

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie a geografie se zaměřením na vzdělávání



Petr Korda

Důkazy evoluce

The Evidences of Evolution

Bakalářská práce

Školitelka: Mgr. Radka Marta Dvořáková

Praha, 2014

Poděkování

Rád bych v první řadě poděkoval své školitelce Mgr. Radce Martě Dvořákové za konzultaci a připomínky k mé bakalářské práci a za diskuse na téma evoluční biologie. Dále si mé poděkování zaslouží má přítelkyně Markéta Růžičková za nevyčerpatelnou podporu při studiu a psaní bakalářské práce. V neposlední řadě též děkuji své rodině za možnost studovat a jejich podporu ve studiu.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 16. 5. 2014

Podpis:

Abstrakt

V této práci jsem se věnoval rešerši důkazů podporujících evoluci přírodním výběrem. Cílem bylo předložení a popsání těchto důkazů. Zaměřil jsem se na důkazy z oblasti paleontologie, biogeografie a na podobnosti na základě anatomie, morfologie a molekulární biologie. Z rešerše vyplývá, že existuje mnoho argumentů na podporu evoluce přírodním výběrem a dále také to, že se zastánci alternativních teorií snaží evoluci vyvracet. Přínosem této práce je předložení argumentů podporujících evoluci, stejně tak jako popsání argumentů proti evoluci a nastínění problémů spojených s výukou evoluce.

Klíčová slova:

Evoluce, důkazy, darwinismus, neodarwinismus, inteligentní design, kreacionismus

Abstract

In this thesis I addressed myself to the literature search of the evidences supporting evolution by natural selection. The aim was to present and describe these evidences. I focused myself on the evidences from the field of paleontology, biogeography and on the similarities based on anatomy, morphology and molecular biology. The conclusion from the literature search is that there exist many arguments supporting evolution by natural selection and further also that proponents of alternative theories try to falsify evolution. The contribution of this thesis is presentation of arguments supporting evolution and also description of arguments against evolution and outlining the problems connected with teaching evolution.

Key words:

Evolution, evidences, Darwinism, Neo-Darwinism, intelligent design, creationism

Obsah

Úvod.....	5
Co je evoluce	7
Evoluce a biologická evoluce.....	7
Důkazy evoluce	9
Fosilní záznam.....	9
Evoluční experimenty	12
Doklady společného původu	13
Homologie.....	14
Embryologie	15
Znaky odkazující na společný původ	16
Biogeografie	18
Ostrovy v biogeografii a endemité	19
Umělý a přírodní výběr	20
Koevoluce.....	21
Evoluce a alternativní teorie.....	22
Kreacionismus a inteligentní design	22
Bůh mezer	23
Neredukovatelná komplexita – kumulativní selekce nebo náhoda	23
Důsledky evoluce jsou špatné pro společnost	25
Proč je důležité učit evoluci	26
Závěr.....	28
Seznam použité literatury	29

Úvod

Je to již více než 150 let od vydání Darwinovy knihy O původu druhů. Přesto ohnivá výměna názorů o evoluci, tak jak ji představil Darwin a jeho následovníci, vzbuzuje vášně u mnoha účastníků dodnes. Evoluce, jak se zdá, není ani po tak dlouhé době všeobecně přijímána. Zatímco biologové s evolucí, až na výjimky, nemají problém, někteří ji berou jako fakt (např. Dawkins, 2011), široká veřejnost většinou neakceptuje evoluci tak jednoznačně. Samotnou kategorií jsou odpůrci evoluce, kteří se různými metodami snaží vyvrátit teorii evoluce. Jejich motivy jsou různé. Nejčastěji lze v jejich argumentech hledat náboženské pozadí. Například nesouhlasí s tím, že člověk má společný původ se zvířaty, ale myslí si, že člověka něco v principu odlišuje od ostatního života. Často též nesouhlasí s tím, že život se vyvíjel procesy, které nebyly řízené nějakou vědomou inteligencí. Teorie evoluce přírodním výběrem může být též pro některé z nich v rozporu s jejich náboženským učením a jejich svatými knihami. Dle mého názoru je důležité, aby se široká veřejnost dozvěděla o evoluci dostatečné množství informací a aby nepovažovali evoluci za „pouhou teorii“. Pro širokou veřejnost může znamenat pojem teorie pouhý dohad, hypotézu, pro kterou nejsou žádné doklady. Myslím si však, že evoluce je dostatečně podložena mnoha důkazy, že ji, jak praví Dawkins, můžeme považovat za fakt. Jak řekl již Dobzhansky (1964), parafrázuji: nic v biologii nedává smysl, pokud se na to nedíváme evoluční optikou*. Je proto namístě snažit se, v návaznosti na RVP, dále začleňovat evoluční biologii do hodin biologie a přírodopisu. Myslím si, že studenti by si měli odnést to, že evoluce je teorie podložená mnoha důkazy a tedy podle mého názoru stejně důvěryhodná jako například teorie deskové tektoniky.

Hlavním cílem práce je představit důkazy hovořící ve prospěch evoluce přírodním výběrem, protože si myslím, že je zde velký rozdíl v postoji různých skupin lidí k evoluci. Dle mého názoru žádná jiná vědecká teorie není pod takovým tlakem odpůrců jako právě evoluce. Odborná veřejnost většinou evoluci přijímá, avšak mezi laiky, i některými odborníky, se najde mnoho odpůrců evoluce. Téma této práce jsem si vybral, abych poukázal na to, že evoluční biologie má v osnovách své místo. Aby se studenti dozvěděli, že evoluce i přes velkou snahu o falzifikaci zůstává stále v platnosti a máme zde velké množství důkazů podporujících evoluci přírodním výběrem. Tyto důkazy jsem představil ve stěžejní kapitole „Důkazy evoluce“ (str. 10 a dále.) Tato kapitola je rozdělena na několik podkapitol věnujících se jednotlivým důkazům. První z nich je fosilní záznam, v té popisují, co nám fosílie mohou

* Dobzhansky (1964): *Nothing makes sense in biology except in the light of evolution.*

prozradit o evoluci. Zároveň zmiňuji názor, který reprezentuje protievoluční postoj k fosilnímu záznamu. Dále se zmiňuji o evolučních experimentech Lenskiho a kol. a Endlera, které ukazují plasticitu zkoumaných druhů. Jejich výzkumy ukazují, že se jednotlivé druhy přizpůsobovaly prostředí, ve kterém se nacházely. Další důkazy vycházejí z předpokladu společného původu. Tyto důkazy poukazují na evoluční minulost druhů, která je v nich „zapsána“. Do této kapitoly jsem zařadil i špatný design (bad design), tedy určitý znak, který je nedokonale uzpůsoben, a byl opravován dodatečně, s tím je spojená evoluční fušeřina. Spolu s následujícími biogeografickými důkazy tyto důkazy dávají smysl, pouze pokud došlo k evoluci ze společného předka, a jsou tak nepřímým argumentem proti kreacionismu respektive inteligentnímu designu. Na závěr této stěžejní kapitoly jsem si dovolil poukázat na roli umělého výběru, který nám může v určité zrychlené formě přiblížit změny v určitém druhu.

Abych čtenáře uvedl do evoluční tematiky, zařadil jsem kapitolu Co je evoluce, kde jsem uvedl definice evoluce od různých autorů.

V rámci své práce jsem se též zabýval tím, jaké jsou alternativní teorie evoluce a argumenty, které jejich zastánci používají proti evoluci.

Poslední kapitola je věnovaná tomu, proč je důležité učit evoluci. V té mimo jiné popisují, jak se příznivci ID (inteligentního designu) snaží o to, aby se ID učil spolu s evolucí. Nejvíce jsou tyto snahy patrné v USA.

Co je evoluce

Pojem evoluce zasahuje daleko za hranici biologie. Termín evoluce se využívá v mnoha odvětvích a různém kontextu. Ve své práci se budu zabývat evolucí biologickou. Mnoho autorů používá různé definice evoluce, ve kterých reflektují svůj obor vědeckého zájmu. Některé z nich v následující podkapitole nastíním. Závěrem se pokusím o vlastní verzi definice evoluce.

Evoluce a biologická evoluce

Dle encyklopedie Britannica je evoluce biologická teorie, která postuluje, že různé druhy rostlin, zvířat a dalších živých věcí na Zemi mají původ v jiných již existujících předchůdcích. Dále tvrdí, že je možné pozorovat změny v po sobě jdoucích generacích (Britannica, 2013).

Minimálně od vydání Darwinovy knihy O původu druhů se vedou velké diskuse o evoluci nejen v odborných kruzích, ale i mezi širokou veřejností. Evoluci je v biologii přikládán velký význam. Moderní biologie stojí na evolučním paradigmatu. Jak pravil T. Dobzhansky „*Nic v biologii nedává smysl, pokud se na to nenahlíží evoluční optikou*“ (Dobzhansky, 1964).^{*1} I další autoři vnímají evoluci jako stěžejní pro biologii. Richard Dawkins považuje evoluci za centrální a prostupující princip celé biologie, stejně jako zasazení živého světa do historického kontextu (Dawkins, 2011). Coyne tvrdí: „*Mezi divy, které objevila věda, nic nezpůsobilo větší fascinaci a zuřivost více než evoluce*“ (Coyne, 2009).^{*2} Biologická evoluce je jedinečná v tom, že pracuje s živými organismy a její výtvořiny můžeme pozorovat v dnešním světě a pomocí rekonstrukce historie lze zjistit proč je živý svět takový, jaký ho známe dnes. Důležitým znakem je, že průběhu biologické evoluce samovolně vznikají, a mohou zanikat, organismy. Ty jsou účelně přizpůsobené pro využívání zdrojů prostředí a život v něm (Flegr, 2007).

Ernst Mayr taktéž zmiňuje, že evoluce je nejdůležitější pojem biologie. V biologii totiž vždy při otázce „Proč?“ musíme evoluci zohlednit. Podle něj by měla evoluci rozumět i široká veřejnost, pokud lidé nepochopí evoluci, přichází o šanci porozumět živému světu kolem nás. Mayr říká, že se evolucí máme zabývat na úrovni fenotypů jedinců, populací druhů, druhy nejsou „změna genových frekvencí“. Nejdůležitějšími jednotkami evoluce je jedinec, který je hlavní objekt selekce, a populace, ta je scénou diverzifikující evoluce. Po přijetí evoluce již pro vědu nemohl být svět považován jen za místo působení fyzikálních zákonů. Od té doby se musí zahrnout historie a pozorované změny živého světa v průběhu času. Evoluce je tedy pozvolný proces rozvoje živého světa po vzniku života (Mayr, 2001).

Další definice evoluce pochází od Flegra, a říká, že evoluce je postupný vývoj soustavy s pamětí, tedy takové, která odpovídá na vnější vlivy v závislosti na tom, s jakými vlivy se již

^{*1} viz poznámka v-úvodu

^{*2} Coyne (2009): „*Among the wonders that science has uncovered about the universe in which we dwell, no subject has caused more fascination and fury than evolution.*“

setkala. Evoluce může probíhat různými směry (přímá, zpětná, cyklická) (Flegr, 2007). Biologická evoluce je ovšem nevratná ve smyslu toho, že pokud vzniká nějaká nová adaptace, tak již je zatížena evoluční minulostí daného organismu. Můžeme se setkat s konvergencí, ta je však pouze povrchní (Gould, 1988). Jakmile se evoluce vydá jedním směrem, už se nemůže přesně stejnou cestou vrátit zpět.

Ridley ve své Červené královně tvrdí, že v evoluci nejde ani tak o přežití nejzdatnějších, jako o reprodukci. Každý tvor na Zemi je produktem nekonečných bojů mezi parazity a jejich hostiteli, taktéž soubojem genů s jinými geny. Zároveň tento tvor podstupuje souboj s příslušníky stejného druhu, boj se taktéž odehrává i mezi příslušníky opačných pohlaví. Vše vede k určitým strategiím vyladěným tak, aby byly úspěšné. Tyto boje mohou být vedeny různými prostředky, v nich jde o ovlivňování a vykořisťování jedinců vlastního druhu. Vítězství v jedné generaci není konečným vítězstvím, protože jedince čekají v další generaci zdatnější a bojovnější nepřátelé. Život je závod, sprint k cílové čáře, která je ovšem pouze startovní čarou dalšího nového závodu (Ridley, 2007). Evoluce připomíná závody ve zbrojení, ve kterých není a nikdy nebude znám jasný vítěz. Jakmile nastane převaha jednoho druhu, o to více se a něj budou specializovat predátoři.

Další pohled na evoluci od Zrzavého si všímá především historie, tvrdí, že evoluci nelze vidět, ale lze ji jen rekonstruovat z toho, co vidíme. Autoři Zrzavý a kol. kladou důraz především na rodokmen, který ukazuje spojitosti s dalšími evolučními událostmi. Rodokmen nám ukazuje, která událost nastala dříve, a tudíž předcházela další, případně kolikrát k ní došlo. Bez rodokmenu lze prý o obecném běhu evoluce jen spekulovat. Ze zmapování historie lze vysvětlit dnešní podobu přírody. To, jaké jsou organismy dnes a jaké jsou vztahy mezi nimi, vychází z jejich evoluční historie. Důležité je nevíšmat si pouze změn, ale zejména těch živočichů, kteří zůstávají nezměněni a mají svou stopu v přítomnosti (Zrzavý a kol, 2004).

Někteří autoři považují evoluci za fakt, jiní pouze za způsob interpretace pozorovaných jevů. Závěrem této kapitoly bych se pokusil formulovat vlastní definici biologické evoluce. Můj pohled na evoluci se podobá pohledu Richarda Dawkinse. Dle mého názoru je biologická evoluce proces, který postihuje veškeré živé organismy. Probíhá na Zemi od vzniku života a je motorem postupných změn jednotlivých organismů. Biologická evoluce nemá směr, kterým by se vědomě ubírala. Evoluce je neustálý zápas mezi alelami jednotlivých genů, které bojují s jinými prostřednictvím svých nositelů-jedinců. Nejdůležitějším, avšak ne jediným mechanismem evoluce je přírodní výběr. S evolucí se můžeme setkat prakticky na každém kroku, je to dle mého názoru stejně dobře důkazy podložená a nevyvrácená teorie jako například Wegenerova teorie deskové tektoniky.

Důkazy evoluce

V této kapitole se budu zabývat stěžejním tématem své práce. Popíši zde argumenty, které podporují evoluci. Důkaz, který by verifikoval evoluci, z principu neexistuje.* Evoluci je možno pouze vyvrátit, avšak to se zatím také nestalo. Je zde poměrně mnoho jevů, které ukazují, že evoluce platí. Důkazy, které uvádím, popisují uspořádání živých organismů přesně tak, jak bychom očekávali v momentě, kdy funguje evoluce přírodním výběrem. Zároveň zmíním některé argumenty autorů, kteří nesouhlasí s teorií evoluce.

Fosilní záznam

Jedním z nejsilnějších důkazů svědčících ve prospěch evoluce je fosilní záznam – vymřelé organismy uchované a později objevené ve starších geologických vrstvách. Důležitá pro fosilní záznam je podobnost zástupců nalezených v nejmladších geologických vrstvách s druhy žijícími dnes. Zatímco ve starších geologických vrstvách se našly fosílie vykazující více archaických znaků. Fosilní záznam není kompletní, nachází se v něm mezery, je nespojitý. Z mnoha organismů se v podobě fosílií dochoval jen zlomek. Je to tím, že pravděpodobnost toho, že se z organismu stane fosílie je malá, většina mrtvých živočichů a odumřelých rostlin je sežrána mrchožrouty, nebo se rozloží. K tomu, aby z nich vznikla fosílie, musí být tomuto zabráněno, takže ihned po smrti musí být zakryty sedimenty či sopečným popelem. Důležitá je nepřítomnost kyslíku a tím zabránění v rozkladu. Velmi rozdílná je také schopnost fosilizovat, nejlépe fosilizují živočichové mající velmi pevné a odolné části těla, naopak pravděpodobnost fosilizace medúzy je velmi malá, avšak ne nemožná.

Častým argumentem je argument „mezer“ ve fosilním záznamu. Ten ale vychází z nepochopení procesu fosilizace. Není prostě možné, aby fosilizovali veškeré organizmy, které kdy žili na Zemi. Tedy nezbytně nutně stále budeme mít ve fosilním záznamu bílá místa. Dokonce pokud se najde zajímavý exemplář, který představuje určitý mezičlánek, mohou odpůrci evoluce prohlásit, že místo jedné mezery jsou tu najednou dvě. Dawkins tvrdí, že fosilní záznam je pouze jakýmsi bonusem. Kdyby nebyla objevena jediná fosílie, existuje spousta dalších důkazů evoluce (Dawkins, 2011). Někdy dojde k nálezů vzácného exempláře, který je svou stavbou na rozhraní evolučních větví. Za takto vzácný exemplář byl považován

* Podle Poppera nelze vědeckou teorii verifikovat, ale pouze falzifikovat. To je také důvod, proč evoluce bude vždy teorie, i když budeme mít spoustu důkazů podporujících evoluci. Na druhou stranu stačí, aby se objevil jediný důkaz neplatnosti evoluce, a celá teorie přestane být pravdivá. Spolu s Dawkinsem si myslím, že by se evoluce měla brát jako velmi dobře podložená teorie, která i přes veškerou snahu odpůrců stále odolává falzifikaci již více než 150 let.

Archaeopteryx, řazený do taxonu opeřených dinosaurů, nalezený v sedimentech svrchní jury (přibližně 145 milionů let). Na tomto „chybějícím článku“ je krásně vidět živočich, který by mohl být přechodným článkem od plazích předků k ptákům (Mayr, 2001). Xing a kol. ve svém výzkumu zpochybnil ve světle nových nálezů příslušnost Archaeopteryxe k prvním ptákům. Podle něj jde pouze o jednu linii opeřených dinosaurů (Xing a kol., 2011). Například linie vedoucí od terapsidních plazů k savcům je úplná do té míry, že je můžeme pokládat za přechodné formy. Podobně dobře zdokumentovaný je přechod mezi velrybami a jejich suchozemskými předchůdci (Ridley, 1993). Velryby mají předka u kopytníků (mezonychidní kondylarthr) a ti se postupně stále více přizpůsobovali životu ve vodním prostředí. Dalším příkladem může být evoluce rodu australopithecus směrem k modernímu člověku (Dawkins, 2008). Nejúplněji popsáný přechod je u předků dnešního koně (Mayr, 2001). Jak bylo zmíněno, nikdy nebudeme mít fosilní záznam kompletní, i tak je pádným důkazem evoluce.

Nutno dodat, že fosilní záznam je používán i jako argument proti evoluci. Yahya, autor knihy Atlas of Creation, předkládá ve své knize různé fosílie, aby se pokusil vyvrátit teorii evoluce. Hlavním argumentem je, že předkládané fosílie se podobají současným druhům. Tvrdí: „Evoluce neexistuje, spíše stvoření je vědeckým faktem“ (Yahya, 2012). Celá jeho kniha je silně pronáboženská a proložená citáty z Koránu. Autor nazývá darwinismus pohanským náboženstvím. Používá argumenty neredukovatelné komplexity. Tvrdí, že jednotlivé části oka musely být vytvořeny najednou, aby fungovaly. Popisuje zkamenělinu, nalezenou v regionu Jiang Xi, jako část lebky d'ábla medvědotivého, avšak d'ábel medvědotivý nebyl nalezen jinde než v Austrálii a Tasmánii (Veselovský, 2002). Autor nepřikládá k fotografiím měřítko, tudíž je nemožné srovnat velikosti zkamenělin se současnými živočichy, které uvádí. Yahya nález lebky z Číny jako lebku žirafy, přičemž není známo, že by se v této oblasti žirafy v minulosti vyskytovaly (Yahya, 2012). *

Častým problémem, s nímž se evoluční biologové setkávají, je, že kritici evoluce poukazují na nepřesnosti v datování. Říkají, že evoluce nemohla proběhnout v řádu miliard let. Někteří zastánci teorie mladé Země dokonce tvrdí, že Země je mladší než 10 000 let.

Nedávnou historii můžeme datovat pomocí letokruhů na kmenech stromů. Každý rok je v určitém regionu unikátní a tím je i unikátní přírůstek stromů rostoucích v této oblasti. Pomocí překryvů charakteristických letokruhů můžeme datovat i období několik tisíc let do

* Yahya ve své knize velmi manipuluje s důkazy, které uvádí. U fosílií, které popisuje, neuvádí měřítko, nelze tedy ověřit jejich pravdivost. Manipulativně ukazuje k nálezům fotografie současných druhů, místo aby své nálezy porovnal s odpovídající částí těla současných živočichů. Celá jeho kniha je velmi nekorektní a jeho jedinou alternativou k evoluci je kreace Bohem (v jeho případě Alláhem). Svá tvrzení o kreaci opírá především o Korán.

minulosti. Stačí jen mít dostatečný počet letokruhů, které se překrývají. S přesností na roky lze měřit i podle sedimentů v ledovcových jezerech či podle charakteristických přírůstků v korálových útesech (Dawkins, 2011).

Při zkoumání toho, kam zařadit daný fosilní exemplář, musíme prozkoumat homologní znaky. „*Určitý znak dvou nebo více taxonů je homologní tehdy, pokud je odvozen z téhož (nebo odpovídajícího) znaku jejich nejbližšího společného předka*“ (Mayr, 2001, s. 39). Při zkoumání podobností mezi jednotlivými exempláři se dříve nerozlišovalo, jestli jde o podobnost stejného původu, tím vznikaly nepravdivé fylogenetické uspořádání. Homologní znak může mít různou podobu, může jít o anatomický, fyziologický, molekulární i behaviorální znak organismu. Anatomické znaky se posuzují podle polohy vůči sousedním znakům nebo orgánům, podle společných mezičlánků mezi dvěma nepodobnými znaky, podle podobností v ontogenezi či podle přechodných fosilií. S rozvojem molekulární biologie nám největší důkazy poskytuje studium homologie právě v této oblasti. Na základě analýzy molekulárních dat dochází k velkým přesunům jednotlivých taxonů, často se stává, že organismy řazené do stejného taxonu na základě morfologických znaků nejsou vzájemně příbuzné a tedy, že tento taxon není monofyletický. Pak dochází k přesunu na jiné, odpovídající místo na fylogenetickém stromě (Mayr, 2001). Homologii budu věnovat ještě další podkapitolu.

Nejdůležitějším znakem fosilního záznamu je to, že všechny nálezy byly nalezeny ve vrstvách odpovídajících tomu, kde bychom je měli očekávat. Fosilní králík nalezený v prekambriických vrstvách by mohl tento důkaz vyvrátit, ale žádný takový dosud nebyl nalezen. Stejně tak moderní savci, kteří se začali vyvíjet po vymírání na začátku paleocénu, tj. před 60 miliony let, tudíž je nemůžeme nalézt v žádné vrstvě odpovídající starší geologické době. Stejně tak je to s dalšími vývojovými etapami dnešních živočichů. Předchůdce dnešních žiraf, které vznikaly v třetihorách (před 30 miliony let), nelze nalézt ve vrstvách starých 100 milionů let (Mayr, 2001).

Dříve se stáří fosilií odhadovalo pouze na základě uložení ve vrstvách. Starší jsou ty fosilie, které leží v hlubších vrstvách. Dnes můžeme měřit stáří jednotlivých nálezů pomocí radioaktivních hodin. Pro mladší nálezy je vhodné použít radiouhlíkovou metodu datování. Přesné datování nám přináší velmi silný důkaz evoluce (Dawkins, 2011).

Další možností, jak zjistit z jaké doby pochází nalezený vzorek je použití datování pomocí radioaktivních prvků – tzv. radioaktivních hodin. Jejich nepřesnost je v řádu procent, ale i tak poskytují relativně přesný odhad stáří vzorku. Na základě analýzy poločasu rozpadu jednotlivých prvků můžeme zjistit poměr mezi radioaktivním prvkem a prvkem, který

vznikne jeho rozpadem. Pokud známe poločas rozpadu daného prvku, můžeme se dopočítat stáří vzorku. Velmi přesně se dají datovat jen vyvřelé horniny. Porovnáním vzorků z celého světa se podařilo zjistit, ze které doby je určitá vrstva. Důležitým faktorem mluvícím ve prospěch evoluce je evoluční posloupnost v těchto geologických vrstvách. Jak tvrdí Dawkins: *„Objevují se některé druhy zkamenělin, například savci, pouze po určitém datu a nikdy před ním? Odpověď na takové a podobné otázky zní ano. Vždycky ano. Bez výjimky. To je neobyčejně silný důkaz evoluce, neboť bez ní by takové okolnosti vůbec nebyly nezbytné. Kromě evoluce neexistuje žádný rozumný důvod, proč z naší metody identifikace vrstev a získávání časových posloupností získávat vždy právě takové a neustále tytéž výsledky!“* (Dawkins, 2011, s. 92).

Stejnými radioaktivními hodinami se může datovat stáří naší planety. Z tohoto datování vyplývá, že Země není stará tisíce let, ale miliardy (Dawkins, 2011).

Evoluční experimenty

Zajímavým evolučním experimentem je výzkum bakterie *Escherichia coli*, který provedl Richard Lenski se svým týmem. Jeho experiment byl založen na dlouhodobé kultivaci kolonií této bakterie. Na začátku bylo 12 geneticky stejných bakterií v oddělených baňkách. Ty se kultivovaly na živném médiu, a 1 % z nich bylo přeneseno do další nové baňky. Přenášení se konalo každý den. Cílem experimentu bylo zjistit, jestli dochází v jednotlivých liniích k nějaké evoluci, jestli bude u všech kmenů stejná, či případně nebude docházet k žádným evolučním změnám. Tato bakterie má krátkou generační dobu, přibližně 3 – 4 hodiny. Celkově při experimentu vzniklo kolem 45 000 generací. Z každé kultury se zamrazovaly vzorky, aby se později mohly porovnat s „recentní“ generací. V živném médiu byla glukóza limitujícím zdrojem. Jedním z výsledků, ke kterým experimentátoři došli, bylo zjištění, že všechny linie v průběhu experimentu se staly efektivnější ve využívání glukózy – zvětšily se jim buňky a množily se rychleji. To zjistili porovnáním zástupců „moderních“ linií s jejich předky.

Z experimentu rovněž vyplývá, že jednotlivé linie zvětšovaly svou velikost různě rychle a velikost moderních linií se vzájemně liší. Jednotlivé linie zvětšily svou velikost pomocí různých genů. U dvou kolonií, které měly téměř stejnou křivku růstu, experimentátoři zjistili, že oproti původním předkům obě tyto linie mutovaly v 59 naprosto totožných genech. Pravděpodobnost, aby k tomuto došlo náhodou je opravdu velmi malá. Ukázala se zde role přírodního výběru, která upřednostňovala stejné výhodné mutace. Dalším výsledkem plynoucím z jejich výzkumu bylo zjištění, že jedna linie bakterií začala metabolizovat citrát.

K této změně došlo jen u jedné linie, velmi náhle vzrostla hustota bakterií v médiu. Podrobnějším zkoumáním experimentátoři zjistili, že byla nutná mutace ve dvou metabolických drahách, aby bakterie mohly metabolizovat citrát. Tyto dráhy byly na sobě nezávislé a fungovali jediné při obou mutacích. Pouze při jedné mutaci nedocházelo k žádné změně v metabolismu bakterie. Tento výzkum podkopává tvrzení kreacionistů o „neredukovatelné komplexitě“ (Lenski a kol., 1994).

John Endler zkoumal populace pavích oček na Trinidadu a Tobagu a ve Venezuele. Paví očka se v přírodě liší svým zbarvením. V některých řekách jsou výrazně zbarvení, uplatňuje se zde pohlavní výběr samiček, v jiných řekách jsou spíše zbarveni tak, aby splynuli s okolím. To v důsledku zvýšené predace. V rámci jeho experimentu zkoumal změnu zbarvení pavích oček v závislosti na predaci. V deseti nádržích choval paví očka v různých podmínkách. Celkem vytvořil tři skupiny predčního tlaku. Čtyři akvária měla predátora *Crenicichla alta*, další čtyři nádrže měly *Rivulus hartii*, tento druh ryby je slabším predátorem než *Crenicichla*, zbylá dvě akvária byla ponechána bez predace jako kontrola. Polovina akvárií měla na dně hrubý štěr, druhá štěr jemný.

Výsledkem experimentu bylo, že co se týče počtu skvrn, tak se počet skvrn v akváriích se silným predátorem snížil, zatímco v akváriích se slabým predátorem a bez predátorů se počet skvrn zvýšil. Co se týče velikosti skvrn, tak se ukázalo, že v akváriích s predátory se velikost skvrn řídila velikostí štěrku na dně. Tedy u hrubozrného štěrku byly skvrny větší a naopak. V akváriu bez predace byla velikost skvrn obráceně – paví očka se nemusela maskovat před predátory, proto mohla mít velikost skvrn opačnou, aby upoutala samičky (Endler, 1980).

Tyto experimenty poměrně jasně ukazují, že se jednotlivé druhy přizpůsobují změnám prostředí. Nedokládají nám vznik nového druhu. Je otázkou, jestli by taxonomové linii *Escherichie*, která umí metabolizovat citrát, nepovažovali za odlišný druh, pokud by ji našli v přírodě. Obecně vzato, pro výzkum makroevoluce jsou tyto experimenty časově krátké.

Doklady společného původu

Dalším důkazem, který zde předkládám, je společný původ všech organismů.

Společný původ velmi úzce souvisí s dříve zmíněným důkazem, tedy fosilním záznamem. Ten poskytuje mnoho důkazů dokládající společný původ organismů. Ve vrstvách z třetihor lze například nalézt společného předka psů a medvědů. V mladších vrstvách zase společného předka psů a koček. Příkladů je mnoho, každý druh má s jiným nějakého společného předka, je jen otázka, před jakou dobou tento společný předek žil. Již dříve v historii si vědci všimli, že organismy, které mají více společných znaků, jsou si příbuznější než ty, které mají znaků

méně. To vedlo k zavedení taxonomických kategorií. Charles Darwin poté vysvětlil, proč jsou organismy takto seskupovány, je to důsledek společného původu. To, že organismy mají společné předky, je dalším dokladem evoluce (Mayr, 2001).

Podobnost organismů lze zkoumat též na molekulární úrovni. Na této úrovni velmi často platí, že čím příbuznější jsou jednotlivé organismy, tím podobnější genetický kód mají. Proto se dnešní taxonomie vytváří na základě molekulárních dat. Porovnávají se především homologní geny. Musíme mít ovšem na paměti, že jednotlivé geny jsou různě náchylné k mutacím a tedy jsou různě vypovídající. Molekuly hemoglobinu u lidí a šimpanzů jsou i po dlouhé době od rozdělení téměř totožné. Molekulární analýzy také upřesňují řazení organismů do taxonů a stává se, že organismus se přeřadí na nové místo, aby se zachoval monofyletický taxon. Většinou však molekulární analýzy potvrzují předchozí zařazení organismů na základě anatomických a morfologických znaků. Jedním z významných příkladů, kdy molekulární pohled změnil staré pořádky, je řazení hub. Houby (fungi) byly dlouho považovány za příbuzné rostlinám, však se také na PřF UK zkoumají na katedře botaniky, přesto molekulární data přinesla důkaz o tom, že jsou příbuznější živočichům (Hibbett a kol., 2007). Stejně tak molekulární data pomáhají zpřesňovat, kde leží společný původ eukaryotických organismů. Molekulární analýzy nám také poskytnou možnost odhalit, před jakou dobou došlo k rozdělení evoluce dvou linií (Mayr, 2001).

Homologie

„V průběhu evoluce se může změnit libovolný znak organismu“ (Mayr, 2001, s. 48). Lze pozorovat podobnosti u poměrně odlišných struktur, například přední končetina psa a koně má jisté podobné znaky, stejně jako je podobnost mezi křídlem netopýra a rukou člověka. Při pohledu na stavbu těchto struktur zjistíme, že většina kostí je stejných, akorát se liší v parametrech, každá končetina je přizpůsobena určité činnosti. Mohlo by být sice účelnější vytvořit křídlo znovu a jinak – lépe, ale to evoluce neumí. Mějme ovšem na paměti, že: *„Homologii však nelze dokázat, je vždy pouze s větší či menší jistotou předpokládána“* (Mayr, 2001, s. 49).

Dle analýzy DNA můžeme dnes zjistit příbuznost jednotlivých druhů, podobnost jednotlivých organismů můžeme zkoumat na jejich anatomii. Například anatomie kostry savců poukazuje na jejich společný původ. Kostry jsou si podobné, kosti jsou propojeny stejným způsobem, ale v závislosti na funkci jsou u různých savců různé proporce. Například podobnost ruky člověka s příslušnou končetinou netopýra. Dochází k prodlužování, zkracování kostí, ale kostra jako celek je identická a charakteristická pro všechny savce. Díky těmto srovnáním

můžeme určit příbuznost jednotlivých druhů a to ne na základě molekulárních dat, ale na základě srovnání morfologie a anatomie. Opeření u ptáků je jejich společný znak, který mají od společného předka, který ovšem není společným předkem savců a proto se u savců opeření nevyskytuje (Dawkins, 2011).

Zdánlivá podobnost druhů žijících v podobných podmínkách, avšak patřící do jiných druhů ukazuje evoluční adaptace. Důležité je, že tito živočichové v sobě nesou znaky jejich společných předků, často žijících v odlišných prostředích. Kupříkladu delfin je k životu ve vodě přizpůsoben svým „rybovým“ tvarem těla. Delfini k pohybu, na rozdíl od ryb, používají „savčí“ způsob prohýbání páteře (nahoru - dolů místo vlnivého pohybu u ryb). Stejně tak je delfin „evolučně poznamenán“ tím, že dýchá pomocí plic stejně jako jeho suchozemský předek. To jen dokresluje to, že i přes to, že by bylo daleko jednodušší používat k dýchání ve vodě žábry místo plic, evoluce se již nemůže vrátit do toho bodu, ale musí pokračovat různými adaptacemi s tím, co má.

„Vlastní příčinou homologie je zdědění části téhož genotypu od společného předka. Proto se homologie vyskytuje nejen u struktur těla, nýbrž u libovolného dědičného znaku, včetně chování“ (Mayr, 2001, s. 49). Evoluce pouze vychází z toho, co je v dané chvíli k dispozici.

Embryologie

V raném stádiu vývoje jsou si embrya jednotlivých živočichů nejpodobnější. Savčí embrya jsou si déle podobná než v porovnání například s rybím embryem, ale i s tím vykazují na začátku embryologického vývoje podobné znaky (Mayr, 2001).

Dle Dawkinse připomíná embryologický vývoj organismů schéma receptu. Jednotlivé buňky se řídí lokálními pravidly o organizaci a dělení. Není zde žádný stavitel, ani žádný plán. DNA nefunguje jako plán. Po změření domu můžete nakreslit jeho plán, ale změřením živočicha nezjistíte jeho DNA. DNA funguje jako recept. Dawkins se zabývá epigenézou (Teorie vývoje organismu postupnou diferenciací původně nediferencovaného celku). Hlavním pravidlem, které zde dle autora funguje, je samouspořádávání. *„Ve vývojových procesech je samouspořádávání jev v principu analogický přírodnímu výběru v evoluci, i když taková metafora není úplně přesná. Oba mechanismy, samouspořádávání i přírodní výběr, jsou však schopny automaticky, neúmyslně a zcela neplánovaně tvořit struktury, které se nám na první pohled zdají jako výsledek pečlivého plánu.“* (Dawkins, 2011, s. 195).

Jde o princip organizace bottom-up (zdola nahoru). Podobně jako v embryogenezi se tento způsob uplatňuje například u stavby termišt' nebo „v pravidlech“ letu hejna špačků. Autor se ještě zmiňuje nad úlohou enzymů. Tvrdí, že na funkci enzymů se velmi dobře dá popsat role

přírodního výběru. Ancestrální enzym nemusel být ani zdaleka tak účinný jako enzym recentní, ale stačilo, aby alespoň mírně fungoval a průběhu evoluce došlo ke zvýšení jeho účinnosti. Gradient zvyšování efektivity může být přitom velmi malý (Dawkins, 2011).

Znaky odkazující na společný původ

V další části své práce bych se rád zabýval jevy, které jsou příčinou špatného designu, či by šly zkonstruovat lépe. Tyto struktury, které dříve sloužily svému účelu, jsou později (téměř) nepotřebné, avšak stále jsou patrné, i přes to, že již svým nositelům nepřinášejí takovou výhodu, jako přinášely dříve. Jsou přesně v souladu s tím, co bychom měli očekávat, kdyby platila evoluce přírodním výběrem.

Oko obratlovců v podobě jestřábího či lidského oka je velmi dobře přizpůsobený orgán. I tak lze na něm nalézt prvky „neinteligentního designu“ tedy takové, které mohly vzniknout evolucí. Pozice čípků a tyčinek v lidském oku je taková, že nervová vlákna těchto buněk vedou nad povrchem sítnice a brání ideálnímu prostupu světla k nim. To přináší další problém v podobě slepé skvrny, kterou je tento zrakový nerv veden ze sítnice do mozku.

Komorové oko hlavonožců je oproti našemu odlišné v uložení světločivných buněk. Jejich nervová vlákna nejsou vedena před sítnicí, a proto vykazují lepší optické vlastnosti. Jedna z teorií, kterou autor předkládá, je, že v období evoluce oka bylo jedno, jakým způsobem jsou tyto buňky v oku uloženy, bylo jich tam poměrně málo, a přírodní výběr upřednostnil obě. Později jejich počet vzrostl a nyní je kompenzována nedokonalost našich očí mozkiem, který skládá obraz a nám se zdá, jako bychom viděli dokonale (Dawkins, 2011).

Dle Flegra se na tomto příkladu ukazuje, jak evoluce neplánuje dopředu a vždy v daný okamžik zvolí řešení, které je nejjednodušší. Evoluce tedy nepředvídá možné problémy v budoucnu, když problém nastane, řeší se různým „záplatováním“ (Flegr, 2007).

Jakob přirovnává evoluci k práci fušera, který přesně neví, co se snaží vyrobit. Snaží se použít všechno, co má okolo sebe a stvořit z toho fungující objekt. Autor si též všimá, že v průběhu evoluce se často využívají struktury, které existují k jiným účelům. Přirovnává to k výrobě rulety z kola bicyklu. Evoluce se chová jako fušér, který pomalu přetváří své výtvořky. Někde něco zkrátí, jinde prodlouží, místo toho, aby vytvořil nějakou novou užitečnou funkci (Jacob 1977).

Velké množství znaků jednotlivých organismů ukazuje jejich původ. Jsou to takové znaky, které již nemají funkci, jako měly dříve, avšak stále se jako relikty vyskytují. Jde o to, že jakmile se evoluce, na rozdíl od vědomého konstruktéra, vydá jedním směrem, už se nemůže vrátit zpět a předělat daný znak na původní. Přírodní výběr by neupřednostnil jedinou

adaptaci, která by zhoršovala zdatnost jedince. Takže pokud se ukáže původně výhodná adaptace jako limitující, evoluce se bude snažit tento limit eliminovat „záplatováním“, tj. tak aby znak přinášel určitou výhodu, přestože by mohlo být funkčně lepší celý znak předělat. *„Evoluce ale není konstruktér, a tak musí často opravovat své omyly dodatečně a na koleně.“* (Dawkins, 2011, s. 311).

Oko obratlovců je často předkládáno kreacionisty jako argument proti evoluci. Tvrdí, že něco takového jako oko nemohlo vzniknout bez nějakého konstruktéra.

Dawkins popisuje několik protiargumentů. První z nich je odpověď kreacionistům na „neredukovatelnou komplexitu“. Píše, že oko jakkoliv je dnes složitým orgánem, se nevyvinulo najednou. I malá oblast světločivných buněk „praoka“, která rozeznávala rozdíl mezi světlem a tmou by byla v evoluci upřednostněna. Oko se mohlo dále vyvinout tak, že se tyto světločivé buňky zahloubily a celkově v průběhu evoluce se oko postupně zdokonalovalo do podob, jaké známe dnes (Dawkins, 2002).

Ztráta letuschopnosti u některých druhů ptáků je též dokladem evoluce, jejich zakrslá nelétavá křídla jsou pozůstatkem křídel jejich létavého předka. Jedním z příkladů takovéto „evoluční minulosti“ je kakapo, žijící na Novém Zélandu, který ztratil svou letuschopnost, ale ještě občas se snaží létat. Zamává křídly a spadne dolů (Adams a kol., 1998).

Coyne píše ve své knize, že nelétavým ptákům zůstala křídla, ale nevyužívají je k letu, tedy k tomu, k čemu dříve sloužily, ale k jiným činnostem. Důležité podle autora je, že tyto zakrnělé struktury nejsou používány k tomu, k čemu byly evolučně vytvořeny (Coyne, 2009). Podobnou přeměnou prošel druhý pár křídel u diptera. Změnil se na haltery, které pomáhají s vyvažováním při letu. Přední pár se poté trochu zvětšil, aby mohl nést celou váhu. (Dawkins, 2011)

Rudimentární struktury jsou takové, které dnes nemají žádný funkční přínos (či nejsou úplně funkční) pro druh, přesto je lze nalézt u mnoha živočichů. Tyto znaky se vyvinuly u předků, protože v té době byly potřeba a plně využitelné. U dnešních živočichů již z různých důvodů využitelné nejsou, nebo ne zcela. Příkladem mohou být oči tvorů žijících ve tmě, či například lidská kostrč. Důležité je to, že tyto struktury se úplně neztratily, jen se více či méně „znefunkčnily“. Evoluce nemůže znak zrušit hned, jak se jejich nositelům nehodí a proto zůstane ve formě takového artefaktu (Mayr, 2001).

Dawkins si například všímá toho, jaké evoluční pozůstatky mají živočichové žijící ve tmě. Jako příklad uvádí mloka jeskynního, tito a většina živočichů žijící v temných prostředích jsou slepí, avšak zachovali si, již nefunkční, oči. To odkazuje na jejich společného předka, který oči měl, autor si též všímá toho, proč jsou tyto oči nefunkční a zdůvodňuje to tím, že

přírodní výběr nemohl odstranit mutace poškozující zrak, protože tyto mutace jsou ve tmě pro přírodní výběr neviditelné. Naopak přírodní výběr podpoří takové mutace, které překryjí oči nějakou blanou, aby nebyly v temném a vlhkém prostředí náchylné k infekcím (Dawkins, 2011). Například oči hadů žijících v temnotě jsou překryté šupinami. Coyne dále popisuje, jako evoluční relikty slepé střevo u člověka. Dříve, předtím než bylo chirurgicky odstraňováno, více než 1 % lidí umíralo na problémy spojené se slepým střevem. Byl zde tedy velký selekční tlak, který je dnes zmírněn možností operování (Coyne, 2009).

Dalším příkladem je inaktivace genu GLO, který produkoval enzym, který vyráběl kyselinu askorbovou (vitamín C) z glukózy. Vitamín C je esenciální pro správné fungování metabolismu. Prakticky všichni savci si tento vitamín syntetizují sami, kromě primátů, kaloňů a morčat. Tyto druhy získávají běžně vitamín C z potravy většinou v dostatečném množství. Kurděje způsobené nedostatkem vitamínu C byly běžné i v 19. století. V DNA stále máme zanesenu informaci k syntéze enzymu, spolu s morčaty a ostatními primáty máme stále aktivní tři první kroky, ale poslední čtvrtý byl inaktivován mutací. Vznikl pseudogen ψ GLO. Vzhledem k tomu, že primáti, kaloni a morčata mají dostatek vitamínu C ve stravě, nemohl přírodní výběr postihnout jedince s nefunkčním enzymem (Coyne, 2009).

Je zde poměrně velké množství horších než optimálních řešení ve stavbě těl živočichů, které jasně dokládá jejich evoluční minulost, která může být již jen kompenzována různými, někdy dosti bizarními, způsoby, které by vůbec nemusely vzniknout, kdyby nefungovala evoluce.

Dawkins též poukazuje na to, že příroda vykazuje takové uspořádání, jaké je přesně v souladu s evolucí. Argumentuje například, že pokud by stromy vznikly rukou konstruktéra, pak by byly vysoké pouze několik málo metrů a ne několik desítek, protože klesá celkový zisk. Stromy musí investovat energii do kmenů, místo toho, aby vyrostly nižší a mohly využít energii k tvorbě listů (Dawkins, 2011).

Biogeografie

Jednotlivé organismy na Zemi jsou rozmístěny nerovnoměrně. Každý druh má určitý areál, ve kterém se vyskytuje. Toto zkoumá obor na pomezí biologie a geografie – biogeografie. Abychom pochopili rozmístění organismů, musíme znát, jak proběhl a probíhá posun jednotlivých litosférických desek.

Poloha kontinentů a litosférických desek, ze kterých se kontinenty skládají, tak jak ji známe dnes, nebyla v historii neměnná. Kontinenty jsou rozděleny do šesti velkých a mnoha malých litosférických desek. Tyto litosférické desky se vůči sobě posouvají. Více toto zkoumá obor geomorfologie (Demek, 1988). Pro biologii to má význam v tom, že na jednotlivých

kontinentech je určitá fauna a flora a v momentě rozdělení původního kontinentu vzniká geografická bariéra a původní druh se vyvíjí na obou oddělených kontinentech. Čím dříve se v minulosti oddělily kontinenty od sebe, tím delším samostatným vývojem procházely organismy na daném kontinentě. Proto například v Austrálii, či na Madagaskaru, můžeme pozorovat mnoho endemických druhů, jež nežijí nikde jinde. Podobný jev lze pozorovat na vzdálených oceánských ostrovech nacházejících se daleko od pevniny. Živočichové, kteří kolonizovali tyto ostrovy, se sem dostali v jedné nebo několika málo vlnách o málo jedincích, obsadili nový prostor a adaptovali se na místní prostředí. Dle teorie zamrzlé plasticity dochází právě v malých geograficky oddělených oblastech k nejrychlejší speciaci (Flegr, 2007). To, že na odlehlých ostrovech je vysoké procento endemických druhů, je v souladu s evolucí. „*Kreacionista nepravidelné zeměpisné rozšíření organismů nedokáže racionálně vysvětlit*“ (Mayr, 2001, s. 58).

Ostrovy v biogeografii a endemité

Povrch planety Země je velmi členitý a podmínky k životu nejsou všude stejné, proto jsou tyto oblasti obývány různou skladbou živočichů a rostlin. Pro vysokohorskou rostlinu je ostrovem každý vrcholek v určité nadmořské výšce. Skutečné ostrovy, i ty biogeografické, mohou být velmi užitečné při studiu speciace. Nové biologické druhy vznikají, když se určitá populace rozdělí nějakou bariérou a dlouhou dobu se mezi sebou nekříží. Můžeme si představit takovouto bariéru jako skutečnou geografickou překážku, například vodní tok, nově vyvrásněné pohoří, či vodní plochu oddělující ostrov od souše. Bariérou mohou být také rozdílné ekologické nároky, kdy určitý druh je schopen obývat jen určitý areál a v jiném se mu nedaří. Bariérou může být i rozdílné chování druhu v porovnání s jiným. Například noční nebo denní způsob života. Zkrátka taková bariéra, která znemožní dvěma populacím jednoho druhu se spolu křížit na dostatečně dlouhou dobu, než vzniknou nepřekonatelné překážky v jejich křížení. V hypotetické populaci na planetě, která má pevninu i oceán s naprosto stejnými podmínkami nemůže dojít ke speciaci, každá evoluční novinka by byla pohlcena genetickou průměrností (Dawkins, 2011). „*Většina, ne-li všechny z milionů evolučních štěpných událostí a následných divergencí vznikala nejčastěji právě jako subpopulace jednoho druhu, oddělená nějakou geografickou bariérou. [...] Jakmile dva genofondy dosáhnou hranice, kdy už ke své genetické izolaci nepotřebují izolaci geografickou, nazveme je dvěma různými druhy.*“ (Dawkins, 2011, s. 238–239).

Důležitým znakem bariéry je to, aby tato bariéra byla nesnadno překonatelná. Většinou již bariéra vznikla a druhy ji při velmi málo pravděpodobné příležitosti překonaly.

Censky a kol. popsali „invazi“ leguána zeleného na ostrov Anguilla v Malých Antilách. Minimálně 15 leguánů zelených připlulo 4. října 1995 na ostrov na vyvrácených stromech ze sousedního ostrova pravděpodobně z Guadeloupe. Do té doby se leguán zelený na tomto ostrově nevyskytoval. Události předcházeli posun dvou hurikánů přes území Malých Antil o měsíc předtím. Při kontrole v roce 1998 zjistili, že se populace leguána zeleného úspěšně adaptovala na ostrově a rozmnožuje se (Censky a kol., 1998).

Již klasickým příkladem ostrovní speciace jsou Galapágy. Souostroví leží v Tichém oceánu v rovníkové oblasti přibližně tisíc kilometrů od pobřeží Jižní Ameriky. Tím, že souostroví je vulkanického původu, všechny druhy zde žijící sem musely být nějakým způsobem dopraveny. Skutečně po studiu místních živočichů se ukázalo, že mají své předky v Jižní Americe, zároveň na jednotlivých ostrovech speciovali do různých druhů. Ostrovy též poskytují zajímavou ukázkou vývoje těchto druhů. Ostrovní endemité se často velmi liší od svých předků v oblastech, ze kterých pocházejí (Dawkins, 2011).

Endemité

Endemitický druh je takový, který žije na malém území. Velmi zajímavý je ostrovní endemitismus. Na odlehlých ostrovech dochází k tomu, že druhy, které se sem dostanou různými způsoby, dost často změni způsob života. Z létavých ptáků se často stanou nelétaví. Přizpůsobí se způsobu života, jenž je na pevnině vyhrazen savcům. Příkladem může být již zmíněný kakapo nebo například dronte mauricijský. U kolonizujících druhů se často změni jejich velikost. Z malých drobných forem se stávají velké (ostrovní gigantismus) a z velkých se stanou formy malé (ostrovní nanismus). Ostrovní ekosystémy jsou velmi citlivé k zavlečeným druhům. Místní druhy se často nedokážou vypořádat s novými predátory a vyhynou. To se stalo třeba drontemu (Encyklopedie prehistorických a současných zvířat, 2014).

Rozmístění organismů na Zemi je též argumentem proti kreacionismu. Kreacionisté se většinou tento důkaz nesnaží vyvrátit. Je v souladu s teorií deskové tektoniky a pomocí toho můžeme vysvětlit rozmístění jednotlivých druhů včetně druhů endemitických. Podobnost jednotlivých druhů je většinou větší, čím jsou si geograficky blíže.

Umělý a přírodní výběr

Někteří autoři argumentují proti teorii evoluce tím, že prý jí nelze pozorovat, že nedochází k žádnému vývoji – žádné změně. Že tedy neproběhla (Yahya, 2012). Dawkins přirovnává přírodní výběr k umělému. V případě umělého výběru je výhodou jeho vyšší rychlost, kterou ilustruje na příkladu psů. Každý den potkáváme mnoho živoucích důkazů evoluce. Stačí se

podívat do parku a sledovat lidi, jak venčí své psy. Všechna plemena psů mají společného předka u vlků. Teoreticky se zatím mohou plodně křížit s vlkem – nejde tedy o odlišný druh. Pod rukama šlechtitelů, kteří provádí umělý výběr, vznikla roztodivná plemena, s kterými se můžeme dnes setkat. Čivava, německý ovčák či doga mají stejného společného předka. Za několik století se podařila takto velká změna. Představte si, jakých výsledků by šlechtitelé dosáhli za tisíce let.* Umělým výběrem také byly vyšlechtěny moderní plodiny. To, jak se zvyšuje jejich výnos a případně odolnost, také může naznačovat plasticitu druhu, který se časem může stát druhem novým. Evoluce v přírodě neprobíhá umělým výběrem v čele s šlechtitelem, ale výběrem přírodním, ten postupuje stejně jako šlechtitel, ale nemá cíl, kam by směřoval. Přitom téměř všude v přírodě můžeme pozorovat jeho výsledky (Dawkins, 2011). Podobný je příklad s přizpůsobením rostlin k opylení hmyzem a ptáky. Rostliny se snaží předat svá pylová zrna jiným příslušníkům stejného druhu. Kdyby byly všechny jen větrosprašné, musely by vytvářet mnoho pylu, který by ve valné většině přišel na zmar. Tak se jim vytvořily adaptace k tomu, aby lákaly opylovače na nektar a pomocí jejich přesunů z rostliny na rostlinu docílily toho, že jejich pylová zrna se přesouvají relativně účinně. Platí za to ale poplatek v podobě nektaru. (Dawkins, 2011).

Koevoluce

Pokud by evoluce nebyla, živočichové by se nemuseli přizpůsobovat svým protivníkům, ale to, co pozorujeme v přírodě, je neustálý boj, závod ve zbrojení s ostatními organismy.

Vzájemná koevoluce organismů také jedním z motorů evoluce. Například společná evoluce dvou spolu provázaných živočichů je neustále spojena nutností být lepší jak protivník. Taková liška se snaží lovit zajíce, úspěšná liška, která chytí více zajíců, bude mít více potomků. Tím se stane, že bude více úspěšných lišek a ty uloví více zajíců. Z nich přežijí opět jen ti nejlépe přizpůsobení – nejrychlejší. Tak se dostáváme opět na začátek. Dle teorie červené královny (Ridley, 2007) každý nový evoluční vynález v průběhu času zastarává a výhoda úspěšné lišky se tím ztrácí. Jde o to, že na každý vynález se dříve či později objeví vynález jiný, který potlačí jeho efekt. „*Ve světě Červené královny je každý evoluční pokrok relativní, je-li vaším protihráčem buď živý tvor, jenž je na vás silně závislý, nebo živý tvor, jenž trpí, kdykoli vy prospíváte*“ (Ridley, 2007, s. 25). „*Evoluční změna není cílem, ale způsobem jak se vypořádat s problémy*“ (Ridley, 2007, s. 34).

* Myslím si, že celkově je složité v dnešním světě pozorovat makroevoluci. Je to tím, že dříve pokud druh specioval, tak se nezachovali žijící mezičlánky. Dnes pokud dochází k evoluci, tak většinou stále můžeme pozorovat různé formy druhu. Příklad se psy, který uvedl Dawkins, může ilustrovat, jak evoluce probíhá. V případě umělého výběru je to vyšší rychlostí. V budoucnu se ukáže, zda se podařilo vyšlechtit nový druh psa, který nebude křížitelný s ostatními případně s vlkem.

Evoluce a alternativní teorie

Evoluce je jako jedna z mála vědeckých oblastí neustále kritizována různými skupinami lidí. Je zpochybňována platnost samotné evoluční teorie i jejích mechanismů. Mezi kritiky se řadí i někteří teologové a věřící, nutno ovšem dodat, že mnoho nábožensky založených lidí nemá problém s uznáním evoluce. Současné stanovisko katolické církve formuloval papež Jan Pavel II., který v řeči k papežské akademii uvedl, že evoluce je víc než jen hypotéza (Jan Pavel II., 1996). Přesto mají někteří kazatelé a věřící stále pocit, že evoluce přírodním výběrem je v rozporu s tím, co říká jejich svatá kniha o vzniku světa a původu živých organismů.*¹ Velký problém s přijetím evoluce mají především v USA. Jak zmiňuje Coyne ve článku zabývající se tamní situací „*kreacionismus je příznak náboženství*“ (Coyne, 2012). *² Kreacionisté a příznivci inteligentního designu se snaží zdiskreditovat evoluci. Jak již bylo zmíněno, biologie stojí na evolučním paradigmatu (Dobzhansky, 1964), a je nutné se těmito snahami zabývat. Zejména proto, že zástupci těchto alternativních teorií se snaží, aby se vyučovala jejich teorie spolu s evolucí.

Kreacionismus a inteligentní design

Kreacionismus vychází z představy, že vesmír, Země i vše živé stvořil Bůh. V dnešní době okolo 40 % Američanů věří teorii mladé Země (stáří 10 000 let) a stvoření lidí Bohem. Okolo 35 % Američanů věří v teistickou evoluci (tj. evoluci, avšak řízenou Bohem) a pouhých 15 % si myslí, že je správná evoluce bez zásahu nadpřirozeného činitele (Gallup, 2011). Coyne si všímá korelace mezi počtem věřících a odmítáním evoluce. Píše, že i přes relativně dostupné vzdělání v USA je zde vysoký počet odpůrců evoluce způsobený právě vysokou religiozitou (Coyne, 2012). Dle výzkumu Berkmana je v USA 13 % zastánců kreacionismu mezi učiteli biologie na tamních středních školách. (Berkman a kol., 2011) Korelace mezi religiozitou a odmítáním evoluce je podobná i v Evropě. Na předních příčkách v přijetí evoluce byly severské státy (Island, Dánsko a Švédsko), které patří tradičně k nejateističtějším státům v Evropě. Na posledních příčkách se umístilo Lotyšsko, Litva Kypr a nejnižší Turecko (Blancke a kol., 2013).

Inteligentní design (ID) vychází z kreacionismu, avšak nepoužívá slovo Bůh, nýbrž konstruktér či designér. Jedním z historických argumentů proti evoluci je teorie konstruktéra. Jak napsal ve své knize Přírodní teologie William Paley, pokud naleznete na zemi hodinky, tak po prozkoumání musíte dojít k závěru, že nevznikly náhodou. Poblíž tedy musí být nějaký

*1 Je velký rozdíl mezi tím, jaký mají jednotlivé církve a jednotlivá náboženství přístup k evoluci. V mé práci jsem uvedl stanovisko římskokatolické církve, protože má v ČR největší počet věřících. Tato církev nelpí na doslovném výkladu Bible jako některé evangelické církve, proto katolická církev nemá většinově s evolucí problém.

*2 Coyne 2012 „*Creationism is simply one of many symptoms of religion.*“

konstruktér (designér). Stejně tak argumentoval i ohledně živých tvorů. Jejich různé adaptace nemohly vzniknout náhodou. Při bližším zkoumání jednotlivých živočichů je snadné předpovědět, že nemohli vzniknout „slepou náhodou“ (Paley, 1802). Možností, jak poskládat jednotlivé molekuly, ze kterých se organismus skládá, je nepřeborné množství a jen některé vedou k živému tvorovi. Paley se domníval, že tím vědomým konstruktérem musí být Bůh (Paley, 1802).

Kreacionismus a ID je velmi zakořeněn v USA (Coyne, 2012), avšak dle jiných autorů se stává celosvětovým fenoménem. Evoluce je tradičně odmítána též v islámských zemích (Blancke a kol., 2013).

Bůh mezer

Jeden ze způsobů, jakým argumentují kreacionisté proti evolucionistům, je poukazování na to, co dosud nebylo uspokojivě vysvětleno. Občas i tím, co vysvětleno bylo, ale kreacionisté to nepochopili, či nechtějí chápat. Taková argumentace pak dává vznik „Bohu mezer“. A co zatím nemůžeme vědecky vysvětlit, připisují Bohu. S tím jak se postupně přichází na nové objevy v oblasti biologie, zmenšuje se prostor mezer (Dawkins, 2002).

Kreacionisté často říkají, že důkazy evoluce jsou slabé, tady alternativa – kreacionismus platí. Jenže tímto argumentem vůbec nedokládají správnost své teorie (Antolin a kol., 2001).

Neredukovatelná komplexita – kumulativní selekce nebo náhoda

Někteří kreacionisté si myslí, že evoluce postupuje velkými náhodnými kroky až skoky. Jejich pravděpodobnost je velmi malá, proto se domnívají, že evoluce neplatí, a že velmi nenáhodné organismy musel stvořit nadpřirozený činitel. Složité orgány, například oko, stejně jako celý organismus, nemohou vzniknout „náhodou“. Samotný vznik složitého organismu pouze v několika krocích je něco velmi málo pravděpodobného. Jak napsal Richard Dawkins ve své knize Slepý hodinář, věří, že účelné vlastnosti nemohly vzniknout bez přispění „vyšší inteligence“ (Dawkins, 2002).

Mnoho z nich nepochopilo kumulativní princip evoluce (velmi malé kroky kumulativní selekce) (Dawkins, 2002). Například Běhal ve svém článku zmiňuje: „*Složité systémy, pokud vznikají náhodně, však podléhají počtu pravděpodobnosti, a je-li nepravděpodobnost příliš velká, nemůžeme náhodnost akceptovat a musíme za takovýmto jevem vidět plán, neboli nějakou inteligenci*“ (Běhal, 2008, s. 1). Autor dále poukazuje na rozdílný počet žeber u předků dnešních koní a tvrdí, že změny počtu žeber vyvrací společný původ (Běhal, 2008).

I když se na půdě evoluční biologie řeší, jakým způsobem a jakou rychlostí k selekci dochází (Flegr, 2007), podstatou je, že jde o nenáhodné působení přírodního výběru na organismy. Hlavní je přítomnost přírodního výběru, který upřednostní malou drobnou výhodnou změnu a tím po čase dojde k fixování. Je to podobné programu, který má naprogramovanou určitou větu a vy nevíte jakou. Pokud zmáčknete správnou klávesu, písmeno se nevymaže a vy můžete zkoušet další. Tímto způsobem byste napsali i knihu o mnoha stranách. Náhoda v podání kreacionistů by bylo napsání této věty bez pomoci tohoto programu. Jednotlivé drobné změny jsou mnohem pravděpodobnější, a těmito změnami může vzniknout i něco, ze zpětného pohledu, velice nepravděpodobného.

Pojem neredukovatelná komplexita zavedl Behe, ale v různých podobách byl znám již dříve. Jedná se o tvrzení, že určitý orgán, či znak nemohl vzniknout postupnou evolucí, protože by nebyl schopný jakékoliv funkce. Jedním takovým příkladem navrhované neredukovatelné komplexity je oko. Oko podle argumentů kreacionistů muselo vzniknout najednou, takové, jaké ho máme dnes. Dle jejich názorů je oko například bez čočky k ničemu. Dawkins ve své knize Slepý hodinář vysvětlil, že evoluce probíhá pomalými změnami, z nichž každá malými krůčky „zlepšuje“ původní světločivné buňky až do podoby dnešního oka. Argument, že polovina oka je k ničemu, vyvrací tím, že oko většiny lidí nefunguje na sto procent (barvoslepost, brýle atd.). I absence čočky, například po operaci šedého zákalu nezpůsobí, že dotyčný přestane vidět úplně. Nevidí sice tak ostře, ale stačí mu to na to, aby nespádl třeba do jámy. Dawkins uvádí příklad s loděnkou, která má poměrně vyvinuté oko, které však nemá čočku. Zatím se neví, proč se loděnkám nepodařilo vyvinout čočku, Dawkins tvrdí, že jediné vysvětlení, které ho napadá, je nedostatek mutací, ale oko bez čočky funguje.

Jiné struktury jsou složitější, na vyvrácení neredukovatelné složitosti. Behe ve své knize Darwinova černá skříňka popisuje jako nezjednodušitelný bakteriální bičík. Tvrdí, že po odstranění jedné části je nefunkční (Behe, 2001). V evoluci ovšem často vzniká orgán z jiného, který sloužil k jinému účelu. Nevytváří se tedy de novo (Coyne, 2009). Jedním z takových orgánů jsou plíce savců, které nejsou odvozeny od žáber.

„Organizovaná složitost je to, co se horko těžko snažíme vysvětlit. Jakmile si ji jednou dovolíme postulovat, třeba jen v podobě složitého stroje na replikaci DNA a výrobu bílkovin, pak je relativně snadné považovat ji za tvůrce ještě organizovanější složitosti. [...]. Jenže každý Bůh, který by dokázal rozumně navrhnout a zkonstruovat něco tak složitého jako replikační aparát, by musel být pochopitelně přinejmenším tak složitý a uspořádaný jako to, co stvořil. Přesněji řečeno, musel by být mnohem složitější a uspořádanější, pokud se domníváme, že by byl schopen plnit ještě přídavné funkce, třeba naslouchání modlitbám

a promíjení hříchů. Vysvětlit původ replikačního aparátu zavedením nadpřirozeného konstruktéra znamená nevysvětlit vůbec nic, neboť tím ponecháváme nevysvětlený původ konstruktéra samotného. Musíte pak říct něco jako, že „Bůh tu byl vždy“, a pokud si dovolíte takovou lacinou výmluvu, mohli byste stejně tak dobře říct „DNA tu byla vždy“ nebo „Život tu byl vždy“ a tak s problémem skoncovat“ (Dawkins, 2002, s. 107).

Důsledky evoluce jsou špatné pro společnost

Někteří kreacionisté také říkají, že všeobecné přijetí teorie evoluce by mohlo mít za následek úpadek morálky. Považují Boha za nekonečný zdroj morálky a bez něj (a náboženství) by byl svět plný zločinů podvodů a korupce (Lewy 1996). Trnka tvrdí, že pokud by zde nebyly morální hodnoty postavené na křesťanských hodnotách, tak by zde byl hodnotový chaos. (Trnka, 2013). Takto smýšlející lidé mají jako zdroj ultimativní morálky své svaté písmo. Přesto je evolučně morálka vysvětlitelná a není potřeba ji spojovat s Bohem.

Dle Dawkinse nemá morálka náboženský základ. Altruismus mezi příbuznými jedinci je vysvětlitelný tím, že příbuzní mají více stejných genů, je tedy vhodné jim pomáhat, protože pomáháte přežít kopiím svých vlastních genů. Ve vztahu k nepříbuzným organizmům se uplatňuje tzv. reciproční altruismus. Tedy pomoc za příslib pomoci budoucí. Je to výhodné pro oba jedince a případný sobec, který by odmítl vrátit pomoc, bude penalizován neposkytnutím další pomoci. Výhodu získají též jedinci, kteří mají z pověsti, kterou si získali svou štedrostí a laskavostí. S tím je spojena výhoda okázalé štedrosti, která může fungovat jako dobrá reklama (Dawkins, 2009). Autor dále popisuje, že se dříve vyplatilo jedincům, kteří žili v malých vesnicích spolupracovat, ať již kvůli příbuznosti s ostatními, či proto, že spolupracující měli větší šanci na rozmnožení. Dnes, když mnoho lidí žije ve městech, tyto instinkty nemají takový význam, avšak přetrvaly. Proto pomůžeme cizímu malému dítěti v těžké situaci, i když nám tuto pomoc nebude schopen vrátit. Stejně jako jiná pomoc například charita může být jen „špatné interpretování“ (špatné ve smyslu, že chvályhodně pomáháme někomu, kdo nám není příbuzný) našich instinktů (Dawkins, 2009).

To, proč je evoluce některými odmítána je tím, že člověk není považován za vyvolený druh nad vším živým, ale je „pouze“ jednou evoluční větví, v principu se ničím nelišící od ostatního živého světa. Osobně jsem se setkal s tvrzením, že: „Evoluce nemůže být platná, protože já jsem daleko složitější bytost než opice, mám duši, lásku, poezii...“ (anonymní autor). Tyto (důsledky A jsou špatné, proto je A neplatné) a podobné argumenty například smysl života, jsou předkládány odpůrci evoluce s tím, že pokud by platilo, že jsme jen určitá vývojová větev, a neměli bychom nějaký cíl a smysl, pak by nemělo cenu žít.

Dle Fostera to, že by evoluce, či jakákoliv jiná teorie, vedla k nemorálním závěrům, ještě neznamená to, že se nemá vyučovat. Stejně jako to nevyvrací samotnou teorii (Foster, 2012)

Proč je důležité učit evoluci

Výuka evoluce je velmi důležitá. Díky evolučnímu pohledu na biologii nám poznatky z jednotlivých oblastí biologie zapadají do sebe a tvoří nám skládku vědomostí. Mnoho ze zkoumaného je pro nás pochopitelné jen když do našich úvah zahrneme evoluci (jak pravil Dobzhansky). Pokud by se tento evoluční kontext odstranil z výuky, tak by zůstaly pouze rozkouskované informace, které by jako celek nedávaly smysl.

Zastánci ID se snaží o jeho protlačení do výuky v přírodních vědách (Antolin a kol., 2001). Zejména v USA, kde má ID tradičně velký vliv. I v Evropě se snaží o protlačení ID do výuky. Ve Velké Británii například bylo do každé místní školy v roce 2006 zasláno DVD obhajující ID. V reakci na to ministerstvo školství nepodpořilo použití tohoto materiálu v hodinách přírodních věd. Ve stejném roce vyučovali ID spolu s evolucí na dvou školách v Hesensku v Německu. (Blancke a kol., 2013). V ČR je na úrovni RVP G zmínka pouze o evoluci. ID a kreacionismus není zmiňován (RVP G, 2007). V ČR není snaha zavádět ID do škol na státní úrovni. Přesto se u nás můžeme setkat s většími či menšími snahami popularizovat kreacionismus. Po celé republice například několikrát do měsíce probíhají přednášky kreacionisty Pavla Kábrta. Je rovněž možno si s ním dohodnout vlastní přednášku. (Kábrt, 2014)

Jak jsem zmínil, nejvíce zastánců ID s velkým politickým vlivem je v USA. Odpor proti ID vyvolal mnoho soudních sporů. V roce 1984 bylo zakázáno vyučovat biblický kreacionismus nazývaný „věda o stvoření“ (creation science) na státních školách v USA. Jedním z motivů pro zavedení ID je obcházení ústavy, která nařizuje v USA nevyučovat náboženství na státních školách (Scott, 2006).

V roce 2005 bylo u soudu v Doveru v USA napadeno vyučování ID. Soud rozhodl, že výuka ID odporuje prvnímu dodatku ústavy USA, protože ID není vědecký a nelze ho vnímat bez propojení s kreacionismem a náboženstvím (Jones, 2005).

Velký problém spatřuji ve snaze zařazovat alternativní teorie v hodinách biologie a přírodopisu. Myslím si, že studenti, by se měli spíše důkladněji seznámit s fungováním evoluce. Rozbor ID by bylo vhodné ponechat na rozšiřující semináře biologie, kde již studenti mají povědomí o evoluci a ID. Tam by bylo velmi přínosné formou debaty rozebrat pohled na

tuto tematiku. Dle mého názoru je vztah ID a evoluce podobný jako vztah chemie k alchymii či astronomie k astrologii.

Důležité při výuce je, aby učitelé kladli důraz na vysvětlení mechanismů a důkazů evoluce. Jinak by hrozilo, že studenti by evoluci přijali stejně dogmaticky, jako něco co je pravda, protože jim to řekl učitel. Důležité je evoluci porozumět, jedině tak budou studenti schopni vyvracet argumenty kreacionistů (Foster, 2012).

Závěr

Ve své práci jsem shrnul důkazy podporující evoluci. Evoluce je velmi důležité téma pro moderní biologii. A myslím si, že důkazy, které jsem uvedl, mohou sloužit k tomu, aby evoluce nebyla brána jako teorie, ale spíše jako fenomén, který je zřejmý a nikdo nemá problém s jeho uznáním. Je poměrně smutné, že se musíme vypořádávat s lidmi, kteří se z nejrozličnějších, nejčastěji náboženských důvodů snaží zdiskreditovat teorii evoluce různými argumenty. Někteří by namítli, že není třeba se těmito kritiky zabývat, třeba proto, že jejich argumenty jsou nevědecké. Můj názor je ten, že je nutné tuto kritiku odvracet, protože mnoho lidí (jak plyne z výzkumů, které jsem uvedl)* stále není o evoluci přesvědčeno. Stejně tak by nebylo vhodné, aby se do hodin biologie dostaly teorie založené na supernaturalistickém základu. Podobně jako se dnes nevyučuje alchymie místo chemie či astrologie spolu s astronomií, tak by se neměla vyučovat teorie inteligentního designu spolu s evolucí. Vzdělávání v oblasti evoluční biologie by se měl přikládat větší význam. Například v německy mluvících zemích se evoluční biologii věnuje nesrovnatelně více prostoru než u nás. V Rakousku podle učebního plánu ministerstva školství se vyučuje základy chemické a biologické evoluce, nahlédnutí do evolučních teorií a přehled historie vývoje organismů (Bundesministerium für Bildung und Frauen, 2014).

Na toto téma by se dalo navázat v mojí případné diplomové práci. Rád bych se zabýval výzkumem na téma povědomí o evoluci a se zohledněním náboženské víry dotazovaných. Dále by se toto téma dalo rozvinout tím, že bych navrhl určité formy výuky pro různé typy škol a věkové kategorie posluchačů a porovnal tyto metody. Myslím si, že toto téma je stále živé a je třeba se jím zabývat. Zároveň souhlasím s Richardem Dawkinsem a myslím si též, že „evoluce je největší show pod Sluncem.“

* BLANCHE a kol. (2013) a GALLUP (2011)

Seznam použité literatury

- ADAMS, D. a kol. (1998):** *Ještě je můžeme vidět*. 1. vydání. Mladá fronta, Praha, 204 s.
- ANTOLIN, M., F. a kol. (2001):** *Perspective: Evolution's struggle for existence in America's public schools*. International Journal of Organic Evolution. Svazek 55, Číslo 12.
- BĚHAL, V. (2008):** *Inteligentní plán nebo darwinismus*. Dostupné online, URL: <http://www.distance.cz/rocnik-2008/67-rocnik-2008/3-cislo/1123-inteligentni-plan-nebo-darwinismus> [17. 4. 2014].
- BEHE, M., J. (2001):** *Darwinova černá skříňka*. 1. vydání. Návrat domů, Praha, 323 s.
- BERKMAN M., B. a kol. (2011):** *Defeating Creationism in the Courtroom, But Not in the Classroom*. Science. Svazek 311, Číslo 28 January 2011.
- BLANCHE, S. a kol. (2013):** *Creationism in Europe: Facts, Gaps, and Prospects*. Journal of the American Academy of Religion. Svazek 81, Číslo 4.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FRAUEN (2014):** *Biologie und Umweltkunde*. Dostupné online, URL: http://www.bmukk.gv.at/medienpool/11860/lp_neu_ahs_08.pdf [11. 5. 2014]
- CENSKY, E., J. a kol. (1998):** *Over-water dispersal of lizards due to hurricanes*. Nature. Svazek 395, Číslo 8. 10. 1998.
- COYNE, J., A. (2009):** *Why evolution is true*. 1 vydání. Oxford University Press, Oxford, Spojené království, 309 s.
- COYNE, J., A. (2012):** *Science, religion and society: The problem of evolution in America*. International Journal of Organic Evolution. Svazek 66, Číslo 8.
- DAWKINS, R. (2002):** *Slepý hodinář*. 1. vydání. Paseka, Praha, 360 s.
- DAWKINS, R. (2008):** *Příběh předka*. 1. vydání. Academia, Praha, 836 s.
- DAWKINS, R. (2009):** *Boží blud*. 1. vydání. Academia, Praha, 477 s.
- DAWKINS, R. (2011):** *Největší show pod sluncem*. 1. vydání. Argo/Dokořán, Praha, 407 s.
- DEMEK, J. (1988):** *Obecná geomorfologie*. 1. vydání. ČSAV, Praha, 476 s.
- DOBZHANSKY, T. (1964):** *Biology, Molecular and Organismic*. American Zoologist. Svazek. 4, Číslo 4.
- ENCYCLOPEDIA BRITANNICA (2013):** *Evolution (scientific theory)*. Dostupné online, URL: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/197367/evolution> [30. 12. 2013]
- ENCYKLOPEDIJE PREHISTORICKÝCH A SOUČASNÝCH ZVÍŘAT (2014):** *10 nejpodivuhodnějších ostrovů s endemity*. Dostupné online, URL: <http://forusrakos.blog.cz/1109/10-nejpodivuhodnejsich-ostrovu-s-endemity> [15. 4. 2014]

- ENDLER, J. A. (1980):** *Natural selection on color patterns in Poecilia reticulata*. Evolution, Svazek 34, Číslo 1.
- FLEGR, J. (2007):** *Zamrzlá evoluce*. 1. vydání. Academia, Praha, 326 s.
- FOSTER, C. (2012):** *Creationism as a Misconception: Socio-cognitive conflict in the teaching of evolution*. International Journal of Science Education. Svazek 34, Číslo 14.
- GALLUP (2011):** *Evolution, Creationism, Intelligent Design*. Dostupné online, URL: <http://www.gallup.com/poll/21814/evolution-creationism-intelligent-design.aspx> [28. 2. 2014]
- GOULD, S. J. (1988):** *Pandin palec*. 1 vydání. Mladá fronta, Praha, 352 s.
- HIBBETT, D. S. a kol. (2007):** *A higher-level phylogenetic classification of the Fungi*. Mycological Research. Svazek 111, Číslo 5.
- JACOB, F. (1977):** *Evolution and Tinkering*. Science. Svazek 196, Číslo 4295.
- JAN PAVEL II. (1996):** *Magisterium is concerned with question of evolution, for it involves conception of man*. Dostupné online, URL: <http://www.elabs.com/van/evol-pope-jp2.htm> [24. 4. 2014]
- JONES, J. E. (2005):** *Memorandum opinion*. Court for the middle district of Pennsylvania, Dostupné online, URL: http://ncse.com/files/pub/legal/kitzmiller/highlights/2005-12-20_Kitzmiller_decision.pdf [17. 4. 2014]
- KÁBRT, P. (2014):** *Přednášky*. Dostupné online, URL: <http://kreacionismus.cz/prednasky> [6. 5. 2014]
- LENSKI, R. E. a kol. (1994):** *Dynamics of adaptation and diversification: A 10,000-generation experiment with bacterial populations*. Proceedings of the National Academy of Sciences. Svazek 91, Číslo July 1994.
- LEWY, G. (1996):** *Why America needs religion*. 1. vydání. Eerdmans Publishing Co, Grand Rapids, Michigan. 165 s.
- MAYR, E. (2001):** *Co je evoluce, aktuální pohled na evoluční biologii*. 1. vydání. Academia, Praha, 354 s.
- PALEY, W. (1802):** *Natural theology*. Dostupné online, URL: <https://archive.org/details/naturaltheology00pale> [17. 4. 2014]
- RIDLEY, M. (1993):** *Evolution*. 1. vydání. Blackwell Scientific, Boston, 535 s.
- RIDLEY, M. (2007):** *Červená královna*. 1. vydání. Portál, Praha, 320 s.
- RVP G (2007):** *Rámcový vzdělávací plán pro gymnázia*. Výzkumný ústav pedagogický, Dostupné online, URL: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CD0QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.msmt.cz%2Ffile%2F10427_1_1%2F&ei=lwZcU7HoOIjTAAam_

oC4Cg&usg=AFQjCNFWHixxjr5QSKko8dvFcYG6DuPEew&sig2=n3N4CP315fzJgsx8nzknXg&bvm=bv.65397613,d.Yms&cad=rja [25. 4. 2014]

SCOTT, E. C. (2006): *Creationism and Evolution: It's the American Way*. Cell. Svazek 124, Číslo 3.

TRNKA, K. (2013): *Evoluce a její absurdní závěry*. Dostupné online, URL: <http://protiproud.parlamentnilisty.cz/stopy/mysleni/horizontala/693-evoluce-a-jeji-absurdni-zavery-je-to-skutecne-veda-ci-se-jedna-o-viru-nepodnecuje-k-rasismu-a-kdo-je-garantem-dobra-a-zla.htm>

VESELOVSKÝ, Z. (2002): *Podivuhodní savci Austrálie*. Vesmír. Svazek 81, Číslo 76.

XING, X. a kol. (2011): *An Archaeopteryx-like theropod from China and the origin of Avialae*. Nature, Svazek 475, Číslo 28 July 2011.

YAHYA, H. (2012): *Atlas of creation*. 4. vydání. Global Publishing, Istanbul, Turecko, 872 s.

ZRZAVÝ, J a kol. (2004): *Jak se dělá evoluce*. 1. vydání. Paseka, Praha, 289 s.