí, která je úměrná **teplotě**, a když se voda **odpařuje**, je nutné, aby molekula, co má přejít do **ovzduší**, získala díky náhodným srážkám s ostatními nějakou **nadlimitní rychlost**, která jí umožní překonat přitažlivé síly působící v rámci kapaliny. A asi vás nepřekvapí, že mnohem snáze získá **vyšší** rychlost **lehká** molekula vody s  $^{16}\text{O}$  než ta těžká s  $^{18}\text{O}$ . Takže pokud máme **chladný** oceán, **vypařuje** se přednostně voda s **lehčím** izotopem a na **povrchu** zůstává ta s **těžším**. A při **kondenzaci** páry nastává děj opačný, přednostně kondenzuje **těžká** voda. Takže v **povrchové** vrstvě **oceánů** a ve **srážkách** v různých částech Země nalezneme **různé** izotopové složení vody, které souvisí s **globální teplotou**.

Jak na základě tohoto faktu určit teplotu v historii? Nejčastěji se zkoumá **izotopové** složení fosilních **schránek** mořského **planktonu**, zejména dírkonošců (Foraminifera). Ty jsou sice tvořeny uhličitánem vápenatým ( $\text{CaCO}_3$ ), ale v okamžiku, kdy **schránka vznikala**, byl uhličitánový iont ve formě  $\text{HCO}_3^-$  **rozpuštěn** ve vodě, a v této podobě dochází k rovnovážným **výměnám** jeho kyslíku s kyslíkem, který je v  $\text{H}_2\text{O}$ . Ve **schránce** je tedy **stejný** poměr **izotopů** kyslíku, jako byl ve **vodě**, ve které plankton žil. A to je právě ta **povrchová** vrstva, jejíž izotopové složení závisí na **teplotě**.

Výše popsaná metoda má výhodu, že je použitelná již od nejstarších dob, kdy máme doklady fosilního planktonu. Další metoda je sice použitelná pouze pro čtvrtohory, během kterých existuje polární zalednění, ale přináší zase výrazně větší rozlišení – jedná se o **vrtání** v antarktickém či grónském **ledovci** a zjišťování poměru **izotopů** v ledu. Využit lze jak izotopy kyslíku, tak izotopy vodíku (jedno procento atomů vodíku – deuterium – má jádro těžší o jeden neutron a vytváří tak těžkou vodu  $\text{D}_2\text{O}$ ).

**Vrty** v ledovci se dají využít zároveň i ke zjišťování **historické koncentrace  $\text{CO}_2$**  v atmosféře. Je to umožněno díky tomu, že v ledovcích jsou uvězněny **bublinky** dávné atmosféry. Koncentrace oxidu uhličitého lze stanovovat i biologickými metodami, například zjišťování **hustoty průduchů** na fosilních listech. Ta je totiž také úměrná koncentraci oxidu uhličitého. Známe-li koncentraci  $\text{CO}_2$ , můžeme odhadovat míru skleníkového efektu a podle toho i odvozovat **globální teplotu**.

Na základě všech těchto studií máme v současnosti vynikající odhad **historického klimatu** na Zemi (obr. 3).



Obr. 3: Vývoj pozemské teploty od prvohor po současnost. Pozor, časová osa není v rovnoměrném měřítku! Prvohory: Cm – kambrium, O – ordovik, D – devon, C – karbon, P – perm; druhohory: Tr – trias, J – jura, K – křída.



*Jak se datují fosilie?*

V grafu na obr. 3 vidíte jasnou časovou škálu. Možná vás napadne otázka, jak se dá určit **přesné stáří** fosilních materiálů, u kterých se určoval izotopový poměr kyslíku? Opět se využívá **izotopů**, ale v tomto případě nikoliv stabilních, ale **radioaktivních**. Atomy, ze kterých je tvořena Země, vznikly jadernými reakcemi při výbuchu hvězdy, která předcházela Sluneční soustavě. Z oblaku částic vzniklých tímto jaderným výbuchem se poté zformovalo Slunce i planety. Při výbuchu hvězdy vznikly jak **stabilní izotopy**, tak i ty **radioaktivní**, které se od té doby pozvolna rozpadají. **Radioaktivní rozpad** probíhá čistě **náhodným** principem, nezávisle na vnějších podmínkách. Proto lze u všech radioaktivních izotopů stanovit **poločas rozpadu**, tedy dobu, během níž se náhodně rozpadne **polovina** nestabilních jader.

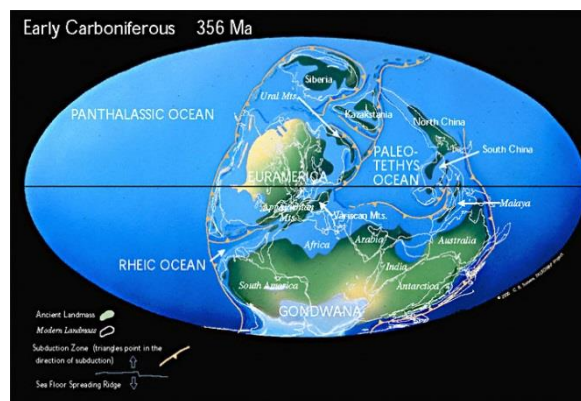
Jistě znáte radioaktivní prvky, jako například uran, ale radioaktivní izotop  $^{40}\text{K}$  má i obyčejný **draslík** (stabilní izotop je  $^{39}\text{K}$ ), akorát je ho jen 0,01 %. Ten se **rozpadá** s poločasem 1,3 miliardy let na vápník a **argon**  $^{40}\text{Ar}$ . Díky pomalému rozpadu (ve srovnání se stářím Sluneční soustavy) je na Zemi stále tento izotop přítomen a je obsažen ve všech **horninách**. Když hornina **krystalizuje** z taveniny, není v ní **žádný** argon, ale **rozpadem** radioaktivního draslíku se v krystalech postupně hromadí argon  $^{40}\text{Ar}$ , který zde **zůstává uvězněn**, ačkoliv je jinak plynem. Stačí tedy změřit **poměr**  $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$  a z něj odvodíme, před jakou **dobou** hornina **krystalizovala** (či metamorfovala, protože při natavení argon z horniny difunduje pryč). Takto určíme stáří **vyvrělých** a **metamorfovaných** hornin. Při datování fosilií nás ale zajímají většinou **sedimenty**, které jsou tvořeny úlomky mnohem starších hornin a K-Ar datování nám sdělí **pouze stáří mateřské horniny**. V tomto případě můžeme třeba využít **sopečný prach**, který se během sedimentace ukládá z ovzduší a vždy je stejně starý, jako sedimentární událost, nebo jílovitý minerál **glaukonit**, který nově krystalizuje v mořích a ukládá se do sedimentu. Pokud máme u významných fosilií charakteristických pro určité epochy stanovené přesné stáří, můžeme je potom využít k **relativnímu** datování jiných hornin pomocí **stratigrafie** (ta srovnává sekvence horninových vrstev mezi lokalitami a umožňuje identifikovat vrstvy stejného stáří).

Pro datování nejmladších vzorků se používá **radiokarbonové** datování. To je založeno na rozpadu **uhlíku**  $^{14}\text{C}$ , který má poločas rozpadu jen necelých **šest tisíc let**, takže nemůže pocházet z doby vzniku planety. Vzniká totiž neustále jadernou reakcí vzdušného **dušiku** s **kosmickým zářením**. Molekula  $\text{N}_2$  se po transmutaci jednoho dusíku v uhlík  $^{14}\text{C}$  rozpadá a uhlík se převede na formu  $^{14}\text{CO}_2$ . Toho je v atmosféře víceméně **konstantní** obsah (protože síla kosmického záření se také výrazně nemění). **Fotosyntézou** se pak  $^{14}\text{CO}_2$  zabuduje do **biosféry**. Nově vzniklá biomasa má zhruba **stejný poměr**  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ , jako je v atmosféře, ale během času se začne tento poměr **vychylovat** díky **rozpadu**  $^{14}\text{C}$  (s tím si musí organismy poradit například při opravách DNA, neboť uhlík se změní v dusík, což způsobí poškození molekuly). Pokud tedy nalezneme fosilní dřevo a změříme v něm zastoupení radioaktivního uhlíku, zjistíme, před jakou dobou strom fotosyntetizoval.

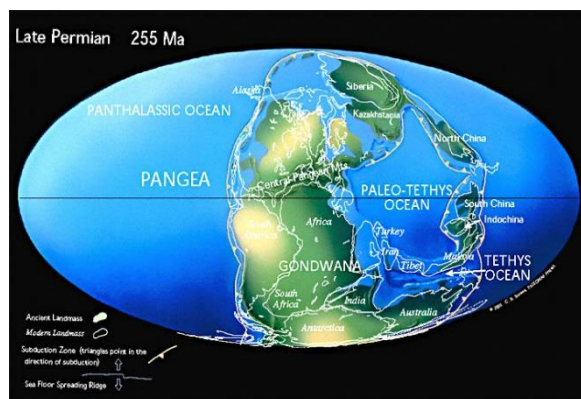
*Proč a jak se měnilo klima na Zemi*

Z obr. 3 je zřejmé, že klima na Zemi prošlo několika teplými i chladnými epochami, které byly zpravidla provázeny zaledněním zemského povrchu v polárních oblastech. **Ochlazení** zemského povrchu může nastat ze dvou hlavních příčin – jednak díky **poklesu atmosférického  $\text{CO}_2$**  a negativnímu skleníkovému efektu, za druhé **změnou mořských proudů**, čímž se ovlivní globální rozložení teplot. V následujících otázkách se zaměříme na nejvýznamnější klimatické změny v období od prvohor po současnost, což je období, kdy se na Zemi rozvíjejí bioty mnohobuněčných živočichů, rostlin a hub.

1. První velká doba **ledová** v prvohorách byla na přelomu **ordoviku** a **siluru**. Krátce po jejím skončení se na povrchu objevily cévnaté rostliny. Dohleďte hlavní příčinu této doby ledové a vysvětlete podrobně chemickou podstatu tohoto jevu.
2. Další ochlazení proběhlo na **konci karbonu**. Karbon je proslulý maximálním rozvojem plavuňových pralesů, ze kterých vzniklo uhlí. Proč došlo k ochlazení v tomto případě?
3. Katastrofickou epochou pro život na zemi byl **konec permu**. Tehdy došlo k nejhoršímu masovému vymírání v historii, vyhytno až 96 % vodních druhů a 70 % suchozemských druhů obratlovců. Hlavní příčinou zřejmě bude nějaká katastrofická událost (dopad planety či vulkanismus), nicméně klima se v té době měnilo již delší dobu. Porovnejte paleogeografické mapy na obrázcích 4 a 5. Jak se změnilo rozmístění kontinentů od začátku karbonu po konec permu? Čím se rozmístění kontinentů v permu vyznačuje a jaký to mohlo mít dopad na jejich klima? Který typ biotopu očekáváte jako nejrozšířenější v tropických oblastech v karbonu a který na konci permu (obr. 4 a 5)?

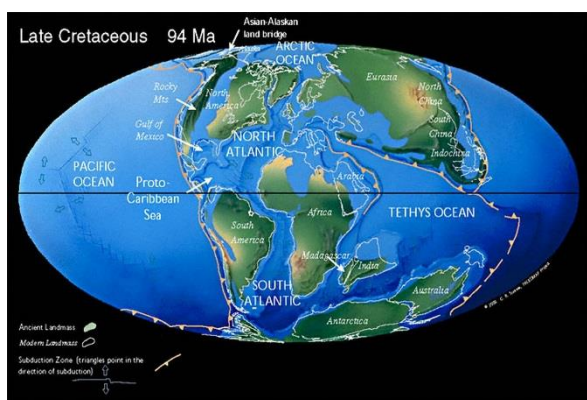


Obr. 4: Země na počátku karbonu.



Obr. 5: Země na konci permu

4. Nejproslulejší vymírání probíhalo na přelomu křídý a druhohor (**K/T boundary**), po němž byla flora nahosemenných rostlin vystřídána krytosemennými a fauna s dominancí veleještěřů savci a ptáky. Samotné vyhynutí druhohorních dinosaurů by mohlo být způsobeno i postupně působícími biotickými faktory, například pokud by krytosemenné začaly aktivně vytlačovat nahosemenné, přesto se obecně přijímá teorie globální katastrofy. Uveďte několik charakteristik tohoto vymírání, které potvrzují katastrofickou teorii, a popište ve stručnosti, co se tehdy stalo a co to způsobilo.
5. Když se podíváme na závěr křivky teplot, jasně vidíme postupný pokles teplot od **třetihor** po současnost. Na počátku třetihor bylo i v našich zeměpisných šířkách vlhké subtropické klima a v Evropě bývaly například mangrovové lesy. Podívejte se na mapku rozmístění tehdejších kontinentů na obr. 6. Jaké oceánské proudění tehdy mohlo výrazně oteplovat celou planetu a proč toto proudění v pozdějších epochách ustalo?



Obr. 6: Země na konci křídý.

6. Změna mořských proudů však není jedinou příčinou klimatických změn. Celý **závěr třetihor** (s výjimkou posledního staletí) probíhá postupný pokles koncentrace  $\text{CO}_2$  v atmosféře, díky čemuž se klima ochlazuje negativním skleníkovým efektem. Vysvětlíte příčinu tohoto poklesu.
7. Poměrně radikální událostí byl náhlý pokles teploty na přelomu **eoocénu** a **oligocénu**, který byl následován i vymíráním. Které biotopy byly tehdy vymíráním postiženy nejvíce? V souvislosti s vymíráním vysvětlíte termín „Antarctic bottom water“. Zjistěte, se kterou událostí tento termín souvisí a proč k této události poměrně náhle došlo. Opět vám pomůže pohled na mapu na obr. 6 a porovnání se současným stavem, především se zamyslete, zdali oceánské proudy, které se v dotčené oblasti vyskytují dnes, mohly existovat i v minulosti.
8. Další vývoj klimatu ve **čtvrtohorách** je jen důsledkem událostí nastartovaných ve třetihorách. Tak, jak se postupně ochlazovalo, začaly mít na klima výraznější vliv Milankovičovy cykly. Ty jsou dány především periodickými změnami excentricity oběžné dráhy Země kolem Slunce a sklonu zemské osy. Vysvětlíte, jaký význam pro klima má změna sklonu zemské osy. Kdy došlo k poslednímu maximálnímu vychýlení zemské osy, jaký to mělo dopad na klima a co se tehdy událo?
9. Druhým významným faktorem **Milankovičových cyklů** je precese zemské osy, tedy skutečnost, že zemská osa nemá

stále stejný směr vůči hvězdám (nyní směřuje zhruba k Polárce), ale s periodou 26 tisíc let opisuje plášť kužele a za 13 tisíc let bude směřovat zhruba ke hvězdě Vega. Důsledkem tohoto jevu je to, že pokud dnes máme zimní slunovrat v prosinci, tak za 13 tisíc let bude zimní slunovrat v červnu. To samo by nezpůsobilo změnu klimatu, pokud by nebyla oběžná dráha Země kolem Slunce eliptická. Ta má dnes takový tvar, že v lednu je Země nejbližší Slunci (přisluní) a v červenci naopak nejdále (odsluní). Odvoďte, jaký má precese dopad na extrémnost ročních období na Zemi a jaký dopad na klima na Zemi by mohl mít opačný stav, kdyby se kryla chladná perioda na severní polokouli s průchodem Země odsluním. Berte v úvahu rozložení kontinentů na Zemi a skutečnost, že ledovcové příkrovy se vytváří výhradně na kontinentu, případně na jeho šelfovém okraji. Milankovičovy cykly by samy o sobě nemohly způsobit výraznější změny klimatu – například v druhohorách byla dlouhodobě teplá období bez větších výkyvů – ale v celkově chladných čtvrtohorách jsou jakousi „poslední kapkou“, kdy jimi způsobené ochlazení nastartuje tvorbu ledové pokrývky v polárních oblastech, což spustí sérii pozitivních zpětných vazeb (čím více je na povrchu Země sněhu, tím méně pohlcuje Sluneční záření; dochází též ke změnám v mořských proudech, které zpětně vedou k ještě většímu ochlazení...) a výsledkem je rozpoutání doby ledové. V průběhu čtvrtohor se doby ledové postupně prohlubují a prodlužují, ale naštěstí stále ještě stačí teplejší fáze Milankovičových cyklů ke zvratu k příznivějšímu klimatu, které nastává v dobách meziledových. I přesto, že klima čtvrtohor není příliš příznivé a mnoho druhů nepřežilo periodické střídání klimatu, nemůžeme mluvit o masovém vymírání. A to i když připočteme důsledky lidské existence. Masová vymírání se projevují ústupem nikoliv jednotlivých druhů, ale změnou dominance celých čeledí či řádů. Aby k takovému vymírání došlo, musely by být glaciální výkyvy klimatu razantnější, aby se na ně nestačily druhy adaptovat.

10. Co se bude dít v budoucnosti? To se můžeme jen dohadovat, nicméně je velmi pravděpodobné, že díky zvyšování  $\text{CO}_2$  v atmosféře důsledkem lidské činnosti se klima výrazně promění a je možné, že zcela ustanou glaciální cykly a vrátíme se k teplému klimatu, které panovalo do poloviny třetihor. Zjistěte, jaká je současná koncentrace  $\text{CO}_2$  (rok 2017), jaká byla okolo roku 2000, jaká zhruba v předindustriální době (před rokem 1800), jaká v době ledové a jaká byla v oligocénu. Co udává jednotka ppm?

