

Krása nesmírná aneb Biodiverzita – rozmanitost života

Doplňkové pracovní listy

Kateřina Bezányiová

2025

V tomto dokumentu najdete pracovní listy s otázkami, které se opírají o témata z brožurky 60. ročníku BiO *Krása nesmírná*. Pracovní listy se dají použít jak k samostudiu a všeobecnému procvičování, tak ve výuce. Stručný popis obsahu a propojení s brožurkou níže. Řešení úkolů je uvedené na konci dokumentu. Pracovní listy jsou volně dostupné všem zájemcům. Prosíme, aby úlohy nebyly kopírovány do komerčně prodávaných výukových materiálů ani nahrávány do nástrojů umělé inteligence.

Pracovní list: Růženka je z příbuzenstva: O fylogenetických stromech

Zahrnuje úvodní text o fylogenetických stromech a úkoly zaměřené na práci s fylogenetickými stromy (jejich interpretace, kreslení, přirozené a nepřirozené taxony). Závěrečný úkol je zaměřený na bližší poznání fylogeneze savců.

Potřebné části brožurky 60. ročníku BiO:

rámček 1.A *Fylogenetický rychlokurz* v brožurce 60. ročníku BiO (str. 16–17)

Dále zahrnuje práci s internetem. V případě využití ve výuce lze zadat jako práci ve dvojicích či větších skupinách – část žáků si přečte úvodní text k fylogenetickým stromům z pracovního listu, část rámček 1.A. List pak vyplňují společně.

~ 2 vyučovací hodiny

Pracovní list: Růženka je z příbuzenstva: O fylogenetických stromech II

Navazuje na předchozí list, který doplňuje o krátké přiblížení nerozřešených větvení. Dále se zabývá živočichy a ve větším detailu se zaměřuje na fylogenezi a systematiku obratlovců. Poslední úkol se zaměřuje na to, co v současnosti (ne)víme o fylogenezi a vzájemných vztazích hlavních živočišných vývojových větví.

Doporučené části brožurky 60. ročníku BiO:

Kapitola 4:

4.1 Nepřeberná diverzita živočišných druhů a forem (začátek str. 74)

4.4 Strunatci: kopinatci, pláštěnci a rybovití obratlovci (začátek str. 108)

4.5 Strunatci: čtvernožci (začátek str. 122)

Úkoly se opírají zejména o závěrečnou část kap. 4.1 a dále o pasáže *Všichni jsme ryby...* a *Třída ryby nedává smysl* z kap. 4.4.

Dále zahrnuje práci s internetem. V případě využití ve výuce lze využít pro práci ve dvojicích či větších skupinách. Ze závěrečné otázky je možné vytvořit větší informační plakát s obrázky.

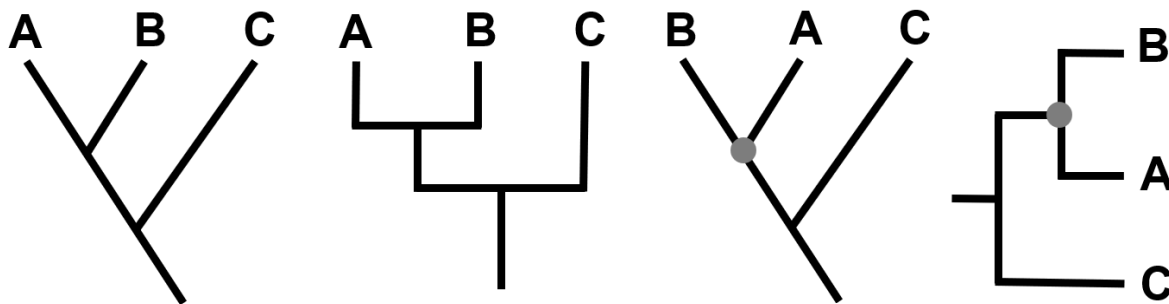
~ 2 vyučovací hodiny

Růženka je z příbuzenstva: O fylogenetických stromech

Na návštěvu k vám má přijet sestřenice vaší babičky spolu s jejím manželem a dětmi, a k tomu také sestra i bratr vaší matky, jejich teta se dvěma neteřemi – jedna z nich je adoptovaná, její biologickou matkou byla druhá teta – a dále také váš bratr. K tomu má dorazit také...

Že je to nepřehledné? Záměrně jsme příklad uvedli tak, aby byl prakticky neřešitelný. Obecně je těžké se v podobných slovně popsanych vztazích neztratit. Přehlednější je si celou situaci nakreslit – tedy sestavit rodokmen a v něm si vyznačit ty osoby, které nás zajímají. Zásadní je pak tvorba rodokmenů v genetice, kde je potřeba přesně zaznamenat, u koho se (ne)vyskytuje nějaký znak.

Někdy nás však zajímá trochu jiná časová škála – místo vztahů mezi rodiči a dětmi můžeme řešit, jak se v průběhu evoluce rozrůžňovali potomci jednoho společného předka do jednotlivých linií, např. různých druhů. Může však jít i o větší skupiny nebo naopak vztahy mezi jednotlivými populacemi. „Rodokmeny“ těchto linií pak označujeme jako **fylogenetické stromy**. (Samotný pojem **fylogeneze** zjednodušeně označuje historii dané skupiny, tedy co z čeho a kdy vzniklo. Fylogenezi studuje fylogenetika.) Nejjednodušší fylogenetické stromy (tzv. kladogramy) nesou pouze informaci o tom, jak se různé linie odvíjely a jak si jsou vzájemně příbuzné. Například na kladogramech níže si jsou sesterské skupiny A a B. Navzájem jsou si blíže příbuzné, než je kterákoliv z těchto linií ke skupině C. (Všimněte si, že všechny čtyři kladogramy zobrazují stejný vztah bez ohledu na vzhled stromu nebo jeho orientaci. Větve stromu je také možné libovolně otáčet v jednotlivých uzlech /jeden uzel označen šedě/. Jde pouze o zaznamenání příbuznosti a odvíjení linií. Pozice vpravo, či vlevo nebo nahoře, či dole žádnou informaci nenese.)



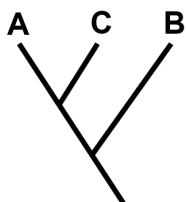
Stromy složitější než kladogramy mohou nést další informace – např. o tom, před jak dlouhou dobou se která linie odvětvila. Délky větví u některých stromů mohou znázorňovat množství genetických změn nahromaděných v jednotlivých liniích. Dále zde mohou být i různé statistické údaje zaznamenávající věrohodnost jednotlivých větvení. V neposlední řadě je do stromu možné přidávat další informace o studovaných organismech: jaké znaky nesou, kde se vyskytují a podobně. Skrz fylogenetické stromy pak můžeme sledovat, jak se mezi jednotlivými liniemi nějaký znak měnil. Také můžeme určit, kde se nějaká skupina vyvinula a dál se šílila. Podobně jako rodokmeny nám tak fylogenetické stromy umožňují přehlednější orientaci ve studovaných otázkách.

Pro další informace o taxonech a jejich znacích viz rámeček 1.A *Fylogenetický rychlokurz* v brožurce 60. ročníku BiO.

Úkoly doplňující úvodní text a rámeček 1.A:

1. Rozhodněte a vyznačte, zda jsou následující výroky pravdivé (P), nebo nepravdivé (N):

- I. Každý fylogenetický strom je kladogram.
- II. Fylogenetické stromy se týkají pouze druhů. Nemůžeme je použít pro zaznamenání vztahů mezi různými řády ptáků nebo mezi populacemi myší na Sicílii.
- III. Linie C z úvodního textu je sesterská linii obsahující dvojici A+B.
- IV. Přiložený strom zobrazuje stejné informace jako všechny stromy z úvodního textu.



- V. Pokud bychom se rozhodli, že u stromu z výroku IV. vyznačíme taxon, který bude zahrnovat společného předka všech linií a dále linii A a B, ale nikoliv C, bude tento taxon parafyletický.

2. Nedávná analýza fylogeneze určité skupiny ryb ukázala, že čtyři monofyletické linie, které se na stromě odvětvují jako první, obsahují pouze čistě jihoamerické zástupce. Pátá linie obsahuje zástupce z Asie, Austrálie, Evropy a Afriky. Šestá linie je opět čistě jihoamerická.

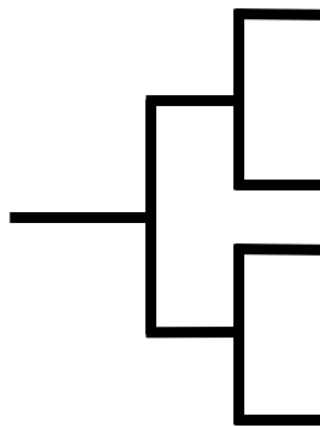
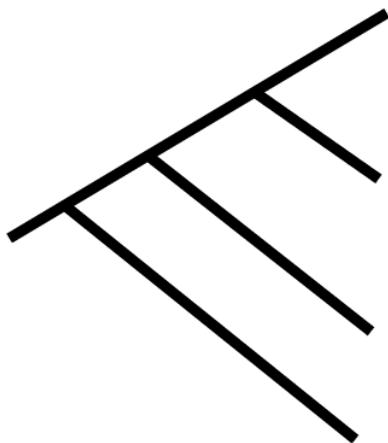
2.a) Je na základě těchto dat pravděpodobné, že společný předek těchto ryb žil na území dnešní Jižní Ameriky?

2.b) Tvoří všechny tyto jihoamerické ryby monofyletický taxon?

3. Uvedli jsme, že fylogenetické stromy se hodí proto, že nám umožňují přehledně graficky znázornit vztahy mezi organismy. Občas však potřebujeme tento vztah popsat stručně a úsporně. Pak se hodí krátký zápis stromu; sesterské linie jsou uzavřeny v závorkách. Závorky pak můžeme uzavírat do dalších závorek. Převeďte tento zápis do podoby stromu: **((A, B), C), (D, E))**

4. Sesterskou skupinou termitů (Isoptera) jsou švábi rodu *Cryptocercus*. Mají tedy blíže k termitům než k jiným švábům. Kudlanky jsou sesterskou skupinou všech švábů (včetně termitů).

4.a) Z následujících stromů vyberte ten, který odpovídá popisované situaci a doplňte do něj pozici termita, švába rodu *Cryptocercus*, švába rodu *Ectobius* (česky rusec) a kudlanky.



4.b) Víte, že termiti mají schopnost trávit dřevo a další rostlinnou hmotu v různých stádiích rozkladu. Výrazně dřevožravý je také rod *Cryptocercus*. Předpokládáte, že se tato schopnost vyvinula u posledního společného předka těchto skupin. Vyznačte na stromě, kde k tomu zhruba došlo.

4.c) Pokud bychom se rozhodli psát o švábech a z nějakého důvodu bychom chtěli vynechat termity, použili bychom zápis „švábi“ („Blattodea“). Co tím dáváme najevo?

5. V knize Geralda Durrella *Růženka je z příbuzenstva* podědí mladý muž po svém strýci „členku rodiny“, slonici Růženku.

5.a) Z jak vzdáleného příbuzenstva Růženka byla? Podívejme se na fylogenetický strom vybraných skupin savců, který může skrývat některé poměrně překvapivé příbuzenské vztahy. S pomocí dalších zdrojů dohledejte vztahy mezi následujícími organismy a zakreslete jejich fylogenetický strom. Kapr zde slouží coby tzv. outgroup, skupina použitá k zakořenění stromu.

člověk – slon – myš – pes – prase – daman – plejtvák – klokan – ptakopysk – kapr

5.b) Je kladení vajíček pro savce v rámci stromu apomorfií, nebo pleziomorfií?

5.c) Vyznačte na vašem stromě, kde se zhruba vyvinula schopnost krmit mláďata mateřským mlékem.

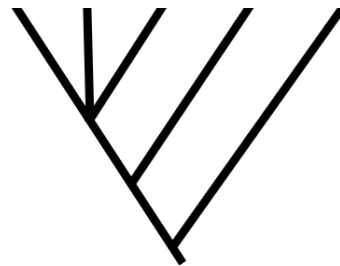
5.d) Placentální savce na vašem stromě můžeme roztrdit do tří taxonů zvaných Afrotheria, Euarchontoglires a Laurasiatheria. Podbarvením či zakroužkováním vyznačte na stromě tyto tři taxony.

5.e) Existuje ještě jeden velký taxon placentálů, skupina Xenarthra. Patří některý ze savců na vašem stromě do této skupiny? Pokud ne, kdo do této skupiny patří?

5.f) Vyberte si nějaký svůj oblíbený organismus, vyhledejte si jeho fylogenetické postavení a doplňte ho jako další linii do vašeho stromu.

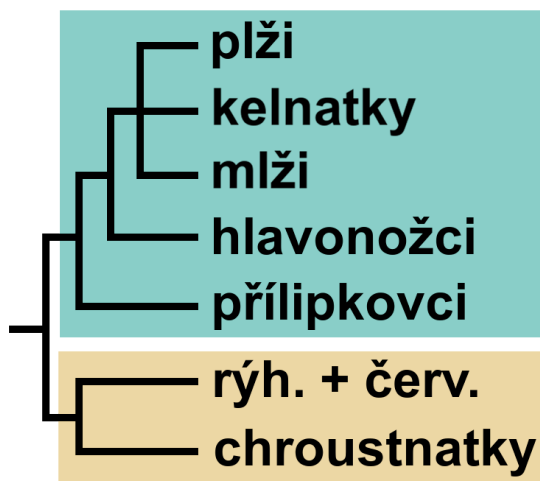
Růženka je z příbuzenstva: O fylogenetických stromech II

V předchozím listu jsme se věnovali základům práce s fylogenetickými stromy. Zde na to navážeme a podíváme se zejména na fylogenetické vztahy strunatců a živočichů obecně. Oproti předchozím stromům narazíme i na situace, kdy některé části stromů nebudou plně rozřešené. V takovém případě v jednom uzlu nenajdeme větvení na dvě větve (tj. není zde dichotomie), ale více větví (polytomie, viz obrázek vpravo). Vzhledem k tomu, že strom je grafickým znázorněním naší hypotézy o vztazích mezi organismy, je polytomie jedním ze způsobů, jak vyznačit naši nejistotu a nedostatek informací.



S vyřešením úloh níže může pomoci přečtení kapitoly 4 v brožurce 60. ročníku BiO (zejména podkapitoly 4.1, 4.4 a 4.5).

1. Na následujícím obrázku můžete vidět zjednodušený fylogenetický strom měkkýšů (Mollusca). Vztahy kterých skupin na tomto stromě zůstávají nerozřešené?

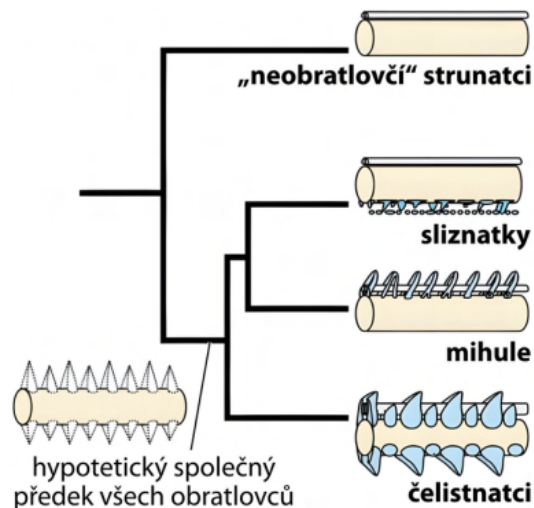


(Poznámka: Rýh. + červ. = rýhonožky a červovky. Tuto skupinu považujte za rozřešenou.)

2. Na delší dobu se nyní zastavíme u strunatců (Chordata), mezi které spadají také obratlovci (Vertebrata). Na přiloženém schématu vidíte jejich zjednodušený strom doplněný o další znaky. Široký béžový válec je struna hřbetní (*chorda dorsalis*), menší tenký válec nad ní nervová trubice. Menší výrůstky jsou obratle či jim odpovídající útvary.

2.a) Které skupiny na stromě patří mezi obratlovce?

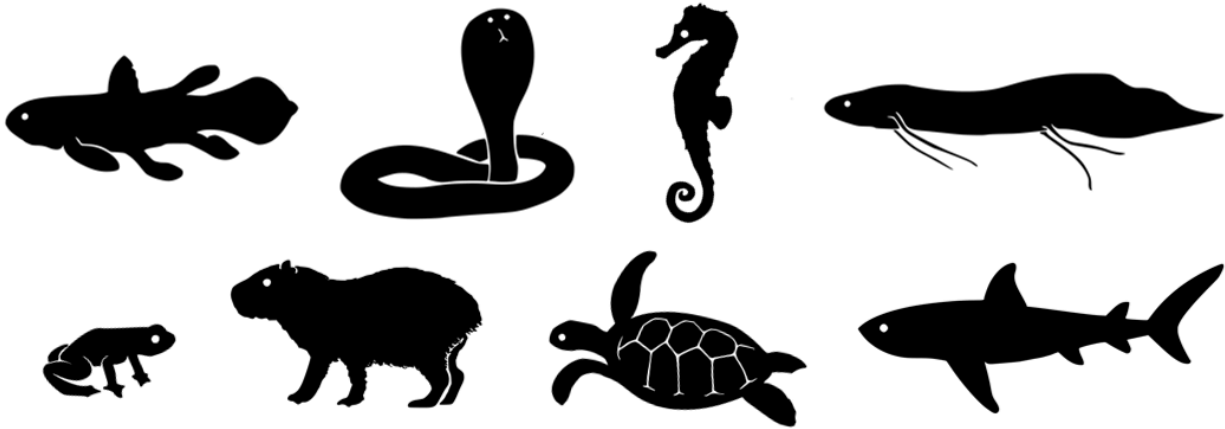
2.b) Co se pravděpodobně stalo s obratli u sliznatek a mihulí?



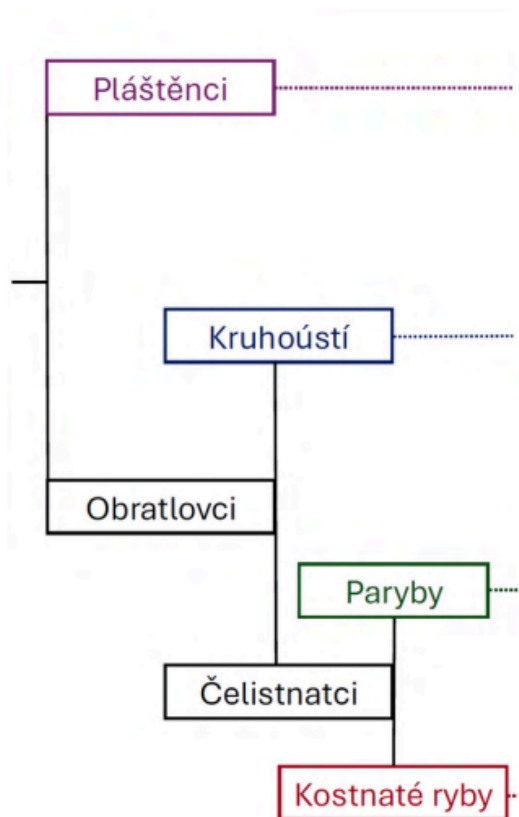
3. Na obratlovce se podíváme ještě blíž.

3.a) Přiřaďte k následujícím piktoqramům jména organismů:

bahník, kapybara, kareta, kobra, koníček, latimérie, mantela, žralok



3.b) Do stromu níže přiřaďte k jednotlivým skupinám zvířata z piktoqramů. Ke skupině může být přiřazeno více než jedno zvíře, některé skupiny zůstanou nevyužité.



3.c) Že je u jedné skupiny nával? Zkuste níže rozkreslit pokračování stromu tak, aby měl každý organismus svou větev. Se správným větvením může napovědět brožurka či další zdroje.

3.d) V brožurce se jedna z pasáží zoologické kapitoly zabývá tím, že třída ryby nedává smysl. Starý systém taxonomických kategorií (tříd, kmenů, řádů a podobně) totiž někdy nefunguje příliš dobře s fylogenetickými stromy. Vyznačte na svém stromě rámečkem třídu ryby (ve smyslu kostnaté ryby, Osteichthyes) a dále pak třídy svaloploutví, obojživelníci, plazi a savci.

Jaký problém zde s třídami nastává?

3.e) Kam by na vašem stromě šla umístit linie vedoucí k ptákům?

4. Na závěr se podívejme ještě na fylogenetický strom živočichů (Metazoa).

4.a) Dle následujícího textu nakreslete a popište fylogenetický strom živočichů. Doporučujeme kreslit na samostatný větší list papíru.

Sesterskou skupinou živočichů (Metazoa) jsou protista zvaná trubénky (Choanoflagellata). V rámci skupiny živočichů jako takové hned v rámci prvního větvení narazíme na dosud nerozřešené vztahy, a to mezi žebnatkami (Ctenophora), houbovci (Porifera), vložkovci (Placozoa), žahavci (Cnidaria) a dvoustranně souměrnými živočichy (Bilateria). Právě do skupiny Bilateria spadá většina živočišných druhů. Bilateria se delší dobu dělila na dvě skupiny, prvoústé (Protostomia) a druhoústé

(Deuterostomia). Do druhé jmenované skupiny jsme patřili třeba i my obratlovci. Ze známějších skupin sem patřili rovněž ostnokožci. Problém však je, že v posledních letech opakovaně v různých analýzách nevychází Deuterostomia jako jednotná skupina, a jejich vztahy jsou také nejasné. Naopak skupina Protostomia nadále vychází monofyletická. S velkou dávkou opatrnosti tak můžeme konstatovat, že v rámci základního větvení Bilateria najdeme čtyři skupiny: prvoústé (Protostomia), strunatce (Chordata), Ambulacraria a Xenacoelomorpha (poslední dvě jmenované skupiny nemají česká jména), jejichž fylogeneze vyžaduje další zkoumání. Protostomia se dále dělí na dvě sesterské skupiny: Ecdysozoa a Spiralia.

4.b) Stručně popište, co znamená, že skupina prvoústí (Protostomia) je monofyletická.

4.c) Některé výše zmíněné skupiny nemají česká jména, případně jména mají, ale nejsou příliš běžně užívána (např. Ecdysozoa se někdy překládají jako svlékavci). Zjistěte, na co odkazují jména těchto skupin:

Ecdysozoa –

Spiralia –

Xenacoelomorpha –

4.d) Zajímavé jsou i názvy prvoústí (Protostomia) a druhoústí (Deuterostomia), které původně odkazovaly na to, kdy a jak se u jednotlivých živočichů v rámci zárodečného vývoje zakládají ústa. Odpovídají názvy skupin tomu, jak vznikají ústa u různých zástupců daných skupin? Poradit může kapitola 4.1 v brožurce.

4.e) Zjistěte, do které skupiny patří následující živočichové a zakreslete je do vašeho stromu:

měsíčník (*Mola*), hlemýžď (*Helix*), talířovka (*Aurelia*), strunovec (*Gordius*), vršenka (*Oikopleura*), žížala (*Lumbricus*), žaludovec (*Yoda*), rak (*Astacus*), žebernatka (*Pleurobrachia*), tasemnice (*Taenia*), bochnatka (*Pectinatella*), nezmar (*Hydra*), mlžojed (*Xenoturbella*), škvor (*Forficula*), ježovka (*Strongylocentrotus*), klíště (*Ixodes*), vložkovec (*Trichoplax*), sépie (*Sepia*), škrkavka (*Ascaris*), želvuška (*Macrobiotus*), zlatohlávek (*Cetonia*), houba (*Spongia*), mizerka (*Reticula*)

Růženka je z příbuzenstva: O fylogenetických stromech – řešení

1.

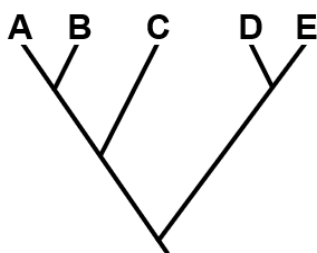
- I. N (Kladogram je jen jedním z typů fylogenetického stromu.)
- II. N (Můžeme je použít pro libovolný taxon či linii. Navíc se dají použít i mimo biologii, například pro různé jazyky nebo libovolné objekty, fiktivní tvory apod.)
- III. P
- IV. N (Ne, na tomto stromě je A sesterské k C, nikoliv k B.)
- V. P

2.

2.a: Ano, společný předek byl pravděpodobně jihoamerický.

2.b: Ne, tento taxon by nebyl monofyletický. Vyřazovali bychom z něj nejihoamerické linie.

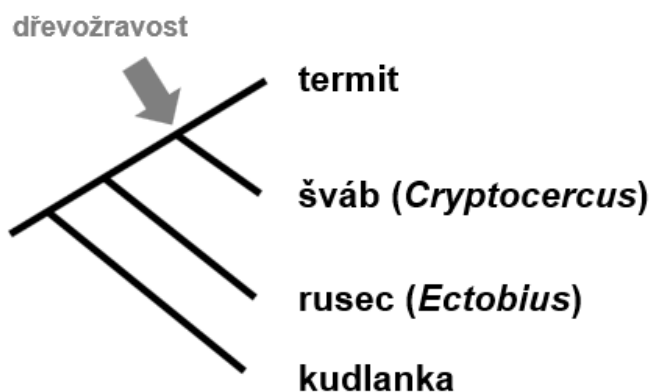
3.



(Větve je dále možné protáčet v uzlech.)

4.

4.a & 4.b:

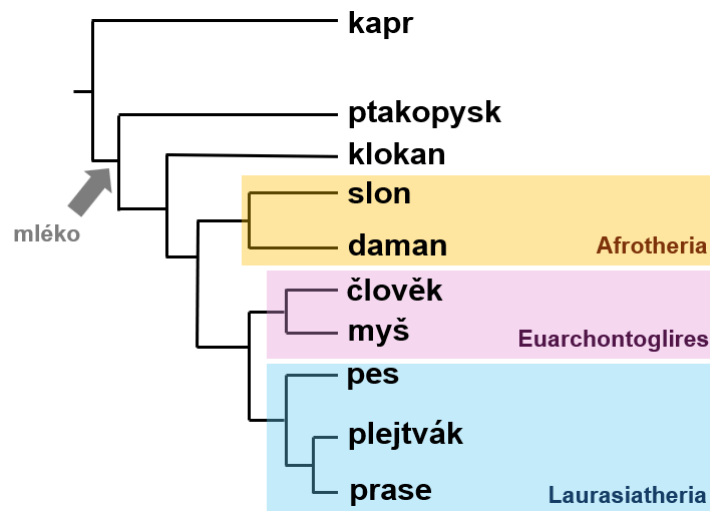


(Větve s termitem a švábem rodu *Cryptocercus* je možné protočit v uzlu.)

4.c: Uvozovkami značíme, že nejde o monofyletický taxon. (V tomto případě jde o parafyletický taxon.)

5.

5.a, 5.c & 5.d:



(Větve je dále možné protáčet v uzlech.)

5.b: Pleziomorfií. Je to znak zděděný od předků, nikoliv jejich evoluční novinka.

5.e: Nepatří. Jde o chudozubé, ze současných zvířat sem patří pásovci, lenochodi a mravenečníci.

5.f: Záleží na volbě dané oblíbené skupiny.

Růženka je z příbuzenstva: O fylogenetických stromech II – řešení

1. Vztahy plžů, kelnatek a mlžů.

2.

2.a: Ze zobrazených skupin patří mezi obratlovce mihule, sliznatky a čelistnatci.

2.b: Došlo k jejich redukci.

3.

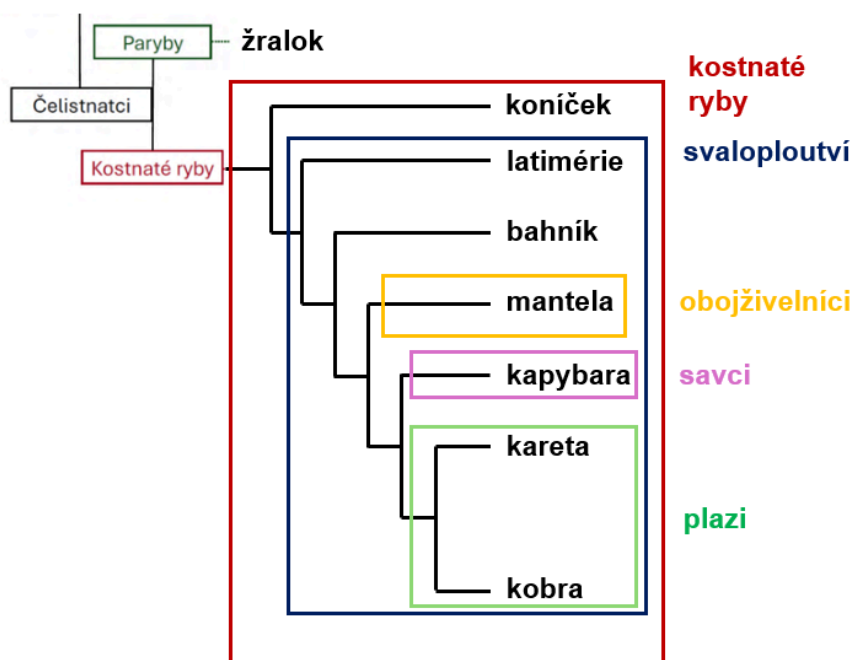
3.a:

První řada: latimérie, kobra, koníček, bahník

Druhá řada: mantela, kapybara, kareta, žralok

3.b: Žralok přiřazen k parybám, všechny ostatní organismy ke kostnatým rybám.

3.c & 3.d:



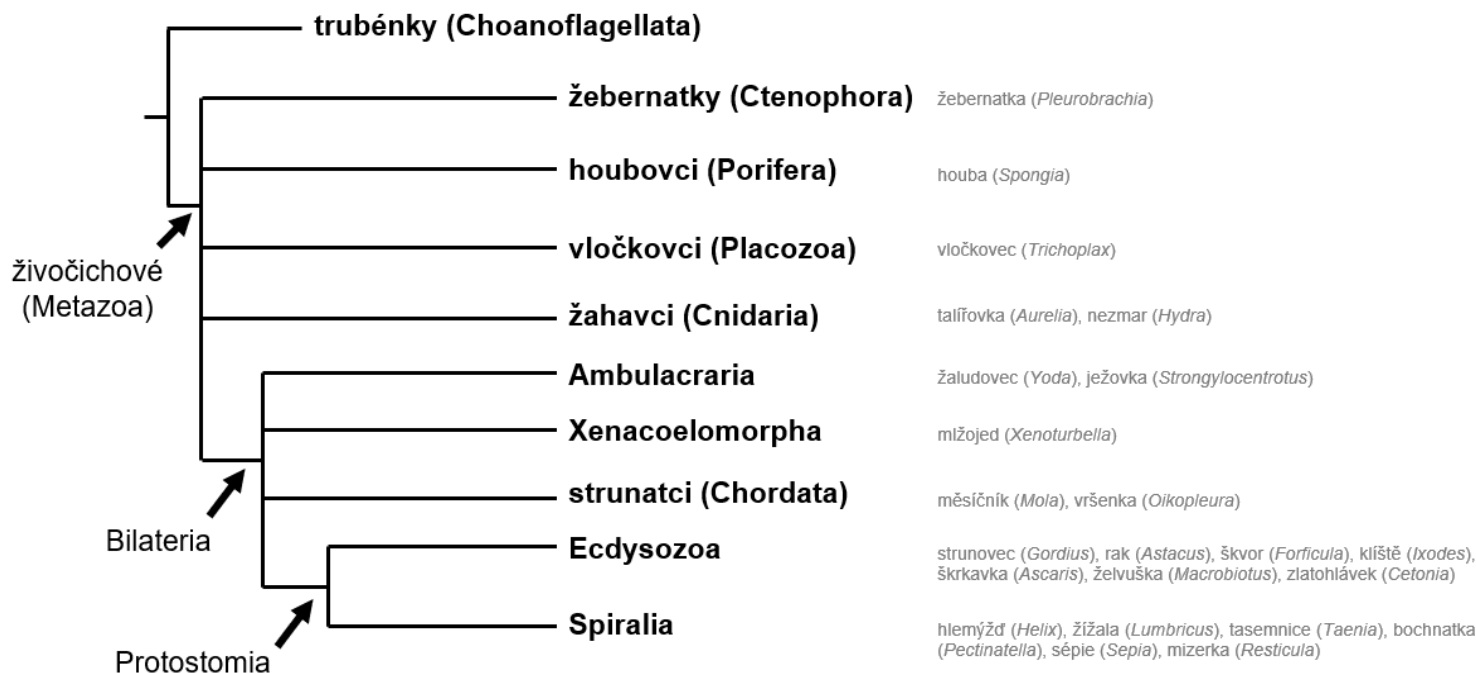
(Větve je dále možné protáčet v uzlech. Značení tříd může vypadat i odlišně. Zde jsou vyznačení moderní obojživelníci /Lissamphibia/, při zahrnutí fosilních obojživelníků by ale bylo možné označit i všechny čtvernožce. Podobně plazi by mohli být synonymní celé skupině Amniota.)

3.d: Třídy se nacházejí uvnitř jiných tříd, místo toho, aby tvořily oddělené skupiny.

3.e: K plazům. Na stromě by ptáci byli sesterští karetě. (Blíže viz skupina Archelosauria.)

4.

4.a & 4.e:



(Větve je dále možné protáčet v uzlech. Větve v polytomích mohou být řazeny i jinak.)

4.b: Jde o přirozený taxon. (Zahrnující společného předka a všechny jeho potomky.)

4.c:

Ecdysozoa – Odkazuje na ekdyzi, tedy svlékání kutikuly.

Spiralia – Odkazuje na spirální rýhování zárodku.

Xenacoelomorpha – Odkazuje na dvě skupiny, ze kterých sestává – mlžojedy (*Xenoturbellida*) a praploštěnce (*Acoelomorpha*).

4.d: Názvy skupin neodpovídají prvo-/druhoustosti některých zástupců. Zárodečný vývoj navíc může být složitější.

Zdroje obrázků:

Všechny ilustrace K. Bezányiová, není-li uvedeno jinak.

Pracovní list II, ot. 2: Fylogenetický strom převzat a upraven z DOI: 10.1038/ncomms1355.

Pracovní list II, ot. 3.b: B. Janda.

Vytvořeno coby doplněk k článku Bezányiová, K. (2025). *Nesmírná krása 60. ročníku Biologické olympiády*. Živa 6/2025, CLXXXVIII.

Detailní rozbor fylogenetických přístupů je pro zájemce dostupný v brožurce 59. ročníku BiO. Více na webovém portálu BiO: <https://olympiada.natur.cuni.cz>.