

Jan Zrzavý, Hynek Burda, David Storch,  
Sabine Begallová, Stanislav Mihulka

# JAK SE DĚLÁ EVOLUCE

Labyrintem evoluční biologie



argo / dokořán

Jan Zrzavý, Hynek Burda, David Storch,  
Sabine Begallová, Stanislav Mihulka

# **Jak se dělá evoluce**

## **Labyrintem evoluční biologie**

Copyright © Jan Zrzavý, Hynek Burda, David Storch,  
Sabine Begallová, Stanislav Mihulka, 2004, 2009, 2013, 2017  
Illustration © Jan Burda, 2009, 2013, 2017

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace  
nesmí být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem  
bez předchozího písemného svolení nakladatele.

Vydání páté, v českém jazyce třetí (první elektronické).

Ilustrace Jan Burda.

Odpovědný redaktor Zdeněk Kárník.

Redakce Marie Černá.

Obálka a sazba Michal Puhač podle návrhu Pavla Růta.

Konverze do elektronické verze Michal Puhač.

V roce 2017 vydalo nakladatelství Dokořán, s. r. o.,

Holečkova 9, 150 00 Praha 5,

dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz,

jako svou 899. publikaci (266. elektronická).

**ISBN 978-80-7363-849-8**

Jan Zrzavý, Hynek Burda, David Storch,  
Sabine Begallová, Stanislav Mihulka

# **JAK SE DĚLÁ EVOLUCE**

**Labyrintem evoluční biologie**

**ARGO / DOKOŘÁN**



# OBSAH

*Předmluva* 9

## **ČÁST PRVNÍ EVOLUCE 13**

Historie, evoluce a příběhy 15  
Přirozený výběr 19  
Evoluce a věda 24  
„Důkazy evoluce“ 27  
Adaptivní krajina 33  
Genetika, neodarwinismus, genocentrismus 37  
Evoluční hry aneb o nezamýšlené účelnosti 44  
Kolik je evolučních biologií aneb „Evoluce není nic než...“ 48

## **ČÁST DRUHÁ STRATEGIE 53**

Neodarwinistické repetitorium 55  
Proč má jelen parohy a páv dlouhý ocas 60  
Hendikep 67  
Všechno je móda 71  
Kořeny sexuálních preferencí 73  
Strategie a stabilita 77  
Červená královna 85  
Altruismus 91  
Skupinový výběr 94  
Rodinná protekce 98  
Pomocníci a původ eusociality 102  
Příbuznost a lidé 107  
Zelené vousy 111  
O původu kooperace 113  
Kooperace a paměť 117  
Prestiž a drby 119  
Hry kooperativní a kompetitivní 121

## **ČÁST TŘETÍ FENOTYP 127**

Geny, „geny“ a negeny 129  
Veslice, epistáze a rovnovážná selekce 135  
Haldaneovo dilema 140  
Pod nadvládou náhody 144

Neutrální evoluce	147
Rozšířený fenotyp	151
Od parazitů k sebesazujícím genům	157
Horizontální přenos genů	164
Sobecké pohlaví	168
Sexuální konflikty	174
Chiméry	177

## ČÁST ČTVRTÁ GENEALOGIE 183

Jak vznikl člověk aneb O potřebě fylogeneze	185
Fylogeneze	187
Druhy, klady, taxony	192
Homologie	196
Fenetika: první revoluce v systematice	201
Kladistika: druhá revoluce v systematice	206
Jak se dělá kladogram aneb Konflikt znaků	210
Od molekul po genomy	217
Fylogenetika a rychlost evoluce	224
Fylogeneze a paleontologie	229
Rekonstrukce běhu anageneze	233

## ČÁST PÁTÁ INOVACE 237

Kambrijská exploze	239
Jak vznikali obratlovci a jejich „tělní plán“	244
Kořenohlavci, Henrietta Lacksová a infekční pes	249
O vzniku velryb	253
Geny a evoluce	256
Genové rodiny a vznik nových genů	262
Jak se dělá moucha	265
Křídla, nohy, rohy a paví oka	270
Jak se dělá diverzita: květy a zobáky	274
Evoluce očí	277
MacGyverův princip aneb O původu očních čoček a mléka	280
Evoluce vývoje	284
Je raná ontogeneze konzervativní?	294
Neredukovatelná komplexita	300

## ČÁST ŠESTÁ ADAPTACE 307

Nohy, plíce a mozky	309
---------------------	-----

Proč má žirafa dlouhý krk	312
Adaptace a stabilita	315
Doktor Panglos, nebo strukturalismus?	319
Jak studovat adaptace	323
Adaptace a fylogeneze	327
Exaptace	332
Návrat lamarckismu?	335
Jak naučit rybu žít na suchu	341
Neadaptace	348
Adaptace, pleiotropie a genokulturní koevoluce	351
Historické mantinely	354
Dollovo pravidlo	357
„Spandrelly“	360
Adaptace, nebo „spandrel“?	366

## ČÁST SEDMÁ DIVERZITA 369

Galapágy, Havaj a africká jezera: kolébky biologické rozmanitosti	371
„Biologické druhy“ aneb Druh jako reprodukční jednotka	375
„Fylogenetické druhy“ aneb Druh jako evoluční linie	381
Kolik je na Zemi druhů?	387
Čím jsou druhy odděleny aneb Druh jako komunikující společenství	392
Jak dokončit speciaci	399
Speciace: geografická izolace nebo pohlavní výběr?	404
Vznik druhů a adaptace	409
Proč se druhy rozrůžňují	414
Vymírání	419
Příležitost dělá diverzitu	422
Anageneze, kladogeneze a čas	428
Druhový výběr	437
Klíčové evoluční novinky	441
Historie diverzity: vzestupy a pády	444

## EPILOG POKROK, EVOLUCE A (LIDSKÉ) DĚJINY 453

Seznam ilustrací	457
Seznam boxů	463
Literatura	465
Rejstřík	473





# PŘEDMLUVA

Chceme-li zpětně zrekonstruovat komplikovanou evoluci této knihy o evoluci, máme - kromě mlhavých vzpomínek na to, co se dělo na přelomu tisíciletí - k dispozici to, co evoluční biologové k dispozici obvykle mívají, totiž to, co přežilo z minula v různě fosilizovaném stavu, v tomto případě českou knihu *Jak se dělá evoluce* (Praha, Paseka, 2004) autorů Zrzavého, Storcha a Mihulky a dvě vydání německé knihy *Evolution: Ein Lese-Lehrbuch*, z nichž první z roku 2009 (Heidelberg, Spektrum) má stejné tři autory, ale k tomu záhadný nápis „Deutsche Ausgabe herausgegeben von Hynek Burda und Sabine Begall“, zatímco druhé vydání z roku 2013 (Berlin-Heidelberg, Springer Spektrum) už má pětičlenný autorský kolektiv (Zrzavý, Burda, Storch, Begallová, Mihulka). Německá vydání vznikla tak, že Hynek Burda na Essenské univerzitě použil některé kapitoly české *Evoluce* jako podklad pro svou přednášku z evoluční biologie. Legenda praví, že němečtí studenti si vyžádali přeložit i zbytek; zkušenosti s českými studenty se tato část příběhu poněkud vzpírá, ale prý se to tak stalo. Německé nakladatelství ovšem přišlo s požadavkem, aby vznikla skutečná učebnice evoluční biologie; to zrodilo nezvyklý útvar, jakousi učebnici naruby - obvykle je normální text učebnicovitý a v boxech jsou ukryty různé příběhy a podivnosti, zatímco tady se učebnicovité části odsunuly do boxů; to celé doprovázeno ilustracemi Jana Burdy, který si k ilustrování knih svého otce odsakuje od produkce zvláštních efektů pro *Hru o trůny* a podobně. Když se pak začalo uvažovat o druhém českém vydání, stal se jeho základem rozšířený, německý text. Přeložen do češtiny byl zákonitě shledán poněkud příliš učebnicovitým, navíc musel být samozřejmě aktualizován, doplněn, zbaven německých reálií - a tak začala klopotně vznikat v pořadí už třetí ta samá kniha.

Tak jako před 10-15 lety, i nyní jsme se rozhodli zachovat původní koncepci, tedy napsat knihu o evoluci jinak, než se obvykle píšou. Soustředili jsme se na to, co vlastně máme na mysli, když říkáme, že o evoluci „něco víme“, jakými metodami či jakými myšlenkovými postupy jsme k takovým závěrům dospěli. Nejde tedy jen o knihu o evoluci, ale především o evoluční biologii. Titul *Jak se dělá evoluce* je tak dvojsmyslný: zajímá nás nejen to, jak se evoluce sama od sebe „dělá“, ale také (ne-li více) to, jak ji děláme *my*. Chtěli jsme ukázat evoluční biologii jako obor, kde jsme sice odsouzeni k životu mezi hypotézami spíše než mezi „fakty“ - stejně jako v jiných vědách, ale na rozdíl od většiny jiných věd si toho jsme a musíme být stále vědomi, neboť evoluci nelze přímo uvidět, ale pouze (re)konstruovat z toho, co uvidět lze. Proto se nijak neostýcháme přiznat, že

něčemu evoluční biologie nerozumí, ba dokonce že něčemu rozumí čím dál hůř.

To, co platilo už před deseti lety, platí teď měrou vrchovatou – za každým slovem v textu se skrývá celá knihovna vědeckých prací, která by více či méně stála za komentování (a tak není vyloučeno, že je všechno složitější, než si my autoři myslíme). Slovo „evoluce“ (a jeho odvozeniny) se například v průběhu roku 2014 objevilo v názvech a abstraktech vědeckých článků 75 000krát, ale to může být kdovíco; v explicitním spojení s něčím „biologickým“ máme přes 5 000 nálezu, slovo „fylogeneze“ (a odvozeniny) dají přes 15 000 zmínek, časopisy, které mají slovo „evoluce“ či „fylogeneze“ přímo v názvu, měly 969 článků. Můžeme tedy zodpovědně odhadnout současný počet evolučněbiologických vědeckých článků na zhruba 15 tisíc ročně; před deseti lety byly všechny tyto počty zhruba poloviční. Ale pozor: článků, které se explicitně zabývají evoluční teorií, darwinismem, lamarckismem či sobeckým genem, bylo jen 400 a „Darwin C. R.“ je jako autor přímo citován asi tisíckrát za rok, což na celebrity tohoto formátu rozhodně není mnoho – takže jen nějakých 5 % evolučněbiologických prací má něco explicitně společného s Darwinem a vůbec s evoluční teorií. Tohle je mimořádně důležité si uvědomit: evoluční biologové si skoro vůbec nepovídají o tom, že Evoluce jest a jaký byl Darwin pašák. Evoluční biologie není fanklub starého pána, ale ani rezervace pro myslitele se sklony k úvahám o podstatě Bytí. Evoluční biologie – a i to je především výsledek uplynulého desetiletí – je zcela praktický výzkumný program, kterým se zabývají tisíce rutinních výzkumných pracovníků, dnes obvykle molekulárních biologů, fylogenetiků či behaviorálních ekologů, lidí z laboratoří či od počítačů, kteří evoluci užívají jako rámec pro porozumění tomu, co pozorovali. Evoluční biolog se dnes nijak zásadně neliší od jiných biologů; i Darwina má spíše na tričku než v příruční knihovničce.

Při psaní druhého českého vydání jsme si přece jenom zpětně uvědomili určitou změnu stylu: nějak více než dřív obhajujeme hlavní proud proti výstřelkům, kterých je v evoluční biologii vždycky dost – evoluční biologie je podobným nehájeným revírem jako třeba kosmologie. Zatímco jen vzácně někdo napíše knihu o tom, že v současné mikrobiologii je všechno úplně špatně a věc si žádá zásadní změnu paradigmatu (to, že nerozumějí mikrobiologii, o sobě lidé obvykle vědí), v evoluční biologii se to děje ustavičně. Nikdo si o sobě bohužel nemyslí, že nerozumí evoluci, a za odborníky na evoluci se tudíž považují i ti právníci, inženýři a chemikové, kteří ji popírají. Ve vědě platí za jistou pohanu náležet k hlavnímu proudu, neboť skutečného génia vždy nalezneme spíše na okrajích intenzivně oraného vědeckého pole, tedy tam, kde se bohužel setkáváme také se šilenci. Kdo je génius a kdo pošuk, se obvykle nesnadno určuje, ale nevyrovnaný poměr pošuků a génů, jaký známe například z parlamentu, lze očekávat i mezi autory vědeckých spisů. Velké objevy byly v minulosti obvykle přijímány s obtížemi, ale z toho neplyne, že podle obdobných obtíží se pozná

velký objev. Z minulosti známe jen ty, kdo tenkrát vyhráli; byli tehdy jistě obklopeni desítkami šilenců, kteří si dělali stejné ambice, a dnes už po nich oprávněně ani pes neštěkne. Tomu se - mimochodem - říká přirozený výběr a pojednává o tom tato kniha.

Budeme tedy uvádět i nové a divoké teorie, ale vynasnažíme se vždy uhájit tolik staré moudrosti, kolik ještě lze; nesnažíme se násilně smiřovat konfliktní pohledy (naopak: snažili jsme se uvést všechny konflikty v dnešní evoluční biologii, o nichž se domníváme, že stojí za řeč) - ale také přiznáváme, že občas mezi údajně konfliktními pohledy žádný skutečný konflikt nevidíme. Nové teorie by měly splňovat podmínku nepostradatelnosti: měly by vysvětlovat něco, co opravdu pozorujeme a opravdu to nelze vysvětlit jinak, postaru. Buďme ostražití vůči teoriím, které vysvětlují jevy, o nichž není ani obecná shoda, že existují, i vůči teoriím, které nabízejí nové, složité a sexy vysvětlení jevů, které dokážeme uspokojivě (ale ovšem i poněkud nudně) vysvětlit už dávno. Z toho také plyne, že naši ctižádostí bylo neříkat nic opravdu nového a originálního, a pokud by se to výjimečně (spíše žertem) přihodilo, explicitně na takovou nehodu upozornit. Toto je kniha o hlavním proudu evoluční biologie a o těch, kdo na hlavní proud útočí.

Naše poděkování patří kolegům, s nimiž jsme uplynulých deset let prožili; sice jsme s nimi příliš nediskutovali o plánovaných a sepsovaných knihách, nýbrž o životě, o zvířatech a o evoluci (právě z takového nezávazného povídání může vzniknout vzájemná inspirace) - a zvláště Lukáši Kratochvílovi z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze, který se nejprve uvolil přečíst a okomentovat pracovní verzi rukopisu a pak ji opravdu přečetl a okomentoval.



ČÁST PRVNÍ

# EVOLUCE



## HISTORIE, EVOLUCE A PŘÍBĚHY

Svět se mění. To je přirozená zkušenost lidí všech dob, a představa, že svět má svou evoluci, je jejím relativně novým vyjádřením. Jenže představa evoluce říká ještě něco navíc – že proběhlá historie dokáže vysvětlit dnešní podobu světa. To, jak organismy (včetně člověka) vypadají, jak se chovají a jaké jsou mezi nimi ekologické vztahy, vyvěrá z jejich historie, a pochopíme-li ji, porozumíme i dnešnímu světu. Představa evoluce jistě není omezená jen na biologii, ale právě pro ni je podstatná. Kdybychom chtěli něco označit za základní myšlenkový rámec současné biologie, jenž určuje, jak se ptáme a jaký druh odpovědi hledáme, byl by to právě způsob vysvětlování současných jevů pomocí jejich minulosti.

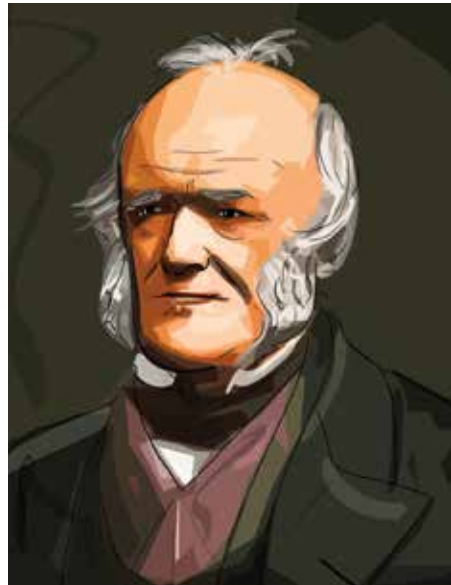
Má-li být ovšem evoluce vhodným vysvětlovacím principem, nesmí jí být „příliš mnoho“. Evoluční změny, které proběhly dejme tomu před deseti miliony let, nám o minulosti takto staré něco řeknou pouze tehdy, nebyly-li během následujících deseti milionů let každoročně přemazávány dalšími a dalšími evolučními novinkami srovnatelného řádu. Tento požadavek je našťastí obvykle splněn. Na dnešní podobě přírody se podílí různě dávná historie – a často opravdu hodně dávná historie. Jednou z nejpozoruhodnějších vlastností života je jeho překvapivá starobylost; dosti ku podivu, protože jsme navyklí vidět a obdivovat především jeho nestálost a proměnlivost. Lecjaké vlastnosti živé přírody jsou velmi stabilní, a to zejména v porovnání s geologickými strukturami, jako jsou pohoří, moře či poloha a tvar kontinentů, které nám naopak připadají extrémně neměnné. V době, kdy po dnešních pohořích nebylo ani stopy a jednotlivé kontinenty byly úplně jinde než dnes (takže bychom je na glóbu nepoznali), běhala už po Zemi zvířata často velmi podobná dnešním, s rozvinutými vzorci chování, jež přetrvaly prakticky v nezměněné podobě dodnes. Buňku lidského typu (takzvanou buňku eukaryotní), všechny její základní životní funkce i geny, které je zajišťují, sdílíme s mnoha jinými organismy, třeba s houbami nebo rostlinami, a jde tedy o památky na doby, kdy vznikli předkové všech eukaryotních organismů; tento typ buňky vydržel bez podstatných změn dvě miliardy let. A nejzákladnější principy buněčné organizace i nejzákladnější biochemické a genetické vybavení buňky jsme zdědili ze samých kořenů života na Zemi, z minulosti staré více než 3,5 miliardy let. Za celou tuto dobu kontinuální linie buněk nikdy nepřestala existovat a nikdy také žádné nové buňky nevznikly jinak než dělením buněk mateřských. Na životě je tak vlastně nápadná především jeho schopnost uchovat si svou identitu nesrovnatelně déle, než to dokážou jakékoli struktury neživé; na této planetě nenajdete moc věcí starších 3,5 miliardy let. Není na tom nic mystického. Neživá struktura, třeba kámen, je jen pasivní hříčkou fyzikálních sil, které ji dříve nebo později zničí, kdežto živý organismus dokáže svému

okolí různě vzdorovat a unikat, předělává se, opravuje a množí a předává své vlastnosti dalším generacím. Tím vším nám mimoděk nabízí nesrovnatelně víc informací o své historii než kámen srovnatelné hmotnosti.

Není náhodou - ale je to hodné pozornosti - že myšlenka evoluce vznikla ve své rozvinuté podobě až nedávno, v 19. století, kdy si lidé začali naplno uvědomovat význam historické kontinuity pro porozumění současnosti, v níž žijí. Posun ve vnímání historie lze v tomto dějinném období zaznamenat právě v přírodních vědách. Ještě George Cuvier, zakladatel paleontologie (obr. 1.1), vnímal na přelomu 18. a 19. století historii Země jako sled nezávislých etap oddělených katastrofami (což je vcelku oprávněný pohled, neboť existence fosilních zbytků vymřelých organismů není důkazem evoluční kontinuity, zvláště když vymřelé organismy nejsou o nic méně „dokonalé“ než ty dnešní). O něco později už Charles Lyell, otec moderní geologie (obr. 1.2), věřil, že podobu zemského povrchu lze vysvětlit jako důsledek nesmírně starých a nesmírně pomalých procesů, třeba sedimentace nebo vrásnění; a co je ještě důležitější: abychom mohli takové pochody rekonstruovat na základě analýzy jejich dnešních výsledků, musíme předpokládat, že tyto minulé procesy nebyly zásadně odlišné od procesů, které probíhají v přítomnosti (říká se tomu libozvučně „uniformitarianismus“). V jistém smyslu můžeme právě Lyella považovat za prvního zvěstovatele současného evolučního myšlení, byť ještě ne v biologii.



**Obr. 1.1:** George Léopold Chrétien Frédéric Dagobert Cuvier (1769-1832).



**Obr. 1.2:** Charles Lyell (1797-1875).



Ovšem o historii přímo nic nevíme, neboť historie není, v nejlepším případě *byla*, když my jsme ještě nebyli; dokážeme ji pouze rekonstruovat z nalezených stop. Pohybujeme se tak trochu v kruhu: současným jevům se snažíme porozumět prostřednictvím jejich historie, ale tu rekonstruuujeme právě na základě jevů pozorovaných v současnosti (i fosilie jsou toliko *současné* zbytky čehosi – patrně – minulého). S ochotou aplikovat zákonitosti dnešního dění na vysvětlování minulosti to nesmíme přehnat: podstatou evoluce je přece právě změna, a tedy možná i změna zásadních procesů. V dobách, kdy v zemské atmosféře nebyl žádný kyslík (který až později vyprodukovaly živé organismy) a Měsíc byl mnohem blíže než dnes (čili relativně obrovský a gravitačně velmi vlivný, takže vyvolával gigantické přílivy a odlivy), probíhala eroze tehdejších hornin jistě trochu jinak než dnes. Analogicky můžeme z psychologického či sociologického poznání dnešních lidí cosi vyvozovat o chování husitů či lovců mamutů, a přece víme, že ještě naši pradědové mívali ke svému chování motivace, o nichž se nám dnes ani nesní.

Nicméně není pomoci – jinak to nejde. Pozorované jevy prostě dáváme do vzájemných souvislostí, aby nakonec byly součástí jednoho velkého a logicky konzistentního příběhu, kterému *říkáme* evoluce. Že se nám to povedlo, poznáme nejlépe podle toho, že do tohoto příběhu bez problému zapadnou i jevy, které objevíme až dodatečně (je to vlastně analogie běžně rozšířené představy, že správná věda má být schopna předvídat budoucnost, což zaprvé nelze, neboť historie je určována i ději náhodnými, a zadruhé se to v praxi špatně ověřuje, neboť budoucnost dosud nenastala). Ano, evoluce je *příběh*, který jsme si vymysleli, abychom vysvětlili to, co pozorujeme. Může jít o vysvětlení existence fosilií nepodobných dnešním organismům. Nebo o vysvětlení patrného hierarchického uspořádání druhů, kdy některé jsou si jaksi „blíže“ než jiné. Nebo o orgány, které dnes očividně k ničemu nejsou, ale možno je interpretovat jako stopy předchozích evolučních stadií. Anebo o pozorování, že organismy se dokážou překvapivě rychle měnit, doslova před našima očima.

Budeme-li evoluci chápat prostě jako nevratnou změnu a unikátní historii, najdeme ji všude – evoluci mají galaxie, planety, hory a třeba i sněhové vločky. Biologická evoluce je však něco víc: je to proces, který vytváří *účelné* vlastnosti organismů, jež jim pomáhají žít, přežít a rozmnožovat se. Můžeme se ptát, k čemu slouží či za jakým účelem vznikly třeba plíce, zatímco analogická otázka, za jakým účelem vznikly Alpy, nemá žádný smysl – přesto, že i planety a horstva mají svou evoluci. Původ takových účelných vlastností neboli *adaptací*, jako jsou plíce, pak vyžaduje vysvětlení. Lze vůbec vysvětlit evidentní účelnost organismů jinak, než že ji svedeme na vědomou intervenci vyšších sil?

Podle koncepce *přirozeného výběru* (*selekce*), s níž přišel Charles Darwin (box 1.3) v polovině 19. století, lze přirozený vznik účelnosti vysvětlit kupodivu velmi jednoduše. V historii se toho děje moc, ale jen něco se zachovává do

přítomnosti, kdežto většina toho, co se odehrálo, nenávratně mizí v nepozorovatelnou. Jenom něco má šanci přetrvat; a o tom, co přežije, nerozhoduje náhoda, ale závisí to na vlastnostech toho, co přežilo. Přetrvání je odměnou za ty správné neboli užitečné, účelné vlastnosti. Jen je třeba dát pozor, aby nás slova, která užíváme, nezavedla na scestí: „účelné“ vlastnosti jsou ty, které jsou k něčemu dobré, slouží nějakému účelu, ne nutně ty, které byly za tímto účelem úmyslně sestrojeny. Tady narážíme na naši – obvykle špatnou – intuici: ta nám říká, že složité a účelné věci mohou vznikat *bud'* tak, že je někdo zkonstruoval (jako kupříkladu tramvaj), *anebo* náhodou, což je samozřejmě krajně nepravděpodobné, tedy vlastně nemožné. Ve skutečnosti ale existují i jevy účelné neúmyslně, účelné samy od sebe, které vznikají třetím způsobem, jímž mohou povstávat složité a účelné věci – přirozeným výběrem (box 2.1).

### Box 1.1: Evoluce a pravděpodobnost

Pravděpodobnost v evoluci je ošemetná věc. Všechny evoluční události jsou unikátní a neopakovatelné, stejně jako jsou unikátní a neopakovatelné všechny události v lidské historii. Každá událost má při pohledu zpět pravděpodobnost buď 1 (= 100 % neboli *stalo se*), nebo 0 (*nestalo se*), přičemž události, které se nestaly, nás obvykle nenapadne zkoumat. Při pohledu do budoucnosti je pravděpodobnost kterékoli unikátní události blízka nule, dokud se to nestane, pak už je stoprocentní. Každý z nás je geneticky unikátní, a tedy zcela nepravděpodobný jedinec, jaký tu nikdy nebyl a nikdy nebude, nemluvě už o tom, že se museli potkat a najít v sobě zalíbení naši rodiče, prarodiče a tak dále. Jaká byla v roce 1800 pravděpodobnost, že se narodí Charles Darwin? Skoro nulová, v každém případě nevyčísitelná; a přece, o devět let později... Aby snad nedošlo k omylu, tato mimořádnost zrození Charlese Darwina nemá nic společného s jeho skutečnou historickou mimořádností, stejná úvaha o neaplikovatelnosti pravděpodobnostního uvažování v unikátní historii platí i pro zrození vašeho morčete, pro vznik savců či bakteriálního bičíku i pro založení Říma. Až si někdy přečtete, že pravděpodobnost nějaké evoluční události je tak propastně nízká, že k ní nikdy nemohlo dojít (třeba že pravděpodobnost „vzniku Života“ je – aspoň dle Freda Hoyla – dokonce  $1 : 10^{40\,000}$ ), a budete mít pocit, že když je to *Číslo* a napsal to *Vědec* (k siru Hoylovi blíže box 4.7), *musí* to něco znamenat, zkuste aplikovat stejná kritéria třeba na Bitvu národů – co všechno se muselo stát, aby k ní došlo, a přitom to mělo mizivou pravděpodobnost. V historii se dějí samé nepravděpodobné věci; jenže to, co má jakkoli nízkou, ale nenulovou pravděpodobnost, se *může* přihodit. Když vás kousne černá mamba, máte – dejme tomu – 99% pravděpodobnost, že zemřete. Kousla vás mamba a zemřeli jste, všechno je tedy v pořádku, věta o 99% pravděpodobnosti nebyla vyvrácena. Anebo vás kousla mamba a vy jste nezemřeli. Kupodivu je zase všechno v pořádku a věta o 99% pravděpodobnosti zase nebyla vyvrácena. Prostě patříte do toho jednoho procenta, jež bylo předpovězeno, jen se nevědělo, že to budete zrovna vy. Teprve kdyby vás mamba kousla desetkrát a vy jste to pokaždé přežili, bylo by s očekávanou pravděpodobností patrně cosi v nepořádku. To se ovšem špatně aplikuje na evoluci, v níž se desetkrát neděje nic.

## PŘIROZENÝ VÝBĚR

Vidíme to, co se z minulosti zachovalo. Různé vlastnosti organismů tedy jaksi „soutěží o přežití“; jenže ve světě, kde jednotlivé organismy nemají dlouhého, natož nekonečného trvání, lze dlouhodobě „přežívat“ pouze metodou produkce nových jedinců, tedy rozmnožování (*reprodukce*). Nerozmnožit se je totéž jako zahynout; kdo nezanechal potomky, ten jako by vlastně neexistoval (pro útlocitnější čtenáře dodáváme: v kapitolách o kulturní evoluci a o příbuzenské selekci uvidíte, že i toto lze nějak obejít a prosadit se i bez množení, ale teď jde o obecný princip). Vůbec nemusí jít o to, kdo koho zabije či kdo co nepřežije (i když i to se počítá, pokud to nastane); lze v pohodě přežít, a přece být extrémně neúspěšný.

Organismy tedy v principu nebojují o přežití, nýbrž o reprodukci. Zajíc prchá před liškou proto, aby se rozmnožil; zajáci jsou reprodukčně různě úspěšní, neboť různě úspěšně unikají liškám, a lišky se různě dobře množí, neboť různě úspěšně loví zajíce. Právě vědomí, že nejde o život, nýbrž o rozmnožování, že život je jenom nezbytnou podmínkou reprodukce, nám umožňuje pochopit mnohé podivné jevy, s nimiž se v přírodě běžně setkáváme, především různé příklady spolupráce, altruismu či podvádění. Evoluční hry, které organismy hrají, jsou nesrovnatelně komplikovanější, než kdyby šlo opravdu natvrdo o život, anebo smrt.

O tom, jaká je skutečná role darwinovského přirozeného výběru v reálně proběhlé evoluci života na Zemi, pojednává tato kniha. Jedna věc je ale jistá: je to

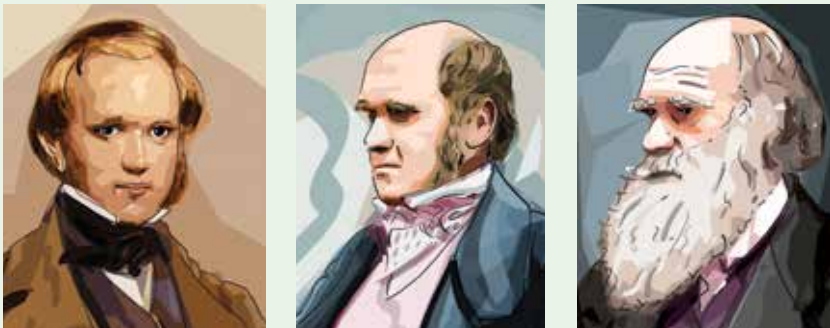
### Box 1.2: Civilizace a evoluce dnešního člověka

Široce rozšířený blud, že evoluce člověka se zastavila, neboť přirozený výběr přestal fungovat („moderní medicína udržuje při životě i ty, kteří by v přirozených podmínkách zahynuli“), je založen na zásadním nepochopení podstaty přirozeného výběru. Měřítkem evoluční úspěšnosti není (nutně) přežití nebo nepřežití, nýbrž jemné odlišnosti v individuálním reprodukčním úspěchu. Vidíme-li kolem sebe jedince, kteří mají hodně dětí, i jedince, kteří nemají žádné, a vidíme-li, že některé lidské populace zažívají demografickou expanzi, zatímco jiné se stěží dokážou reprodukovat, těžko brát řeči o zastavení přirozeného výběru vážně. Civilizace a kultura nezpomalují naši biologickou evoluci; spíše naopak: otvírají pro ni nové cesty (v moderní společnosti je mnoho způsobů, jak být reprodukčně úspěšný či neúspěšný, o nichž se lidoopům ani nesní). Z toho, že lidé s nemocemi kdysi fatálními dnes přežívají a rozmnožují se, plyne – pokud ty nemoci mají nějaký dědičný základ, což obvykle asi mají – že genetické složení budoucích populací bude jiné, než kdyby titíž jedinci na své nemoci umírali. Neznamená to nicméně, že se už člověk nevyvíjí, maximálně snad naše evoluce míří trochu jinam, než kam by mířila, kdyby se nestalo to, co se stalo. To ovšem platí pro každou historii.

**Box 1.3: Darwin a Wallace**

Charles Darwin je rozhodně jedním z nejvýznamnějších přírodovědců vůbec; jeho evoluční teorie zásadně změnila nejen biologii, ale i náš pohled na svět. Darwin je pozoruhodný i jako konkrétní osoba – byl mimo jiné také vzorovým příkladem britského přírodopysce staré školy. Neměl žádné formální biologické vzdělání; na přání otce začal studovat medicínu, ale po roce studium přerušil; pak tři roky studoval teologii, kterou absolvoval s bakalářským titulem. Ale už jako dítě sbíral přírodniny a přírodovědné (a zahradnické a chovatelské) zájmy ho nikdy neopustily. Byl neuvěřitelně plodný a dotkl se všech představitelných oblastí přírodovědy – od vzniku korálových atolů přes tvorbu půdy působením žízá, pohyby rostlin, masožravé rostliny, systematiku svjonožců až po výrazy emocí u zvířat.

Kolem roku 1837 začal formulovat svou evoluční teorii. Nakonec ale nepublikoval své dílo v plánované podobě a zamýšleném rozsahu, protože roku 1858 mu britský přírodovědec Alfred Russel Wallace odkudsi z Nizozemské Indie, kde právě přebýval, zaslal s prosbou o posouzení a případnou publikaci rukopis své vlastní práce, v níž představil evoluční teorii té Darwinově velmi podobnou. Darwin v první panice považoval Wallaceovu teorii za totožnou se svou vlastní, ale zásadní rozdíly tu jsou – Wallace akcentuje vnější tlaky (ne konkurenci mezi jedinci) a skupiny (ne jedince); paralelní vznik obou evolučních teorií nicméně ukazuje, že doba už byla zralá (ta zásadní Malthusova kniha už vyšla). Darwin, vzorný britský džentlmen, Wallaceův dopis neutajil, jak bychom automaticky předpokládali, a Darwinovi přátelé (zejména Charles Lyell) pak zařídili, že Wallaceův rukopis a výtah z Darwinova díla byly roku 1858 společně předneseny na zasedání Linnéovské společnosti. Lze mít za to, že Darwin by na svém životním díle vskrytu pracoval ještě mnohem déle; i dnes známe řadu přepečlivých vědců, kteří pro svou přebujelou akribii nakonec nikomu nestihnou sdělit, na čem celý život pracovali, a nějaký Wallace číhající kdesi v pralesním přišetí a hrozící ztrátou priority by se jim hodil. Darwinova evoluční teorie byla nakonec publikována 24. listopadu 1859 pod názvem *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (*O původu druhů prostřednictvím přirozeného výběru, aneb zachování upřednostňovaných ras v zápase o život*). I po zveřejnění *Původu druhů* Darwin pracoval dále na svém učení a v roce 1871 publikoval v knize *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex* (česky vyšlo nadvakrát: *O původu člověka a O pohlavním*



**Obr. 1.3:** Tři vývojové fáze Charlese Roberta Darwina (1809–1882).

výběru) další důležitý koncept evoluční teorie, totiž pohlavní výběr.

Stýkání a potýkání se s Wallacem pokračovalo a Darwin se v mnoha ohledech projevoval jako pravý vzor boží trpělivosti. Wallace byl jedním z aktivních bojovníků za prosazení darwinismu a k rozvoji evoluční teorie významně přispěl například koncepcí výstražného (aposematického) zbarvení, čímž vyřešil významné Darwinovo dilema (housesenky i motýli jsou hnědí či zelení, aby je neviděli predátoři, dobře... jiní motýli jsou jasně zbarvení, aby lákali pohlavní partnery, také dobře – ale proč jsou tedy jasně zbarvené některé housesenky, které žádné pohlavní partnery nemají?). Ale Wallace je také nejčastěji citovaným autorem v Darwinově *Původu člověka*, a to obvykle ve vyhraněně negativním smyslu: Wallace zásadně nevěřil na pohlavní výběr (zlé jazyky tvrdí, že proto, že on sám s ním zdaleka neudělal takové štěstí jako šťastně ženatý Darwin), a tak podle něho vše, co jest, muselo vzniknout přímým přirozeným výběrem, tedy jako adaptace na vnější prostředí. Protože mu bylo jasné, že vyšší mentální schopnosti takto jednoznačně adaptivní nejsou (neboli: vyšší mentální schopnosti nejsou k ničemu), nemohly vzniknout selekcí, ale nějak jinak. Wallace dokonce i věděl jak, protože kromě darwinismu propadl (o něco později) také spiritismu, a to včetně aktivní účasti na příslušných seancích; jeho verze evoluční teorie zahrnovala i víru v to, že Evoluce má Účel a že centrem všeho dění je Člověk. Není vcelku divu, že Darwinova mohl vzít čert; na druhé straně se upřímně snažil Wallaceovi, v normálním životě málo použitelnému, nějakým způsobem pomoci, což se mu podařilo až rok před vlastní smrtí, kdy vláda Jehoji Veličenstva udělila Wallaceovi roční penzi 200 liber za celoživotní zásluhy o vědu...

Dnes je Wallace významný především jako zakladatel biogeografie, jinak se na něho (zase) spíše zapomíná (i autoři této knihy až po nějaké době psaní přišli na to, že Wallace tu chybí). Nicméně londýnská Linnéovská společnost od roku 1908 uděluje – na památku svého slavného zasedání v roce 1858 – společnou Darwinovu-Wallaceovu medaili za rozvoj evoluční biologie, mezi jejímiž nositeli najdeme mnoho významných vědců, s nimiž se v této knize ještě potkáme – Fishera, Haldanea, Mayra, Simpsona, Goulda i Maynarda Smithe. Medaile nese vyobrazení obou otců-zakladatelů; a zkuste hádat, kdo je na rubové straně.



Obr. 1.4: Alfred Russel Wallace (1823–1913).

mechanismus nesmírně jednoduchý a nesmírně účinný. Dokáže vyrobit cokoli (box 2.1). K vytváření účelnosti nepotřebujeme Velkého Montéra, který si je té účelnosti vědom a úmyslně ji dosahuje přímou intervencí do hmotného světa (papež František téže osobě říká „kouzelník s hůlkou“ a její existenci popírá i on). Ale nepotřebujeme ani vnitřní puzení organismů ke sebezdokonalování. Jedinci prostě jenom různě úspěšně přežívají a různě úspěšně se množí – a to je všechno. K tomu, aby se přirozený výběr spustil, není třeba nic, co by nebylo přímou součástí běžného života každého jednotlivého organismu – přirozený

výběr nutně vyplývá z faktu, že organismy jsou živé. Vyžaduje pouze rozmnožování, dědičnost, částečnou proměnlivost potomstva a také nadprodukcii potomstva a z ní vyplývající soutěž o omezené zdroje; selekce je právě jenom *nenáhodný* vztah mezi vlastnostmi jedince a jeho reprodukční úspěšností (ano, opravdu: *ne-ná-hod-ný*). Čím víc úspěšných potomků jedinec zanechá, tím víc jeho vlastností najdeme v dalších generacích; a kolik úspěšných potomků kdo zanechá, obvykle není náhoda, nýbrž důsledek těch jeho vlastností. O nic jiného tu nejde, účelnost v takto nastaveném světě vzniká sama od sebe.

Právě schopnost vytvářet komplikovaný řád z ničeho, bez účasti Montéra je, zdá se, natolik kontraintuitivní, že to mnoha lidem pořád nedochází, a tak pořád nesmyslně obviňují darwinisty z víry v náhodu. Pro jistotu to tedy řekněme tak jednoznačně natvrdo, jak to jenom dokážeme: *žádná složitá (natož účelná) věc nikdy nevznikla jednorázově z ničeho; žádná složitá (natož účelná) věc nikdy nevznikla náhodou; a k vysvětlení vzniku žádné složitě (ani účelné) věci nepotřebujeme Stvořitele.*

Je vlastně spíše podivné, že se darwinismus objevil až tak pozdě. Kromě nepopíratelné Darwinovy geniality tušíme i další důvod. Teprve svět, v němž Darwin žil, svět divokého kapitalismu z přelomu 18. a 19. století, umožňoval nahlédnout některé - z dnešního pohledu evidentní - jevy a uvědomit si jejich význam. (Vědecké pravdy produkují lidé žijící v určité konkrétní době na určitém konkrétním místě. I ta pravda o světě, kterou předkládá dnešní verze darwinismu, je jistě nějak ovlivněna světem, v němž žijí dnešní darwinisté. Až budeme mít pár

století odstup, poznáme, v čem to ovlivnění spočívalo. Ten, kdo se toto sociální, ekonomické či politické ovlivnění pokouší identifikovat a eventuálně odstranit už dnes, je ovšem sám sociálně, ekonomicky a politicky ovlivněn tímž světem, jehož vliv jakoby usiluje odhalit. Ptáme-li se podezřívavě, co tím darwinisté sledují, že prosazují zrovna toto, měli bychom se ptát neméně podezřívavě, co tím sledují antidarwinisté, že jim zrovna toto tak vadí.) Každý zahradník, když pleje záhon (což lidstvo činí nejméně deset tisíc let), je konfrontován se základními principy darwinismu: mladých rostlinek je víc, než kolik jich může na záhonu zůstat, až vyrostou; různé rostlinky mají různé vlastnosti, proto mají různé šance být úspěšné (mimo jiné úspěšné ve stupni zalíbení, které



**Obr. 1.5:** Thomas Robert Malthus (1766–1834).

v zahradníkovi vyvolají), a tak se liší i jejich šance na přežití, přičemž každý zahradník ví, že dobré vlastnosti vybraných rostlin se nějak přenesou i na jejich potomstvo. Ale teprve Robert Malthus (obr. 1.5) aplikoval prostou pravdu, že rostlin je zpočátku na záhonu víc, než kolik se jich tam nakonec vejde, i na vývoj lidské ekonomiky a populace – a Darwin Malthuse znal.

Darwin pochopil, že to, co se děje na záhoncích, by šlo i bez zahradníka. Jeho roli (tedy roli toho, komu je třeba se přizpůsobit) může hrát i jiný predátor (barevné a chutné plody umožňující svým semenům dálkový transport v něčích střevech jsou samozřejmě nesrovnatelně starší než naše zemědělství), ale třeba i kyselost půdy nebo výška sněhové pokrývky. I kdyby zahradník aktivně nezasáhl, nějaké rostlinky na záhonu by stejně uhynuly; podle toho, co by bylo bezprostřední příčinou jejich skonu (zima, mokro, sucho, slimáci...), zachovaly by se pokaždé nějaké jiné vlastnosti (jahodníky, které přežijí sucho na zanedbaném záhonu, jsou obvykle jiné, než ty, kterým by dal přednost zahradník). Až potud nic, co by nevěděl každý. Antika, evropský středověk či tradiční čínská společnost se samozřejmě také setkávaly s rozmnožováním, dědičností a selekcí, na nichž Darwin postavil svou představu světa – jenže tenkrát se žilo a myslelo jinak a těchto jevů si nikdo pořádně nevšiml, leda jako trivialit ze života rostlin a zahradníků, ne jako pilířů, na nichž stojí svět.

Darwinismus je nesmírně přitažlivý proto, že umožňuje vysvětlovat podobu našeho světa pomocí příběhů, které se odehrávají v kosmickém měřítku (neboť doba existence pozemského života zaujímá celou čtvrtinu existence vesmíru), ale zároveň jako příběhy, v nichž rozhoduje to, oč i nám bezprostředně jde: přežití a rozmnožení. Podobně jako kdysi Newton uvedl do souvislosti běžnou lidskou zkušenost, jako je padání jablek, s pohyby vesmírných těles, Darwin ukázal souvislost každodenního hemžení živých tvorů s miliardami let vývoje naší planety.

Jenže Darwinova teorie je něco úplně jiného než Newtonovy zákony a v tom spočíval a spočívá ten skutečný skandál s Darwinovým učením. Darwin rozhodně nevynechal evoluci – o té se cosi tušilo už před ním – a vlastně ani neobjevil, že „člověk pochází z opice“ (spojitost mezi lidmi a lidoopy je zjevná každému, kdo je vidí, byť interpretace této spojitosti bývá v očích přírodních národů, které se s lidoopy bezprostředně setkávají, spíše opačná: lidoopi vznikli z lidí, kteří se odebrali do lesů buď pro nějaké provinění, anebo aby nemuseli pracovat; asi jako Rumcajs). Hádky o to, kdo je a kdo naopak není potomkem té které opice (box 4.14), jsou jen viktoriánským koloritem a nejdou vůbec ke kořenům problému; skandál s Darwinem vězel v něčem jiném. V 19. století převládala (leckde dosud přežívající) víra v existenci přírodních zákonů nezávislých na prostoru a čase, zákonů, které jsou pro nás principiálně dokonale poznatelné; a je na vědcích, aby je hledali a našli. Úvahy o evoluci

před Darwinem vycházely z představy, že evoluce je něco jako individuální vývoj (*ontogeneze*): z želvího vajíčka se má vylíhnout želva určité velikosti, tvaru a zbarvení, a když se nevylíhne, vidíme, že je něco špatně. Můžeme také zkoumat, jaký vliv na úspěšné líhnutí želv má teplota či mechanické poškození, a tedy i vypočítat, co s líhnutím těchto želv v *budoucnosti* udělá třeba klimatická změna. Něco takového by mělo platit i v evoluci (angličtina rozlišuje slova *to evolve* pro evoluci a *to develop* pro individuální vývoj, v češtině slovo „evolvovat“ vypadá divně a stěží se vžije, ale hodilo by se): organismus se vyvíjí, „evolvoje“, protože musí, jsa poslušen evolučních zákonů, například se aktivně přizpůsobuje prostředí, schválně se zdokonaluje, a tak můžeme i predikovat, jak budou vypadat jeho potomci za milion let. Takto pojatá evoluce se podobá autičku na setrvačnicku, a otázka, kdo ten setrvačnicku natáhl, je tu jaksi nasnadě.

Do tohoto světa přišel Darwin s teorií přirozeného výběru, která nemá s klasickou biologií, tedy s morfologií, embryologií či fyziologií, mnoho společného. Žádné vnitřní puzení k evoluci neexistuje a přirozený výběr není žádný „přirodní zákon“, který by umožňoval predikovat, jak věci dopadnou; je to záležitost v podstatě „sociologická“ či „ekonomická“. O tom, kdo bude úspěšný a čím vlastnosti se budou dále šířit, rozhoduje konkrétní historická situace: s kým a o co si jedinec právě teď konkuruje. Evoluce je hra, již hrají ti hráči, kteří se zrovna sešli. Je to něco jako šachová partie či burzovní seance – o své úspěšnosti nerozhodujete sám a žádné obecné zákony (například „za všech okolností táhněte věží co nejvíc doleva“ nebo „vždycky je lepší akcie prodávat než kupovat“) tu neplatí. V konkrétních historických podmínkách se někdy vyplácí být spíše složitější a jindy spíše jednodušší (analogicky větší/menší, agresivnější/méně agresivní, chytřejší/hloupější). Je to jako na olympiádě: vítězem je ten, kdo má medaili, ale nelze říct předem, jaké vlastnosti ten medailista bude mít, někdy je to třicetkilová holčička s copánky, jindy velký tlustý chlap, a společné mají jen to, že úspěšně porazili ty své konkurenty, s nimiž opravdu soupeřili. Neexistuje žádná obecná vlastnost (dejme tomu „síla“, „rychlost“ či „bojovnost“), která by byla vždy a všude úspěšná a která by spolehlivě vedla k vítězství těch silných, rychlých a rvavých.

## EVOLUCE A VĚDA

Na tomto místě si dovolíme malou odbočku k teorii vědy, která je tu – bohužel – nezbytná (ta odbočka i ta teorie). Stalo se zvykem považovat vědu za vrchol poznání a věta „je vědecky dokázáno, že...“ patří k nejtěžšímu násilí, které lze v polemice použít proti bližnímu. Skutečná věda je založena především na



záměrném sebeomezení, na jasné definici toho, co věda spolehlivě *není* (a toho je dost). Od dob rakousko-britského filozofa Karla Raimunda Poppera (1902–1994) se vcelku shodneme, že věda je to, co produkuje testovatelné, potenciálně vyvratitelné (*falzifikovatelné*) hypotézy, pak je opravdu testuje a buď vyvrací, anebo ponechává jako (dosud) nevyvrácené. Vědecká hypotéza se přímo těší na oponenturu: proto je formulována tak, aby ji bylo možno vzít za slovo. Klasický příklad vědecké hypotézy je věta „všechny labutě jsou bílé“ – stačí uvidět jednu černou, abychom tuto hypotézu vyvrátili, přičemž nezáleží na tom, kolik bílých labutí jsme viděli předtím; tato věta je vědecká (vyvratitelná), protože obsahuje slovo „všechny“, a zůstává korektně vědeckou i po svém vyvrácení, zatímco s větou „labutě bývají bílé“ se nedá nic dělat, a proto vědecká není. Nežijeme tedy mezi „fakty“, ale mezi (dosud) nevyvrácenými hypotézami o nich.

Otázka, zda je darwinismus „věda či ideologie“ (viz box 3.7), nemá smysl, dokud si neuvědomíme, že se tu setkáváme nejméně s třemi různými úrovněmi problému. První a v praxi nejdůležitější se týká reálné činnosti reálných evolučních biologů. Jednotlivé evoluční hypotézy („vznikla lidská ruka z rybí ploutve?“, „je altruismus v haplodiploidním systému geneticky výhodný pro altruistu?“ a podobně) jsou perfektně vyvratitelné – a každodenně vyvrácené jsou, úspěšně či neúspěšně, experimentálně či fylogeneticky. To jsou ty desetitisíce článků ročně, zmíněné v Předmluvě. Jak je to ale s vyvratitelností darwinismu jako takového? V principu existují dva moderní pokusy o jeho *vědecké* vyvrácení, přitom oba se vracejí do dob předdarwinovských a oba problematizují jeden z pilířů darwinismu, totiž teorii přirozeného výběru jako motoru evolučních změn. V 90. letech proběhl pod praporem „*biologického strukturalismu*“ pokus o obnovu obecně platných evolučních zákonů, které – tedy nikoli selekce z neúčelné variability – jsou zdrojem diverzity živých forem. Nic z toho nakonec nebylo, „strukturalisté“ nedokázali předložit žádnou ucelenou teorii, která by se stala prostorem pro vytváření a testování evolučních hypotéz. Druhým a vážnějším nebezpečím pro darwinismus je možný návrat *lamarckismu*, tedy nauky předpokládající, že organismy se neadaptují mimoděk, nýbrž schválně, že zdrojem adaptací je přímá adaptivní variabilita (protože se v posledních desetiletích o znovuzrození lamarckismu mluví stále častěji, podíváme se na to detailněji v kapitole o adaptacích). Ale sám fakt, že tu soupeří několik zásadních alternativních vysvětlení, ukazuje na možnost vyvrácení každého z nich, tedy i darwinismu. O to důležitější je, že vyvrácen (dosud?) *nebyl*.

Zato třetí úroveň, obecný evoluční přístup ke světu, vyvratitelná není. „Evoluce“ v té nejobecnější podobě opravdu není věda, ale světonázor: je to rozhodnutí vidět svět v pohybu, aniž bychom museli hledat a zkoumat nevyzpytatelného Hybatele. Evoluční teorie je logická konstrukce, kde do sebe všechno zapadá,

### Box 1.4: Kreacionismus a pes baskervillský

Kreacionisté jsou dvojího druhu. Kreacionismus tvrdého jádra popírá evoluci úplně a v čisté podobě věří i na Zemi starou několik tisíc let. U nás je toto orientální blouznění k vidění jen vzácně; v Americe, kde zakladatelský hlas 17. století dosud mocně zní, jde o ideologii běžnou a politicky vlivnou. Mentalita popíračů evoluce až překvapivě odpovídá mentalitě popíračů přistání na Měsíci či hledačů (jiného než skutečného) spikleneckého pozadí 11. září 2001 (ve zvláště politováníhodných případech se to všechno sejde v jedné osobě). Jde o zvláštní kombinaci vpravdě boží prostoty s koženě nehumornou předsudečností, to celé okořeněno značnou dávkou paranoie. Tohle všechno pochopitelně málo oslovuje lidi aspoň trochu sofistikovanějšího duševního založení.

Soft verze kreacionismu („inteligentní design“, ID) se proto tváří civilizovaně. Dává si pozor, aby „inteligentního designéra“ nepojmenovala přímo, protože s tím by ji v Americe vyhodili ze škol (jak se zatím vesměs děje, neboť krycí jméno je tu poměrně průhledné), a naznačuje, že by to třeba mohl být i mimozemšťan. Jak známo, mimozemšťané se při vývoji Země tu a tam nachomýtlí, například stěhovali sochy *moai* na Velikonočním ostrově a dodnes dělají kruhy v obilí; nicméně vzhledem k nevyváženému poměru křesťanů a ufologů v běžné populaci lze předpokládat, že ani většina kreacionistů nepředpokládá, že Stvořitel pochází z planety Coruscant. Teorie ID uznává, že svět je starý miliardy let, uznává, že evoluce jest, jenom popírá, že by mohla vytvořit něco nového. Kombinace ID a víry v dlouhodobou evoluci je zvláště vnitřně rozporná. Měl-li inteligentní designér vytvořit bakteriální bičík i srážení obratlovcí krve, musel se tím zabývat v různě dávné minulosti, neboli vlastně neustále. Inteligentní designér tedy nebyl dost inteligentní, aby své dílo nemusel po pár milionech let zase napravovat či doplňovat; pracoval tedy tak chaoticky a neplánovaně, jako by tu ani nebyl, vlastně úplně jako evoluce. Tradiční kreacionismus je jistě legitimní způsob nazírání světa, ale „vědecký kreacionismus“ je nesmysl: kreacionismus z principu nemůže nabídnout žádnou vyvrátitelnou hypotézu o tom, jak Tvořce tvořil. Však také – na rozdíl od evoluční teorie – kreacionisté žádná konkrétní vysvětlení údajných záhad nenabízejí. Tvrdí, že bakteriální bičík nemohl vzniknout sám od sebe, ale nic víc nám o vzniku bakteriálního bičíku neřekají, poněvadž nemohou. Kreacionismus je podbíhání latky: nemůže nám v poznávání světa pomoci proto, že všechno už ví předem a nabízí jen laciné řešení bez práce.

Nejlépe nám to osvětlí jeden případ Sherlocka Holmese. Když za ním přišli z panství Baskerville, že jim tam řádí pekelný pes, celkem oprávněně se dotázal, co on tedy má s touto aférou činit. Nadpřirozené vysvětlení zločinu je principiálně nepřijatelné, má-li jít o poctivou detektivku, ne o gotický román nebo něco podobného; to je otázka čistoty žánru. Máte-li podezření, že vám prádlo ze šňůry krade Dábel, nevolejte Sherlocka Holmese (nakonec se ovšem ukázalo, že ani pekelný pes baskervillský není až tak úplně pekelný a jde zase jenom o dědictví po bohatém strýčkovi). Máte-li analogicky podezření, že Vesmír, Život či Člověka stvořil Bůh, nevolejte vědce.

vcelku bez ohledu na to, zda to tak opravdu chodí i v reálném světě. To platí pro všechny pravé teorie, stejně jako pro matematické modely. Model je pravdivý, když je vnitřně konzistentní, což ale neznamená, že musí nutně čemukoli

v přírodě odpovídat. Testovat se dá tedy jen to, zda teorie odráží něco v reálném světě, ne teorie samotná.

Z nechápání této víceúrovňové struktury evoluční teorie plynou mnohá nedorozumění. To, s čím Darwin přišel, stojí na dvou zásadních pilířích - na představě společného původu všech organismů a na teorii přirozeného výběru. Laikové (a kreacionisté) říkají „darwinismus“ spíše tomu prvnímu, biologové (včetně autorů této knihy) zásadně tomu druhému - to proto, že Darwin přišel s jedním z možných řešení skutečného problému, totiž otázky, co je hlavním motorem evolučních změn. Přirozený výběr může a nemusí být hlavním motorem evoluce, zatímco o společném původu druhů pochybují právě jenom kreacionisté. Posun od klasického kreacionismu k „teorii inteligentního designu“ (box 1.4) s sebou nese i nové akcenty v antievoluční polemice. Zatímco tradiční kreacionisté (vesměs nábožensky zaměřeni odpůrci evolučního pohledu na svět) bojovali proti evolučnímu světonázoru jako takovému (s proměnlivými úspěchy), nová, *soft* verze kreacionismu se zaměřuje především na spory o jednotlivé evoluční hypotézy; musí to dělat, protože se tím snaží budit zdání své vědeckosti. Tím si ale dvakrát nepomohli, protože se octli v oblasti, na které vlastně až tak úplně nezáleží, a lze očekávat, že budou jednou šeredně zklamáni: bez ohledu na to, jak dopadnou spory o původu bakteriálního bičíku (viz kapitola o „neredukovatelné komplexnosti“) či slepého střeva (box 6.12), s evolučním myšlením jako takovým to nepohne ani o píď. To, oč se dnes biologové přou, je pro kreacionisty pod hranici rozlišitelnosti. Pokud by tedy jednou pod společným útokem lamarckistů, strukturalistů a evo-devo výzkumníků padl darwinismus, nahradí ho nějaká jiná *evoluční* teorie a kreacionisté zase přijdou zkrátka. Těžko si představit, s jakým důkazem neevoluce by kreacionisté mohli přijít, abychom jim uvěřili; totéž ovšem platí i naopak.

## **„DŮKAZY EVOLUCE“**

Evoluce je příběh; na otázku, proč vyprávíme zrovna tenhle příběh a ne nějaký jiný, se obvykle těžko odpovídá. Bylo by dobré mít nějaké důkazy, že náš příběh je jediný správný. S „důkazy evoluce“ - i když jsou jich plné učebnice - je tradičně ta potíž, že ani 150 let dokazování nepřesvědčilo ty, kdo přesvědčení být nechtějí.

Prvním důkazem evoluce je přítomnost fosilií. Tu lze jistě nejlépe interpretovat jako důkaz, že v minulosti obývali Zemi jiní tvorové než dnes; nicméně nahlédnutí do libovolné kreacionistické příručky naznačuje, že obecně přijatelným důkazem evoluce to není. I otec paleontologie George Cuvier před 200 lety viděl ve fosiliích důkaz opakovaného stvoření spíše než evoluce. Také je jisté - to za druhé - že organismy jsou flexibilní, schopné změny. Problém je v tom, že skutečně

pozorovatelné změny, trvající pár let, maximálně století, jsou drobné a jejich důležitost pro evoluční teorii je závislá na tom, zda evoluční teorii zastáváme či odmítáme. I když si dokážeme bez problémů představit, jak udělat z malého králíka velkého králíka či naopak (což se v historii chovu králíků prokazatelně povedlo), přesvědčení, že z takovýchto procesů lze bez problémů extrapolovat vznik obratlovců nebo jehličnanů, je zase jen věcí víry.

### Box 1.5: Darwinovy „důkazy evoluce“

Už Darwin uvádí deset jevů, které dobře odpovídají evoluční teorii, ale špatně by se hodily do představy nezávislého stvoření jednotlivých druhů (ponechme teď stranou možnost, že Stvořitel schválně tvoří tak, aby to pak vypadalo jako evoluce, a aby tudíž jeho účast či dokonce existence nebyla z výsledku jasně patrná – byť uznáváme, že svět je plný entit, které nejdřív něco činí, ale pak si z nějakého důvodu nepřejí, aby to na ně prasklo). Darwinův přehled zahrnuje tyto body: 1. umělý výběr je schopen vytvořit nové „druhy“ i „rody“; 2. organismy vytvářejí „stromovitou“ hierarchii („druhy–rody–čeledi–řády...“), přičemž analýzou jakýchkoli znaků obvykle dospějeme k obdobné hierarchii příbuzenských vztahů; 3. organismy mají vlastnosti, které jim k ničemu nejsou, ale sdílejí je s příbuznými druhy, což těžko vysvětlíme jinak než společným původem; 4. je relativně málo zásadně odlišných orgánů a struktur, tedy zásadně odlišných způsobů řešení problémů, s nimiž se organismy střetávají („příroda je skoupá na novinky“), a proto běžně nacházíme i různé primitivní a přechodné formy; 5. ve fosilním záznamu nacházíme v čase více či méně kontinuální přítomnost jednotlivých skupin organismů (taxonů), přičemž zkameněliny dvou po sobě následujících období jsou si bližší než zkameněliny dvou časově vzdálených období; 6. fosilní skupiny jsou ve starších vrstvách méně rozrůzněné; 7. rozšíření organismů vykazuje předvídatelná pravidla, například fosilní zástupci skupin endemických pro určitou oblast se nacházejí ve stejné oblasti jako současné druhy těchto skupin; anebo dnešní horské tropické druhy jsou bližší druhům z mírného pásma než druhům z tropických nížin (což souvisí s fungováním hor jako útočišť při změnách klimatu); 8. příbuzné organismy obývají často omezenou oblast a hrají tam odlišné ekologické role, kdežto stejným ekologickým rolím v jiných oblastech se věnují nepříbuzné druhy; 9. ostrovní organismy jsou blíže příbuzné druhům nejbližší pevniny; 10. rozšíření vyšších taxonů je obvykle souvislé, přičemž rozloha areálů bývá větší u širěji definovaných taxonů; 11. embrya příbuzných druhů jsou si podobnější než dospělci a často mají i struktury, které nemají žádný vztah k současnému způsobu života druhu, spíše odrážejí způsob života předků tohoto druhu (třeba embryonální žaberní oblouky savců); 12. orgány plnící různé role mají u příbuzných organismů přesto společný základ a tělní plány vyšších skupin organismů jsou překvapivě homogenní. Jsou to jistě argumenty nestejné úrovně a týkají se různých aspektů evoluce, ale v zásadě platí dodnes, i když ke každé tezi bychom dnes mohli dodat spoustu námitek; celá tato kniha je v podstatě komentářem k Darwinovu výčtu „důkazů evoluce“ (stejně jako desítky jiných knih). I když to, co dnes vyznáváme, rozhodně není původní Darwin, pořád se pohybujeme v koridoru, který Darwin před 150 lety vytýčil.

Přesvědčivými příklady, jak se vlastnosti rostlin, zvířat a mikroorganismů mohou během krátké doby změnit, mohou být umělý výběr, tedy úmyslné šlechtění organismů, či vznik rezistence bakterií vůči antibiotikům. Zrovna na příkladu antibiotikové rezistence je vidět, že rozdíl mezi přirozeným a umělým výběrem není nijak evidentní (box 1.9). Bakterie se sice naučily bránit antibiotikům, která člověk uměle vpravuje do jejich prostředí, ale naučily se to samy od sebe, bez naší rady a pomoci. Také intenzivní ovlivňování přírodních populací lidskou činností,

### Box 1.6: Experimentální evoluce v laboratoři

V poslední době už máme možnost průběžně sledovat genetické změny, které za příběhy krátkodobé evoluce (box 3.4) stojí, a přesně rekonstruovat jejich historii. Pozorované krátkodobé změny (dlouhodobé změny lze těžko pozorovat) totiž vůbec nemusí spočívat v nevratných změnách spojených se vznikem skutečných evolučních novinek. Rádi bychom, aby tyto změny spočívaly v tom, že stará varianta nějakého genu opravdu zmizela a byla nahrazena novou; takováto změna by byla skutečně nevratná, a tedy v pravém slova smyslu *evoluční*. Jenže změna, kterou pozorujeme, může také spočívat v pouhé změně procentuálního poměru několika od počátku koexistujících variant, aniž by vzniklo něco nového. Když selektujeme populaci po krátký čas, zachová si původní genetickou rozmanitost a po návratu do původního prostředí se obnoví původní stav. V úplně nejhorším případě jsme narazili na pouhou *fenotypovou plasticitu* (viz kapitolu o tom, jak naučit ryby žít na suchu), jejíž pomocí jedinec reaguje na změnu prostředí (například kdo málo jí, je menší, nebo sportovec pobývající před šampionátem ve vysokých horách má víc červených krvinek); v tom případě se tu na genetické úrovni nestalo vůbec nic.

Základním poznávacím znamením evoluce je její nevratnost – a to se dnes dá zkoumat i laboratorně. Budeme chovat nějaké organismy v podmínkách co nejpodivnějších tak dlouho, až se na ně adaptují, a pak je vrátíme do původních podmínek. Vráť se i studované organismy k původnímu vzhledu či chování? Jenže i to má háček: co když se organismy nevrátily k tomu původnímu stavu, ale prostě drutně vytvořily stav jiný, tomu původnímu tak podobný, že to nedokážeme rozlišit? Když totiž odchýlení od původního stavu trvá dostatečně dlouho, skutečný návrat už není možný – právě proto, že proběhly nějaké evoluční změny – a populace ho mohou leda „napodobit“. Abychom zjistili, zda jsou pozorované změny opravdu nevratné, nezbyvá než číst během pokusu genetickou informaci mnoha jedinců v následujících generacích a dívat se, jaké – a zda vůbec nějaké – genetické změny způsobily pozorovanou změnu a co – a zda vůbec něco – se děje během návratu. Tak třeba mouchy drozofily, oddělené ze základního chovu a chované v selekčních režimech podporujících buď rané, nebo naopak pozdní rozmnožování, různou odolnost vůči hladovění či různou délku larválního vývoje, se těmto prostředím vskutku přizpůsobily; „zpětná evoluce“ (tedy návrat do podmínek původního chovu), trvající 50 generací, pak ukázala, že něco málo *skutečné*, tedy nevratné (ireverzibilní) evoluce se i za tuto nesmírně krátkou dobu opravdu odehrálo (Teotónio a spol., 2009).

třeba průmyslový lov ryb, představuje faktor, na který populace přirozeně reagují výraznými změnami svého životního cyklu. I když je na počátku všeho úmyslná lidská aktivita, její důsledky jsou opět nezamýšlené a pro lidi obvykle i nežádoucí (každý rybolov je v nějaké míře selektivní, pokud jde o velikost těla kořisti, což vzhledem k neukončenému růstu většiny ryb znamená přednostní likvidaci starších jedinců, takže ryby odpovídají posunem pohlavní dospělosti a rozmnožovací aktivity do nižšího věku, a tedy i zmenšováním svých těl). Klasický příklad rychlé evoluce je industriální melanismus nočního motýla drsnokřídlece březového (*Biston betularia*), jehož tmavá varianta byla před průmyslovou revolucí v Anglii v populaci zastoupena jen asi 2 %, v průběhu průmyslové revoluce vzrostlo její zastoupení v populaci v průmyslových oblastech na 98 % a později, paralelně se zlepšením kvality ovzduší, její výskyt zase začal klesat. I když skutečná adaptivní výhoda tmavého zbarvení není zcela jasná (maskování před opticky se orientujícími ptačími predátory na různě zbarvených stromech zní sice věrohodně, nebylo však jednoznačně experimentálně potvrzeno), genová analýza nedávno ukázala, že tmavé varianty mají identický genetický základ a že tato genetická novinka opravdu vznikla teprve zcela nedávno (van't Hof a spol., 2013).

Takových příkladů dnes známe stovky a týkají se i člověka samého. Dlouhodobá studie kardiovaskulárních chorob ve městě Framingham ve státě Massachusetts (1948-2008), založená na studiu asi 5 tisíc lidí a dvou generací jejich potomků (celkem 14,5 tisíc jedinců), ukázala že reprodukční úspěch žen pozitivně koreluje s menší a tlustší postavou, snížením systolického krevního tlaku a hladiny cholesterolu, pozdější menopauzou a ranějším prvním porodem. Když budeme toto poznání extrapolovat na globální měřítko a příštích 400 let, vyjde nám, že roku 2409 bude průměrná žena na Zemi o dva centimetry nižší a o kilo těžší, než je dnes, a bude mít první dítě o pět měsíců dříve a menopauzu o deset měsíců později než průměrná žena dnešních dní (Byars a spol., 2010). Extrapolace z Framinghamu na celé lidstvo je samozřejmě absurdní a těžko ji brát vážně, ale důležité je uvědomit si, že po takto drobných krůčcích evoluce postupuje - a není důvod očekávat, že před milionem let probíhala rychleji, jen její výsledky měly delší čas na to, aby se nakumulovaly, takže dnes vypadají větší.

Experimentální evoluce nám umožňuje zkoumat do detailů dříve nepředstavitelných průběh „malé“, krátkodobé *mikroevoluce*; vznik velkých evolučních změn těmito metodami stěží zaznamenáme (i když ani to není úplně nemožné, jak uvidíme z příběhu nakažlivého ďábla). Jenže to už je náš úděl: evoluce tak, jak si ji představujeme, se obvykle skládá ze samých malých, téměř nepozorovatelných evolučních změn, a i ta evoluce, která je šíleně rychlá pro paleontologa, je pořád strašlivě (velice) pomalá a nudná pro lidského pozorovatele; je to jako sedět v jeskyni a sledovat, jak roste krápník (děj z geologického hlediska velmi rychlý!).

Požaduje-li někdo jako důkaz evoluce to, že před jeho očima vznikne dejme tomu z mouchy motýl (jako když se Cimrmanova Zlatovláska změnila za plného osvětlení před zraky diváků z ošklivého chlapa v krasavici), má smůlu: takovou „evoluci“ nikdy neuvidí, žádný evolucionista si nemyslí, že by se podobné děje někdy udály.

Existují i „důkazy evoluce“, které je dobré brát velmi vážně, poněvadž se týkají přímo klíčové otázky evoluční kontinuity: *hierarchie* a *oportunismus*. Předpokládáme-li evoluci, předpokládáme zároveň (a zase hlavně Darwinovou zásluhou), že na počátku bylo v dané skupině méně druhů než dnes („společný předek“) a pak jich přibývalo, jak se evoluční linie štěpily. Bylo-li tomu takto, je nutno předpokládat, že genetické, morfologické, fyziologické či ekologické vzdálenosti mezi jednotlivými druhy nejsou stejné, že druhy vytvářejí shluky: želvy jsou si podobné, protože měly svého společného předka, a ptáci jsou si podobní, protože také měli svého společného předka. Evolučně nazíráno je to prosté a jasné: z víry v evoluci *nutně* vyplývá tato hierarchie, kterou pozorujeme všude kolem sebe. Přestaneme-li věřit v evoluci, nezbyvá než uvěřit ve *Stvořitele, který tvořil shlukovitě* (i když pochopitelně nemusel). Tak jako měl Picasso období modré a období růžové, musel by mít Stvořitel období ptačí (přes 10 tisíc druhů), krátké období želví (přes 300 druhů) a především mimořádně dlouhé období broučích (nejméně kolem 400 tisíc druhů) - neboť Stvořitel vykazuje „nadměrnou zálibu v broucích“ („*an inordinate fondness for beetles*“), jak dle známého mýtu prý kdysi řekl (ale ve skutečnosti prý neřekl) jeden ze zakladatelů moderního darwinismu John Haldane. Z víry ve Stvořitele, který tvoří každý druh zvlášť, totiž žádná hierarchie nutně nevyplývá - a budeme-li spolu s „reformovanými“ kreacionisty věřit ve Stvořitele, který stvořil jen základní typy organismů a pak je nechal, ať se dál vyvíjejí samy, máme tu zpátky evoluci a spolu s ní i stěžejní rozřešitelnou otázku, co jsou vlastně ty „základní typy“ a jak se poznají. (V tom kreacionisté vykazují podivně nepravidelně zaostřený pohled. Obvykle uznají, že takovými základními typy jsou želvy a ptáci, ale rozhodně odmítnou, že by to snad mohli být savci, primáti, lidoopi a tak podobně; vždy je totiž nezbytné - přes veškerou předváděnou reformovanost a civilizovanost soft kreacionismu - udržet samostatné stvoření moderního člověka, tady se žádná evoluce netrpí.)

Organismy však nejsou jenom hierarchicky uspořádané; organismy jsou také oportunně sestrojené. Máme zkušenost, že chce-li člověk něčeho dosáhnout (dejme tomu optimalizovat dopravu ve velkoměstě), obvykle toho úplně nedosáhne, neboť se mu pod rukama pletou různá protivenství vyvolaná všeobecnou neovladatelností složitých systémů (jako je velkoměsto). Je rozumné očekávat, že každá evoluční změna musí způsobit také spoustu neočekávaných a nezamýšlených vedlejších důsledků, na něž organismus pravděpodobně zahyne; nezahyne-li, bude bizarní mozaikou vlastností užitečných (adaptivních)

a vlastností, s nimiž jen tak tak dokázal přežít. Právě očividné konstrukční nedostatky živých bytostí jsou nejsilnějším argumentem pro neplánovanou evoluci využívající příležitostí, které jsou zrovna po ruce, neboť skutečně inteligentní designér by za sebou podobné podivnosti nezanechal.

Hierarchie a oportunismus jsou tedy poněkud zvláštní „důkazy evoluce“ – nedokazují, že evoluce je, ale že musí být proto, že „Bůh by to tak nedělal“. Tento argument lze považovat za ne zcela korektní: je definitorickou vlastností Boha, že si může dělat, co Ho napadne. Jenže v tom je právě ten rozdíl: evoluci jsme si vymysleli jako vysvětlovadlo (*explanans*) právě těch věcí, které pozorujeme a které nějaké vysvětlení vyžadují (*explanandum*), tedy nikoli těch, které nepozorujeme, a evoluční teorie je použitelné vysvětlovadlo pouze tehdy, když toto velmi specifické vysvětlení dodá. Darwinistickou analogií inteligentního designéra, který může cokoli, by bylo tvrzení „všechno vzniklo přirozeným výběrem (a kdyby bylo vzniklo něco jiného, bylo by to také přirozeným výběrem)“, tedy tvrzení zaprvé neplatné, ale především – i kdyby bylo platné – absolutně nezajímavé. Abychom se mohli radovat, že naše vysvětlovadlo opravdu něco vysvětluje, nesmí být *a priori* vymyšleno tak, aby bylo schopno vysvětlit bez výjimek *cokoli*.

### Box 1.7: Evoluce Terminátora

Dobrym příkladem přirozené evoluce, a to přímo z našeho praktického života, může být Terminátor. Jak známo, systém umělé inteligence Skynet se 29. srpna 1997 z nejasných důvodů vzbouřil proti lidstvu a začal jadernou válku; pak se události poněkud zkomplikovaly, ale důležité je, že budoucnost (a kupodivu i minulost, ale to teď nechme stranou) je plná terminátorů, robotů vraždících lidi. Jsou velcí a silní jako Schwarzenegger, kráčejí na ocelových nohách a v ocelových prstech svírají palné zbraně. Taková věc mohla vzniknout jen přirozeně, dejme tomu postupnou kyborgizací živých mistrů bojových umění, ale rozhodně ne činností alespoň elementárně inteligentního designéra. Kdybychom měli navrhnout, jak má Terminátor vypadat, aby fungoval, asi by měl spíše pásy nebo kola než nohy a především jeho zbraně by byly spíše zabudované přímo v něm po způsobu tanku, než aby je nosil v ruce (pouze pro nenápadnou infiltraci mezi lidi by se hodili terminátoraři-špioni podobní běžným občanům, aspoň do té míry, do jaké se člověku podobá Schwarzenegger). Roboti vytvoření inteligentními konstruktéry se lidem vůbec nepodobají, poněvadž k jednoduchým úkolům, jimiž se zabývají (od montování součástek aut na výrobní lince po vraždění lidí), lidskou anatomii nemohou využít. On by ji člověk také nevyužíval, kdyby nevznikl přirozenou evolucí z opice. Tohle platí obecně: co s sebou vláčí zjevné stopy své minulosti, to patrně vzniklo spíše evolucí. (Podotkněme na tomto místě, že jsme tu k evoluci Terminátora přistupovali tak, jak jsme zvyklí z evoluční biologie, tedy rekonstrukcí procesů, které proběhly a už nejsou vidět, pomocí toho, co se zachovalo. Znalci toho, jak se terminátoraři skutečně opravdu reálně vyvíjeli, pochopitelně existují – podobně jako znalci fungování Hvězdy smrti – ale na internetu si je musíte najít sami. My také nemůžeme rozumět všemu.)

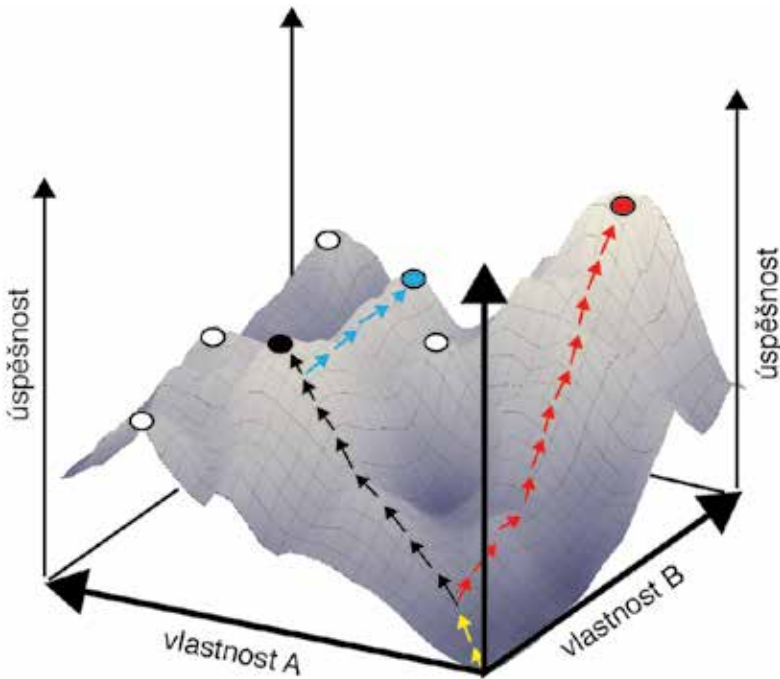


## ADAPTIVNÍ KRAJINA

Druhy se svému prostředí přizpůsobují tak, že jednotlivci v rámci druhů jsou různě úspěšní v soutěži o reprodukci, a různě úspěšní jsou proto, že mají různé vlastnosti. To má několik závažných důsledků. Především se druhy adaptují jaksi mimoděk, „přizpůsobení“ druhu je druhotný důsledek úspěšného života jednotlivce, nikoli cíl. A také to znamená, že výsledek takového přizpůsobení pak mnohdy vypadá jinak, než bychom si představovali.

Miliony způsobů života se samozřejmě liší v milionech různých parametrů, jimiž je můžeme popsat, ale zkusme si tento „prostor“ různých životních strategií zjednodušit do podoby prosté dvourozměrné „mapy“. Taková zjednodušená mapa nemusí to, co o světě víme, nijak zásadně zkreslovat, pokud jsou si na ní – tak jako v realitě – jedinci s podobným způsobem života bližší než jedinci se způsobem života výrazně odlišným. Přidáme-li třetí rozměr, totiž celkovou reprodukční úspěšnost příslušného způsobu života, vznikne „adaptivní krajina“ s vrcholy jako místy maximální úspěšnosti i údolními temné beznaděje mezi nimi (obr. 1.6). Umístění organismu na mapě adaptivní krajiny je dáno souborem jeho vlastností morfologických, genetických či ekologických; a evoluce je změna těchto vlastností neboli posun druhu z bodu A do bodu B na mapě adaptivní krajiny. Na mapu můžeme z místa, kde se druh zrovna nachází, nakreslit šipku libovolným směrem – ale právě jenom na dvourozměrnou mapu. Určité změny vlastností organismů (neboli evoluce určitým směrem) jsou ve skutečnosti zakázané, poněvadž o reálnosti evolučních změn rozhoduje ten třetí, „výškový“ rozměr, který z mapy dělá krajinu a z čar horské stezky. Změny, které zhoršují schopnost organismů přežít a rozmnožit se, mohou vzniknout, ale nemohou se uplatnit a rozšířit; neúspěšný principiálně nemůže vyhrát nad úspěšným, protože kdyby vyhrál, už by nebyl neúspěšný. Adaptivní evoluci si tedy můžeme představit jako šplhání po úbočí adaptivních kopců směrem k jejich vrcholům, čili jako „vylepšování“ organismů. Věc je ještě komplikovaná faktem, že adaptivní krajina není něco stálého, ale může se někdy proměňovat prakticky stejně rychle, jak se jí organismy přizpůsobují, poněvadž krajinu reprodukční úspěšnosti tvoří z velké části jiné organismy, které se také přizpůsobují (třeba paraziti a predátoři). Evoluci v adaptivní krajině si spíše než jako zlézání hory můžeme představit jako mimořádně náročnou (ne-li z velké části marnou) snahu vylézt na hrbol matrace naplněné vodou.

Adaptivní vlastnosti organismů vznikají obvykle postupně, v malých krůčcích, s mnoha přechodnými články. Každý z těchto „mezikroků“ byl samozřejmě reálný žijící a množící se organismus; každý „mezikrok“ musel být životaschopný, a to přinejmenším stejně, ne-li lépe, než stav, který mu předcházel. Kdyby byl organismus s novou vlastností horší než jeho předchůdce, nemohl by jej reprodukovat



**Obr. 1.6:** Adaptivní krajina: změna barvy symbolizuje změnu genetickou (mutaci) – může svého nositele poslat novým směrem, ale i tam může pouze šplhat k nejbližšímu vrcholku.

předstihnout a vytlačit, a novinka by tudíž nemohla přetrvat. Důsledkem tohoto pravidla adaptivní evoluce je, že druhy mohou pouze stoupat k vrcholu, u jehož úpatí se ocitly, a čím výše se už dostaly, tím menší je šance, že by mohly tento vrchol opustit a vydat se někam jinam. I když je sousední adaptivní vrchol třeba vyšší (a nabízí tedy úspěšnější způsob života), přes údolí se k němu nelze dostat, neboť cesta do adaptivního údolí by znamenala alespoň dočasné vítězství těch méně adaptovaných, méně životaschopných či méně úspěšných; proto mohou existovat i neobsazené adaptivní vrcholy (bílé kroužky na obr. 1.6). Kdo se na horské túře snaží zásadně neztrácet výšku, ten daleko nedojde; jenže selekce organismy opravdu nutí, aby výšku neztrácely – proto od evoluce nemůžeme čekat zázraky.

Metafora adaptivní krajiny (převzatá od Sewalla Wrighta - box 1.10 - který to ovšem myslel poněkud jinak) ukazuje, že evoluce nedosahuje dokonalých, „globálně optimálních“ řešení, neboť každý evoluční krok je pevně svázán s konkrétním bodem v adaptivní krajině, odkud se má vykročit. Organismy nemají

při výběru řešení potřebnou volnost proto, že nemohou přerušit historickou kontinuitu, která je spojuje s jejich minulostí, s jejich předky. Je to omezení, ale také to umožňuje postupně kumulovat evoluční změny z minulosti; organismus nemusí všechno, co potřebuje, vynalézat sám, stačí mu modifikovat to, co zdědil. Řečeno obecně: organismus je „systém s pamětí“ a jeho chování závisí nejen na momentální kombinaci vstupních signálů, ale také na signálech, s nimiž se setkal v minulosti, a to často ve velmi dávné minulosti milionů a miliard let.

Tím se dostáváme k druhému zásadnímu pilíři darwinismu: není to jen teorie přirozeného výběru, ale také teorie společného původu všech druhů a jejich postupného odlišování, neboli Darwinovými slovy „(*common*) *descent with modification*“ (tedy „společný původ s obměnami“). To, co je na Darwinovi nejpodstatnější a svého času to bylo to nejrevolučnější, je právě důraz na historii, paměť, na kontinuitu. Jsme směsí vlastností, které jsme zdědili po předcích (*descent*), a našich vlastních evolučních novinek (*modification*), ale ty novinky nemohou vznikat z ničeho, jsou to právě jenom modifikace toho, co bylo.

Kdyby byl každý druh nezávisle stvořen (a ne úplně nešikovně), musely by být organismy mnohem dokonalejší, než jsou. Právě očividná nedokonalost organismů se tak stává nejlepším důkazem evoluce (proto se o tuto nedokonalost vedou ideové spory; viz boxy 6.11 a 6.12). Je to ovšem důkaz takové evoluce, kterou vidíme jako nezamýšlený důsledek individuálních osudů jednotlivců. Evoluce takto pojatá není Obecný Princip vládnoucí světu, nýbrž obvykle oportunistické řešení okamžitých problémů, s nimiž se organismy setkávají, přičemž alternativou bývá zánik. Zmiňujeme se o tom proto, že mnozí upřímní evolucionisté berou evoluční příběh jaksi mysticky; obvykle pak píšou *Evoluci* s velkým *E*. To nemá s dnešní evoluční biologií nic společného - organismy nemají žádnou povinnost se měnit a darwinovská evoluce není ani Policajt, který hlídá, zda se organismy řádně zdokonalují, ani Učitel, který jim káže, že (a jak) to mají dělat. (S „*Evolucí*“ je to jako s „*Přírodou*“. Z faktu, že když je hodně myší, vrhne se na ně hodně predátorů a ti velikost myší populace zase zredukují, mnozí lidé vyvozují, že moudrá Matka Příroda usiluje - a úspěšně - o udržení Rovnováhy. Kupodivu jen málokdo užívá stejného myšlenkového vzorce, když vidí, jak moudrá Matka Příroda vysílá velké množství slimáků na lokalitu, kde se katastrofálně přemnožila kapusta, tedy na takzvaný záhon; v takovém případě je neorganizované sobectví požíračů kapusty, kteří prostě jen využívají rozsáhlý zdroj, jaksi přirozenějším vysvětlením. O Rovnováhu nikdo neusiluje; rovnováha spontánně vzniká prostě proto, že poté, co sežrali všechnu kapustu, přebyteční slimáci hynou hladu.)

**Box 1.8: QWERTY: evoluce klávesnice**

Svět, v němž žijeme, není dokonalý a ani organismy nejsou dokonalé. Podívejme se proto na to, jakým způsobem vznikají a jak se zachovávají vlastnosti organismů; a použijme metaforu (pocházející původně od slavného paleontologa Goulda; box 6.13) z oblasti, o které si myslíme, že jí dobře rozumíme, z oblasti technologického pokroku. Tato kniha vznikla na počítači se standardní klávesnicí (nazývanou dle písmen v horní řadě *QWERTY*), a to obvykle pomocí dvou ukazováků. Ti, kdo se nikdy nenaučili psát všemi deseti, nemají žádné zvláštní nároky na rozmístění písmen na klávesnici; stačí, když písmenka najdeme tam, kde je hledáme. Píše-li však někdo všemi prsty najednou, je toto uspořádání písmen na klávesnici nevýhodné: většina samohlásek (*E, Y, U, I, O*) se nachází v horní řadě, takže je nutné k těmto klávesám natahovat prsty a opouštět základní řadu, a jediná výjimka, totiž *A* (jedno ze dvou nejčastěji psaných písmen, druhé v pořadí v češtině, angličtině i němčině, ale první třeba v portugalské či turečtině), je umístěno sice v prostřední řadě, ale zcela vlevo, takže je mnohoprstí písaři tisknou levým malíkem, pro většinu lidí tím nejnemožnějším ze všech prstů (zatímco druhé ze dvou nejčastějších písmen, *E*, je nahoře a ještě k tomu výrazně posunutě doleva, tedy také daleko od středu klávesnice). Standardní klávesnice je tedy z ergonomického hlediska velmi hloupý vynález. Přesto s touto klávesnicí píšeme a bylo by dobré vědět proč.

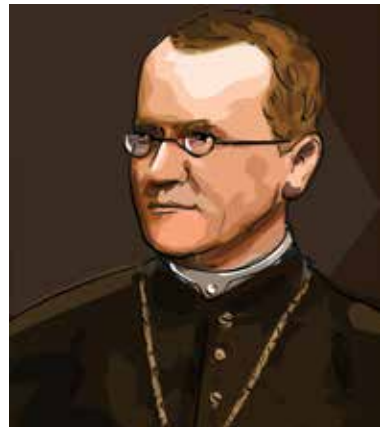
QWERTY pochází z šedesátých let 19. století; je tedy tak stará jako psací stroj. Tehdy se psalo na mechanických strojích, u nichž nebylo vidět, co se píše (dívat se na vytvářený text lze až na modernějších strojích, asi o třicet let mladších), a kovové páčky bušící do papíru se snadno zasekly a zamotaly, když člověk stiskl více kláves najednou. Kdo psal rychle, měl velkou šanci, že píše nesmysly, ale ověřit si to mohl, až když vyndal papír ze stroje. Jediná cesta, jak člověku zabránit, aby psal nebezpečně rychle, je vytvořit ergonomicky absurdní klávesnici, kupříkladu právě QWERTY. Tato klávesnice je nástroj pro *pomalé* psaní. QWERTY převládla koncem 19. století, a to takto: jakási slečna Longleyová vynalezla metodu osmi-prstého psaní (dosud užívanou), začala ji vyučovat a vydala i brožurku na toto téma. Zároveň začala firma Remington vybavovat strojopisné školy svými stroji a ty měly klávesnici QWERTY. Lidé se učili psát na remingtonkách, a začali si tedy na QWERTY zvykat, QWERTY se stala standardní klávesnicí, normou, a kdo chtěl vyrábět psací stroje, musel přejít na ni. Dnes může každý psát, jak se mu zlíbí, protože klávesnici počítače si může libovolně přeprogramovat, ale nikdo to nedělá, protože by se musel přeučit to, co už zvládá (k povyražení úplně postačí, když musíme hledat *Y* a *Z* na různých variantách standardní klávesnice).

Plyne z toho několikrát evoluční poučení: věci se dlouhodobě udržují proto, že se už předtím nějakou dobu udržovaly; úspěšné je to, co plní svou funkci, a je dost jedno, plní-li ji to „dobře“ nebo „špatně“, když není s čím srovnávat; věci vznikají proto, aby k něčemu byly, ale pak se klidně mohou užívat i k něčemu jinému, když to aspoň trochu jde; a skoro všechno je historická náhoda. To všechno jsou důvody, proč dokonalost neexistuje, a nekonstruuje-li náhodou svět mimořádně inteligentní designér, existovat ani nemůže. Když se dobře soustředíme, uvidíme, jak se v případě QWERTY odráží celý evoluční proces.

## GENETIKA, NEODARWINISMUS, GENOCENTRISMUS

Abychom vůbec mohli u konkrétních organismů očekávat reprodukční soutěž mezi jedinci, musí existovat rozmnožování spojené s dědičností. Tato podmínka je přirozeně splněna, ať už je toho dosaženo jakkoli; připomeňme si, že evoluční teorie vznikala v době, kdy se o podstatě dědičnosti nevědělo vůbec nic. Druhou podmínkou darwinovské evoluce je ale paradoxně právě neúplná dědičnost, neúplná spolehlivost mezigeneračního přenosu vlastností. Jejím důsledkem je jistá proměnlivost potomstva, takže se vítězové v reprodukční soutěži nějak liší od poražených. V každém evolučním kroku se potomci liší jak od svých rodičů, tak i mezi sebou; mnohé z těchto odchylek jejich život neovlivní, jiné jej zhorší a ještě jiné (ty nejvýznamnější) jej zlepší. Teprve tak získává selekce materiál, s nímž může efektivně pracovat.

Právě povaha biologické variability byla zdrojem kontroverzí, které počátkem 20. století darwinismus skoro pohřbily. Vznik genetiky, spojený se jménem brněnského opata Johanna Gregora Mendela (obr. 1.7), Darwinova současníka, byl pro celou tehdejší biologii velkou ranou. Mendelovy pokusy ukázaly, že variabilita potomstva nesouvisí se vznikem nových vlastností, které by pak mohly být testovány přirozeným výběrem, ale že je dána pouze novou kombinací neměnných a vzájemně nezávislých „vloh“ („genů“) pro tyto vlastnosti, které byly přítomné už u rodičů (i když se u nich třeba neprojevovaly). Zdálo se zkrátka, že darwinovská evoluce nemá genetický materiál pro vznik něčeho skutečně nového. Sám Darwin Mendelovy práce patrně nečetl (klíčová publikace *Versuche über Pflanzen-Hybriden* je o šest let mladší než *Původ druhů*) a lze očekávat, že by je nepovažoval za příliš relevantní (jako tehdy skoro nikdo, uznání Mendela přišlo až na počátku 20. století). Koneckonců Darwin by potřeboval to, čemu se později začalo říkat „kvantitativní genetika“, tedy variabilitu typu „krátký ocas - nepatrně delší ocas - ještě o něco delší ocas...“, z níž lze postupně selektovat nejvýhodnější variantu, zatímco Mendelova dědičnost typu „zelený hrách × žlutý hrách“ zdánlivě nedávala pro evoluci žádný prostor (maximálně jedna varianta zmizí, druhá převládne, a bude po všem). Darwinismus zachránil až objev *mutací* (změn dědičných vloh) začátkem dvacátého století.



Obr. 1.7: Johann Gregor Mendel (1822–1884).

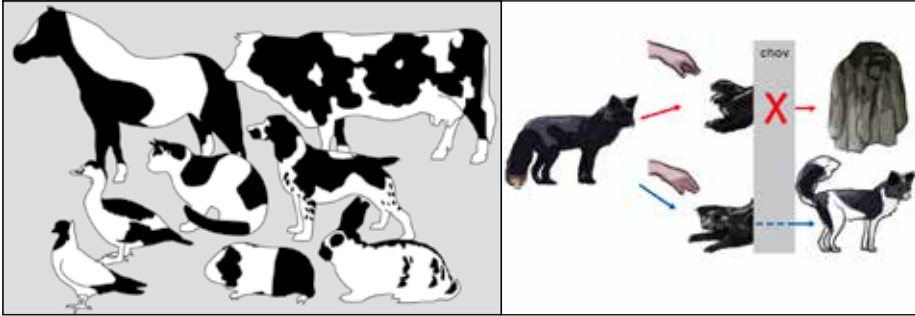
**Box 1.9: Umělá selekce**

Už Darwin se intenzivně zabýval umělou selekcí; ta má tu výhodu, že probíhá do slova pod našima rukama. Má ale také jednu nevýhodu: bdí nad ní racionální činitel vědomý si cíle, jehož chce dosáhnout, totiž šlechtitel; tím se zásadně liší od selekce přirozené, jejíž podstatou je právě nezacílenost. Že si ani šlechtitel často není tak úplně vědom toho, co chce, a že se mu šlechtěný materiál pod rukama bouří, je jasné. Řada vlastností domestikovaných zvířat zjevně vzešla ze selekce zaměřené na něco jiného, prostě proto, že jednotlivé vlastnosti organismů jsou funkčně propojené. V padesátých letech 20. století zahájil ruský genetik Dmitrij Beljajev v Novosibirsku dlouhodobý výzkumný projekt, který běží doposud – šlechtil stříbrné lišky podle jejich povahy, takže se do dalšího chovu dostali jen jedinci přátelští a mírní. Po 40 letech (tedy 30–35 generacích) přísné selekce se ustálila populace lišek, které byly krotké a přítulné a kromě toho vykazovaly i změny hormonálního profilu a průběhu ontogeneze. Zajímavé je, že tato zvířata nesla také znaky, které vůbec nebyly předmětem selekce: sklopené ušní boltce, nahoru zatočený ocas i strakatou srst (obr. 1.8). Zvíře není soubor nezávislých „vlastností“ deterninovaných nezávislými geny, zvíře je zvíře; Beljajev tak vlastně zopakoval vyšlechtění „psa z vlka“, tentokrát tedy z lišky; za pozornost stojí, jak krátkou dobu to trvalo.

Německý ovčák či anglický buldok jsou jistě i kulturními artefakty a vypovídají mnohé o svých tvůrcích (srovnejme pragmaticky užitečnou německou psí plemena s jejich mnohdy ultraspecializovanými anglickými protějšky, které navozují podezření, že vznikly jako následek sázky dvou džentlmenů v klubu – o deviantních plemenech orientálních nemluvě). Jenže to hledíme na umělou selekci očima šlechtitele; ten ovšem dosahuje svých cílů tím, že využívá (obvykle nevědomky) genetických a ontogenetických procesů probíhajících ve šlechtěných organismech.

Podíváme-li se však na domestikaci z hlediska domestikovaných, rozdíly mezi přirozenou a umělou selekcí se začínou rozplývat. Soutěž, v níž vyhráli úspěšní adepti domestikace nad neúspěšnými, se ničím zásadním neliší od soutěže probíhající mezi jedinci jiných druhů v lesích či mořích. Tak jako lední medvěd s huňatým kožichem porazil v konkurenci medvěda, který zmrznul, i kůň, který nekope, červený kanár a skalára, která žere granule, zanechali relativně víc potomků, a tím zvítězili nad svými konkurenty, kteří kopali, byli nenápadně hnědaví či vyžadovali živou potravu. Někteří domestikanti jsou úspěšní proto, že ve svůj prospěch zneužívají lidskou potřebu jíst, oblékat se či transportovat těžké předměty, zatímco ostatní zneužívají naši vnitřní potřebu mít doma něco pěkného a závislého – podobně to dělají i adoptované děti. Kočka domácí byla trefně charakterizována jako zvíře, které krmíme proto, že když dostane nažrat, tváří se spokojeně. Podstatě domestikace vůbec nejlépe porozumíme, budeme-li domácí zvířata a pěstované rostliny považovat spíše za organismy extrémně přizpůsobené životu v lidských sídlech (tedy za analogii potkanů či švábů) než za naše otroky; pak není důvod vyčleňovat je ze standardní evoluční teorie a ostýchat se používat je pro pochopení jejích zásadních principů. Mimořádně dobře se hodí k pochopení faktu, že selekce není všemocná, ani když se selektující činitel opravdu hodně snaží.

Posléze se totiž zjistilo, že ony vlohy, které se předávají z generace na generaci, nejsou zcela neměnné. Ať už je jejich podstata jakákoli (což se tehdy pořád



**Obr. 1.8:** Bílé (depigmentované) kožní oblasti (skvrnitost) typické pro mnoho domácích a laboratorních zvířat a domestikace stříbrné lišky: po několika generacích selekce ve prospěch nekousavosti se v chovu objevila zvířata se skvrnitou srstí.

ještě nevědělo), občas vznikne odchylka, jaká nikdy předtím neexistovala.

Poznáním, že jedna vlohá se vyskytuje ve vícero variantách, vzniklých mutacemi, došlo nenápadně k podstatné změně pohledu. Klasický darwinismus předpokládá výběr mezi potomky rodičovské generace, daný prostým faktem, že ne všichni potomci zplodí svoje vlastní potomstvo. Uvažujeme-li však o vlohách pro vlastnosti organismů, uvažujeme o něčem, co se mění jen velmi vzácně, rozhodně ne při každém aktu rozmnožení. Nejde už tolik o výběr mezi jedinci, ale právě o výběr mezi různými vlohami v celých populacích, neboť různí jedinci sdílejí tytéž vlohy (byť v různých kombinacích). Chceme-li se zabývat přirozeným výběrem na této úrovni, musíme studovat šíření, konkurenci a přetrvávání neměnných či velmi pomalu se měnících vloh v populacích. Zrodila se populační genetika a myšlenkový směr, který uvažuje o evoluci především jako o změnách zastoupení jednotlivých vloh v populacích: *neodarwinismus*.

Přirozený výběr v neodarwinistickém pojetí je tedy soutěž mezi různými vlohami pro danou vlastnost. Konkurují si ovšem jen takové vlohy, které se mohou navzájem nahrazovat. Těmito alternativním vlohám říkáme *alely* a soubor vzájemně zastupitelných alel, které určují různé verze jedné vlastnosti či funkce, je *gen*. To, čím se alely jednoho genu liší, jsou právě zmíněné mutace; mutace dělá z alely jinou alelu. „Gen pro barvu květu růže“ tak zahrnuje několik konkurujících si alel, dejme tomu „alelu pro žlutou barvu květu“ a „alelu pro červenou barvu květu“, a jejich konkurence spočívá v soutěži o obsazení reálně existujících jedinců růží, jichž je na světě přirozeně konečný počet. Už dlouho víme, že jednotlivé geny můžeme identifikovat prostorově, jako místa (*lokusy*) na chromozomech, a že alely si konkurují proto, že v daném lokusu jich nemůže být více. (Zde poprvé narážíme na terminologický problém - pojmem „gen“ se v současné biologii někdy míní alela, jindy lokus, a někdy ještě něco úplně jiného. Navíc podotýkáme,

**Box 1.10: Neodarwinismus**

Slovo „neodarwinismus“ prý používáme špatně, protože původně se pod tím pojmem rozuměla relativně nevelká modernizace darwinismu z konce 19. století, zatímco to, čemu říkáme „neodarwinismus“ my, by se mělo označovat jako „moderní syntéza“ či „nová syntéza“, což nejsou pojmy zrovna informačně nabitě (jakousi „novou syntézu“ mají i ekonomové). Budiž. V evoluční biologii pod neodarwinistickou „novou syntézou“ rozumíme syntézu genetiky s darwinismem, která proběhla v druhé polovině třicátých let a ve čtyřicátých letech 20. století a která je spojena hlavně se jmény matematicky založených populačních genetiků, jako byli Ronald Fisher, Sewall Wright, Theodosius Dobzhansky (zamlada Feodosij Grigorjevič Dobřanskij) či John B. S. Haldane. Tehdy vlastně vznikla celá moderní biologie. Základy neodarwinistické syntézy můžeme shrnout takto: 1. všechny evoluční jevy jsou konzistentní se známými genetickými procesy; 2. evoluce je pozvolná, gradualistická (byť rychlost evoluce nemusí být konstantní); 3. přirozený výběr je zásadní síla evoluční změny, která dokáže pracovat i s nepatrnými odchylkami; 4. pro evoluční myšlení je zásadní myslet v rozměru populací, ne jedinců (Dobzhansky: „evoluce je změna frekvence alel v genofondu populace“). Z té doby pochází metafora „adaptivní krajiny“ (Wright) i slavná věta „Nic v biologii nemá smysl, ledaže se na to díváme ve světle evoluce“ (zase Dobzhansky). Z druhé strany se na nové syntéze podíleli i paleontologové (George Simpson) a systematici (Ernst Mayr), Simpsonův význam spočíval především v tom, že odmítl, že by z fosilního záznamu plynula lineární, „pokroková“ evoluce a ortogeneze (box 5.1), nebo dokonce lamarckismus; syntéza paleontologie s darwinismem byla tehdy stejně významná jako evoluční osvojení genetiky, protože podpořila představu větvící se („stromovitě“), nepravidelně rychlé a nenasměrované fylogeneze. Z Mayrova díla pak přežilo jeho učebnicové pojetí biologického druhu jako společenství jedinců, kteří se spolu plodně kříží, a naopak se nekříží s příslušníky jiných druhů, a představa, že nové druhy vznikají z geograficky izolovaných populací; Mayr tak vlastně usiloval popsat, co se děje uvnitř uzlů „stromů života“.



**Obr. 1.9:** Sewall Green Wright (1889–1998).



**Obr. 1.10:** Theodosius Dobzhansky (1900–1975).



**Obr. 1.11:** George Gaylord Simpson (1902–1984).



že použité barbarské skloňování latinského slova *locus* neboli „místo“ není náš vynález, ale univerzální a učebnicemi posvěcený obyčej.) „Konkurence“ různých alel téhož genu není samozřejmě žádný aktivní, či dokonce vědomý boj; je to náš popis faktu, že různé alely jsou různě úspěšné v obsazování dostupných lokusů, a že právě proto vydrží v populaci různě dlouho.

Přirozený výběr je potom tedy poměrně dosti specifický proces. To, že různé jevy různě dlouho přetrvávají, často jedny na úkor druhých, je obecný princip a týká se opravdu všech jevů. Jenže v biologii má většina jevů tak či onak krátké trvání a dlouhodobě přetrvat nemohou, protože k životu jedince patří i jeho smrt. Jedinci stále vznikají, množí se a zanikají; jedinci nemají žádnou historii, která by stála za řeč. Tvary, barvy, chování i konkrétní kombinace alel v buňkách – to vše smrtí jedince zaniká. A nejen to: v jednobuněčných stádiích pohlavních buněk (gamet) a oplozeného vajíčka (zygoty), jimiž mnohobuněčné organismy procházejí, vůbec žádné tvary, barvy či chování dospělých jedinců nenajdeme a během individuálního vývoje (ontogeneze) jedince musí jeho vlastnosti vznikat znovu. Všechny tyto vlastnosti jsou přitom dědičné, takže evidentně nepovstávají z ničeho, nýbrž na základě nějaké přetrvávající paměti. Proto nás musí zajímat to, co přežívá smrtí jedince, co se předává z generace na generaci, co se vůbec může nějak projevat v milionech a miliardách let historie organismů.

U pohlavně se množících organismů jsou to právě jen jednotlivé alely. Genomy těchto organismů, tedy soubor všech jejich alel zděděných od otců i od matek, se totiž z rodičů na potomky nepředávají vcelku. Genom rodiče se rozbíjí během tvorby pohlavních buněk v procesu, kterému říkáme *rekombinace*; původně otcovské a původně mateřské alely se rozcházejí k jednotlivým potomkům, ale v nově zkombinovaných chromozomech. Ale i kdyby rekombinace nebylo, samo náhodné rozdělení (*segregace*) otcovských a mateřských chromozomů do pohlavních buněk by stačilo na vytvoření nových, unikátních genomů. Segregace míchá celé chromozomy, rekombinace míchá alely v chromozomech. Proto je každý z nás geneticky unikátní: své alely jsme sice zdělili od rodičů, ale naši individuální kombinaci alel žádný z našich předků neměl, nemají ji naši sourozenci a nebudou ji mít ani naši potomci. Rekombinace ničí jedinečné genomy stejně efektivně jako smrt. Alely jsou základními jednotkami evoluce proto, že pouze ony přetrvávají do dalších generací – proto je také vůbec vidíme jako jednotky hodné pozornosti.

Soustředění pohledu na osudy alel vedlo v šedesátých letech 20. století ke „genocentrické“ revoluci v evoluční teorii. Nejde o nic menšího než o převrácení tradičního biologického („organismocentrického“) pohledu. Na evoluci lze pohlízet jako na hru mezi jedinci soutěžícími o to, kdo se nejvíc rozmnoží, přičemž jim jejich alely slouží jako vlohy pro jejich individuální kvality, tedy vlastně jako zbraně. Ale evoluci můžeme chápat i přímo jako hru mezi alelami soutěžícími

**Box 1.11: Na cestě k „sobeckému genu“**

K další revoluci se v evoluční biologii začalo schylovat dvacet let po „nové syntéze“. Zatímco za vznikem neodarwinismu stáli především populační genetické, tady už hrají hlavní roli profesionální evoluční biologové, pocházející původně z oblasti ekologie či etologie. „Genocentrickou revoluci“ zahájil George Williams knihou *Adaptation and Natural Selection* (1966); z jeho prací pak vycházeli Bill Hamilton, Robert Trivers, John Maynard Smith (evolučně stabilní strategie), Edward Wilson (sociobiologie) a především Richard Dawkins (konkurence alel neboli „sobecký gen“). Dawkinsova zásadní kniha *Sobecký gen (The Selfish Gene)*, 1976, česky 1998) tedy není úplně originální, nicméně teprve Dawkins dokázal tehdy deset let starou myšlenku prosadit v široké veřejnosti. Zavedení charismatického pojmu „sobecký gen“ bylo ovšem dvojnásobné: ze všeobecně nesrozumitelné interalelické selekce se stalo téma pro elegantní konverzaci na rautech, což se vědeckým teoriím stává právě jenom za cenu jisté vulgarizace; výsledkem bylo a je hluboké nepochopení věci. Zásadní argument proti „sobeckému genu“ zní, že gen je kus DNA, tedy molekula, a molekula nemá morální vlastnosti, a sobecká tudíž být nemůže. To je pak těžká řeč. Klasický darwinismus si představoval, že úspěšní jsou jedinci, kteří dokázali přežít a rozmnožit se lépe než konkurence a *na úkor* této konkurence; takovýmto jedincům máme ve zvyku říkat, že jsou „sobečtí“. Když svůj pohled zaostříme na geny, zjistíme, že i zde jsou úspěšné ty, které dokázaly přetrvat, zkopírovat se a obsadit existující organismy lépe než konkurenční geny; říkat jim geny „sobecké“ je tedy nasnadě, ale právě jenom kvůli analogii se sobeckým jedincem. Sobecký gen si pochopitelně nic nemyslí, nic nechce, na nikoho nenevraží, nikomu neublíží, sobecký gen prostě jenom jest (na rozdíl od svých méně úspěšných konkurentů, kteří už nejsou), a to proto, že ovládl nějaký grif, který jeho konkurenti neovládli, nikoli proto, že by svým konkurentům musel nutně aktivně škodit (i když i takoví se najdou a bude o nich řeč). Díky sobeckým genům navíc nemusí být sobečtí ti jedinci (kteří si ostatně obvykle také nic nemyslí a nic nechtějí, jenom si to u nich snáz představujeme). Tím, že se zaměříme na geny a jejich fungování, jaksi snímáme z jedinců břímě jejich evolučně relevantní role, a vysvětlíme tak celkem snadno třeba i altruismus, tedy nesobeckost. „Sobecké“ jsou tudíž všechny geny bez výjimky, a nejen geny: Dawkins byl první, kdo aplikoval myšlenkový aparát biologického „genocentrismu“ i mimo biologii, na kulturní evoluci (box 3.3). Ale Dawkins stál i na počátku úplně nových evolučních myšlenek, které z genocentrické koncepce života plynou, namátkou zmiňme „rozšířený fenotyp“ a model „zelenovouse“. Před čtyřiceti lety zkrátka vypukla dawkinsovská „genocentrická“ revoluce a vytvořila myšlenkový prostor, v němž všichni řeší víceméně stejné otázky, neboť žádné jiné už nás ani nenapadají.



**Obr. 1.12:** George C. Williams (1926–2010).



**Obr. 1.13:** Richard Dawkins (\* 1941).

o přetrvání, a to prostřednictvím těl, která si kvůli tomu vytvářejí. Jde o názorovou změnu podobnou změně geocentrismu v heliocentrismus v astronomii: oba pohledy jsou oprávněné, poněvadž pohyb je relativní a vše by opravdu bylo možno popsat jako složitý systém pohybů různých hvězd a planet kolem nehybné Země, jenže ten popis by byl - na rozdíl od vcelku jednoduchého obíhání všech planet kolem Slunce - neúměrně složitý. Také genocentrický pohled je z formálních popisů evoluce ten nejúspornější.

Analogie genocentrismu a heliocentrismu nás vede k otázce, proč dnes dáváme genocentrismu přednost, co nového nám vlastně genocentrický pohled umožňuje. Pro mnoho biologických jevů se genocentrické vysvětlení jeví jako obtížné až násilné a člověka to svádí, aby je vysvětloval nějak jinak; jenže v tom to právě vězí: genocentrismus nám umožňuje *jednotné* uchopení mnoha různých jevů. Klasický darwinismus byl nucen každou chvíli měnit jazyk, kterým o různých biologických jevech vypovídal. Když se zjistilo, že v rámci rodiny jedinci spolupracují, místo aby spolu nelítostně soupeřili, a že mnozí se pro samou spolupráci nerozmnoží vůbec (třeba naprostá většina dcer v rodině včel nebo mravenců a skoro všichni termiti, tedy dohromady velmi výrazná část biomasy živých organismů na této planetě), nezbylo než zavést úplně novou kategorii „příbuzenského výběru“, kde je všechno tak trochu jinak: jedinci sice soupeří o reprodukční úspěch, ale pokud jsou si blízké příbuzní, usilují o celkový prospěch svých rodin, takže vlastně nesoupeří každý s každým, nýbrž pouze ti jedinci, kteří si nejsou blízké příbuzní... Vnímáme-li evoluci z pohledu alel, nejsou takové interpretační přeskoky vůbec třeba. Na příbuzenském altruismu není z genocentrického hlediska nic divného, poněvadž blízké příbuzní jedinci mají s vysokou pravděpodobností i stejné alely. Není důvod, proč by se alely měly šířit zrovna jenom prostřednictvím toho těla, v němž se právě vyskytuje jedna z jejich kopií, a ne prostřednictvím jiných těl, kde jsou přítomny jejich úplně stejné kopie. Alela, která určuje sobecké chování jedince na úkor všech ostatních jedinců, se do další generace s určitou pravděpodobností dostane, ale alela, která určuje nesobecké jednání jedince k příbuzným jedincům, se tam s určitou pravděpodobností také dostane (totiž skrz úspěšnost těch příbuzných jedinců), a není *a priori* vůbec jisté, která z těch dvou pravděpodobností bude nakonec vyšší.

Darwinovský (a dawkinsovský) „egoismus“ je tedy něco úplně jiného, než si pod tímto termínem lidé představují. Jakákoli vlastnost, máme-li ji brát vážně, musí především dlouhodobě přetrvávat, musí mít nějaký přežívací trik. Není těžké si povšimnout, že velmi mnoho živočichů se chová nezištně a obětavě a že tyto vlastnosti ze světa nemizí, že nejde jen o individuální poblouznění, z něhož dotyčný vystřízliví (nebo na ně zahyne), nýbrž o zásadní vlastnosti příslušných druhů. Altruistické chování, které dokáže dlouhodobě přežít a šířit se, plně odpovídá definici darwinovského úspěchu (a je tedy „sobecké“); naopak

chování skutečně egoistické, které způsobí, že dotyčného nikdo nemá rád a vyženou ho z tlupy do lesa, kde bídně zhyne, bylo zjevně evolučně neúspěšné. To, co darwinismus předpokládá, je jakási směs individuálního egoismu a altruismu, ovšem směs přesně specifikovaná: za určitých okolností je k určitému bližnímu lepší být altruistou, zatímco za jiných okolností k témuž jedinci (či za jakýchkoli okolností k jinému jedinci) je lépe být egoistou. Ty okolnosti lze přesně specifikovat a předpovídat a potom zjišťovat, zda výsledným evolučním modelům reálné chování zvířat (a lidí) opravdu odpovídá.

Známe však i geny, které dosahují svých úspěchů *na úkor* organismů, v nichž sídlí, což je pro organismocentrické vidění světa jev zcela nepřipadný a neuchopitelný, kdežto genocentristé by si takové geny, kdyby neexistovaly, museli snad i vymyslet. Evoluční úspěch se měří dlouhodobým přežíváním alel, a evolučně úspěšné může být i takové chování, které rozmnožování jedinců zpomalí či zastaví, pokud je toto poškození jedince nějakým trikem spojeno s lepším přežíváním „jeho“ alel v budoucích generacích.

Genocentrický pohled neříká, že na světě jsou jenom alely („geny“); říká, že pouze alely představují jednotky, kterými se dokážeme rozumně zabývat, poněvadž jedině ty opravdu evolučně soutěží. Právě proto, že představuje formální interpretační schéma, není genocentrismus sám o sobě nijak zajímavý. Zajímavé je teprve to, jakými konkrétními způsoby se tohle formální schéma realizuje; jak to různé organismy reálně dělají.

## EVOLUČNÍ HRY ANEB O NEZAMÝŠLENÉ ÚČELNOSTI

Podobnost mezi evolucí organismů a historií lidstva není náhodná. Obojí nemůžeme přímo pozorovat, obojí musíme zpětně rekonstruovat z toho, co zbylo, na základě víry, že mezi minulostí a současností existuje pevné a pochopitelné spojení. Protože trpíme sebestřednou iluzí, že své vlastní dějiny jaksi řídíme sami, máme sklon podvědomě interpretovat i evoluci jako vědomé dosahování nějakých biologických cílů. Pokud se začneme hlídat, abychom neříkali, že evoluce probíhá tak, jak probíhá, *proto, aby* dospěla k nějakému vzdálenému, v jakémisi smyslu „naplánovanému“ stavu, náš přirozený lidský jazyk se začne vzpírat: mluvit o evolučních dějích, aniž bychom použili spojení „proto, aby“, je bezmála nemožné.

Přitom se tu hlídáme a omezujeme zbytečně. Každou biologickou otázku, kterou si pokládáme, můžeme zodpovědět několika způsoby, které se ovšem navzájem nevyvracejí, nýbrž doplňují. Tážeme-li se, proč slavík zpívá, můžeme odpovědět z hlediska slavičí fyziologie („*protože* ho k tomu pudí jeho hormony“), z hlediska jeho ontogeneze („*protože* se mu během individuálního vývoje vytvořilo

zpěvné ústrojí“) i z hlediska jeho fylogeneze („protože schopnost zpěvu zdědil od svých předků, kteří také zpívali“), ale můžeme odpovědět i „účelově“ („zpívá *proto*, aby signalizoval slavicím, jak skvělé teritorium obsadil, a tím je přilákal k množení“). To všechno je zároveň pravda, ale nás obvykle zajímá to vysvětlení poslední: k čemu je to zpívání slavíkovi dobré. Nejde o dosahování skutečného účelu, kterého by si byl sám slavík vědom, nýbrž o chování, které se ukázalo a nadále ukazuje jako úspěšné. „Alely pro slavičí zpěv“ (ve skutečnosti jistě alely mnoha různých genů, které mají cosi do činění se slavičím mozkem, hormony a dýchacím ústrojím) se budou úspěšně šířit pouze tehdy, když slavík na svůj zpěv opravdu někoho přiláká. Jde o soutěž alel, o níž samozřejmě slavík nic neví – ten jenom sedí na větvi a zpívá, naprogramován k tomu svými dobrými alelami. Špatné alely slavíků, kteří kvůli nim zpívali špatně nebo nezpívali vůbec, už tu nejsou.

Vedle otázky, proč se něco děje, je jistě legitimní ptát se také, jak se to děje. Jenom je třeba tyto otázky rozlišovat. Fyziologickému či ontogenetickému vysvětlení slavičí činnosti říkáme *proximativní* („bezprostřední“; z anglického *proximate* vychází i spíše slangový tvar „proximátní“), kdežto evoluční „účelové“ vysvětlení nazýváme *ultimativní* („konečné“, „ultimátní“). Rozdíl si můžeme ukázat na tom, jak chápeme fungování lidské společnosti. Pokud na otázku „proč horníci kopou uhlí?“ odpovíme „protože se tím živí“, jsme v oblasti proximativních vysvětlení; naopak odpovědí „aby bylo v zimě teplo“ jsme přešli do sféry ultimativna. Obojí je nicméně pravda. Jsme naprogramováni k plnění proximativních úkolů sloužících dosahování ultimativních cílů, o kterých vesměs netušíme ani to, že jsou, a do kterých nám přísně vzato ani nic není. Ultimativní cíle nejsou věci nás, pouhých přechodně existujících jedinců, nýbrž dlouhodobé logiky fungování evolučních procesů. Horník by kvůli své obživě kopal uhlí, i kdyby o využití těch černých kamenů nebyl vůbec informován; nicméně důsledkem této jeho činnosti je nakonec opravdu v zimě teplo (a *proto* za to horník dostává peníze).

Rozmnožování jedinců je věc výhodná pro alely, neboť jenom tak mohou přetrvávat, zatímco žádný jedinec se sebeaktivnějším množením zániku nevyhne (spíše naopak). Aby se jedinci rozmnožovali, musí z toho něco mít; ultimativnímu úkolu „dostaň své geny do další generace!“ by nikdo nerozuměl a nedokázal by ho splnit. Organismům se to musí „říct“ jinak. Člověku a nejen jemu kupříkladu přináší blaho sex a zároveň i péče o malé roztomilé bezmocné bytosti. Málokdo se chce množit (a když není řeč přímo o člověku, vůbec nikdo se „nechce“ množit, neboť běžným organismům jistě nedocházejí důsledky jejich sexuálních aktivit), potomstvo se obvykle dělá nedopatřením, neboť máme rádi sex, a když už je máme, začneme je i živit a peskovat, neboť se rádi staráme o mláďata. Mimoděčným výsledkem těchto našich libostí je pak naplnění našeho ultimativního cíle, udržení našich alel. Nelze si však představit, že

všechny děje spolehlivě spějí k onomu ultimativnímu cíli. Mnozí lidé realizují své libosti jinak, než jak to alely „naplánovaly“. Lidé adoptující sirotky se také chovají přesně podle přímých povelů svých alel („živ a peskuj!“), aniž by jim tím pomáhali přetrvat; totéž známe od mnoha sociálně žijících zvířat (třeba samci šimpanzů často adoptují osiřelá mláďata). Také sexuálního uspokojení můžeme dosahovat způsoby, které k rozmnožení našich genů nepovedou – stačí užívat antikoncepci (zvířata sice pilulky neužívají, ale nereprodukční sex včetně homosexuálního u nich není nijak vzácný). Kombinace krabičky s antikoncepčními pilulkami (nebo nafukovací panny pod postelí) a maltézského pinče na posteli saturuje většinu našich potřeb, jenom ty geny přijdou zkrátka.

Proč tedy nejsou proximativní mechanismy nastaveny tak tvrdě, aby podobné vykojení znemožňovaly úplně a aby byla evoluce dokonale logická? Zjevně proto, že přílišná komplikovanost programu se už nevyplácí: většinou úplně postačí, když se v očekávatelných situacích zachováme tak, jak to *obvykle* bývá výhodné. Rodičovské investice jsou drahé, a proto je jistě podporována snaha investovat je co nejpřesněji, totiž do vlastních potomků. Problém je v tom, že rozlišení vlastních a cizích potomků nemusí být snadné a že riziko zbytečného opuštění či zabití vlastních dětí jenom proto, že jsou trochu moc odlišné, je značné. Záleží tedy na pravděpodobnosti toho, že se ve vašem hnízdě objeví potomek někoho jiného. Je-li tato pravděpodobnost dost nízká (u člověka bývá obvykle výrazně pod 10 %), je lepší nad tím mávnout rukou. Bylo by snad možné vynalézt „dokonalý“ program chování, který by nikdy nechyboval, ale ten už by se stěžejí prosadil v konkurenci se současnými nedokonalými, ale víceméně slušně fungujícími programy, neboť reprodukční výhoda, kterou by mohl svým nositelům ještě navíc přinést, je vlastně nepatrná, zato jeho cena (měřená třeba časem, který by jedinci museli věnovat přesnému rozlišování mláďat, na úkor shánění potravy nebo dělání dalších mláďat) by patrně byla příliš vysoká. Levnější je smířit se s občasnými chybami. To platí pro každou prevenci, která není úplně zadarmo (a která je?): cena akce, jejíž pomocí se vyhýbáme nějakému maléru, nesmí být vyšší než cena toho maléru krát jeho pravděpodobnost. Týká se to odvracení rizika, že budeme žít cizí mládě (malér velký, ale málo pravděpodobný), stejně jako odvracení globálního oteplování či terorismu.

Všechno se děje tak, jak to v minulosti bylo úspěšné a jak to pravděpodobně bude úspěšné i v současnosti. V následujícím textu budeme co chvíli tvrdit, že organismus nebo alela něco „chce“, o něco „usiluje“, něčemu se „vyhýbá“, což jsou pochopitelně všechno jenom antropomorfní metafory. Ale o to nejde: to, že organismy si nejsou vědomy ultimativních cílů svého chování, jim nebrání chovat se tak, že těchto ultimativních cílů nakonec dosáhnou. V sociálních a sexuálních vztazích žádný organismus racionálně nekalkuluje (i člověk si to o sobě většinou spíše namlouvá); jenom některé chování je úspěšné a jiné neúspěšné.

## Box 1.12: O vzniku koordinace

V učebnicích etologie často najdete obrázek kolony hrabajících východoafrických rypošů lysých (*Heterocephalus glaber*); popisek nás informuje o kooperaci pracovníků kolony při stavbě chodeb ve stylu tunelového frézovacího stroje s pásovými dopravníky. První zvíře odkousne svými řezáky kus zeminy (rypoši nehrabou předníma nohama jako krtci), zeminu odhrabe pod sebou dozadu směrem k následujícímu zvířeti,



Obr. 1.14: Hrabací kolona rypošů lysých.

a tímto způsobem se hlína sune pod dalšími jedinci až k poslednímu zvířeti v koloně, které vykopává fontánu hlíny zadníma nohama ven z nory. Po vyhození zeminy přeलेze vykopávač přes ostatní zvířata dopředu na první pozici. Jakým způsobem se taková zdánlivě dobře organizovaná spolupráce uskutečňuje? Kupodivu zcela jednoduše a automaticky: rypoši mají potřebu hrabat, stejně jako kočka má neukojitelný pud chytat myši, jenže začít hrabat nový tunel je obtížnější, a tedy méně atraktivní než pracovat na prodlužování tunelu stávajícího. Aby měl místo pro další hrabání, musí rypoš nejprve odklidit vykousnutou zeminu. Když to provede, uvolní se místo vpředu, které okamžitě využije jiné zvíře, aby si také mohlo zabagrovat. Pozici na prvním místě a šanci na bagrování si lze udržet jen odsunutím sutiny směrem dozadu; jedincům nacházejícím se za přední pozicí nezbyvá nic jiného než odsouvat hlínu, aby se dostali dopředu. Ten, kdo je posledním článkem pracovní kolony, je stále dobře zásobován prací, takže mu nezbyvá nic jiného než vykopávat zeminu za sebe ven a čekat na přestávku – čili na vhodnou příležitost, aby se sám dostal dopředu. Všechna zvířata konají sisyfovskou práci v naději, že si budou smět zabagrovat; každý jedinec usiluje ukojit svůj hrabavý pud, a přesto vzniká efektivní dělba práce.

Složité jevy vůbec často vznikají skoro z ničeho. Lidé se diví, jak dokonale dokážou ptačí či rybí hejna koordinovat své kolektivní pohyby, a mají sklon hledat v tom jakési centrální mozky, jejichž pokynů jsou jedinci poslušni. Ve skutečnosti stačí prostě sledovat zcela elementární program, třeba „dělej to, co souseď“ nebo „pohybuj se tak, abys měl souseďy po obou stranách“; i zcela prostincí hráči, kteří se řídí jednoduchými pravidly, tak vytvoří složité globální chování, aniž by to vyžadovalo existenci nějaké kolektivní moudrosti. Masové bojové scény ve filmu *Pán prstenů* produkoval počítačový program *MASSIVE*: do virtuální krajiny složené z milionů polygonů umístil několik set tisíc virtuálních „agentů“, obvykle převlečených za skřety a naprogramovaných tak, aby šermovali s jinými podobnými agenty, když je potkají. Při zkušebních virtuálních bitvách se ukázalo, že někteří skřeti na okraji obrazu propadli pacifismu, nechali bitvu bitvou a mizeli v horách. Ve skutečnosti toto chování nevyžadovalo žádnou sofistikovanou vzpouru strojů; prostě někteří agenti na okraji bitevního pole byli na počátku náhodou orientováni tak, že kráčeli směrem, kde neměli koho potkat, a tak pořád šli a šli.

Ze složitosti globálního chování populace nelze přímo odvodit složitost individuálního programu. Podezření, že kolem sebe vidíme mnohem víc koordinovaného chování, kooperace i altruismu, než odpovídá realitě (a že toho tedy máme málo k vysvětlování), je zcela namístě.

Přežívají ti, kteří se chovají tak, *jako by* kalkulovali, protože toto „jakoby-kalkulující“ chování je právě to, které prošlo výhni předchozích kol selekce. Pes nedokáže vypočítat dráhu hozeného klacku, a přece jej chytne. Ledviny nám fungují, aniž by si byly vědomy svého úkolu (a co horšího, ledviny nám fungují, aniž bychom si toho byli vědomi *my*, aniž bychom věděli, co a jak mají dělat, a aniž bychom jejich činnost vědomě řídili). Rostlina nezná stavbu chlorofylu, a přece jí funguje fotosyntéza. Pochopení podstaty věci není pro fungování nezbytné; je to vidět na faktu, že značná část úspěšných organismů (neboť všichni, kdo žijí, jsou víceméně úspěšní, jinak by nežili) nemá vůbec žádné orgány, kterými by mohly myslet (třeba kvasinka nebo smrk), a i ty, které je mají (třeba chroust), jimi rozhodně na podstatu fungování světa nemyslí.

## KOLIK JE EVOLUČNÍCH BIOLOGIÍ ANEB „EVOLUCE NENÍ NIC NEŽ...“

Evoluční biologie je pochopitelně jen jedna jediná, řekne vám každá učebnice, ale v praxi je svrchovaně nepravděpodobné, že by si každá dvojice z tisíců profesionálních evolučních biologů měla o čem povídat, kdyby se potkali. V průběhu historie evoluční biologie vznikla řada aforismů o tom, co evoluce ve své pravé podstatě vskutku jest, většinou ve smyslu „evoluce není nic než...“. Zatímco různé pohledy na evoluci v rozporu být nemusí, tato bojovná zvolání v rozporu pochopitelně jsou – proto, aby očistila hlubokou pravdu (tu moji) od nánosů povrchních pitomostí (těch vašich), ostatně vznikala. Politické strany také nemusí být v tak zásadním rozporu jako jejich předvolební hesla, jak fanatičtější část voličstva ke své nelibosti po volbách pravidelně zjišťuje.

Asi nejdůležitější z těchto hesel je Darwinův „společný původ s obměnami“ (*descent with modification*) či spíše nechvalně proslulý „boj o život“ (*struggle for life* nebo *struggle for existence*), evoluce jako „změna frekvence alel v genofondu“ (mnohokrát se objevující formulace s kořeny v díle Theodasia Dobzhanského) a z novější doby evoluce jako „řízení vývoje ekologií“ (*control of development by ecology*) amerického paleontologa Leigha Van Valena. Jiným konfliktním bodem může být staré Spencerovo „přežívání nejlépe přizpůsobených“ (*survival of the fittest*) jako pokus o darwinismus v kostce, paleontologické „přežívání těch, co měli kliku“ (*survival of the luckiest*), jež bere klasickému darwinismu představu nenáhodnosti přežívání, a naopak z oblasti evoluční vývojové biologie („evo-devo“) přicházející „vznikání nejlépe přizpůsobených“ (*arrival of the fittest*), které akcentuje, že přizpůsobenost nevzniká selekcí, ale přímo genetickými a vývojovými procesy. A tak bychom mohli pokračovat, bojových hesel je víc, ale tahle by nám mohla stačit pro základní typologii těch, kdo mají s evolucí něco do činění.



První skupinu tvoří klasičtí populační genetici, dnes často provádějící rozsáhlé selekční experimenty. Tento obor ještě nedávno vypadal poněkud mrtvě, čistě učebnicově, jako by se zabýval už jenom detaily; jak uvidíme v kapitole o experimentální evoluci, vůbec to není pravda. Tito evoluční biologové vždy hodně počítali, jak ve virtuálních populacích přibývá a ubývá virtuálních alel, nikdy se nezajímali o reálné organismy, natož o jejich fylogenezi, a pokud pracují s reálnými organismy, jsou to bakterie nebo kvasinky (maximálně drozofily), vybrané výhradně proto, že se dobře a rychle množí. Jak vznikají adaptace u složitějších organismů a k čemu jsou adaptace vůbec dobré v reálném světě, je za hranicemi jejich zájmu; proto těžko mohou být v rozporu s kýmkoli jiným a ani si to o sobě nemyslí – evoluční biologie je to, co dělají oni, interakcí se zbytkem světa jim není třeba. Jejich obor se teď prudce mění: vstupují do kontaktu s genomikou, a tedy s fyzickým světem přebývajícím v našich buňkách.

Fylogenetikové, kterých je dnes možná ze všech druhů evolucionistů nejvíc, mají všechno naopak než populační genetické. Zabývají se fylogenezí života, jeho historií, tím, kdy, kde a z čeho která skupina vznikla, vytvářejí genealogické „stromy života“ s ambicí vytvořit jednu globální Strom Života. Evoluční teorii vlastně na nic nepotřebují – když pracují s „evolučními modely“, jsou to jen odhady pravděpodobnosti určitých typů molekulárních změn či jejich vzájemné provázanosti. Fylogenetika v zásadě odhaluje zákonitosti distribuce znaků mezi druhy; nejsnazším vysvětlením těchto zákonitostí je pak sdílená historie. Myš a kapr jsou obratlovci, protože oba mají obratle, lebku, ledviny a podobně; všechny tyto vlastnosti nejpravděpodobněji vznikly jednou u společného předka obratlovců a jsou zpětným důkazem, že společný předek existoval. Co se vlastně dělo, když obratlovci, obratle, lebka a ledviny vznikali, není relevantní. Těžko si lze představit, že by vznikl konflikt mezi fylogenetikou a jinými odvětvími evoluční biologie, snad s výjimkou tradičně zaměřené paleontologie.

Klasičtí paleontologové jsou totiž trochu jiná pohádka. Stejně jako fylogenetiky i je zajímavá konkrétní evoluční historie (pozor: kdo zpracovává fosilní organismy fylogenetickými metodami, je fylogenetik), ale namísto Stromu Života kladou důraz na to, jak se od sebe lišily organismy v různých geologických obdobích (koneckonců analytické metody umožňující věrohodně začlenit neúplné fosilní organismy do Stromu Života jinak než od oka se pořád vyvíjejí, pořád nejsou zcela uspokojivé – a v každém případě jsou o nějaká dvě století mladší než paleontologie). Tady je dost prostoru ke konfliktům, neboť paleontologové se vesměs domnívají, že oni jako jediní mohou přímo sledovat „evoluci v akci“, prostřednictvím zkamenělých svědků minulých dob, a že takové veličiny jako „rychlost evoluce“ nebo „vymírání“ mají přímo před očima. Potíž je v tom, že fosilie jsou také jen stopy – a bohužel obvykle o hodně méně informativní než

vlastnosti současných organismů. Zkusme si představit, že na fosilním materiálu najdeme tu kvalitu informací, kterou jsme zvyklí požadovat při studiu současných organismů, abychom mohli tvrdit, že o nich něco „víme“ – a zjistíme, že to není možné, snad s výjimkou mimořádně dobře zachovaných a především velmi mladých (a z paleontologického hlediska tedy vlastně málo zajímavých) fosilií typu mamuta či neandertálce. Ze světa paleontologů pocházejí i mnohé zásadní koncepce, s nimiž si evoluční biologie tak docela neví rady, neboť jsou často v rozporu s tím, co vidíme na dnešních organismech (třeba problém s údajnými „živými fosiliemi“, které nezažily skoro žádnou evoluci). Takový rozpor můžeme vyřešit dvěma způsoby. Víra, že v minulosti (a to především v kambriu) bylo všechno nějak jinak než dnes, je možná, ale je v zásadním rozporu s lyellovským „uniformitarianismem“ (tedy s představou, že potenciálně dokonalá znalost dneška je klíčem k pochopení toho, co se zachovalo z minulosti); pokud bychom uvěřili v zásadní odlišnost dneška od včerejška, nemohli bychom nadále dělat nic lepšího než krčit nad minulostí rameny: něco bylo, ale opravdu netušíme, co a proč a jak. Alternativní přístup zachovává uniformitarianismus a problémy s fosilním materiálem řeší odkazem na jeho nedostatečný informační obsah. To pochopitelně stěží uspokojí paleontology, kterým v takovém rozvržení věci zbývá buď život v izolaci od hlavního biologického proudu (obvykle život na jednom pracovišti s geology, jimž příležitostně poslouží při datování nálezů), anebo pouhé doplňování toho, co vyzkoumali vědci zaměřeni na žijící organismy („neontologové“). Přes to všechno se bez fosilií při rekonstrukci evoluční historie neobejdeme, už proto, že jediné paleontologie (respektive geologie) nám dává představu o reálných časových dimenzích, kdy se to všechno dělo.

Evolučním ekologům a sociobiologům zbývá darwinismus jako teorie toho, jak jedinci (nebo jejich geny) soupeří o reprodukční úspěch, tedy dnes už klasické „dawkinsovské“ pojetí evoluce. Při srovnávání chování několika různých druhů pochopitelně narážejí na otázku fylogenetické příbuznosti těchto druhů (příbuzné druhy jsou si jistě v mnohém podobné – vyjadřuje tedy zjištěná podobnost dvou druhů něco biologicky závažnějšího než pouhou příbuznost?), takže se musí nějak vypořádat s fylogenetikou. Naopak frekvence alel ani molekulární podstata mutací je fakticky nezajímají – „sobecké geny“, jejichž očima hledí na evoluci, jsou čistě formální entity sdílené různými jedinci proto, že jsou nějakým způsobem dědičné, ale na jejich reálné podstatě nezáleží. Nepotřebujeme znát podstatu genů a mutací, abychom pochopili, že „něco“ („geny“) přežívá z generace na generaci, je to různě (a predikovatelně) distribuováno mezi příbuznými jedinci, takže to má různý (a predikovatelný) vliv na jejich chování (a tím i na to, jak úspěšně se to z generace na generaci předává).

V současnosti asi nejvýznamnější inspirace pro naše chápání evoluce přichází z výsledků věd zabývajících se přímo tím, jak se organismus dělá. Především

obor zvaný „evoluční vývojová biologie“ čili „*evo-devo*“ (tedy „*evolution-development*“, kombinace studia evoluce a individuálního vývoje) slibuje mnohé: dostat evoluční biologii z nadvlády sociobiologie i populační genetiky k pochopení toho, jak se vlastně různé konkurenční alely opravdu uplatňují ve stavbě organismu. Zde vidíme asi nejsilnější vědomí konfliktu v dnešní evoluční biologii – lidé z *evo-devo* laboratoří explicitně požadují novou, ještě rozsáhlejší syntézu, která by nespojovala jen populační genetiku s darwinismem, ale také fylogenetiku a především znalosti vnitřních pravidel fungování a vytváření organismů (například Moczek a spol., 2015). Jejich hesly jsou *control of development by ecology a arrival of the fittest*, tedy explicitní snižování (či přímé popírání) významu změn frekvence alel i selekce; klíčovým pojmem je tu *evolabilita* – pravděpodobnost vzniku nového fenotypu (třeba savci mají až na několik výjimek sedm krčních obratlů, neboli *evolabilita* počtu obratlů je blízká nule, zatímco *evolabilita* délky krčních obratlů je vysoká, viz například krtek × žirafa). *Evo-devo* má opravdu všechny rysy změny „světového názoru“ (paradigmatu) v tom smyslu, že zastánci nového cítí ke starému intenzivní nechuť (ve smyslu „jděte už s těmi sobeckými geny do háje, nás zajímá něco jiného!“ – z toho, s jakým gusem autoři různých „nových paradigmat“, ať věrohodných, či nevěrohodných, která nemají s podstatou darwinismu nic společného, ohlašují, že vyvrátili Darwina, je vidět, jak strašně jde darwinismus – zvláště ve své dawkinsovské mutaci – mnohým na nervy).

Podle našeho soudu je konflikt mezi *evo-devo* a dawkinsovskou evoluční teorií spíše důsledkem střetu hesel („evoluce není nic než...“), a tedy vlastně nepochopení. Dozvíme-li se, že rohy na hlavách a hrudích samců mnoha druhů brouků hrají významnou roli v jejich sexuálním chování a že různý stupeň vývoje těchto rohů určuje sexuální a sociální strategii jedince, je to zajímavý jev, který můžeme dále zkoumat experimentálně i fylogeneticky. Dozvíme-li se vedle toho, že na vzniku těchto rohů se podílejí stejné geny jako na vzniku končetin hmyzu, ačkoli rohy v žádném případě nevznikly modifikací končetin, je to neméně zajímavý jev ke zkoumání. Obě zjištění o broučích rozích netřeba nijak „syntetizovat“, protože se nijak nepřekrývají, natož aby se vyvracely, a mohou tedy bez problémů koexistovat vedle sebe. Když Dawkins říká, že „detaily vývojových procesů“ vůbec nemusíme znát, zastánce *evo-devo* to musí štvát, jenže to je právě jenom takové provokativní heslo. Je velmi cenné, že nás *evo-devo* zase vrací k zájmu o organismy jako takové, o jejich tělesnost. Od dob Mendelových a ještě více od vzniku neodarwinismu (o Dawkinsovi ani nemluvě) máme sklony vidět evoluci jako volnou hru frekvencí alel v populaci a zapomínáme, že se to celé týká organismů, které musí nějak fungovat v materiálním světě. Je to jako sledovat, jak si na burze stojí akcie firmy vyrábějící bagry, a zapomenout, že bagr je těžká železná příšera, kterou někdo používá k bagrování, a že bez toho by žádné akcie nebyly. *Evo-devo* se zabývá

**Box 1.13: Potřebujeme novou evoluční syntézu?**

Požadavky na vytvoření nové evoluční syntézy v posledních letech mají kořeny ve směs v evo–devo a „neolamarckistických“ kruzích. Vycházejí z toho, že bouřlivý rozvoj biologie v posledních desetiletích natolik posunul naše představy o evoluci, že klasická „evoluční syntéza“ z první poloviny 20. století nám už nemůže stačit. To je samozřejmě pravda, o tom všem je ostatně tato kniha – ale plyne z toho skutečně potřeba nějaké radikálně nové syntézy? Ta „stará“ byla vynucena potřebou smířit klasický darwinismus (založený na neustálých drobných změnách vlastností organismů) s mendelovskou genetikou (vysvětlující variabilitu organismů kombinatorikou neměnných alel). Stály tu proti sobě dva neslučitelné koncepty, a ty bylo skutečně nutné syntetizovat. Dnes se nic podobného neděje. Evoluční teorie se nesmírně rozrostla, ale navzdory různým proklamacím nejsou různé koncepty a přístupy v žádném principiálním rozporu. Situaci dobře ilustruje rozsáhlá diskuse mezi zastánci a odpůrci „nové syntézy“, která se konala na podzim roku 2014 na stránkách časopisu *Nature*. Nejde o to, že polovina účastníků říká „yes, urgently“ a druhá „not at all“, to samo o sobě není nijak překvapivé – překvapuje však, že obě strany mluví sice různými slovy, ale o úplně stejných biologických fenoménech. Zastánci „staré evoluční teorie“ nic z „neortodoxních“ fenoménů (jako je třeba možný evoluční význam fenotypové plasticity) nepopírají, jenom se domnívají, že je sami dokážou vysvětlit „ortodoxně“ už dávno. Člověk by čekal, že zastánci „nové evoluční teorie“ poté předloží příklady reálných jevů, které jsou postaru nevysvětlitelné, ale nic takového se neděje. Spor se vede o formulace, definice, akcenty; v podstatě se vede boj proti tvrzení, že evoluce *není nic než* změny frekvence alel v populaci, proti „náhodnému“ vzniku genetické variability a samozřejmě proti sobeckému genu – a proti představě, že to ostatní lze z genetiky přímo vyvodit (někdy jde explicitně i o snahu o učebnicové uznání). Sporné fenomény se nicméně intenzivně zkoumají, pracují na nich ti „noví“ i ti „staří“, a zatím můžeme prohlásit, že nová syntéza vlastně existuje – je to celá současná evoluční biologie. Dokud se nepřijde na něco, s čím bude mít stará teorie skutečný problém...

mimořádně zajímavými jevy, ale věnuje se proximativním otázkám („jak“), jenže evoluční biologie především odpovídá na ultimativní otázky („proč“). Vážným argumentem proti dawkinsovskému „redukcionismu“ by mohlo být pouze zjištění, že na ultimativní úrovni už nezbyvá nic zajímavého a všechno, čím má smysl se zabývat, se odehrává uvnitř vyvíjejících se organismů, nikoli ve vztazích mezi nimi. Ten pocit nemáme a očividně nejsme sami.

*Obecný evoluční příběh, který jsme si dosud vyprávěli, je tak obecný, že může být stěží vyvrácen nějakým reálným výzkumem. Neříká vlastně o mnoho víc, než že přetrvává to, co přetrvává; to je jistě pravda, ovšem pravdy takto zásadní nejsou zajímavé. Evoluční biologie nicméně tento příběh aplikuje na konkrétní vlastnosti organismů obývajících posledních několik miliard let planetu Zemi; proto si náš příběh o evoluci musíme obsadit konkrétními herci.*

ČÁST DRUHÁ

# STRATEGIE

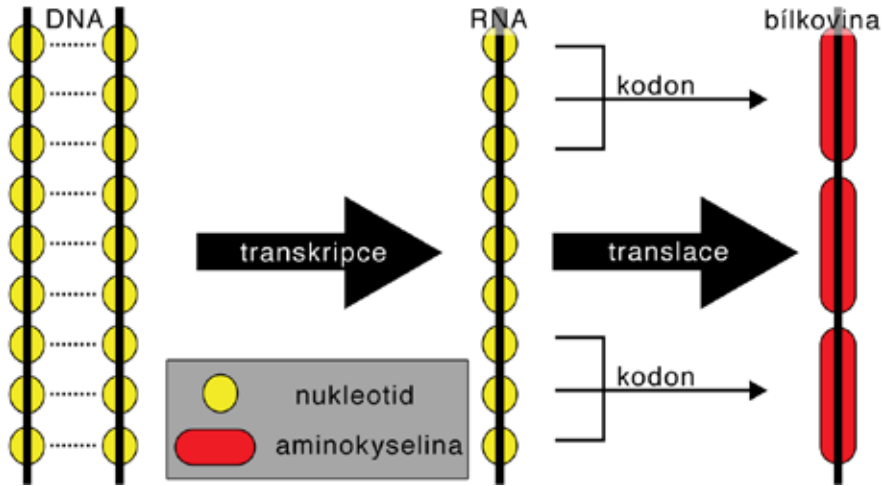


## NEODARWINISTICKÉ REPETITORIUM

Vznik neodarwinismu, završený ve čtyřicátých letech 20. století, učinil konečně z evoluční biologie vědu schopnou celkem bez problémů začleňovat naše nové znalosti o přírodě a neohrožovanou na životě každým novým objevem. Ani rozvoj molekulární genetiky, započatý o nějakých patnáct dvacet let později, nepřinesl nutnost zásadní změny neodarwinistického chápání evoluce. K zásadním změnám neodarwinismu nicméně přece jenom došlo – ale protože neodarwinismus čtyřicátých let představuje bohužel dodnes to, co se studenti učí a s čím polemizují lamarckisté či kreacionisté, použijme toto navyklé učení jako bod, od kterého se dostaneme k pozdějším změnám v evolučním myšlení. (Nutno zdůraznit, že starožitný neodarwinismus se stává svou vlastní karikaturou, pokud na něj dnes někdo věří nebo na něj útočí. Aby nedošlo k omylu, jsou následující odstavce psané kurzivou – aby ti zvědaví laici, kterým budou připadat povědomé, protože takhle se to učili, i ti kolegové z oboru, kteří by si mohli myslet, že jsme úplně zblbli, na první pohled poznali, že to neříkáme úplně za sebe.)

*Klasická představa evoluce začíná náhodně vzniklou variabilitou, která je dána náhodnými mutacemi. Jde o drobné změny v „dědičné hmotě“ každé buňky, tedy v molekule deoxyribonukleové kyseliny (DNA); tuto molekulu tvoří řetězec čtyř druhů stavebních prvků, nukleotidů (konkrétně adeninu, cytosinu, guanosinu a tyminu neboli A, C, G a T), opakujících se v přesném pořadí. V tom uspořádání nukleotidů je obsažena informace – tak jako je informace skryta třeba v uspořádání knih v knihovně nebo v uspořádání číslic v telefonním čísle; stačí poměrně nevelká odchylka od správného pořadí, a knihu nenajdete a nedovoláte se. Tato genetická informace se překládá do pořadí aminokyselin v řetězci bílkovin neboli proteinů, a to tak, že každé konkrétní trojici nukleotidů v DNA (kodonu) odpovídá právě jedna aminokyselina (ale neplatí to naopak, tatáž aminokyselina může být určena několika různými kodony). Samotný proces výroby proteinu podle informace v DNA má dvě kola, „přepis“ neboli transkripce (kdy je podle informace DNA syntetizován meziproduct, kyselina ribonukleová, RNA, molekula podobná DNA) a „překlad“ čili translaci (kdy je podle informace v RNA syntetizováno cosi zásadně odlišného, totiž protein; obr. 2.1).*

*Nenáhodný, systematický způsob, jakým se informace z nukleových kyselin překládá do informace v proteinech, se nazývá genetický kód a je u všech organismů s drobnými odchylkami víceméně totožný. Proteiny jsou velké a složité molekuly, které nejenže představují jednu z hlavních stavebních složek buněk a mimobuněčné hmoty, ale především usnadňují nezbytné biochemické reakce, které by bez účasti proteinového katalyzátoru (enzymu) v podstatě nemohly proběhnout. Proteiny také hrají roli buněčných receptorů, tedy kanálů, jimiž do buňky kontrolovaně vstupují (anebo nevstupují) konkrétní molekuly z vnějšího prostředí, anebo fungují jako signální molekuly přenášející informaci v rámci buňky i z buňky ven. Bez proteinů zkrátka*



Obr. 2.1: Syntéza proteinů na základě genetické informace uložené v DNA.

nemůže proběhnout skoro žádný biologický děj – a funkce proteinů, bezprostředně určená jejich aminokyselinovou strukturou, vychází z genetické informace ve struktuře DNA.

V každé živé buňce (a lidské tělo se skládá z bilionů živých buněk) najdeme DNA a při dělení buněk se musí tedy zdvojit, replikovat, i tato molekula. Starý řetězec DNA se v průběhu replikace stává vzorem pro syntézu řetězce nového. Kopírování informace nemůže být úplně bez chyb – zkuste si opsat třeba Starý zákon! – a protože v dalších kolech replikací už jako vzor slouží zkopírovaná, tedy nepatrně pozměněná, nepatrně chybná verze, kopírovací omyly se postupně hromadí. Těmito omylům říkáme mutace. Objevují se náhodně, a pokud změni strukturu vznikajícího proteinu natolik, že pozmění i její funkci, mění ji také náhodně. Někdy se fungování proteinu zhorší, výjimečně zlepši, často se sice struktura změní, ale funkce zůstane nezměněná. Podle toho můžeme mutace rozdělit na negativní, pozitivní a neutrální. Kromě mutací, které vznikají úplnou replikační náhodou, existují ovšem i mutace indukované prostředím, třeba chemikáliemi nebo zářením, ale i tyto mutace jsou náhodné v tom smyslu, že nevedou k lepšímu přizpůsobení mutantu tomu prostředí, které je vyvolalo.

V důsledku mutací v populaci vzniká variabilita, primárně variabilita ve stavbě řetězců DNA, protože v buňkách různých jedinců sedí různě zmutované varianty původní DNA. Každý jedinec zanechává různé množství potomků, kteří jsou skoro stejní, jako byli jejich rodiče, ale na druhou stranu představují nové kombinace rodičovských znaků, vzniklé rozchodem (segregací) chromozomů a rekombinací rodičovských alel v průběhu pohlavního rozmnožování. Navíc se potomstvo od rodičů může lišit i nějakou tou novou mutací. Tady začíná pracovat přirozený výběr neboli selekce. Z rozmanitého potomstva někteří jedinci (tedy některé kombinace alel) přežívají úspěšněji než jiní,



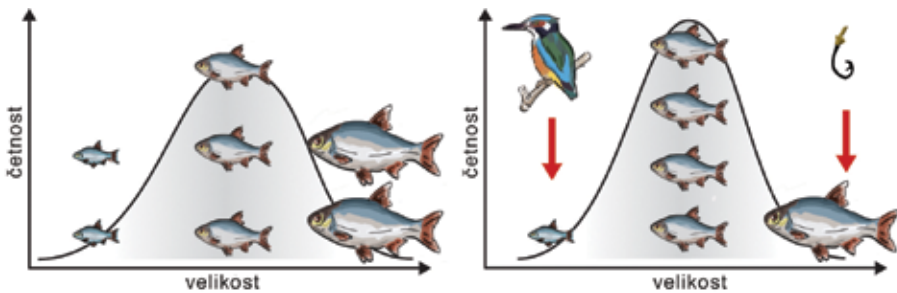
nebo se úspěšněji množí. V dalších generacích se tak nenáhodně mění podíl jednotlivých alel v populaci, tedy genetické složení populace. Jestliže se velikost populace příliš nezvětšuje (a i kdyby, žádné zvětšování populace nemůže trvat věčně, musí se zastavit, jakmile narazí na první nedostatek nezbytného zdroje), jedinci si konkurují o dostupné zdroje, o prostor, potravu, místa k rozmnožování. Právě tak i různé alely soupeří o to, která obsadí tu DNA, která je tu v reálných jedincích k dispozici. Mutace, v okamžiku svého vzniku omezená na jedinou molekulu DNA v jediné buňce jediného organismu, postupně – jak se tento jedinec množí – vstupuje do populačního kontextu: stává se součástí celkové nabídky alel v populaci, genofondu, z něhož jsou v průběhu rozmnožování „sestavováni“ noví jedinci. Úspěšné rozmnožování jedinců, kteří nesou mutantní alelu, vede k rozšiřování této alely, a naopak, neúspěšní jedinci svou neúspěšností kazí budoucnost svých alel. Konečným výsledkem je buď fixace neboli absolutní převládnutí jedné alely daného genu a likvidace jejích konkurentek, či naopak vymizení této alely a fixace některé z jejích konkurentek. Selektce je vlastně různě úspěšné rozmnožování nositelů různých alel a z toho plynoucí nenáhodná změna složení genofondu populace.

Organismy nejsou různě reprodukčně úspěšné bezprostředně kvůli tomu, že mají či nemají nějakou alelu, ale proto, že mají různé vlastnosti morfologické (velikost, barvu, tvar), fyziologické (trávení, dýchání) či etologické (chování). Alela bude selektována pouze tehdy, jsou-li tyto vlastnosti organismů nějak spojeny s její přítomností. To, co rozhoduje o vítězství alely v konkurenci, není přímo tato alela sama o sobě, nýbrž fenotyp (tedy soubor vlastností organismu) – a teprve zprostředkovaně i alela skrývající se za tímto fenotypem. Fenotypy jsou určeny přítomnými alelami: v diploidním ( $2n$ ) stavu, tedy v každé buňce našeho těla kromě buněk pohlavních, máme dvě alely každého lokusu, jednu z vajíčka (původně od matky), druhou ze spermie (od otce). Tyto dvě alely mohou být stejné, ale také rozdílné; v takovém případě může jedna, dominantní alela svou činností kompletně překrýt projev alely druhé (recesivní), anebo mohou vzniknout zvláštní fenotypy vyvolané právě přítomností dvou různých alel v jedné buňce (obvykle „něco mezi“). Jedna alela se tak může „skrývat“, překryta dominantním působením alely pocházející od druhého rodiče.

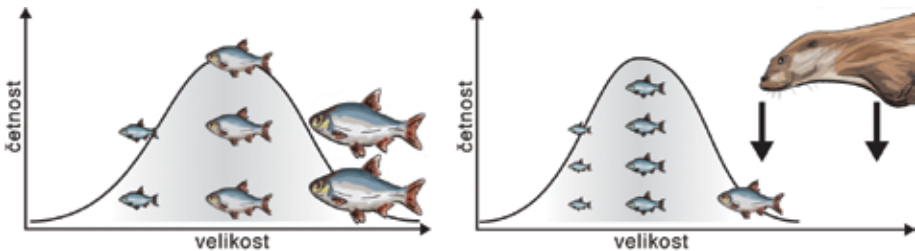
Formálně vzato, může být selektce několikerého druhu. Představme si, že selektovaným znakem je třeba velikost těla. Nejčastější je selektce stabilizující, odstraňující či znevýhodňující oba extrémů, tedy jedince malé (třeba proto, že je snadno sežerou i drobní predátoři) nebo jedince příliš velké (třeba proto, že se na ně specializují velcí predátoři), takže průměrná hodnota velikosti těla v populaci se nemění, zato rozmezí různých existujících velikostí se zužuje směrem k průměru (obr. 2.2). Jiným, pro nás zajímavějším typem je selektce nasměrovaná (direktivní). Ta odstraňuje či znevýhodňuje jedince na jednom konci spektra, třeba ty velké, ale ponechává jedince průměrné i malé (obr. 2.3). Výsledkem takové selektce je postupné zmenšování průměrné velikosti těla jedinců v populaci. A lze si představit i selekci disruptivní, která z populace odstraňuje jedince s průměrnými hodnotami vlastností (obr. 2.4).

Tento prostý „darwinovský algoritmus“ variabilita–konkurence–selektce je nesmírně účinný. Počítačové simulace přesvědčivě dokazují, že je skutečně schopen vytvořit složité a účelné tvary z ničeho, čistě jenom různým přežíváním různých jedinců (viz box 2.1). K tomu, aby vznikly účelné vlastnosti organismů, není vůbec potřeba nijak organizovat vznik těch pravých, „účelných“ mutací.

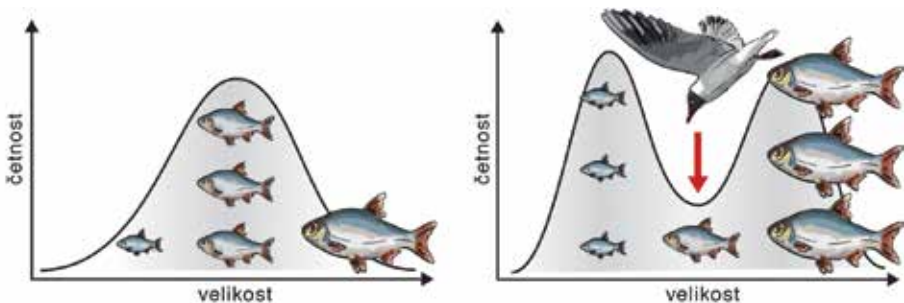
Takto, ve dvou kolech, kombinací náhodného vzniku variability a následné nenáhodné selektce, vznikají adaptace, tedy to, co je na živé přírodě nejnápadnější a co vlastně svým evolučním příběhem chceme vysvětlit. Postupnou kumulací těchto drobných adaptivních změn pak vznikají změny velké: evoluce je tudíž principiálně plynulá, gradualistická, bez velkých skokových změn. Také vznik nových druhů (speciace) začíná obvykle náhodnými, fakticky nebiologickými procesy. Tak například



Obr. 2.2: Stabilizující selektce.



Obr. 2.3: Nasměrovaná selektce.



Obr. 2.4: Disruptivní selektce.

### Box 2.1. Evoluční algoritmy

Zásadní otázka, která se při úvahách o evoluci stále vtírá, zní: je vůbec možné, aby zásadní evoluční novinky vznikly prostým přirozeným výběrem? Odtud je jenom krůček k otázce, s jakou pravděpodobností dokáže selekce vyrobit účelnost z „náhodné“ variability v reálném čase. Tím se dostáváme k oblíbeným metaforám o „náhodném vzniku hodiněk, když potřásáme součástkami v pytlíku“, neboli k tomu, že „šimpanz bušící naslepo do psacího stroje dokáže napsat Shakespearovy sonety, ale jen tehdy, má-li nekonečně mnoho času na náhodné pokusy“ – v obou případech je zjevné, že hodinky ani sonety těmito metodami vzniknout nemohou. Každá metafora trochu zavádí, tyhle zavádějí hodně a jako metafora darwinovské selekce jsou zcela nevhodné. Zaprvé, selekce je kumulativní proces, který vychází z předchozích fází evoluce, nikoli pořád znova z původního neuspořádaného stavu. Šimpanz se tedy nemusí do Shakespearových sonetů trefit najednou (to se patrně netrefil ani Shakespeare). Zadruhé, šimpanz z metafory má za úkol napsat Shakespearovy sonety, zatímco evoluce žádný úkol nemá, evoluce se netrefuje do žádného předem předepsaného stavu (pravděpodobnost, s níž šimpanz napíše něco jakkoli smysluplného, je jistě vyšší než pravděpodobnost, že napíše zrovna něco od Shakespeara).

Nejjednodušším způsobem, jak si vyzkoušet moc selekčního algoritmu, je vytváření textů z chaotických shluků písmenek, s čímž přišel Richard Dawkins. Jako příklad zvolil Hamletovu větu „Methinks it is like a weasel“ („Řekl bych, že je jako lasička“ – co tím Hamlet myslel, to čtenář jistě ví, nebo si to najde v Shakespearovi, bude mu to jenom k užítku). Pravidla jsou jednoduchá: vezmete libovolná písmena a mezery, dejte tomu *WDLMLNT-DTJBKWIRZREZLMQCO-P*, a začnete dělat mnohonásobně drobně odlišné kopie; důležité je, že odchylky jsou vzácné a náhodné, v tomto případě opravdu úplně náhodné. Z kopií vyberete tu, která se cílové Hamletově větě nejvíc podobá, řekněme *WDLTMNLT-DTJBSWIRZREZLMQCO.P* (všimněte si, že Hamletova věta se tam už začíná klubat: první mezera už je na správném místě!). Tuto nejlepší ze všech kopií zase mnohokrát zkopírujete a zase v ní naděláte chyby (ani ta správná mezera, kvůli které tato kopie zvítězila nad svými konkurentkami z prvního kola, nebude do budoucna chráněná před náhodnými změnami). A tak pořád dál: v 10. kole jsme dospěli k větě *MDLDMNLS-ITJISWHRZREZ-MECS-P*, ale už ve 30. kole k velice pěkné větě *METHINGS-IT-ISW-LIKE-B-WECSSEL*, hotovo bylo ve 43. kole. Z principu selekce z náhodné variability plyne, že kdybychom to děláli vícrát, bude to trvat různé množství kol a mezikroky se budou lišit, ale výsledek bude stejný.

Tohle pochopitelně není obraz evoluce, tohle je důkaz účinnosti selekčního mechanismu. Dokáže stvořit cokoli, co si buď my, anebo „prostředí“ žádáme; můžeme takto generovat texty i obrázky různých pseudozvířátek (Dawkins tomu říkal „biomorfy“). Takovou metodu je škoda nevyužít v praxi. Že to skutečně funguje, ukazuje například evolučně vytvořený *generátor kubického signálu* (co to je, nemáme tušení, patrně to generuje jakýsi kubický signál): je složitější než patentovaná verze téhož, nikdo neví, jak to funguje, a některé části jsou tam zřejmě k ničemu, ale celkově to funguje lépe než inženýrská verze. To známe z normálního života: člověk vytvořený selekcí chodí nesrovnatelně lépe než chodící robot vytvořený inženýrem, ale principům chůze robota je jaksi snazší porozumět.

může být areál rozšíření jednoho druhu rozdělen vyvrásněním pohoří, rozpadem ostrova nebo poklesem hladiny jezera, a protože v každém nově vzniklém areálu jsou trochu jiné podmínky života, trochu jiné prostředí, začnou se postupně místní populace diferencovat v nové druhy.

Znovu zopakujme, že to, co jste teď četli, je velmi zjednodušená a v detailech už i vyvrácená představa evoluce. V druhé polovině 20. století totiž došlo k řadě významných objevů, a hlavně se urodilo množství nových nápadů, které pozměnily náš pohled na evoluci organismů. Nejprve se podívejme na základní pravidla evoluční hry – co je vlastně kritériem evoluční úspěšnosti organismu.

### PROČ MÁ JELEN PAROHY A PÁV DLOUHÝ OCAS

Nápadně složité a zjevně účelné vlastnosti organismů by měly být vytvořeny selekcí, měly by být *k něčemu*. Občas ovšem není úplně snadné odhalit k čemu. Budeme-li lpět na obvyklé představě, že selekce podporuje rychlost, sílu, bystrozrakost, ostrozubost a podobné vlastnosti, které činí organismy odolnějšími vůči vnějším tlakům, usvědčí nás prostá procházka zoologickou zahradou z naivity.

Organismy evidentně mají nejen struktury, jež jim pomáhají v přežívání a rozmnožování, ale i znaky přinejmenším na první pohled zbytečné až nevýhodné. K takovým patří paví „ocas“ (on to totiž není skutečný ocas, jak ornitologové nikdy nezapomenou zdůraznit, aby i té své vědě dodali kýžené kontraintuitivní učenosti), prodloužené a nádherně barevné peří bažantů, rajek či kolibříků – to všechno organismům k bezprostřednímu přežití nijak nepomáhá a často dokonce vysloveně překáží, láká to predátory a znemožňuje to únik před nimi, nebo je to přinejmenším energeticky náročné. Už Darwin rozpoznal, že k vysvětlení vzniku mnoha bizarních, barevných a různým způsobem zvětšených struktur na těle samců některých živočichů nestačí přirozený výběr sám o sobě, a navrhl ještě jeden odlišný „mechanismus“, totiž *pohlavní výběr (sexuální selekci)*, kdy si samice vybírají ty samce, kteří mají některé znaky výraznější. Říkáme tomu *excesivní struktury* nebo možná raději obecně „excesivní znaky“, protože různé typy excesivního chování jinak vcelku nenápadných zvířat sem jednoznačně patří – počínaje ptačím zpěvem a konče svatebními altánky australsko-novoguinejských ptáků lemčíků (Ptilonorhynchidae), na jejichž nádheru samci lákají potenciální partnerky. Když ale nejde zrovna o paví chvost, bývá obtížné poznat, která vlastnost organismu vznikla klasickým přirozeným výběrem, aby organismu pomáhala přežít v jeho prostředí, a co je produkt pohlavního výběru. Dobrým indikátorem pohlavního výběru je sexuální dimorfismus příslušného znaku (i když ne každý sexuálně selektovaný znak musí být dimorfní), jeho vznik či

bouřlivý vývoj v pubertě (nebo později) a jeho spojení se sexuálním chováním (předvádění, umělé zdůrazňování, zdobení či vlastní kopulace).

Od dob Darwinových si jen těžko dokážeme představit, že by excesivní struktury (či chování) mohly vznikat nějak jinak než pohlavním výběrem, ale to je možná jenom zdání: základní principy vládnoucí pohlavnímu výběru můžeme najít i jinde - všude tam, kde selektujícími činiteli jsou živé bytosti, které nikdy nemají dost. Tak jako pávice nejsou nikdy spokojené s délkou chvostů svých nápadníků, nekončí ani válka parazitů a hostitelova imunitního systému či predátorů a kořisti. Otázka, zda jsou excesivní struktury na těle dinosaurů (třeba ty na hlavách rohatých, nosorožcovitých dinosaurů ze skupiny Ceratopsia, jako je třeba slavný *Triceratops*) produktem sexu, nebo predace, je otevřená, a protože jde o zvířata dávno vymřelá, těžko budeme někdy vědět s jistotou, kdo s kým a o co tehdy vlastně hrál.

Pohlavní výběr spočívá v soutěži o efektivní získávání sexuálního partnera. V přírodě převládá dámská volenka, tedy samice si vybírají své partnery mnohem pečlivěji než naopak. Důvody mohou být různé a rozdíl mezi lácí jedné spermie a náročností jednoho vajíčka, jaký známe z učebnic, nemusí být vůbec relevantní - nicméně učebnicovým výkladem je nejlépe začít. Samice představují nedostatkové zboží, protože vajíčka jsou větší a energeticky náročnější než spermie, a tak je vajíček méně a samci se musí hodně snažit, aby se k vzácnému vajíčku dostali. Pohlavnímu výběru jsou tudíž vystaveni hlavně samci. To, že jeleni trkají a tetřevi tokají, není důkazem toho, že oni jsou těmi aktivními hráči; naopak: někde za bukem jsou vždy laně a tetřevíce a své partnery si přísně vybírají. Z toho plyne převis nabídky samců a při obvyklém poměru pohlaví přibližně 1 : 1 i velká variabilita v reprodukční úspěšnosti samců - u člověka je až desetkrát vyšší variabilita v plodnosti u mužů než u žen (v závislosti na typu rodiny). Všechny ženy mají srovnatelný počet dětí, zatímco někteří mužové mají děti desítky až stovky - od marockého sultána Mulaie Ismaila ibn Šarifa, řečeného *Krvežiznivý* (1646-1727), s údajně „nejméně 888 dětmi“ (kdo by se s tím počítal) po rockové hvězdy, které ovšem své děti, rozetě porůznu po světě, nemívají přesně spočítané - což je kompenzováno značným množstvím úplně bezdětných mužů. U mnoha organismů, typicky u savců, ale třeba i u much tse-tse, je asymetrie samčích a samičích investic navíc ještě zvýšena ohromnými energetickými náklady samic na různé varianty březosti a kojení. Samice má tedy nesrovnatelně větší zájem na kvalitě svých potomků prostě proto, že jich z energetických a časových důvodů nemůže mít moc. Samec může zvýšit počet svých potomků tím, že zvýší počet svých sexuálních partnerek, ale samice nikoli. Tolik navyklé schéma; realita je pochopitelně složitější. Samci sice mají laciné spermie, ale zase jich produkují hodně, a navíc musí investovat do drahého ejakulátu (a často i do hnízd, svatebních tanců či darů pro

povolnou samici), takže nakonec investují obě pohlaví víceméně stejně. To, co se liší, není celková investice samců a samic do rozmnožování, ale investice do *jedné zygoty* (neboť poměr *úspěšných* pohlavních buněk je nakonec obvykle 1 : 1, tedy jedna spermie na jedno vajíčko).

Pohlavní výběr je silnější u druhů s jednopohlavní péčí o potomstvo, obvykle samiči, výjimečně samčí (třeba u mořských koníčků a příbuzných ryb, kde při páření nepřecházejí spermie do těla samice, nýbrž vajíčko do těla samce, takže těhotný je nakonec otec – a podílejí se na tom kupodivu stejné geny jako u lidí), protože tam jsou investice do potomstva výrazněji vychýlené na stranu jednoho pohlaví. Tam, kde nejen matka, ale i otec investují do svých potomků (obrana teritoria, budování hnízd, obrana a výživa potomků), se investice obou rodičů sblíží a obě pohlaví jsou pak srovnatelně vybíravá. Možnost kompenzovat nízkou kvalitu jedné partnerky a následující nízkou kvalitu potomstva získáním mnoha dalších partnerek v takovém případě prudce klesá. Což je případ našeho druhu: máte-li zplození syna spojit se stavbou domu, nemůžete mít partnerek moc (to byste museli stavět moc domů a na to jen málokdo má), a je tudíž důležité si dobře

### Box 2.2. Lidé a párovací strategie

Pro lidi je typický život v dlouhodobých svazcích (monogamních, ale i polygamních či vzácně polyandrických) a nápadná je sexuální vybíravost obou pohlaví. Lidé nejsou promiskuitní, i když se tak jedincům s velkým počtem sexuálních partnerů ze závidí říká. Ani pátou ženu do harému, ani sexuálního partnera na jednu noc si nevolíme náhodně, nýbrž vždy na základě určitých, obvykle dosti přísných kritérií (proto se tak mnoho lidí nestává ani jedním). Ze srovnání člověka a ostatních primátů (pokud jde o stupeň sexuálního dimorfismu ve velikosti těl, špičáků či genitálií; obr. 2.5) plyne, že základním typem lidské rodiny by měla být mírná polygynie (mnohoženství).

Stejný závěr nám poskytuje i etnografie: většina lidí sice žije v monogamii, ale většina společností (84 %) umožňuje polygynii. Polygynii si totiž mohou dovolit pouze ti bohatí a vysoce postavení muži (jenom asi ve 30 % „polygynních“ kultur praktikuje polygynii více než jedna pětina mužů v populaci). Striktní monogamie je známa asi u 17 % kultur; je jistě nápadné, že „monogamii“ v naší společnosti je nutno udržovat zákonem (jako by snad ani nebyla úplně přirozeným uspořádáním lidských věcí) a že oficiální monogamie nevylučuje nejen „sukcesivní polygynii“ (tedy opakovanou výměnu starší partnerky za novější), ale ani existenci paralelních neoficiálních partnerství. Polygynie ovšem – jak známo – plodí sociální konflikty. Při víceméně vyrovnaném poměru pohlaví připadá na každého úspěšného vládce harému určitý počet neúspěšných mužů odsouzených k nedobrovolnému celibátu. Problém s polygynií tedy nemají ani tak ženy – neboť při značných rozdílech mezi muži je výhodnější být druhou ženou („milenkou“) bohatce než jedinou ženou („manželkou“) chudáka – jako spíše neúspěšní muži, kterým z polygynie nekyne vůbec žádná výhoda. Nutno přiznat, že v tradičních společnostech mají ženy v polygynním uspořádání někdy méně dětí než v monogamii, buď proto, že na ně

zbývá méně zdrojů, nebo proto, že soužití několika manželek vede k potlačení reprodukce vinou zvýšeného sociálního stresu. Příznačně se sesterská polygynie (muž se ožení se skupinou sester) odehrává v jednom domě, kdežto nesesterská – patrně více stresující – raději v oddělených domech: i v naší společnosti bývají druhé manželky raději ubytovány někde jinde a činí se důkladná opatření, aby se o nich první manželka pokud možno vůbec nedozvěděla (na to pozor). Nejvzácnějším typem lidské rodiny je mnohomužství, polyandrie (nejlépe známá je ta tibetská). Nespočívá v tom, že si žena postupně rozšiřuje svou sbírku manželů (tedy nejde o zrcadlový obraz harémové polygynie), ale v tom, že více mužů (obvykle bratři) pojme jednu ženu za společnou manželku. V Tibetu totiž extrémně nízká produktivita zemědělství vyžaduje společnou práci několika mužů, aby vůbec uživil *jednu* rodinu.

Obdobná ekologická pravidla párování (*mating*) platí v přírodě v podstatě všude, nápadně třeba u ptáků, a vysvětlují rozdíly mezi jednotlivci, mezi populacemi uvnitř druhů i mezi druhy: v chudých poměrech převládá monogamie, v bohatých polygynie, v extrémně chudých nebo jinak anomálních polyandrie. Pouze *povinná* monogamie tam, kde by podmínky umožňovaly polygynii, je lidský unikát – pokus o stabilizaci společnosti tím, že každému muži přidělíme právě jednu manželku, aby byl klid.



**Obr. 2.5:** Relativní velikost genitálií a pohlavních znaků hominidů. Velikost modrých, případně červených kruhů pohlavních symbolů zobrazuje velikost těla samce v poměru k průměrné velikosti těla samice příslušného druhu (bílý symbol, horní řada) anebo naopak (spodní řada); tvar symbolů popisuje délku penisu, velikost varlat, velikost prsou a vulvy. Srovnávací morfologie a etologie primátů ukazují, že párovací systém a typ rodiny pevně korelují se stupněm sexuálního dimorfismu (gorily a v podstatě i orangutani žijí v harémech, kde záleží na velikosti a síle vládnoucího samce, šimpanzi a bonobové ve skupinách s mnoha samci i samicemi, kde rozhoduje množství spermií, a lidé jsou něco mezi...).

všimát, komu ten jeden jediný dům stavíte (totéž se v menší míře týká i kupování dárečků a placení nóbl večeri). Věc ještě doplňují různé párovací strategie – uhlídat harém manželek představuje větší úsilí než uhlídat manželku jedinou, takže na vládce harémů jsou kladeny vyšší nároky než na monogamní samce.

Existují dva základní typy pohlavního výběru. Samice si mohou vybírat vítěze skutečných fyzických či sociálních soubojů mezi samci; pak budou i v pohlavním

**Box 2.3. Pohlavní výběr u lidí**

V jaké míře se pohlavní výběr uplatnil v evoluci člověka, není příliš jisté, nicméně pouhý pohled na náš sexuální dimorfismus naznačuje, že to bylo v míře značné. Za výsledky minulé sexuální selekce se u lidí považují nápadně dimorfní tělní ochlupení, vlasy a vousy, oční bělmo, tvar nosu, tvar boltců, rty s vnější sliznicí, obličej s výraznější expresí emocí, převládající ventro-ventrální („misionářská“) kopulační pozice, sexuálně dimorfní stavba laryngu (a hloubka hlasu), ženská prsa, barva pleti, výška a tvar postavy (především poměr obvodu pasu a boků, tedy sexuálně dimorfní ukládání tuku) a umístění a tvar genitálií. Sexuální selekce neformuje jen tělo, ale také chování (selekce ve prospěch jazyka, tance, hudby, vyprávění, vtipu, sexuální předehry). Analogicky je sexuálně selektována i vyšší agresivita mužů, spojená se sexuálním dimorfismem ve velikosti a síle. Muži zabíjejí jiné muže nesrovnatelně častěji, než ženy zabíjejí jiné ženy. Tato vyšší agresivita mužů je známa ze všech kultur, od jihoafrických Kungů (na 19 zaznamenaných vražd, kdy muž zabil muže, nepřipadá ani jedna vražda, kdy by žena zabila ženu) až po moderní Kanadu (na 2 965 vražd muž–muž připadá 175 vražd žena–žena, tedy 94 % „jednopohlavních“ vražd se odehrálo mezi muži). Mužská psychika je obecně ochotnější přijímat riziko v různých soupeřeních, poněvadž variabilita v reprodukčním úspěchu mužů je nesrovnatelně vyšší než variabilita v úspěšnosti žen, a muži tedy mají mnohem víc oč hrát než ženy. Lze jistě argumentovat, že ženy nejsou agresivní méně, nýbrž jsou agresivní *jinak*, verbálně, že provokují muže k zástupné agresi (viz například *Macbeth*), ale právě v takových rozdílech ten sexuální dimorfismus koneckonců vězí.

výběru vítězit ti velcí, silní, obratní anebo mocní, vlivní, bohatí. Na tom, že se laním líbí jeleni s mohutnými parohy, není nic podezřelého, protože parožím můžete například odehnat či zabít útočícího vlka. Obecně si svého partnera vybíráme podle vlastností, které nám o něm něco relevantního říkají, tedy podle indikátorů věku, zdraví, plodnosti, hormonální hladiny či absence patogenů. Na tohle se často zapomíná: teorii pohlavního výběru jsme kdysi zavedli proto, abychom vysvětlili, proč pávi nebo rajky vypadají a chovají se tak šíleně, což opravdu v mnoha případech lze těžko vysvětlit jinak než skrze sex (každému lze jen doporučit, aby se podíval, co při svatebních tanečcích provádí samec rajky *Lophorina superba*, který se mění v černo-tyrkysový oválný útvar, jakýsi „psychedelický smajlík“, strojově poskakující ze strany na stranu). Ale to neznamená, že pohlavní výběr nutně musí být v rozporu s přirozeným výběrem zvyšujícím šanci na prosté přežití a rozmnožení. Naopak, často směřují ke stejnému závěru. Dlouholetý experiment s brouky potemníky (*Tribolium castaneum*) ukázal (Lumley a spol., 2015), že populace chované v podmínkách, kdy mohl fungovat pohlavní výběr (různé kombinace většího množství samců a většího množství samic), lépe odolávaly riziku vymření než populace bez pohlavního výběru (tedy populace chované v podmínkách monogamie nebo harémového uspořádání s jediným samcem).





**Obr. 2.6:** Symetrie a fluktuální asymetrie: nápadná symetrie mnoha struktur na těle živočichů přímo svádí ke sledování drobných odchylek, indikujících ne zcela vyladěnou ontogenezi.

Anebo si samice vybírají opravdu jen podle vzhledu a chování a pak mohou aplikovat libovolná kritéria; co z toho v takovém případě mají, je otevřená otázka. V čem je vlastně páv s dlouhým chvostem lepší než páv s krátkým chvostem? (Pozor: poprvé se tu setkáme se situací ve vědě vcelku běžnou, kdy se do krve přou teorie, které se při pohledu zvenčí liší hlavně svými názvy a jmény svých autorů, i se situací ještě běžnější, kdy se do krve přou teorie, které se navzájem nevylučují, nýbrž doplňují, takže mohou bez problémů koexistovat vedle sebe.) Jedna možnost je, že i excesivní znaky jsou jakýmsi indikátorem budoucí úspěšnosti potomků daného samce. Velikost jeleních parohů může například demonstrovat, kolik energie má samec navíc, kolik energie je schopen investovat do tvorby něčeho, co se každoročně shazuje a pak zase obnovuje fascinující rychlostí až 1,8 centimetru denně. (Protože se jeleni běžně pohybují v lese za konečnou stanicí autobusu, nepřipadají nám nijak divní, ale kdyby něco takto šíleného páchal jurský dinosaur, byly by toho plné filmy.) Tento přebytek energie samce bude pravděpodobně v souladu s tím, kolik energie budou jeho dcery schopny investovat do svých potomků, tedy do vnučat té laně, jež se právě rozmýšlí, který jelen je ten pravý. Zrovna v případě jelenů to odpovídá skutečnosti – velikost parohů otce koreluje s množstvím sušiny v mléce jeho dcer a s velikostí jejich potomků při narození. Není tedy divu, že si samice vybírají samce s mohutnějšími parohy (Kostic-Brown a Brown, 1984). Excesivní znaky tak nakonec vždycky vedou k poznání kvality jejich nositele, i když třeba velmi nepřímému.

Tohle vysvětlení má ale jeden háček. Představte si, že „kvalita samce“, vyjadřovaná třeba právě velikostí parohů, je čistě geneticky podmíněná. V takovém případě se díky samičímu výběru během pár generací zafixují alely pro maximální možný vývoj příslušného znaku a další evoluce sexuálně selektované struktury tím skončí, aniž by se stihla stát příliš excesivní. Není žádný tlak na to, aby se příslušné struktury zvětšovaly přes míru, kdy jsou z hlediska přežití optimálně velké; stačí, když samec bude mít ty alely, o něž šlo v soutěži s jinými

samci, dokud ta soutěž trvala, protože mezi samci existovala nějaká variabilita. Výběr znaků, které přímo korelují s pevně danou genetickou „kvalitou“, zkrátka vede k rychlé eliminaci těch „nekvalitních“ jedinců a jejich genů, a pak se to celé brzy zastaví. Extrémní variantou tohoto jevu jsou zvířata s „arénovým tokem“ (anglicky *lekking*), jako jsou třeba tetřivci nebo rajky, ale také někteří motýli či třeba afričtí kaloni kladivohlaví (*Hypsognathus monstrosus*), jejichž samci značnou část své anatomie přeměnili v rezonanční útvary. Všichni samci těchto druhů se sejdou na jednom palouku a předvádějí, jak jsou skvělí, a všechny samice se na to dívají a pak si vyberou toho nejlepšího z nich. Tento způsob selekce je tak účinný, že by už po několika generacích nebylo koho vybírat, všichni samci by byli (aspoň ve vybíraném znaku) stejní a samice by udělaly nejlépe, kdyby přestaly být vybíravé – což se zjevně neděje. Samice pořád nemají dost a excesivní struktury pokračují ve své evoluci ke stavům stále excesivnějším.

Tento rozpor lze vysvětlit za předpokladu, že genetická „kvalita“ není dána jednou provždy, ale musí být stále znovu testována, poněvadž tlaky prostředí se neustále mění. Parohy jelenů, ale i dlouhá pera bažantů mohou třeba signalizovat, že daný jedinec není nakažen parazity, což je pro samici klíčové, ať už proto, že jí nehrozí, že by se od něho sama nakazila, nebo proto, že její potomci zplození tímto samcem budou pravděpodobně dobře odolávat parazitům, anebo obojí. Paraziti mají rychlou evoluci (obecně rychlejší než jejich hostitelé), a proto není pravděpodobné, že se populace jelenů dokáže na parazitaci postupně úspěšně adaptovat, čímž by se evoluce excesivních struktur zastavila. Je to jako s módou: kdyby se pořád neměnila, nakonec bychom do módního stavu dospěli všichni a rozlišování těch, kdo jsou *trendy*, od různých pobudů by ztratilo opodstatnění; selekce by se zastavila a žádný vyhazovač by už nepoznal, koho nepustit na raut. Proto se musí tvar límečku a délka sukni neustále měnit.

Podle této „hypotézy dobrých genů“ jsou tedy excesivní struktury indikátorem schopnosti jedince vypořádat se s proměnlivými tlaky prostředí, například s parazitací. Tato hypotéza má jednu výhodu. Vysvětluje nejen extrémní velikost excesivních struktur, ale například i jemné detaily kresby na peří či jiných strukturách. Pouze správně fungující organismus vytvoří dokonalou a souměrnou kresbu. Souměrnost je ostatně jedním z nejdůležitějších indikátorů zdraví; opakem symetrie je tu *fluktuující asymetrie*. Nemí geneticky zapříčiněná a nelze v ní rozeznat žádný „systém“ (u některých jedinců je dominantně vyvinutá levá strana, u jiných zase ta pravá, asymetrie se může v průběhu života měnit a podobně). Předpokládáme, že fluktuující asymetrie vzniká v důsledku drobných poruch v průběhu ontogeneze; symetrie by tedy byla důkazem dobré kvality ontogeneze, tedy i dobrých genů (obr. 2.6). Je prokázáno, že samičky vlaštovek si skutečně vybírají samce s co nejsymetričtějším ocasem (Møller, 1992). Ti jsou také nejméně napadáni parazity a reprodukčně jsou nejúspěšnější (počítáno jako množství mláďat té

samice, která si je vybrala). Na druhou stranu symetrie není všechno: třeba symetrické paroží jelenů je pro laně atraktivní, ale jen když si vybírají mezi srovnatelně vyvinutými jedinci; jinak preferují jeleny s větším a rozvětvenějším parožím bez ohledu na stupeň symetrie.

## HENDIKEP

Hypotéza dobrých genů je asi nejlépe empiricky doložené vysvětlení vzniku excesivních struktur. Existují i jiné, z určitých hledisek snad i zajímavější hypotézy. Jednou z nejpozoruhodnějších (i nejproblematičtějších) je *hypotéza hendikepu* izraelského biologa Amotze Zahaviho (obr. 2.7). Podle ní vede samičí výběr ke vzniku struktur, které znamenají nevýhodu v přežívání, právě *pro* tuto nevýhodu, podle logiky „tenhle samec už musí být nějaký pašák, když se s tak nesmyslným parožím (nebo ocasem) dožil dospělosti!“. Hendikep by tedy opět měl prokazovat kvalitu samce, jeho význam je ovšem ryze testovací – co všechno si samec může dovolit, aby ještě přežil (obr. 2.8).

Genetickou kvalitu je třeba signalizovat takovým způsobem, který je náročný, tedy hodnověrný a nefalšovatelný, poněvadž jinak by se mohli najít podvodníci, kteří by signalizovali své zdánlivě dobré geny, aniž by skutečně byli jejich nositeli, a byli by *proto* nesmírně úspěšní. Nemůže stačit, když máte na čele cedulku „jsem inteligentní, zdatný a spolehlivý“, poněvadž schopnost vyrobit si takovou cedulku nemusí dostatečně korelovat s inteligencí, zdatností ani spolehlivostí. Samci mohou signalizovat dobré geny jakkoli, ale aby to bral někdo vážně, musí je to skutečně poněkud znevýhodňovat, protože teprve fakt, že jim tento hendikep až tak nevadí, svědčí o jejich kvalitě. A pak se nelze divit, že ony hodnověrné signály, jejichž vytvoření a udržování klade na samce obzvláštní nároky, představují jistý hendikep.

Tak třeba lvice preferují lvy s mohutnou černou hřívou. Lví hříva je pozoruhodný útvar, budící důvodné podezření, že se na jejím vzniku podílel pohlavní výběr – je sexuálně dimorfní, vzniká v průběhu dospívání, je mimořádně variabilní individuálně i mezipopulačně (a žádná jiná šelma nic podobného nemá). Barva hřívy se navíc mění i během života jedince v závislosti na jeho kondici, výživě či utrpěných zraněních, takže podává velmi cennou informaci



Obr. 2.7: Amotz Zahavi (\* 1928).



**Obr. 2.8:** Hendikepy a excesivní struktury: vymřelý veledaněk (*Megaloceros*) a africký pěvec vdovka (*Vidua*).

o příslušném samci. Vzhledem k sociálnímu uspořádání lvů mají lvice velmi silný důvod starat se o schopnosti samců - lvi žijí ve smečkách ovládaných jedním samcem či skupinou bratrů, cizí samci se snaží smečky převzít a v případě úspěchu pak zlikvidují potomstvo poražených samců, takže 25 % koťat hyne infanticidou (neboli vražděním neviňátek). Lvi tedy cosi sdělují lvicím. Lvům s mohutnou černou hřívou je pod žhavým africkým nebem pochopitelně špatně, rozhodně hůř než jejich konkurentům se světlými či málo vyvinutými hřívami. Otázka, proč samice *přesto* dávají přednost přehřivaným ubožákům, je špatně položená; samice jim dávají přednost *právě proto*: slabý samec si totiž ne-

může černou hřívu dovolit. Podobně je to se všemi znaky samčí krásy a mohutnosti, které jsou vyvolány zvýšenou hladinou testosteronu. Vysoké hladiny tohoto hormonu způsobují oslabení imunitního systému - krása a mohutnost tedy nejsou zadarmo a jen skutečně skvělý samec může předvádět, že je skvělý (West a Packer, 2002).

Čím krutější je prostředí, v němž druh žije, tím důležitější je vybírat si partnery schopné v tomto prostředí úspěšně přežít. Čím krutější je prostředí, tím náročnější musí být kritéria výběru - ale také vlastnosti druhu musí být nastaveny tak, aby se podle nich variabilita samců dala snadno poznat. Pokud by nějaká nemoc

### Box 2.4. Hendikep a mezidruhové signalizování

Princip hendikepu není omezen jen na sexuální vztahy, ale vztahuje se na libovolné situace, kdy jeden organismus něco signalizuje druhému, třeba i jiného druhu. Typickým příkladem jsou varovné výkřiky různých ptáků, kteří jako první z hejna zahlédnou bližícího se predátora. Tradiční vysvětlení, že varují ostatní členy hejna (jedince vesměs nepřibuzné), a přitahují tím na sebe pozornost predátora, je podezřelé - není důvod, proč by měl pták chovající se právě takto zanechat víc potomků než pták sobecky tichý, což by mělo být, aby se toto chování zachovalo. Jakmile by jednou takové altruistické chování ve skupině vzniklo, ostatním příslušníkům skupiny by se právě proto vyplatilo přijímat varování, ale neoplácet je a zůstat potichu. Je dobré mít v hejnu strážce, a vůbec nejlepší je, když to nejsem já.

Hendikepové vysvětlení, založené na detailním studiu chování jednotlivých varujících ptáků, především blízkovýchodních tímálií šedých (*Turdoides squamiceps*), ukazuje, že křičící pták na sebe opravdu upozorňuje, jenže nejen blížícího se dravce, nýbrž i ostatní příslušníky hejna, a tím zvyšuje svou sexuální atraktivitu a sociální prestiž (Zahavi, 1995). Ke stejnému vysvětlení odkazuje i nápadně provokativní vyskakování antilop skákavých (*Antidorcas marsupialis*), když spatří lva (Burger a spol., 2000; viz obr. 2.9). (Ony tedy skáčou skoro pořád, ale nenechají toho, ani když vidí lva, což by člověk jaksí očekával.) Jde o chování srovnatelné s různými projevy „testosteronové demence“ mladých mužů; ani oni neriskují své životy na motorkách, při surfování na vlakových soupravách či na barikádách jen tak pro nic za nic. Ale varující jedinec navíc skutečně cosi signalizuje i tomu predátorovi – že je silný, obratný a nebojácný, zřejmě tedy obtížně ulovitelný, a že predátor dobře udělá, zaútočí-li na někoho jiného. Že se v této interpretaci stává z domnělého hrdiny práškač, je smutné, ale nikoli v rozporu s naší běžnou životní zkušeností, kdy skutečného altruistického hrdinu často nepotkáme celé týdny.

Ale pozor, upozorňování na sebe sama nemůže být zadarmo, protože kdyby predátor nikdy nezaútočil na varujícího jedince, „varovali“ by za nějakou dobu úplně všichni a signál, ať už je určen dovnitř hejna nebo predátorovi, by ztratil svůj obsah. (Kdo ví, zda se to občas neděje: někteří ptáci jsou tak hluční, až člověka napadá, že by to mohl být vlastně varovací hendikep, rozšířený po celé populaci poté, co nějak ochablo riziko predace.) Varující jedinec tedy musí být nějak reálně hendikepován, aby si na to troufli jenom ti nejsilnější a nejobratnější; tímto hendikepem je fakt, že jedinec, který na sebe upozornil, se opravdu občas stává přednostně kořistí.



**Obr. 2.9:** Riskantní samčí chování: provokativní vyskakování antilop skákavé a testosteronová demence mladých mužů (ač to z obrázků není patrné, nikdo jistě nepředpokládá, že protagonisty jsou muži nad čtyřicet či ženy, ačkoli ani to nelze úplně vyloučit).

způsobovala dejme tomu změnu barvy pokožky, bylo by vhodné preferovat partnery co nejbarevnější, na nichž vidíte, že tu nemoc nemají, a snadno byste poznali, kdyby ji dostali. Čím nebezpečnější by taková nemoc byla, tím barevnější jedinci by byli preferováni selekcí a tím barevnější by příslušný druh nakonec byl. A opravdu: na samcích jihoamerické lyso- a rudohlavé opice uakari (*Cacajao calvus*) se na dálku dobře pozná, že dostali malárii, protože následně vyblednou. Také složitost a barvitost druhotných pohlavních znaků u pěvců pozitivně koreluje s rizikem parazitace pro daný druh typickým. Ptáci, kteří mají málo parazitů, si mohou dovolit být všichni nenápadně hnědí, protože tu o nic nejde, na kvalitě individuální obrany proti parazitaci nezáleží. U silně parazitovaných skupin je naopak třeba mít hodně excesivních struktur, na jejichž stavu se pozná, jak na tom který jedinec je. Zase si v této souvislosti těžko nevzpomenout na složitou soustavu signálů, které o biologické i sociální kvalitě lidských bytostí vysílá móda (namátkou jak nemilosrdně a na dálku - a tedy vlastně předčasně - informativní věci je taková minisukně).

To všechno nicméně neznamená, že každý signál o kvalitě je zároveň hendikepem. Příkladem je zmíněná symetrie ocasních per, a pokud to zobecníme, tak všechny znaky, které odrážejí správný chod ontogenetických procesů nebo dobrý zdravotní stav, třeba znaky rozhodující v pohlavním výběru člověka (svěží pleť, souměrná postava, zdravé zuby). Všechny tyto znaky jsou ze zřejmých důvodů preferovány pohlavním výběrem, ovšem proto, že vlastně demonstrují normální stav věcí, nám vznik excesivních struktur příliš neosvětlí. Souměrná postava nemůže být pořád souměrnější a souměrnější, kdežto dlouhý ocas může být čím dál delší.

Hypotéza hendikepu nám nabízí zajímavou možnost, že evoluce pohlavním výběrem systematicky vytváří struktury, které organismy znevýhodňují, dokud se to nestane fatálním. Z toho by plynul poněkud neobvyklý závěr: mnohé organismy jsou sice díky přirozenému výběru (v úzkém slova smyslu) přizpůsobené, ale zároveň jsou díky výběru pohlavnímu tak znevýhodněné, jak jen je to možné. Právě u morfologických struktur to tak jednoduše asi nefunguje (ostatně většina druhů má spíše dobré adaptivní rysy), velmi pravděpodobně však bude princip hendikepu fungovat u různých podivných typů chování. Ptáci v hnízdní sezoně, tedy v době, kdy by měli mít hromadu starostí o mláďata, zpívají ostřešest, třeba slavíci doslova ve dne v noci. Samci tak dávají najevo, že si to mohou dovolit, že i za takové situace se užíví, případně i nakrmí mláďata a uchrání se před predátory. Výhodou takového bezprostředně znevýhodňujícího rysu je, že se jej lze snadno zbavit: v okamžiku, kdy opravdu přijde nouze či nebezpečí, bude slavík méně zpívat a víc se starat o holý život. Takové chování má všechny výhody hendikepu, poněvadž dokládá zdatnost příslušného samce, ale nemá jeho nevýhody, poněvadž se tu nedědí přímo hendikep, jen schopnost jej

předvádět - a ta sama o sobě neškodí. Je klidně možné, že velká část prvků chování, které nejsou bezprostředně spojené s přežitím, slouží ve skutečnosti pouze jako signál o zdatnosti jedince. Problematicnost této hypotézy spočívá v tom, že potomci samce s hendikepem zdědí nejen jeho kvalitu, ale i onen hendikep.

To je zřejmě nejen případ zpěvných ptáků, ale i člověka. Řada činností, které člověk provozuje, je z hlediska přežití zcela nepodstatná, ale právě tyto zbytečnosti, do nichž je třeba investovat spoustu energie a času, svědčí o skrytých schopnostech jejich nositelů. Schopnost řešit diferenciální rovnice nebo skládat symfonie je jistě z hlediska přežití k ničemu, nicméně skutečnost, že člověk schopný řešit diferenciální rovnice se ještě k tomu dokáže i jakžtakž uživit, svědčí o něčem mimořádném. Podobně funguje třeba kolektivní konzumace alkoholu: jistěže to není výhodné, poněvadž to - jak známo - podlamuje zdraví a otupuje smysly, nicméně dokáže-li někdo po deseti pivech nejen neusnout a udržet se na nohou, ale ještě k tomu udržovat takzvanou dobrou zábavu, půjde asi o člověka zdatného i v jiných ohledech. Hrdost mužů na utržená zranění a sklony k veřejnému předvádění jizev jsou stejného původu. Podobné signály se velmi těžko falšují; nicméně pokusy o falšování všichni známe, totiž úporná vyprávění mužů o tom, co všechno už zažili, a ač se tomu všichni díví, i přežili. (Pokud se vám to nezdá, také dobře - toto není nutně věrohodné adaptivní vysvětlení vzniku alkoholismu, riskantního chování a žvanivosti; je to jen model ukazující, jak funguje hendikepová evoluce.)

## VŠECHNO JE MÓDA

Existuje ale i možnost, že spousta nápadných excesivních struktur vznikla úplně jinak a vůbec žádnou kvalitu samců nedemonstruje. Tuto představu publikoval už roku 1930 Ronald Fisher (obr. 2.10), jeden ze zakladatelů populační genetiky, a tak je to vlastně úplně první pokus o vysvětlení, proč si samice vybírají nějak extrémní typy samců. Fisherova hypotéza nepředpokládá, že by excesivní struktury musely mít jakýkoli význam. Stačí, aby si samice vůbec začaly nějak vybírat samce, třeba na základě zcela obskurního kritéria. Vybíravé samice budou mít větší reprodukční úspěšnost než nevybíravé, protože o jejich syny bude větší zájem ze strany vybíravých samic v další generaci. Za předpokladu, že obě vlastnosti (vybíravost a zároveň vyhovění kritériím této vybíravosti) jsou dostatečně silně korelovány, tedy že potomci vybíravé samice budou mít s vysokou pravděpodobností obě vlastnosti, se bude počet vybíravých samic i počet samců, kteří vyhovují kritériu výběru, v populaci neustále zvyšovat. Každý jedinec tak má v sobě nejen geny pro vybíranou strukturu (po otci), ale i geny pro preferenci této struktury (po matce); ty první se ale projeví jen u samců, ty



**Obr. 2.10:** Ronald Aylmer Fisher (1890–1962).

druhé u samic. Třeba u ryb koljušek (*Gasterosteus aculeatus*) platí, že čím červenější je samec, tím víc se červení samci líbí *jeho sestřám*. Pokud bude – což je pravděpodobné – kritérium výběru relativní (například ocas delší a barevnější, než mají ostatní), bude se navíc daná struktura neustále zvětšovat. Samci s delším ocasem jsou samicemi preferováni proto, že i jejich budoucí synové budou pravděpodobně díky zděděnému delšímu ocasu budoucími samicemi také preferováni. Takovýto kolotoč bude pokračovat, dokud preferované znaky nezačnou vysloveně znesnadňovat přežití, a zastaví se v okamžiku, kdy potenciálně preferovaní samci se už ani nedožijí dospělosti, a druh tudíž vymře, nedojde-li ke změně směru,

kterým pohlavní výběr působí (taková změna ovšem nepřijde proto, aby druh nevyumřel, nýbrž náhodou a nelze na ni spoléhat). Protože i páv se svým obrovským chvostem je pořád ještě zvíře docela pohyblivé (i když s letovými schopnostmi už to není ono), a když na to přijde, i bojovné, mají zřejmě pávice ve své zálibě v dlouhých ocasech pořád ještě kam pokračovat.

Určité znaky jsou tak preferovány pouze proto, že později budou preferovány ostatními; jde tedy o proces vzniku jakési módy. Samice dobře udělá, bude-li preferovat partnera, který se líbí ostatním samicím, protože tak eliminuje nebezpečí, že její vlastní osobní vkus je nějak zvrhlý a její synové budou většinovým vkusem samic v příští generaci odmítáni. Jak známo, u lidí to tak platí. Ačkoli to vypadá absurdně, muži se zjevně úspěšným polygamním chováním nemívají problémy se sháněním dalších partnerek, na rozdíl od nekuřáků, abstinentů a milovníků lesů a vážné hudby – jak sami sebe popisují v seznamovacích inzerátech – kteří mají co dělat, aby získali aspoň nějakou. Co ženy i v reálném světě láká na bytostech typu Micka Jaggera, není tak nejasné, jak by se mohlo zdát: láká je tam přítomnost jiných žen.

Jak rozlišit excesivní struktury, které indikují nějakou (jakoukoli) kvalitu, od těch, kteří odrážejí jen náhodně vzniklou módu? To by neměl být takový problém, poněvadž všechny modifikace hypotézy dobrých genů – na rozdíl od Fisherovy hypotézy – předpokládají, že excesivní struktury mají nějakou funkci, přinejmenším v tom smyslu, že nějak souvisejí s reprodukční úspěšností jedince. Naproti tomu excesivní struktury vzniklé fisherovským setrvačným efektem nemusí korelovat vůbec s ničím. Jenže to nám ve snaze odlišit roli indikátorů kvality od pouhé módy moc nepomůže. Existující korelace s reprodukční úspěšností nemůže vyloučit, že se setrvačný efekt na evoluci daného znaku aspoň nějak